



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Estandarización de ensayos de tracción en materiales textiles conforme a normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad

**Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniero Industrial**

Autores:

Martínez Pilco, Marcelo Isaías
Rivas Andrade, Joseph Alfredo

Tutor:

Ing. Luis Stalin López Telenchana Mgs.

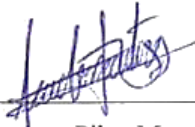
Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Martínez Pilco Marcelo Isaías, con cédula de ciudadanía 185004552-5 y yo Rivas Andrade Joseph Alfredo, con cédula de ciudadanía 171829778-9, autores del trabajo de investigación titulado: Estandarización de ensayos de tracción en materiales textiles conforme a normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

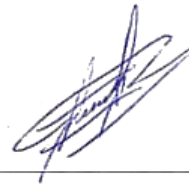
Del mismo modo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autora de la obra referida será de nuestra completa responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 25 días del mes de junio de 2026



Martínez Pilco Marcelo Isaías

C.I: 185004552-5



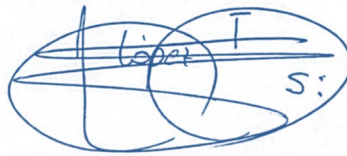
Rivas Andrade Joseph Alfredo

C.I: 171829778-9

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

En la ciudad de Riobamba, a los 25 del mes de junio del 2026, luego de haber revisado el informe final del trabajo de investigación presentado por los estudiantes Martínez Pilco Marcelo Isaías con C.C 185004552-5 y Rivas Andrade Joseph Alfredo con C.C. 171829778-9, de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el dictamen favorable del informe final del trabajo de investigación titulado “Estandarización de ensayos de tracción en materiales textiles conforme a normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad”, por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes

En Riobamba, a los 25 días del mes de junio de 2026



Ing. Luis Stalin López Telenchana Mgs.
Tutor

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación: **Estandarización de ensayos de tracción en materiales textiles conforma a normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad**, presentado por Martínez Pilco Marcelo Isaias, con cédula de identidad número 185004552-5 y Rivas Andrade Joseph Alfredo, con cédula de identidad número 171829778-9, bajo la tutoría de Ing. López Telenchana Luis Stalin, Mgs; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 25 de junio de 2026.

Gabriela Serrano Torres Mgs.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



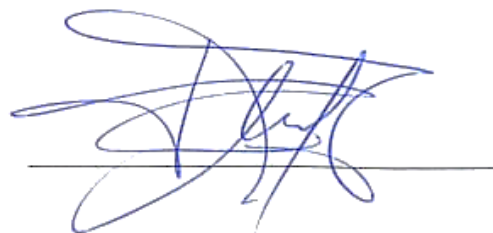
Dario Guamán Lozada Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Carlos Burgos Arcos Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICACIÓN

Que, Marcelo Isaiás Martínez Pilco con CC: 1850045525, y Joseph Alfredo Rivas Andrade con CC: 1718297789, estudiantes de la Carrera Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Estandarización de ensayos de tracción en materiales textiles conforme a normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad”**, cumple con el **8%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 12 de junio de 2026



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.

TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Hay logros que no se construyen en soledad. Este trabajo es el resultado de años de esfuerzo, pero también de manos que me sostuvieron y corazones que, en los momentos más difíciles, me impulsaron a seguir adelante con más fuerza que antes.

A mi madre, que desde donde esté nunca dejó de cuidarme. En cada paso difícil encontré su luz guiándome, y en cada logro su orgullo silencioso. Fue la primera en creer que llegaría hasta aquí. Mamá, lo logramos.

A mi padre, más que consejos, me diste brújula. Supiste encontrar siempre las palabras exactas para que no me detuviera, y me enseñaste que la perseverancia no es un talento sino una decisión que se toma cada día. Este título lleva grabado tu nombre, aunque no aparezca en ninguna página.

A mi hermana, por ser pilar, escudo y hogar al mismo tiempo. Fuiste presencia cuando necesitaba compañía y fortaleza cuando la mía se agotaba. Haber llegado hasta aquí contigo a mi lado convierte este logro en algo doblemente significativo.

Mi gratitud se extiende también a la marca NATIVO y a sus propietarios, el LDG. Mario Martínez Punina y la Ing. Gloria Zurita, quienes abrieron las puertas de su empresa, facilitaron los materiales textiles necesarios y compartieron generosamente su experiencia y conocimientos en la industria textil. Su confianza fue determinante para que este trabajo trascendiera lo teórico y se convirtiera en un aprendizaje real y significativo.

A quienes compartieron conmigo las aulas, los desvelos y las alegrías de esta carrera: los compañeros que se convirtieron en amigos y los amigos que se convirtieron en parte inseparable de mi historia. Esta etapa no habría sido la misma sin cada uno de ellos.

Marcelo Isaías Martínez Pilco

DEDICATORIA

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo incondicional de tres personas fundamentales en mi vida: mi madre, mi padre y mi Eric.

A mi madre:

Gracias por ser mi refugio y mi mayor fortaleza. Por escuchar mis frustraciones sin juzgarme y por secar mis lágrimas cuando sentía que no podía más. Tu paciencia y tus palabras de aliento en los días más grises mantuvieron viva mi motivación. Este logro es tan tuyo como mío, porque cada paso que di estuvo sostenido por tu fe inquebrantable en mí.

A mi padre:

Gracias por esas conversaciones breves pero profundas en las que, sin muchas palabras, me recordabas que los obstáculos existen para superarse. Aunque la distancia nos separara en algunos momentos, nunca dudé de tu confianza en mí. Cada logro académico lleva también tu huella, como reflejo de todo lo que aprendí a tu lado.

A Eric:

Gracias por llegar a mi vida y quedarte con el corazón abierto. Por acompañar sin imponer, por sumar sin reemplazar. Tu generosidad, tu paciencia y tu forma de querer sin condiciones fueron un piso firme en este camino a veces accidentado. Gracias por celebrar mis triunfos como si fueran tuyos, y por tenderme la mano sin esperar nada a cambio.

A los tres:

Gracias por recordarme que el éxito no se mide solo en títulos, sino en las personas que nos acompañan en el proceso. Llevo sus enseñanzas y su cariño en cada página escrita, sabiendo que esto es apenas un paso más en el camino que seguiremos construyendo juntos.

Con todo mi amor y gratitud eterna: gracias, mamá, papá y Eric.

Joseph Alfredo Rivas Andrade.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a Dios, quien fue nuestra fuente de fortaleza y guía a lo largo de este proceso académico, dándonos la perseverancia necesaria para llegar a esta etapa de culminación.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Carrera de Ingeniería Industrial, por habernos acogido y formado con excelencia académica, brindándonos los recursos, el espacio y las herramientas necesarias para desarrollar esta investigación en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

Al Mgs. Luis López, tutor de esta investigación, por su invaluable orientación académica, su conocimiento técnico y su meticulosa atención en cada etapa del desarrollo de este trabajo. Su dirección fue determinante para la culminación de esta investigación.

A los miembros del tribunal de grado, por su tiempo, sus observaciones y las críticas constructivas que enriquecieron el presente trabajo y contribuyeron a elevar la calidad técnica y académica de los resultados obtenidos.

A nuestros docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial, quienes con dedicación y vocación supieron transmitirnos conocimientos que trascendieron el aula y nos formaron como profesionales comprometidos con la calidad y la mejora continua.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| DECLARATORIA DE AUTORÍA | |
| DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR | |
| CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL | |
| CERTIFICADO ANTIPLAGIO | |
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| | |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCION..... | 17 |
| 1.1 Antecedentes..... | 17 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 18 |
| 1.3 Formulación del problema..... | 21 |
| 1.4 Justificación..... | 21 |
| 1.5 Objetivos..... | 22 |
| 1.5.1 General..... | 22 |
| 1.5.2 Específicos..... | 22 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 23 |
| 2.1 Estado del arte..... | 23 |
| 2.2 Marco normativo..... | 23 |
| 2.2.1 Normas ISO (International Organization for Standardization)..... | 23 |
| 2.2.2 Normas ASTM (American Society for Testing and Materials)..... | 24 |
| 2.3 Marco teórico..... | 24 |
| 2.3.1 Fundamentos de mecánica textil..... | 24 |
| 2.3.2 Teoría de estandarización técnica..... | 24 |
| 2.3.3 Control metrológico en ensayos mecánicos..... | 25 |
| 2.3.4 Preparación y acondicionamiento de muestras..... | 25 |
| 2.4 Marco legal..... | 25 |
| 2.5 Marco conceptual..... | 26 |
| 2.5.1 Estandarización..... | 26 |
| 2.5.2 Normalización..... | 26 |
| 2.5.3 Armonización normativa..... | 26 |
| 2.5.4 Trazabilidad metrológica..... | 26 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.5.5 | Incertidumbre de medición..... | 27 |
| 2.5.6 | Reproducibilidad | 27 |
| 2.5.7 | Repetibilidad | 27 |
| 2.5.8 | Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) | 27 |
| 2.5.9 | Probeta..... | 27 |
| 2.5.10 | Máquina Universal de Ensayos (UTM)..... | 27 |
| 2.6 | Glosario..... | 28 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGIA. | | 29 |
| 3.1 | Tipo de Investigación..... | 29 |
| 3.2 | Diseño de Investigación | 29 |
| 3.3 | Técnicas de recolección de información..... | 29 |
| 3.3.1 | Análisis documental normativo..... | 29 |
| 3.3.2 | Investigación experimental..... | 29 |
| 3.3.3 | Metrología aplicada | 29 |
| 3.3.4 | Análisis estadístico..... | 29 |
| 3.4 | Población y muestra..... | 30 |
| 3.4.1 | Población..... | 30 |
| 3.4.2 | Muestra..... | 30 |
| 3.5 | Hipótesis..... | 31 |
| 3.5.1 | Hipótesis nula H_0 | 31 |
| 3.5.2 | Hipótesis alternativa H_1 | 31 |
| 3.6 | Métodos de análisis y procesamiento de información | 31 |
| 3.6.1 | Media aritmética..... | 31 |
| 3.6.2 | Desviación estándar muestral | 32 |
| 3.6.3 | Coefficiente de variación | 32 |
| 3.6.4 | Diferencia porcentual relativa entre normativas..... | 32 |
| 3.6.5 | Procedimiento de ensayo | 33 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 34 |
| 4.1 | Análisis documental normativo: comparación ISO 13934-1 vs ASTM D5035 | 34 |
| 4.2 | Ensayos de tracción bajo NTE INEN-ISO 13934-1:2014..... | 35 |
| 4.2.1 | Lona Canvas – Urdimbre..... | 35 |
| 4.2.2 | Lona Canvas – trama | 36 |
| 4.2.3 | Denim- Urdimbre | 37 |

| | | |
|--|--|----|
| 4.2.4 | Denim – Trama | 37 |
| 4.3 | Ensayos bajo ASTM D5035-11:2019 | 38 |
| 4.3.1 | Lona Canvas – Urdimbre..... | 38 |
| 4.3.2 | Lona Canvas – Trama..... | 39 |
| 4.3.3 | Denim – Urdimbre | 40 |
| 4.3.4 | Denim – Trama | 40 |
| 4.4 | Comparación ISO 13934-1 vs. ASTM D5035: análisis Inter normativo..... | 41 |
| 4.5 | Verificación de hipótesis..... | 42 |
| 4.5.1 | Selección del criterio estadístico para la evaluación de repetibilidad | 42 |
| 4.5.2 | Evaluación del criterio de repetibilidad y conclusión de hipótesis | 43 |
| 4.6 | Discusión | 44 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES | | 46 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 46 |
| 5.2 | Recomendaciones | 46 |
| CAPÍTULO VI. PROPUESTA | | 48 |
| 6.1 | Procedimiento Operativo Estandarizado NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | 48 |
| 6.2 | Procedimiento Operativo Estandarizado ASTM D5035-11:2019 | 49 |
| 6.3 | Protocolo de Armonización Inter normativo..... | 50 |
| 6.4 | Check-List de verificación del equipo UTM ensayos de tracción textil | 51 |
| 6.5 | Guía de operación del software TEMI para ensayos de tracción textil | 53 |
| 6.5.1 | Encendido y verificación de conexión..... | 53 |
| 6.5.2 | Configuración de la muestra | 54 |
| 6.5.3 | Configuración del plan de prueba | 54 |
| 6.5.4 | Ejecución del ensayo y exportación de registros | 54 |
| 6.5.5 | Apagado del equipo | 54 |
| 6.6 | Criterios de armonización Inter normativa..... | 54 |
| 6.7 | Guías de practicas | 55 |
| 6.7.1 | Clasificación y propiedades mecánicas de tejidos textiles | 55 |
| 6.7.2 | Formatos de guías de prácticas..... | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 69 |
| ANEXOS..... | | 71 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Materiales seleccionados para el estudio</i> | 30 |
| Tabla 2 <i>Comparación de parámetros metodológicos entre NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y ASTM D5035-11:2019</i> | 34 |
| Tabla 3 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona canva - ISO13934-1, Urdimbre</i> | 36 |
| Tabla 4 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona canvas - ISO13934-1, Trama</i> | 36 |
| Tabla 5 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ISO 13934-1, Urdimbre</i> | 37 |
| Tabla 6 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ISO 13934-1, trama</i> | 38 |
| Tabla 7 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona Canvas, ASTM D5035, Urdimbre</i> | 39 |
| Tabla 8 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona Canvas, ASTM D5035, Trama</i> | 39 |
| Tabla 9 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ASTM D5035-11, Urdimbre</i> | 40 |
| Tabla 10 <i>Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ASTM D5035-11, Trama</i> | 41 |
| Tabla 11 <i>Comparación Inter normativa de medias de fuerza máxima y alargamiento por material y dirección</i> | 41 |
| Tabla 12 <i>Evaluación de la hipótesis por grupo de ensayo. Criterio: $CV \leq 5\%$ para fuerza máxima</i> | 43 |
| Tabla 13 <i>Procedimiento Operativo Estandarizado NTE INEN-ISO 13934-1:2014</i> | 48 |
| Tabla 14 <i>Procedimiento Operativo Estandarizado ASTM D5035-11:2019</i> | 49 |
| Tabla 15 <i>Protocolo de Armonización Inter normativo entre NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y ASTM D5035-11:2019</i> | 50 |
| Tabla 16 <i>Check-List de verificación del equipo UTM HSW-UT-PC ensayos de tracción en materiales textiles</i> | 51 |
| Tabla 17 <i>Diferencias Inter normativas de fuerza máxima por material y dirección</i> | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabla 18 <i>Caracterización mecánica de referencia para tejidos textiles, método de la tira, NTE INEN-ISO 13934-1:2014</i> | 55 |
|--|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Árbol de problemas</i> | 20 |
|--|----|

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1 <i>Guía de prácticas desarrollada “Preparación de probetas”</i> | 71 |
| Anexo 2 <i>Guía de prácticas desarrollada “Ensayo de tracción textil bajo normativa NTE INEN-ISO 13934-1”</i> | 75 |
| Anexo 3 <i>Guía de prácticas desarrollada Ensayo de tracción textil bajo normativa ASTM D5035-11:2019</i> | 81 |
| Anexo 4 <i>Equipo UTM HSW-UT-PC - vista frontal completa con etiqueta</i> | 88 |
| Anexo 5 <i>Panel de control del equipo UTM (botones Jog, Power, E-Stop)</i> | 88 |
| Anexo 6 <i>Software TEMI abierto en pantalla - ventana principal</i> | 88 |
| Anexo 7 <i>Información técnica de los materiales ensayados</i> | 89 |
| Anexo 8 <i>Marcación de probetas en los materiales de estudio</i> | 89 |
| Anexo 9 <i>Probetas cortadas antes del deshilado ISO y ASTM</i> | 89 |
| Anexo 10 <i>Probetas deshiladas con ancho neto medido - ISO 30 mm</i> | 90 |
| Anexo 11 <i>Probetas deshiladas con ancho neto medido - ASTM 25 mm</i> | 90 |
| Anexo 12 <i>Montaje de probeta en mordazas - centrada y alineada bajo norma ISO</i> | 91 |
| Anexo 13 <i>Montaje de probeta en mordazas - centrada y alineada bajo norma ASTM</i> | 91 |
| Anexo 14 <i>Ensayo en ejecución - curva fuerza-desplazamiento en pantalla TEMI</i> | 92 |
| Anexo 15 <i>Estado final de las probetas tras el ensayo de tracción bajo norma ISO</i> | 92 |
| Anexo 16 <i>Estado final de las probetas tras el ensayo de tracción bajo norma ASTM</i> | 93 |
| Anexo 17 <i>Ficha técnica del fabricante</i> | 93 |
| Anexo 18 <i>Reportes TEMI ensayos bajo norma ISO</i> | 94 |
| Anexo 19 <i>Reportes TEMI ensayos bajo norma ASTM</i> | 95 |

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo la estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas NTE INEN-ISO 13934-1: 2014 y ASTM D5035-11:2019 en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, con el propósito de generar documentación técnica que garantice la correcta ejecución y replicabilidad de los ensayos. La metodología aplicada fue de tipo descriptiva, aplicada con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se ejecutaron ensayos de tracción sobre dos materiales textiles de calada, Lona Canvas (100 % algodón, 450 g/m²) y Denim (100 % algodón, 400 g/m²), en las direcciones de urdimbre y trama, bajo las dos normativas en el equipo UTM HSW-UT-PC con el software TEMI. Los registros de fuerza máxima y alargamiento se procesaron con estadística descriptiva, utilizando la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación como indicador central de repetibilidad, con un criterio de aceptabilidad de $CV \leq 5\%$. Los resultados evidenciaron que seis de los ocho grupos de ensayo cumplieron el criterio de repetibilidad para la fuerza máxima. Las diferencias Inter normativas de fuerza máxima oscilaron entre el 6,6 % y el 13,2 %, con registros ASTM consistentemente menores que los ISO en todos los grupos, patrón atribuible a las diferencias en velocidad de ensayo y longitud de gauge entre los dos sistemas. Como propuesta se generó formatos técnicos que comprenden los Procedimientos Operativos Estandarizados, Protocolo de Armonización Inter normativo, un Check-List de verificación del equipo UTM, una guía de operación del software TEMI, criterios de armonización Inter normativa con los valores de diferencia cuantificados y Guías de Práctica.

Palabras clave: ensayos de tracción, estandarización, repetibilidad, normativas, textiles.

ABSTRACT

This research aimed to standardize tensile testing of textile materials according to the NTE INEN-ISO 13934-1:2014 and ASTM D5035-11:2019 standards at the Quality Control Laboratory of UNACH, with the purpose of generating technical documentation that guarantees the correct implementation and replicability of the tests. The methodology applied was descriptive, with a quantitative approach and a non-experimental design. Tensile tests were performed on two woven textile materials, Canvas (100% cotton, 450 g/m²) and Denim (100% cotton, 400 g/m²), in the warp and weft directions, under both standards, using the UTM HSW-UT-PC equipment with TEMI software. Maximum force and elongation measurements were processed using descriptive statistics, employing the arithmetic mean, standard deviation, and coefficient of variation as a central indicator of repeatability, with an acceptability criterion of $CV \leq 5\%$. The results showed that six of the eight test groups met the repeatability criterion for maximum force. Inter-standard differences in maximum force ranged from 6.6% to 13.2%, with ASTM values consistently lower than ISO values in all groups, a pattern attributable to differences in testing speed and gauge length between the two systems. As a proposed solution, technical formats were developed, including Standard Operating Procedures, an Inter-standard Harmonization Protocol, a UTM equipment verification checklist, a TEMI software operating guide, inter-standard harmonization criteria with quantified difference values, and Practice Guidelines.

Keywords: tensile testing, standardization, repeatability, standards, textiles



Reviewed by:

Geovanny Armas Pesántez, B.A. Mgs.

EFL PROFESSOR

ID. N°: 0602773301

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes

La caracterización mecánica de los materiales textiles es muy importante en la industria de la confección y en el comercio internacional de tejidos. Hu (2008) señaló que la resistencia máxima y la elongación en rotura de un tejido no son propiedades fijas del material más bien son valores que resultan de la interacción entre el tejido y el método de ensayo usado. Esta situación hace que estandarizar los procesos de ensayo sea esencial para establecer la calidad y los parámetros adecuados de los materiales textiles. Esto es crucial al emitir un criterio técnico respaldado por normas. Por lo tanto, la validez técnica de los registros obtenidos depende del rigor con que se realice el ensayo y de la existencia de protocolos documentados que sigan normas internacionales de referencia (ISO/IEC 17025, 2017).

En Ecuador, la evaluación de materiales textiles se rige por la norma NTE INEN-ISO 13934-1, adoptada con carácter voluntario a nivel nacional. En el ámbito del comercio internacional, sin embargo, la norma ASTM D5035 constituye la referencia habitual en mercados de exportación, en particular en el entorno norteamericano (Elsasser y Sharp, 2019). Ambas normativas establecen requisitos distintos en los parámetros de mayor incidencia sobre los resultados, entre ellos la velocidad de ensayo, las dimensiones de la probeta y la longitud entre mordazas. La aplicación de los dos sistemas en un mismo laboratorio exige, por tanto, criterios técnicos de armonización que permitan cotejar los registros obtenidos bajo cada esquema normativo.

Los ensayos de tracción en materiales textiles ejecutados sin protocolos documentados producen registros con variabilidad no controlada que no pueden compararse entre laboratorios ni entre normativas. La preparación de probetas constituye la fuente de variabilidad de mayor incidencia entre los dos sistemas: la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) exige el deshilado simétrico de bordes para garantizar el ancho neto especificado, en tanto que la ASTM D5035-11 (2019) admite el corte con cuchilla sin deshilado, diferencia que la propia norma reconoce en la sección A1.2 como una de las fuentes de error más frecuentes en los ensayos de tracción textil.

La existencia de los dos sistemas normativos en un mismo laboratorio, sin criterios de armonización claros, dio lugar a registros que no se podían comparar directamente. Las diferencias en velocidad de ensayo, longitud de gauge y condiciones de acondicionamiento produjeron valores distintos sobre el mismo tejido, patrón coherente con lo documentado para tejidos de calada donde las propiedades mecánicas varían según el ligamento y la dirección de ensayo (Patti y Acierno, 2023). A partir de ese análisis se estableció que la solución no radicó en elegir una normativa sobre la otra, sino en construir un protocolo que documentara los parámetros de cada sistema y los criterios estadísticos para verificar la aceptabilidad de los registros. A partir de lo anterior, esta investigación planteó la estandarización de los ensayos de tracción en Lona Canvas y Denim, a través de la comparación de los requisitos de la NTE INEN-ISO 13934-1 y la ASTM D5035 y de la adaptación de dichos requisitos a las condiciones reales del equipo disponible. El producto

fue un procedimiento operativo estandarizado, formatos de registro y fichas técnicas de materiales que permitieron ejecutar los ensayos con resultados reproducibles y trazables.

1.2 Planteamiento del problema

Ejecutar ensayos sin protocolos técnicos documentados expone al laboratorio a obtener registros que ningún tercero puede verificar ni comparar con los de otro laboratorio que trabaje bajo las mismas condiciones. Cuando las variables del ensayo quedan sujetas al criterio del operador, la variabilidad no controlada compromete la repetibilidad de las mediciones y, con ella, la confianza en los registros obtenidos. Este problema no es exclusivo de los laboratorios industriales; en el ámbito universitario tiene consecuencias igual de concretas, pues los resultados de investigación pierden validez técnica al no estar respaldados por un método reproducible (ISO/IEC 17025, 2017).

La existencia de dos marcos normativos distintos con requisitos diferentes complica los ensayos de tracción de los materiales textiles. Los valores de elongación y la fuerza máxima de un mismo tejido difieren al comparar la norma ASTM D5035-11 (2019) con la norma NTE INEN-ISO 13934-1 (2014). Esta variación se radica en la velocidad de ensayo, la longitud de la muestra y la duración del acondicionamiento. La forma en que se preparan las muestras es un factor importante que contribuye a las diferencias entre las dos normas, tal como se destaca en la Sección A1.2 del Anexo en la norma ASTM D5035-11 (2019), señalando que este es un error muy frecuente en los ensayos. Esta discrepancia indica que la falta de un procedimiento estandarizado es significativa, ya que genera resultados que son técnicamente inviables.

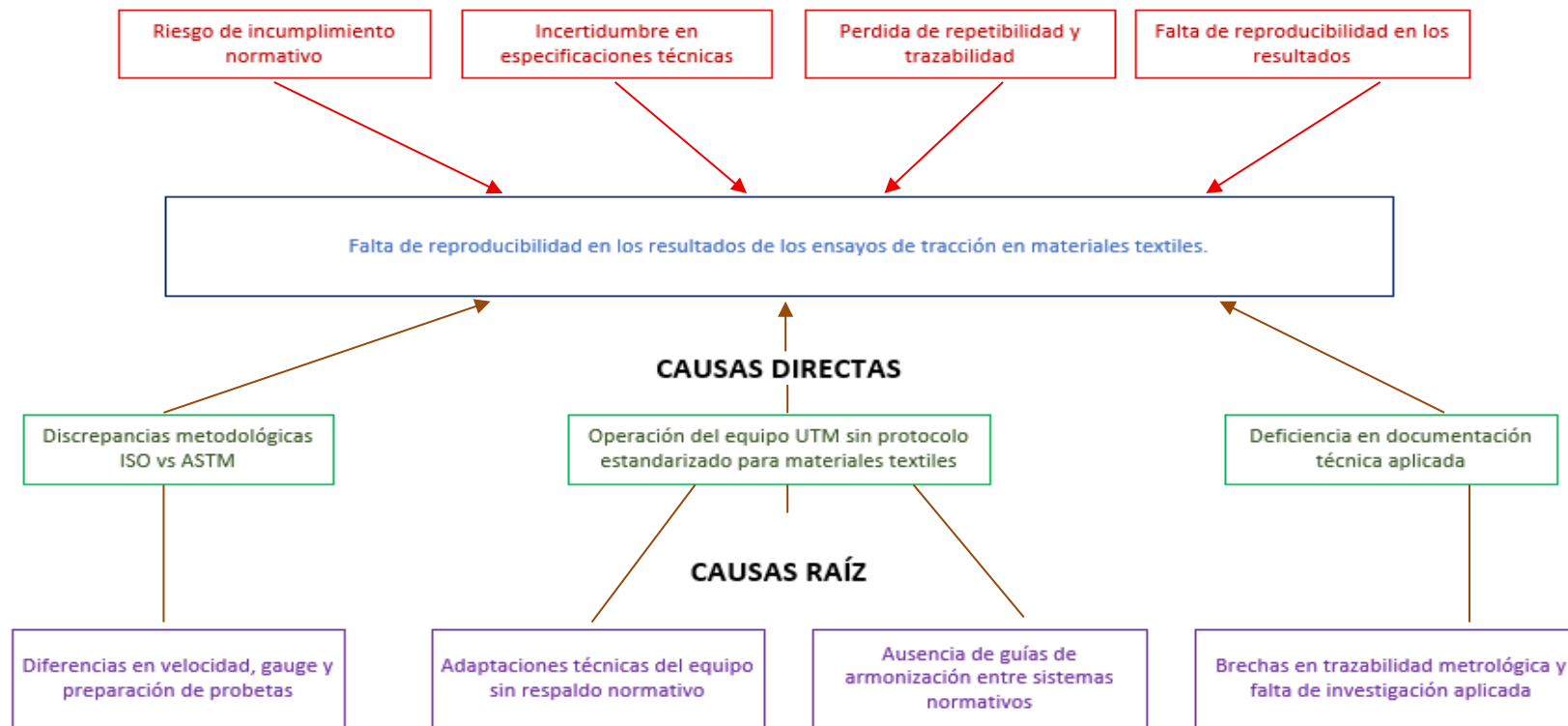
En Ecuador, la normativa NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) define métodos para analizar la resistencia de los textiles. Su implementación en las universidades de todo el país es escasa y, cuando se utiliza frecuentemente se ignoran los procedimientos necesarios que garantizan resultados exactos. Asimismo, la norma ASTM D5035-11 (2019) crucial para los exportadores en América del Norte, no se considera en las prácticas de laboratorio de ninguna institución educativa de la región. Esta carencia de regulación dificulta que los laboratorios universitarios en Ecuador produzcan información técnica que cumpla con los estándares internacionales.

En el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, los trabajos técnicos previos desarrollados con el equipo UTM HSW-UT-PC se orientaron al cuero y el calzado bajo las normas ISO 3376 e ISO 17708 (Sigcho y Urvina, 2025). El laboratorio carece de protocolos para ensayos en materiales textiles, de guías de armonización entre los sistemas normativos ISO y ASTM, y de documentación técnica que respalde la trazabilidad de los registros obtenidos. Esta situación configura el problema central de la investigación, a saber, la ausencia de reproducibilidad verificada en los ensayos de tracción sobre materiales textiles en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

El diagrama del árbol de problemas nos permitió identificar los elementos y resultados asociados a la falta de uniformidad en los ensayos de tracción de materiales textiles. Dando a conocer las causas más relevantes tales como la carencia de procedimientos formalizados, la presencia de dos marcos normativos distintos los cuales presentan requisitos opuestos y la falta de normativas técnicas unificadas. Estos aspectos impactaron de forma específica en la incapacidad validar los registros, limitando a su vez la reproducibilidad de los ensayos. En base a la valoración hecha con esta herramienta facilitó direccionarnos a una solución, cuya meta principal se estableció en la elaboración de métodos de ensayo estandarizados.

Figura 1

Árbol de problemas



Nota. Elaboración propia

1.3 Formulación del problema

¿En qué medida la estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles, conforme a normas ISO 13934-1 y ASTM D5035, mejora la reproducibilidad de los resultados en el laboratorio de control de calidad?

1.4 Justificación

En el laboratorio de Control de Calidad de la facultad de Ingeniería Industrial de la UNACH, la ausencia de manuales escritos para realizar pruebas de tensión en tejidos genera una serie de resultados técnicos adversos. Al no existir un procedimiento que indique cómo elaborar adecuadamente las muestras para las pruebas, fije la velocidad de la prueba y defina las condiciones de acondicionamiento del material, cada técnico actúa según su propio criterio al tomar dichas decisiones. Como consecuencia, al ejecutar dos pruebas en el mismo tipo de tela se obtienen resultados variados, lo que imposibilita determinar cuál es el correcto, dado que ninguno se ajusta a un estándar de referencia. Este inconveniente pone en peligro la consistencia de los resultados, la trazabilidad de las mediciones y la posibilidad de realizar comparaciones con datos de otros laboratorios o distintos protocolos.

Asimismo, hay dos marcos legales que presentan requisitos diversos. Las normas NTE INEN-ISO 13934-1 y ASTM D5035 establecen criterios diferentes que afectan considerablemente los resultados, como la velocidad de prueba, la separación entre mordazas y el tiempo dedicado a la preparación de la muestra. Dada la ausencia de guías técnicas que integren estas diferencias, el laboratorio no puede llevar a cabo ensayos conforme a ambas normas de manera uniforme ni explicar las razones de la falta de comparabilidad directa en los resultados de cada norma. Esta restricción limita las capacidades técnicas del laboratorio y dificulta su habilidad para ofrecer información pertinente a la industria textil de la zona.

Por las razones expuestas, se plantearon ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO y ASTM en el laboratorio de control de calidad, con el propósito de generar un marco técnico documentado que permitiera ejecutar los ensayos de forma reproducible bajo cada normativa, con resultados verificables y trazables. Para ello se desarrolló un Procedimiento Operativo Estandarizado, formatos de registro, una guía de operación del software TEMI y fichas técnicas de los materiales evaluados.

El estudio presentó ventajas en dos aspectos, tanto el ámbito interno equipando al laboratorio de la UNACH con herramientas que facilitaron la realización de análisis textiles de manera independiente conforme a las normativas internacionales, enriqueciendo la experiencia práctica de los estudiantes de la carrera universitaria y el ámbito externo, produjo datos de referencia sobre los materiales de lona y denim que el sector textil pueden tomar de referencia para la toma de decisiones respecto a la calidad, amparadas por normativas reconocidas..

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Estandarizar los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO y ASTM, en el Laboratorio de Control de Calidad, con el fin de generar documentación técnica que garantice la correcta ejecución y replicabilidad.

1.5.2 Específicos

Comparar los requisitos técnicos de las normas ISO 13934-1 y ASTM D5035 aplicables a ensayos de tracción en materiales textiles, mediante análisis normativo sistemático, para establecer criterios de armonización aplicables al Laboratorio de Control de Calidad.

Establecer el procedimiento operativo de la UTM, mediante la adecuación de los requisitos técnicos establecidos en las normas ISO y ASTM, para asegurar condiciones de ensayo controladas y reproducibles.

Desarrollar documentación técnica estandarizada para los ensayos de tracción en materiales textiles, mediante la elaboración de formatos y criterios normativos, para respaldar la correcta operación del equipo UTM, así como la confiabilidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado del arte

Los ensayos de tracción en materiales textiles ejecutados sin protocolos documentados producen registros con variabilidad no controlada que no pueden compararse entre laboratorios ni entre normativas. La preparación de probetas constituye la fuente de variabilidad de mayor incidencia entre los dos sistemas: la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) exige el deshilado simétrico de bordes para garantizar el ancho neto especificado, en tanto que la ASTM D5035-11 (2019) admite el corte con cuchilla sin deshilado, diferencia que la propia norma reconoce en la sección A1.2 como una de las fuentes de error más frecuentes en los ensayos de tracción textil.

La coexistencia de los dos sistemas normativos en un mismo laboratorio, sin criterios de armonización definidos, generó registros que no resultaron comparables de forma directa. Las diferencias en velocidad de ensayo, longitud de gauge y condiciones de acondicionamiento produjeron valores distintos sobre el mismo tejido, patrón coherente con lo documentado para tejidos de calada, donde las propiedades mecánicas varían según el ligamento y la dirección de ensayo (Patti y Acierno, 2023). A partir de ese análisis se estableció que la solución no radicó en elegir una normativa sobre la otra, sino en construir un protocolo que documentara los parámetros de cada sistema y los criterios estadísticos para verificar la aceptabilidad de los registros. Ese fue el enfoque que adoptó esta investigación.

2.2 Marco normativo

2.2.1 Normas ISO (International Organization for Standardization)

La familia de normas ISO para ensayos de tracción en textiles proporciona un marco técnico de reconocimiento internacional. La NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) constituye la norma fundamental para determinar las propiedades de tracción en tejidos con base en el método de la tira, definiendo el ancho de probeta en 50 mm con tolerancia de más o menos 0,5 mm, la velocidad de ensayo a partir del tiempo hasta la rotura de 20 más o menos 3 segundos, y condiciones de acondicionamiento de veinte grados Celsius con dos grados de tolerancia y sesenta y cinco por ciento de humedad relativa con cuatro por ciento de tolerancia.

Además, la norma ISO 139 (2005) define el esquema estándar necesario para el tratamiento y evaluación de los tejidos, lo que es esencial para obtener resultados consistentes. Por su parte, la norma ISO 7500-1 (2018) especifica los principios de medición necesarios para la calibración de los dispositivos de prueba, sugiriendo la Clase 1 como la categoría apropiada para la evaluación de tejidos, permitiendo una tolerancia de error del uno por ciento en las mediciones de fuerza. La norma ISO/IEC 17025 (2017) establece los criterios generales sobre la capacidad técnica que deben tener los laboratorios de ensayo y calibración, lo que incluye la garantía de la calidad de los resultados de medición mediante el uso de materiales de referencia y gráficos de control.

2.2.2 Normas ASTM (American Society for Testing and Materials)

El enfoque de las normas ASTM es fundamentalmente diferente de las normas ISO en términos de metodología. ASTM D5035-11 (2019) especifica una velocidad de prueba constante de 300 milímetros por segundo por minuto para la técnica de tira, que permite más o menos 10 milímetros por minuto, lo que contrasta con el método de tiempo de rotura utilizado por ISO, además, especifica tamaños de muestra de 25 o 50 milímetros según el tipo de tejido.

ASTM D76/D76M (2021) especifica requisitos para equipos de prueba textiles, incluida la precisión de la fuerza más o menos el uno por ciento de la lectura. La verificación metrológica se rige por la norma ASTM E4 (2021), que especifica prácticas de prueba de fuerza basadas en pesas estándar o el uso de celdas de carga de transferencia certificadas.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Fundamentos de mecánica textil

La mecánica textil es la rama de la ingeniería que estudia el comportamiento físico y la respuesta mecánica de las fibras, hilos y tejidos. La respuesta mecánica ante una sollicitación de tracción no dependió de un factor único, sino de una jerarquía de variables interrelacionadas que abarcó las propiedades de la fibra, la estructura del hilo, la geometría del tejido y los acabados aplicados (Hearle *et al.*, 1969).

Medir la resistencia máxima o la elongación en rotura de un tejido no produce un valor único e invariable, dado que el resultado depende tanto de lo que el tejido es como de las condiciones bajo las cuales se ejecutó el ensayo, de modo que el mismo material puede generar registros distintos si el procedimiento aplicado difiere. La confiabilidad y comparabilidad de los registros dependieron del control metodológico aplicado durante la evaluación, dado que variaciones en parámetros operativos, criterios de aceptabilidad o condiciones de medición produjeron diferencias cuantificables entre grupos de ensayo. Desde la perspectiva de la validación de métodos, la estandarización del procedimiento constituyó el elemento central para asegurar la consistencia y trazabilidad de los registros experimentales, en especial en ensayos cuantitativos donde la sensibilidad del método incidió de forma directa sobre la respuesta medida (Gómez Arias, 2025).

2.3.2 Teoría de estandarización técnica

La estandarización técnica es el proceso mediante el cual se establecen criterios comunes para una actividad específica, con el propósito de garantizar registros comparables y verificables entre distintos actores de la cadena productiva. Blind (2016) identificó tres niveles de estandarización, a saber, el terminológico, el procedimental y el de especificación, siendo el nivel procedimental el de mayor incidencia en los ensayos de tracción textil (ISO/IEC Guide 2, 2004).

La convergencia entre los sistemas ISO y ASTM representa un desafío particular en ese nivel, dado que la ISO se orienta hacia principios de alcance universal, en tanto que la

ASTM responde con mayor énfasis a las necesidades de la industria norteamericana. Esa divergencia de enfoque explica parte de las diferencias procedimentales identificadas en el análisis comparativo de normas de esta investigación (Tassey, 2000).

2.3.3 Control metrológico en ensayos mecánicos

El control metrológico en ensayos mecánicos es el conjunto de prácticas que garantizan que los registros de medición puedan relacionarse con referencias trazables mediante cadenas ininterrumpidas de calibración. En el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, ese control abarcó la verificación del equipo UTM, las condiciones ambientales del ensayo y la variabilidad propia del material textil (VIM, 2012).

La calibración del instrumento, la precisión del sistema de obtención de datos, el entorno, el técnico y la variabilidad del material son elementos que afectan la medición de la incertidumbre. La incertidumbre ampliada para las evaluaciones textiles utilizando un factor de cobertura k igual a dos, varía entre un 3 y un 8 % en resistencia y entre un 5 y un 12 % en elongación. Estos rangos determinan la forma en que se analizan los resultados obtenidos en este estudio (GUM, 2008; Majumdar, 2013).

2.3.4 Preparación y acondicionamiento de muestras

La preparación y el acondicionamiento de las muestras textiles constituyen etapas previas al ensayo que condicionan la validez y la reproducibilidad de los registros obtenidos. En el apartado seis de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) se establece que las pruebas requieren que las muestras sean preparadas en un ambiente estandarizado a 20 ± 2 °C y con una humedad relativa de 65 ± 4 % por lo menos por un período de veinticuatro horas antes de realizar la evaluación. Durante este periodo, las fibras de algodón alcanzan un nivel de humedad equilibrado, lo que ajusta sus propiedades mecánicas y garantiza que los datos de elongación y resistencia máxima sean consistentes entre diferentes laboratorios.

La preparación física de las probetas comprende el corte en la dirección de ensayo y el deshilado simétrico de bordes hasta el ancho neto especificado por la norma. Para la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) establece un ancho de 50 mm con deshilado hasta 30 mm netos, adaptación justificada por las condiciones de mordaza del equipo UTM HSW-UT-PC conforme a la sección 8.2 de esa norma. La ASTM D5035-11 (2019) establece un ancho neto de 25 mm. En ambos casos, el deshilado debe ser uniforme y el ancho neto debe verificarse con instrumentos de medición en al menos tres puntos de la longitud de la probeta, con el fin de garantizar la uniformidad de la sección transversal sometida a carga.

2.4 Marco legal

La Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad (Ley 76, 2007) establece el marco legal para la normalización, la metrología y la acreditación en el Ecuador, asignando al INEN la facultad de elaborar normas técnicas ecuatorianas y adoptar normas internacionales. En ese marco se emitió la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014), normativa de referencia para esta investigación.

La NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) es la Norma Técnica Ecuatoriana de primera edición, adoptada de forma idéntica a partir de la ISO 13934-1:2013, oficializada con carácter voluntario mediante Resolución No. 13525 publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 156 del 7 de enero de 2014. La NTE INEN-ISO 7500-1 (2013) establece los requisitos de verificación y calibración del sistema de medición de fuerza de las máquinas de ensayo uniaxiales estáticas, constituyendo la norma de referencia para la validación metrológica del equipo UTM empleado en esta investigación. El Decreto Ejecutivo No. 756 (2011) regula el funcionamiento del Servicio de Acreditación Ecuatoriano, organismo que exige el cumplimiento de la norma ISO/IEC 17025 como estándar de competencia técnica para laboratorios acreditados (SAE, 2024).

2.5 Marco conceptual

A continuación, se presentan los conceptos fundamentales que sustentan el desarrollo de la investigación.

2.5.1 Estandarización

Cuando diferentes laboratorios ensayan el mismo material y obtienen resultados comparables entre sí, detrás de esa coincidencia opera un proceso de estandarización, entendido como el desarrollo e implementación de especificaciones técnicas construidas sobre el consenso de distintas partes interesadas y aplicadas de forma sistemática a productos, procesos o servicios. En el ámbito de los ensayos de laboratorio, ese proceso es el que convierte condiciones controladas en registros verificables y reproducibles por cualquier laboratorio que opere bajo las mismas especificaciones (ISO/IEC Guide 2, 2004).

2.5.2 Normalización

La normalización es la actividad orientada a establecer, frente a problemas reales o potenciales, disposiciones para uso común y repetido, con el fin de alcanzar un grado de orden óptimo en un contexto determinado. El resultado de dicha actividad se materializa en documentos normativos de aplicación voluntaria u obligatoria (ISO 9000, 2015).

2.5.3 Armonización normativa

La armonización normativa es el proceso de alineación de requisitos técnicos provenientes de diferentes normas o regulaciones, con el propósito de hacerlos compatibles, reducir diferencias entre sistemas y facilitar la comparabilidad de registros. En esta investigación, se aplicó al acercamiento entre la NTE INEN-ISO 13934-1 y la ASTM D5035 (ISO/IEC Guide 2, 2004).

2.5.4 Trazabilidad metrológica

La trazabilidad metrológica es la propiedad de un resultado de medición por la cual dicho resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida de calibraciones, cada una de las cuales aporta a la incertidumbre total del proceso. Constituye un requisito fundamental para la validez técnica de los registros generados en el laboratorio (VIM, 2012).

2.5.5 Incertidumbre de medición

Todo proceso de medición produce un resultado acompañado de una dispersión inherente que impide afirmar con certeza absoluta cuál es el valor real del mensurando. Esta dispersión se caracteriza por un parámetro no negativo llamado incertidumbre de medición, cuya cuantificación incorpora contribuciones del equipo, el operador, las condiciones ambientales y la variabilidad propia del material evaluado, conforme a los lineamientos de la Guía GUM (2008).

2.5.6 Reproducibilidad

Obtener resultados concordantes al aplicar el mismo método de ensayo sobre muestras idénticas en laboratorios distintos, con operadores y equipos diferentes, es lo que define la reproducibilidad de un método. En esta investigación ese criterio orientó la evaluación de la consistencia de los registros obtenidos bajo las dos normativas aplicadas, conforme a la ISO 5725-1 (2023).

2.5.7 Repetibilidad

A diferencia de la reproducibilidad, la repetibilidad evalúa la precisión de un método cuando todas las condiciones de ensayo permanecen constantes: mismo procedimiento, mismo operador, mismo equipo y laboratorio en un período corto. Ambos conceptos son complementarios y juntos permiten caracterizar la consistencia de un método de ensayo desde dos perspectivas, la interna y la externa (ISO 5725-1, 2023).

2.5.8 Procedimiento Operativo Estandarizado (POE)

El Procedimiento Operativo Estandarizado es el documento técnico que describe de forma detallada, secuencial y verificable los pasos requeridos para ejecutar un ensayo bajo condiciones controladas (ISO/IEC 17025, 2017). En el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, la elaboración de este documento constituyó el producto principal de esta investigación para garantizar la reproducibilidad de los ensayos de tracción textil.

2.5.9 Probeta

La probeta es la muestra de tejido preparada conforme a las especificaciones normativas para ser sometida al ensayo de tracción. Las dimensiones, el método de corte y el proceso de deshilado de bordes varían según la norma aplicada, y esa variación constituye una de las principales fuentes de diferencia entre los registros obtenidos bajo cada sistema normativo (NTE INEN-ISO 13934-1, 2014; ASTM D5035-11, 2019).

2.5.10 Máquina Universal de Ensayos (UTM)

La Máquina Universal de Ensayos es el equipo de medición empleado para aplicar cargas de tracción controladas sobre las probetas textiles y registrar la fuerza y la elongación en función del tiempo (NTE INEN-ISO 7500-1, 2013). En esta investigación se utilizó el equipo UTM HSW-UT-PC del laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, verificado conforme a los requisitos de calibración establecidos por esa misma norma.

2.6 Glosario

| | |
|-------------|--|
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| CV | Coefficiente de Variación |
| HR | Humedad Relativa |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| ISO | Organización internacional de Normalización |
| NTE | Norma Técnica Ecuatoriana |
| OAE | Organismo de Acreditación Ecuatoriano |
| POE | Procedimiento Operativo Estandarizado |
| UTM | Universal Testing Machine / Máquina Universal de Ensayos |

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo descriptiva aplicada. El carácter descriptivo se expresó en la caracterización del comportamiento mecánico a tracción de los materiales textiles Lona Canvas (100 % algodón, 450 g/m²) y Denim (100 % algodón, 400 g/m²), a través de la identificación de las propiedades de fuerza máxima y alargamiento bajo condiciones normalizadas. El carácter aplicado radicó en que el propósito final fue generar documentación técnica, procedimientos, formatos y fichas de registros de uso directo en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH para la ejecución replicable de ensayos de tracción en materiales textiles.

3.2 Diseño de Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental de tipo descriptivo. Mediante la aplicación de dos protocolos normativos internacionales sobre un mismo equipo, se examinó la respuesta mecánica de los materiales textiles seleccionados ante condiciones de tracción, las propiedades del material no fueron objeto de manipulación experimental; sin embargo, se realizaron adaptaciones operativas controladas en determinados parámetros de ensayo. Los registros obtenidos bajo cada normativa se compararon y documentaron con el fin de construir un protocolo estandarizado que respondiera a las condiciones reales del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

3.3 Técnicas de recolección de información

3.3.1 Análisis documental normativo

Se realizó un análisis comparativo de los requisitos técnicos y parámetros de ensayo de la norma ISO 13934-1 y la norma ASTM D5035, con base en matrices comparativas que permitieron identificar los puntos de convergencia y divergencia aplicables a las condiciones del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

3.3.2 Investigación experimental

Se ejecutaron ensayos de tracción con registros de fuerza máxima y alargamiento bajo los parámetros establecidos en cada normativa, sobre los dos materiales seleccionados y en ambas direcciones de tejido, urdimbre y trama.

3.3.3 Metrología aplicada

Se evaluó la incertidumbre de medición mediante el coeficiente de variación calculado para cada grupo de ensayos, con el propósito de verificar la repetibilidad de los registros obtenidos bajo cada normativa.

3.3.4 Análisis estadístico

El análisis de los registros obtenidos en cada grupo de ensayo se apoyó en tres indicadores estadísticos descriptivos: la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Este último operó como criterio central de repetibilidad, dado que permite expresar la dispersión de los registros como porcentaje de la media sin depender de

la magnitud de los valores medidos. Para comparar los registros obtenidos bajo la NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y la ASTM D5035-11:2019, se calculó la diferencia porcentual relativa entre las medias de cada grupo, discriminada por material y dirección de tejido.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de estudio estuvo constituida por los registros de fuerza máxima y alargamiento obtenidos mediante ensayos de tracción sobre materiales textiles, específicamente Lona Canvas (100 % algodón, 450 g/m²) y Denim (100 % algodón, 400 g/m²), ambos tejidos de calada. La selección de estos materiales respondió al uso extendido en la industria de confección nacional y a la condición de tejidos planos, lo que los hizo aplicables de forma directa al método de la tira establecido en ambas normativas de referencia.

Tabla 1

Materiales seleccionados para el estudio

| Material | Composición | Gramaje |
|-----------------|--------------------|----------------------|
| Lona Canvas | 100 % algodón | 450 g/m ² |
| Denim | 100 % algodón | 400 g/m ² |

Nota. Elaboración propia.

3.4.2 Muestra

La muestra experimental se definió en función de los requisitos mínimos establecidos por cada norma. Se trabajó con un mínimo de cinco probetas por dirección de tejido, por normativa y por material, lo que condujo al siguiente esquema de cálculo:

$$n = m \times d \times N \times r$$

$$n = 2 \times 2 \times 2 \times 5 = 40 \text{ probetas mínimas}$$

n = número total de probetas mínimas requeridas

m = número de materiales evaluados (Lona Canvas, Denim)

d = direcciones de tejido ensayadas (urdimbre, trama)

N = normativas aplicadas (NTE INEN-ISO 13934-1, ASTM D5035-11)

r = repeticiones mínimas por grupo de ensayo

Este valor cumplió con los requisitos establecidos en la sección 8.1 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y la sección 7.3 de la ASTM D5035-11 (2019).

Para los ensayos bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014), las probetas se cortaron con un ancho inicial de 40 mm y se deshilaron de forma simétrica 5 mm por cada borde lateral, con lo que se obtuvo un ancho neto de 30 mm. La longitud total de cada probeta fue de 280 mm, con una longitud de ensayo de 200 mm, conforme a la sección 9.1 de dicha norma. Esta adaptación se fundamentó en la capacidad de mordaza del equipo UTM HSW-UT-PC del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, cuya cara de contacto mide 30 mm, condición contemplada en la sección 8.2 de la norma, que permite un ancho diferente

al preferido cuando las condiciones del equipo lo requieren, con la obligación de reportarlo en todos los informes de ensayo.

De acuerdo con los parámetros del marco normativo de ASTM D5035-11 (2019) se requiere que las probetas sean cortadas con un ancho neto de 25mm, pero para este estudio se adaptó un ancho inicial de 40mm para posteriormente poder deshilar hasta alcanzar dicho ancho, mientras que la longitud total fue un largo de 150mm para que la longitud de ensayo sea de 75mm cumpliendo así el criterio normativo del punto 10.1.2.

3.5 Hipótesis

¿La estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO y ASTM en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH permite obtener registros con repetibilidad verificable?

3.5.1 Hipótesis nula H_0

La estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO y ASTM no permite obtener registros con repetibilidad verificable ($CV > 5\%$).

3.5.2 Hipótesis alternativa H_1

La estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO y ASTM permite obtener registros con repetibilidad verificable ($CV \leq 5\%$).

3.6 Métodos de análisis y procesamiento de información

El procesamiento de la información obtenida en los ensayos de tracción se realizó mediante cuatro herramientas estadísticas, seleccionadas conforme a lo establecido en la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014). Los cálculos se ejecutaron en el software Microsoft Excel, a partir de los registros exportados por el sistema TEMI del equipo UTM HSW-UT-PC del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

3.6.1 Media aritmética

La media aritmética representó el valor central del conjunto de mediciones de cada grupo de ensayo. Se calculó para la fuerza máxima y el alargamiento en cada dirección de tejido y bajo cada normativa aplicada, conforme a la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = media aritmética del grupo de ensayo (N para fuerza % para alargamiento)

x_i = valor registrado en la probeta i del grupo

n = número de probetas válidas del grupo de ensayo

\sum = sumatoria de todos los valores individuales del grupo

3.6.2 Desviación estándar muestral

La desviación estándar muestral cuantificó la dispersión de los valores individuales respecto a la media de cada grupo. Se empleó el estimador con denominador $(n - 1)$, denominado corrección de Bessel, conforme a la ISO 5725-1 (2023).

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

s = desviación estándar muestral del grupo de ensayo

x_i = valor individual de cada probeta del grupo

\bar{x} = media aritmética del grupo de ensayo

n = número de probetas válidas del grupo

$n - 1$ = grados de libertad de la muestra

3.6.3 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación constituyó el indicador central de repetibilidad. Expresó la desviación estándar como porcentaje de la media, permitiendo comparar la dispersión entre grupos de distintas magnitudes. El criterio de aceptabilidad adoptado fue $CV \leq 5 \%$, umbral establecido en la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014).

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

$CV(\%)$ = coeficiente de variación expresado en porcentaje

s = desviación estándar muestral del grupo de ensayo

\bar{x} = media aritmética del grupo de ensayo

Criterio de aceptabilidad = $CV \leq 5 \%$

3.6.4 Diferencia porcentual relativa entre normativas

Para cuantificar la divergencia entre los registros obtenidos bajo la ISO 13934-1 y la ASTM D5035, se calculó la diferencia porcentual relativa tomando como referencia el valor ISO. Un valor negativo indicó que la ASTM produjo valores menores que la ISO; un valor positivo, lo contrario. Este indicador permitió evaluar la magnitud del efecto normativo sobre las propiedades mecánicas de cada material (ISO 5725-1, 2023).

$$D(\%) = \frac{\bar{x}_{ASTM} - \bar{x}_{ISO}}{\bar{x}_{ISO}} \times 100$$

Donde:

$D(\%)$ = diferencia porcentual relativa entre los valores medios obtenidos

\bar{x}_{ASTM} = media aritmética del grupo bajo ASTM

\bar{x}_{ISO} = media aritmética del grupo bajo ISO

3.6.5 Procedimiento de ensayo

El procedimiento de ensayo bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) comprendió el acondicionamiento de las muestras durante 24 horas en atmósfera normalizada, la preparación de probetas con ancho neto de 30 mm, la configuración del equipo UTM con longitud de ensayo de 200 mm y velocidad de 100 mm/min, la aplicación de una tensión previa de 5 N y el registro de la fuerza máxima y el alargamiento hasta la rotura.

La norma ASTM D5035-11 (2019) mantuvo una secuencia similar, con diferencias en el tiempo de acondicionamiento, el ancho neto de probeta de 25 mm, la longitud de ensayo de 75 mm, la velocidad de carga de 300 más o menos 10 mm/min y al no establecerse un valor fijo de pretensión, el valor de 2 N se consideró un valor óptimo para mantener condiciones de evaluación comparables, con el propósito de no alterar el comportamiento inicial de la probeta.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis documental normativo: comparación ISO 13934-1 vs ASTM D5035

El análisis comparativo de las dos normativas reveló diferencias metodológicas en parámetros que afectaron de forma directa los registros del ensayo. La Tabla 2 recoge los criterios de mayor relevancia para la ejecución de los ensayos en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

Tabla 2

Comparación de parámetros metodológicos entre NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y ASTM D5035-11:2019

| Parámetro | NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | ASTM D5035-11:2019 |
|----------------------------|---|--|
| Equipo requerido | CRE (velocidad constante de alargamiento) | CRE, CRL o CRT |
| Ancho de probeta preferido | 50 mm ± 0,5 mm (adaptado a 30 mm netos por limitación de mordaza) | 25 mm (1 in.) o 50 mm (2 in.) según tipo de tejido |
| Longitud de ensayo (gauge) | 200 mm ± 1 mm (para alargamiento ≤ 75 %) | 75 mm ± 1 mm (3 in.) |
| Longitud total de probeta | 280 mm (mínimo para gauge 200 mm + agarre) | 150 mm (mínimo) |
| Velocidad de ensayo | Variable según alargamiento: 20 mm/min (< 8 %) o 100 mm/min (8-75 %) | 300 ± 10 mm/min (fija para la mayoría de los tejidos) |
| Preparación de bordes | Deshilado simétrico obligatorio hasta ancho neto especificado | Deshilado obligatorio para tejidos de calada |
| Acondicionamiento mínimo | 24 h en atmósfera normalizada: 20 ± 2 °C / 65 ± 4 % HR | 4 h mínimo: 21 ± 1 °C / 65 ± 2 % HR (Practice D1776) |
| Tensión previa | 5 N para tejidos 200-500 g/m ² (lona 450 g/m ² , denim 400 g/m ²) | ≤ 0,5 % de la fuerza a escala completa; aplicación con grampa auxiliar |
| Número mínimo de probetas | 5 por dirección | 5 por dirección (warp) / 8 por dirección (filling) |

| | | |
|--|---|---|
| Criterio de rechazo de rotura en mordaza | Rechazo si rotura a < 5 mm de la línea de pinzado y es menor al valor más bajo normal | Rechazo si rotura a < 5 mm y valor < 50 % del promedio de los demás |
| Magnitudes de resultado | Fuerza máxima (N); alargamiento a la fuerza máxima (%) | Fuerza de rotura (N); alargamiento aparente (%) |

Nota. Elaboración propia

El parámetro de mayor divergencia entre las dos normativas fue la velocidad de ensayo. La ISO 13934-1 (2013) establece velocidades asociadas al comportamiento esperado del tejido y al tiempo hasta la rotura, en tanto que la ASTM D5035-11 (2019) define una velocidad fija de trescientos milímetros por minuto, independiente del alargamiento esperado. En los materiales evaluados, esa diferencia modificó el régimen de carga aplicado e incidió directamente en los registros de fuerza máxima y alargamiento, condición atribuible a la respuesta viscoelástica de los tejidos de algodón ante variaciones en la velocidad de deformación (Hu, 2008).

La longitud del ensayo representó el segundo factor de discrepancia importante. Los 200 mm establecidos por la ISO 13934-1 frente a los 75 mm de la ASTM D5035 no solo definieron la forma física de la muestra, sino que también establecieron la manera de contabilizar el estiramiento porcentual, dado que este se expresa en relación con la longitud inicial entre los extremos.

Un tejido que se deforma la misma cantidad en milímetros produce un porcentaje de alargamiento diferente según el gauge de referencia, razón por la cual los valores de alargamiento obtenidos bajo las dos normativas no resultaron comparables sin una corrección que considerara ese parámetro.

De acuerdo con la sección 8. 2 de la NTE INEN-ISO 13934-1:2014, se permite utilizar un ancho diferente al preferido siempre que las características del equipo lo permitan. La modificación técnica registrada del ancho de la muestra, que se ha reducido a treinta milímetros netos en lugar de cincuenta para las pruebas conforme a la norma ISO 13934-1 a causa de una limitación de la mordaza del aparato UTM HSW-UT-PC, se basa en esta sección. Esta modificación fue mencionada en todos los informes de prueba y no afectó la validez del procedimiento, dado que el criterio de aceptación se aplicó sin tener en cuenta las mediciones obtenidas con el ancho modificado.

4.2 Ensayos de tracción bajo NTE INEN-ISO 13934-1:2014

4.2.1 Lona Canvas – Urdimbre

El ensayo de tracción en la dirección de urdimbre de la Lona Canvas bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) se ejecutó con cinco probetas de treinta milímetros de ancho neto, doscientos milímetros de longitud de ensayo y velocidad de extensión de cien milímetros por minuto, correspondiente a un alargamiento esperado entre el ocho y el setenta y cinco por ciento. La tensión previa aplicada fue de cinco newtons, conforme a lo establecido en la sección 9.3.2 de la norma para tejidos con masa por unidad de superficie entre doscientos y quinientos gramos por metro cuadrado.

Los registros de fuerza máxima y alargamiento de cada una de las cinco probetas ensayadas, junto con los estadísticos descriptivos calculados a partir de esos valores, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona canva - ISO13934-1, Urdimbre

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado |
|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| No. 1 | 450,80 | 33,00 | 17,50 | Válida |
| No. 2 | 460,60 | 37,00 | 19,00 | Válida |
| No. 3 | 450,80 | 33,00 | 17,00 | Válida |
| No. 4 | 470,40 | 35,00 | 18,50 | Válida |
| No. 5 | 441,00 | 33,00 | 17,50 | Válida |
| \bar{x} | 454,72 | 34,20 | 17,90 | |
| s | 11,17 | 1,64 | 0,82 | |
| CV (%) | 2,46 ✓ | 4,80 | 4,59 ✓ | CV ≤ 5 %: CUMPLE |

Nota. Elaboración propia

Los registros mostraron un comportamiento consistente entre las cinco probetas. El coeficiente de variación de la fuerza máxima fue de 2,46 %, valor inferior al criterio de aceptabilidad del cinco por ciento (NTE INEN-ISO 13934-1, 2014). El alargamiento a la fuerza máxima presentó un coeficiente de variación de 4,59 %, también dentro del límite de aceptabilidad. Esos valores confirmaron que el procedimiento de preparación de probetas y las condiciones de ensayo adoptadas produjeron registros con repetibilidad verificable en la dirección de urdimbre para ese material.

4.2.2 Lona Canvas – trama

El ensayo en la dirección de trama de la Lona Canvas bajo la norma ISO 13934-1:2014 se ejecutó con las mismas condiciones de configuración descritas en la sección 4.2.1.

Tabla 4

Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona canvas - ISO13934-1, Trama

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado | Observación |
|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| No. 1 | 705,60 | 59,00 | 30,00 | Válida | |
| No. 2 | 705,60 | 61,00 | 31,00 | Válida | |
| No. 3 | 705,60 | 65,00 | 33,50 | Válida | |
| No. 4 | 695,80 | 65,00 | 33,00 | Válida | |
| No. 5 | 813,40 | 62,00 | 31,50 | Incluida | ✓ |
| \bar{x} | 725,20 | 62,40 | 31,80 | | |
| s | 49,49 | 2,70 | 1,44 | | |
| CV (%) | 6,82 ✗ | 4,33 | 4,53 ✓ | CV_F > 5 %: | VER NOTA |

Nota. Elaboración propia

El valor de fuerza máxima de la probeta No. 5 (813,40 N) superó el promedio de las cuatro probetas restantes en 107,8 N. Esa variación se atribuye a la distribución no uniforme

de los hilos transversales en el ancho de la muestra, condición inherente a los tejidos de calada de algodón. Según Hearle *et al.* (1969), esta variabilidad es característica de los materiales celulósicos tejidos de calada y se incrementa cuando el ancho de la probeta es inferior al preferido por la norma, dado que la representatividad de los hilos de trama por probeta disminuye.

El CV de fuerza de 6,82 % superó el criterio del cinco por ciento, comportamiento atribuible a la heterogeneidad de la estructura de trama de la Lona Canvas. El CV de alargamiento de 4,53 % sí cumplió el criterio de aceptabilidad.

4.2.3 Denim- Urdimbre

Los ensayos de tracción en la dirección de urdimbre del Denim bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) se ejecutaron con cinco probetas bajo las mismas condiciones de configuración. La Tabla 5 presenta los registros obtenidos.

Tabla 5

Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ISO 13934-1, Urdimbre

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado |
|----------------|----------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| No. 1 | 833,00 | 82,00 | 41,00 | Válida |
| No. 2 | 803,60 | 80,00 | 40,00 | Válida |
| No. 3 | 862,40 | 84,00 | 42,00 | Válida |
| No. 4 | 852,60 | 82,00 | 41,00 | Válida |
| No. 5 | 852,60 | 85,00 | 42,50 | Válida |
| \bar{x} | 840,84 | 82,60 | 41,30 | |
| S | 23,40 | 1,95 | 0,97 | |
| CV (%) | 2,78 ✓ | 2,36 | 2,36 ✓ | CV ≤ 5 %: CUMPLE |

Nota. Elaboración propia

El grupo de urdimbre del Denim bajo ISO 13934-1 presentó el mayor nivel de repetibilidad de todos los grupos evaluados bajo esta normativa. El coeficiente de variación de la fuerza máxima fue de 2,78 % y el del alargamiento de 2,36 %, ambos valores inferiores al criterio de aceptabilidad. Este comportamiento es consistente con la estructura de ligamento sarga del Denim, que distribuye las cargas de tracción de forma más uniforme en la dirección de urdimbre que en la dirección de trama, dado el mayor número de hilos longitudinales involucrados en la resistencia del tejido (Hu, 2008).

4.2.4 Denim – Trama

Los ensayos en la dirección de trama del Denim bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) se ejecutaron bajo las mismas condiciones de configuración. La Tabla 6 presenta los registros obtenidos.

Tabla 6*Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Denim, ISO 13934-1, trama*

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado |
|----------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| No. 1 | 450,80 | 30,00 | 15,50 | Válida |
| No. 2 | 392,00 | 28,00 | 14,00 | Válida |
| No. 3 | 411,60 | 29,00 | 14,50 | Válida |
| No. 4 | 401,80 | 28,00 | 14,00 | Válida |
| No. 5 | 421,40 | 29,00 | 14,50 | Válida |
| \bar{x} | 415,52 | 28,80 | 14,50 | |
| s | 22,56 | 0,84 | 0,58 | |
| CV (%) | 5,43 χ | 2,92 | 4,47 \checkmark | CV_F marginalmente > 5 % |

Nota. Elaboración propia

El coeficiente de variación de la fuerza máxima en la trama del Denim bajo ISO fue de 5,43 %, valor que supera de forma marginal el criterio del cinco por ciento. La probeta No. 1 registró 450,80 N, valor superior en 8,5 % respecto a la media de las cuatro probetas restantes (406,70 N). Esa variación es atribuible a la heterogeneidad de los hilos de trama del Denim, cuya estructura de ligamento sarga genera diferencias en la distribución de la carga según la posición de la probeta en el ancho de la muestra. El alargamiento presentó un coeficiente de variación de 4,47 %, dentro del criterio de aceptabilidad.

4.3 Ensayos bajo ASTM D5035-11:2019

4.3.1 Lona Canvas – Urdimbre

El ensayo de tracción en la dirección de urdimbre de la Lona Canvas bajo la ASTM D5035-11 (2019) se ejecutó con probetas de veinticinco milímetros de ancho, setenta y cinco milímetros de longitud de ensayo y velocidad de carga de trescientos milímetros por minuto. La primera probeta presentó rotura en la zona de mordaza, con el punto de fractura a menos de cinco milímetros de la línea de pinzado. Dado que el valor registrado (317,20 N, estimado) resultó inferior al cincuenta por ciento del promedio de las probetas restantes, el resultado fue descartado conforme al criterio establecido en la sección 11.6 de la norma ASTM D5035-11. Se procedió a ensayar una probeta adicional, obteniendo así seis resultados válidos. La Tabla 7 presenta los registros del grupo válido.

La rotura en mordaza en esta probeta se produjo por efecto de la concentración de esfuerzos en la zona de agarre, fenómeno descrito en la sección A1.2 del Anexo Obligatorio de la norma ASTM D5035-11, que identifica el mecanismo de sujeción como una de las fuentes de error de mayor frecuencia en los ensayos de tracción textil. Para las probetas siguientes se incrementó la presión de agarre y se verificó la alineación central de la probeta respecto al eje de aplicación de fuerza.

Tabla 7

Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona Canvas, ASTM D5035, Urdimbre

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado | Observación |
|----------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------|
| No. 1* | — | — | — | Descartada | Rot. mordaza |
| No. 2 | 372,40 | 14,00 | 21,33 | Válida | — |
| No. 3 | 421,40 | 17,00 | 24,00 | Válida | — |
| No. 4 | 401,80 | 16,00 | 22,67 | Válida | — |
| No. 5 | 401,80 | 16,00 | 21,33 | Válida | — |
| No. 6 | 411,60 | 15,00 | 21,33 | Válida | — |
| No. 7 | 421,40 | 17,00 | 24,00 | Válida (rep.) | Repetición |
| \bar{x} | 405,07 | 15,83 | 22,44 | | |
| s | 18,25 | 1,07 | 1,31 | | |
| CV (%) | 4,50 ✓ | 6,74 | 5,85 X | CV-F cumple; CV-E marginal | |

Nota. Elaboración propia

4.3.2 Lona Canvas – Trama

El ensayo en la dirección de trama de la Lona Canvas bajo la norma ASTM D5035-11:2019 presentó la mayor complejidad de toda la campaña experimental. Se ejecutaron diez probetas en total: cinco del protocolo original más cinco adicionales motivadas por roturas en la zona de mordaza. Conforme al criterio de la sección 11.6 de la norma, se descartó la probeta que registró un valor de fuerza máxima de 597,80 N, inferior al cincuenta por ciento del promedio de las demás probetas (676,20 N), con rotura dentro de los cinco milímetros de la línea de pinzado. Las nueve probetas restantes constituyeron el grupo de análisis válido. La Tabla 8 presenta el detalle completo.

Tabla 8

Resultados individuales y estadísticos descriptivos – Lona Canvas, ASTM D5035, Trama

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado | Observación |
|----------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|--------------------|
| No. 1 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Válida | — |
| No. 2 | 695,80 | 32,00 | 46,67 | Válida | — |
| No. 3 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Válida | — |
| No. 4 | 666,40 | 30,00 | 42,67 | Válida | — |
| No. 5 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Válida | — |
| No. 6 | 597,80 | 27,00 | 65,33 | Descartada | Rot. mordaza |
| No. 7 | 686,00 | 28,00 | 41,33 | Válida (rep.) | Repetición |
| No. 8 | 666,40 | 30,00 | 42,67 | Válida (rep.) | Repetición |
| No. 9 | 686,00 | 29,00 | 41,33 | Válida (rep.) | Repetición |
| No. 10 | 637,00 | 28,00 | 40,00 | Válida (rep.) | Repetición |

| | | | | |
|-----------------|--------|-------|--------|---------------------|
| \bar{x} (n=9) | 677,29 | 29,67 | 42,07 | |
| s | 17,97 | 1,12 | 1,90 | |
| CV (%) | 2,65 ✓ | 3,78 | 4,52 ✓ | CV ≤ 5 %: CUMPLE |

Nota. Elaboración propia

La elongación registrada en la probeta No. 6 (65,33 %) fue notoriamente superior al promedio del grupo (42,07 %), lo que constituyó evidencia del deslizamiento en la zona de mordaza que antecedió a la rotura. Cuando se produce deslizamiento asimétrico, el software TEMI registra una extensión aparente superior a la real del material, dado que el punto de rotura se desplaza del gauge de referencia. Conforme a la sección 9.4.1 de la norma ISO 13934-1:2013 y a la sección 11.3 de la ASTM D5035-11, los resultados afectados por deslizamiento deben ser rechazados. Una vez excluida esta probeta, el coeficiente de variación del grupo quedó en 2,65 % para fuerza y 4,52 % para alargamiento, ambos dentro del criterio de aceptabilidad.

4.3.3 Denim – Urdimbre

Los ensayos de tracción en la dirección de urdimbre del Denim bajo la norma ASTM D5035-11:2019 se ejecutaron sin incidencias de rotura en mordaza. Las cinco probetas completaron el ensayo con roturas en la zona de gauge. La Tabla 9 presenta los resultados.

Tabla 9

Resultados individuales y estadísticos descriptivos — Denim, ASTM D5035-11, Urdimbre

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado |
|-----------|--------------------|-------------|------------|---------------------|
| No. 1 | 715,40 | 22,00 | 30,67 | Válida |
| No. 2 | 784,00 | 25,00 | 34,67 | Válida |
| No. 3 | 735,00 | 24,00 | 32,00 | Válida |
| No. 4 | 715,40 | 24,00 | 33,33 | Válida |
| No. 5 | 744,80 | 24,00 | 32,00 | Válida |
| \bar{x} | 738,92 | 23,80 | 32,53 | |
| s | 28,23 | 1,10 | 1,52 | |
| CV (%) | 3,82 ✓ | 4,62 | 4,67 ✓ | CV ≤ 5 %: CUMPLE |

Nota. Elaboración propia

4.3.4 Denim – Trama

Los ensayos en la dirección de trama del Denim bajo la norma ASTM D5035-11:2019 presentaron una situación particular en el parámetro de alargamiento. Aunque la fuerza máxima mostró un coeficiente de variación de 2,27 %, aceptable conforme al criterio establecido, el alargamiento presentó una variabilidad muy elevada (CV de 33,24 %) atribuible al comportamiento diferencial de las probetas durante el ensayo: las probetas No. 1 y No. 2 registraron valores de alargamiento de 41,33 % y 34,67 %, considerablemente superiores a los de las probetas No. 4 y No. 5 (18,67 % y 20,00 %). La Tabla 10 presenta los resultados.

Tabla 10*Resultados individuales y estadísticos descriptivos — Denim, ASTM D5035-11, Trama*

| Probeta | Fuerza máx. (N) | Enlog. (mm) | Elong. (%) | Estado | Observación |
|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| No. 1 | 352,80 | 14,00 | 41,33* | Válida | Posible desliz. |
| No. 2 | 372,40 | 14,00 | 34,67* | Válida | Posible desliz. |
| No. 3 | 362,60 | 13,00 | 32,00 | Válida | — |
| No. 4 | 352,80 | 12,00 | 18,67 | Válida | — |
| No. 5 | 362,60 | 13,00 | 20,00 | Válida | — |
| \bar{x} | 360,64 | 13,20 | 29,33 | | |
| s | 8,20 | 0,84 | 9,75 | | |
| CV (%) | 2,27 ✓ | 6,36 | 33,24 ✗ | CV-F cumple; CV-E elevado | |

Nota. Elaboración propia

La disparidad en los registros de alargamiento del grupo Denim-Trama-ASTM se atribuye a un deslizamiento progresivo en las probetas No. 1 y No. 2, identificado con posterioridad al ensayo al comparar las marcas de referencia trazadas en la zona de mordaza conforme a la sección 11.3 de la norma ASTM D5035-11. Este tipo de deslizamiento no invalida el valor de fuerza máxima registrado, dado que la fuerza de rotura no depende de la posición relativa de las mordazas, pero sí afecta el cálculo del alargamiento aparente, que es función de la longitud inicial del gauge. La alta variabilidad del alargamiento en este grupo (CV 33,24 %) debe interpretarse en este contexto y no como una característica intrínseca del material

4.4 Comparación ISO 13934-1 vs. ASTM D5035: análisis Inter normativo

La Tabla 11 presenta la comparación entre los valores medios de fuerza máxima y alargamiento obtenidos bajo las dos normativas para cada combinación de material y dirección de tejido, expresando la diferencia en términos de diferencia porcentual relativa con base en el valor ISO como referencia.

Tabla 11*Comparación Inter normativa de medias de fuerza máxima y alargamiento por material y dirección*

| Material / Dirección | n ISO | $\bar{x} F$ ISO (N) | $\bar{x} F$ ASTM (N) | Diferencia F % | $\bar{x} E$ ISO % | $\bar{x} E$ ASTM % | Diferencia E % |
|-----------------------------|--------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Lona – Urdimbre | 5 / 6 | 454,72 | 405,07 | -10,9 | 17,90 | 22,44 | +25,4 |
| Lona – Trama | 5 / 9 | 725,20 | 677,29 | -6,6 | 31,80 | 42,07 | +32,3 |
| Denim – Urdimbre | 5 / 5 | 840,84 | 738,92 | -12,1 | 41,30 | 32,53 | -21,2 |
| Denim – Trama | 5 / 5 | 415,52 | 360,64 | -13,2 | 14,60 | 29,33* | +101 |

Nota. Elaboración propia

Del análisis de la Tabla 11 se identificaron tres patrones de diferencia Inter normativa coherentes con lo reportado en la literatura especializada.

Los registros de fuerza máxima obtenidos bajo la ASTM D5035 resultaron sistemáticamente inferiores a los obtenidos bajo la ISO 13934-1 en todos los grupos evaluados, con diferencias que oscilaron entre el 6,6 % y el 13,2 %. Esa reducción fue coherente con el efecto de la mayor velocidad de ensayo bajo la norma ASTM, trescientos milímetros por minuto frente a cien milímetros por minuto bajo ISO, que tuvo como consecuencia un tiempo hasta la rotura más corto. En materiales viscoelásticos como los tejidos de algodón, una velocidad de ensayo más alta produce valores de fuerza aparente menores, dado que el material no dispone del tiempo necesario para redistribuir las tensiones internas antes de la fractura (Hu, 2008). Ese patrón resultó coherente con lo documentado para tejidos de calada, donde las propiedades mecánicas dependen del régimen de carga aplicado y de la arquitectura del ligamento (Patti y Acierno, 2023).

El sentido de las diferencias inter normativas en alargamiento fue variable y dependió del material y la dirección. Para la Lona Canvas en ambas direcciones, los valores de alargamiento bajo ASTM fueron superiores a los obtenidos bajo ISO (diferencias de +25,4 % en urdimbre y +32,3 % en trama). Para el Denim en urdimbre, el patrón se invirtió, pues el alargamiento bajo ASTM fue inferior al obtenido bajo ISO (diferencia de -21,2 %). Esta inversión refleja la interacción entre la velocidad de ensayo y la longitud de gauge: dado que el alargamiento se calcula como porcentaje de la longitud inicial entre mordazas, y la longitud de gauge bajo ASTM (75 mm) es significativamente menor que bajo ISO (200 mm), la comparación directa de los porcentajes carece de equivalencia física directa.

El grupo Denim-Trama-ASTM presentó una diferencia de alargamiento de 101 % respecto al valor ISO, que no reflejó una propiedad del material sino el efecto del deslizamiento identificado en las probetas No. 1 y No. 2 durante el ensayo bajo ASTM, como se documentó en la sección 4.3.4. Este resultado subraya la importancia de la verificación del mecanismo de mordaza antes y durante cada ensayo, tal como lo señala la sección A1.2 del Anexo Obligatorio de la norma ASTM D5035-11.

4.5 Verificación de hipótesis

4.5.1 Selección del criterio estadístico para la evaluación de repetibilidad

El coeficiente de variación fue seleccionado como criterio estadístico para la evaluación de la repetibilidad debido a que permite cuantificar la dispersión relativa de los registros dentro de cada grupo de ensayo, con independencia de la magnitud de los valores medidos. Por tal motivo, resultó apropiado para comparar la consistencia de los registros de fuerza máxima entre grupos con distintos niveles de resistencia, como los obtenidos en Lona Canvas y Denim, en las direcciones de urdimbre y trama, bajo las dos normativas aplicadas.

El criterio de aceptabilidad adoptado fue $CV \leq 5 \%$ para la fuerza máxima, umbral establecido en la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) como indicador de repetibilidad para ensayos de tracción textil y respaldado conceptualmente por la ISO 5725-1 (2023) como criterio de precisión experimental.

La Tabla 12 presenta el resultado de la evaluación de la hipótesis para cada grupo de ensayo, con base en el criterio de aceptabilidad $CV \leq 5 \%$ para la fuerza máxima.

Tabla 12

Evaluación de la hipótesis por grupo de ensayo. Criterio: $CV \leq 5 \%$ para fuerza máxima

| Material | Normativa | Dirección | N Valido | CV Fuerza % | CV Elongación% | Decisión H ₁ |
|----------------|----------------|-----------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Lona Canvas | ISO 13934-1 | Urdimbre | 5 | 2,46 ✓ | 4,59 ✓ | ACEPTA |
| Lona Canvas | ISO 13934-1 | Trama | 5 | 6,82 ✗ | 4,53 ✓ | PARCIAL |
| Denim | ISO 13934-1 | Urdimbre | 5 | 2,78 ✓ | 2,36 ✓ | ACEPTA |
| Denim | ISO 13934-1 | Trama | 5 | 5,43 ✗ | 4,47 ✓ | PARCIAL |
| Lona Canvas | ASTM D5035 | Urdimbre | 6 | 4,50 ✓ | 5,85 ✗ | ACEPTA F |
| Lona Canvas | ASTM D5035 | Trama | 9 | 2,65 ✓ | 4,52 ✓ | ACEPTA |
| Denim | ASTM D5035 | Urdimbre | 5 | 3,82 ✓ | 4,67 ✓ | ACEPTA |
| Denim | ASTM D5035 | Trama | 5 | 2,27 ✓ | 33,24 ✗ | ACEPTA F* |

Nota. Elaboración propia. ACEPTA: $CV \text{ fuerza} \leq 5 \%$ y $CV \text{ elongación} \leq 5 \%$; H₁ se acepta sin reservas. PARCIAL: $CV \text{ fuerza} > 5 \%$ y $CV \text{ elongación} \leq 5 \%$; H₁ se acepta para el parámetro de alargamiento. ACEPTA F: $CV \text{ fuerza} \leq 5 \%$ y $CV \text{ elongación} > 5 \%$; H₁ se acepta para el parámetro principal de fuerza máxima. ACEPTA F*: igual que ACEPTA F, pero el CV elevado de elongación se atribuye al deslizamiento en mordaza identificado en las probetas No. 1 y No. 2 (sección 4.4.4), no a la repetibilidad del método.

4.5.2 Evaluación del criterio de repetibilidad y conclusión de hipótesis

El análisis de los registros presentados en la Tabla 12 permitió pronunciarse sobre la hipótesis de la siguiente manera. De los ocho grupos evaluados, seis presentaron un CV de fuerza máxima igual o inferior al cinco por ciento y cumplieron el criterio de aceptabilidad. Los dos grupos que sobrepasaron ese límite, Lona Canvas ISO Trama con 6,82 % y Denim ISO Trama con 5,43 %, evidenciaron disparidades que se debieron a la variabilidad interna del tejido en dirección transversal y no a fallas en el protocolo establecido. El criterio fue satisfecho por el CV de alargamiento en los dos grupos, con un 4,53 % y un 4,47 % respectivamente.

Los seis grupos ASTM con registros válidos para la fuerza cumplieron el criterio sin excepción. La alta variabilidad del alargamiento en el grupo Denim-Trama-ASTM, con un CV de 33,24 %, se documentó como consecuencia del deslizamiento en mordaza

identificado en las probetas No. 1 y No. 2 y no constituyó un indicador de la repetibilidad del protocolo de ensayo.

Con base en ese análisis, H_1 se aceptó de forma calificada. La estandarización de los ensayos de tracción en materiales textiles conforme a las normas ISO 13934-1 y ASTM D5035 en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH permitió obtener registros con repetibilidad verificable en la totalidad de los grupos de fuerza máxima, con la condición de que se apliquen los criterios de exclusión de probetas establecidos en cada norma y se controlen las condiciones de agarre del mecanismo de mordaza del equipo UTM.

4.6 Discusión

Los registros de fuerza máxima mostraron diferencias entre el 6,6 % y el 13,2 % según la normativa aplicada. Esa variación no respondió a una propiedad del material sino al método de ensayo, específicamente a las diferencias en velocidad de carga y longitud de gauge entre los dos sistemas normativos, condición reconocida tanto en la sección A1.2 de la ASTM D5035-11 (2019) como en la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014). Ese hallazgo confirmó la necesidad del protocolo de armonización desarrollado en esta investigación.

La mayor dispersión de los registros se presentó en la dirección de trama de ambos materiales, con un CV de 6,82 % en la Lona Canvas y 5,43 % en el Denim bajo la norma ISO. En los tejidos de calada, las propiedades mecánicas no son iguales en todas las direcciones porque dependen de cómo están entrelazados los hilos, de la geometría del ligamento y del espaciado entre ellos. En el Denim, los hilos de trama siguen el ángulo de inclinación propio del ligamento sarga, lo que genera una distribución de carga menos uniforme en esa dirección y, por tanto, una mayor variabilidad entre probetas (Patti y Acierno, 2023; Messnaoui *et al.*, 2024).

La reducción de los niveles de resistencia según la ASTM en relación con la ISO fue consistente en todos los grupos y se debió a una diferencia en los métodos de ambos estándares. Con el fin de garantizar que los resultados sean consistentes, la ISO estableció una velocidad de prueba variable, que se ajusta al tiempo previsto hasta que el material se fracture. La ASTM, en cambio, fijó una velocidad constante de trescientos milímetros por minuto para todos los tejidos. En materiales celulósicos como el algodón, esa mayor velocidad no permite que las fibras redistribuyan las tensiones internas antes de la fractura, lo que produce valores de fuerza aparente menores (Hu, 2008). Esa diferencia de filosofía normativa es la que Tassef (2000) identificó como la causa estructural de la divergencia entre los dos sistemas.

Las fracturas observadas en la zona de sujeción en diversos grupos conforme a la norma ASTM resultaron ser un signo técnico relevante para elaborar el protocolo definitivo. Esta norma ASTM ocasionó dichas fallas más a menudo, ya que la velocidad de trescientos milímetros por minuto genera picos de carga en el área de sujeción más marcados en comparación con los que se producen a cien milímetros por minuto según la norma ISO. El

Anexo en su apartado A1. 2, también reconoce este fenómeno de ASTM D5035-11 (2019). Con el objetivo de reducir este efecto en pruebas futuras, el Procedimiento Operativo Estandarizado del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH implementó la verificación del mecanismo de sujeción utilizando papel carbón antes de cada sesión de ensayo.

Los datos indicaron que ambos materiales exhibieron comportamientos mecánicos diferentes dependiendo de la orientación del tejido. En la Lona Canvas, la trama demostró ser más fuerte que la urdimbre en ambos estándares, alcanzando 725,20 N en comparación con 454,72 N bajo ISO y 677,29 N frente a 405,07 N bajo ASTM, lo que sugiere que la trama albergó la mayor densidad de hilos en ese tipo de tejido de ligamento plano (Hu, 2008). Por el contrario, en el Denim, los resultados fueron inversos: la urdimbre mostró valores más altos que la trama, obteniendo 840,84 N frente a 415,52 N bajo ISO y 738,92 N comparado con 360,64 N bajo ASTM. Esta variación es típica del tejido de ligamento sarga, donde los hilos de urdimbre constituyen los componentes principales de soporte en la estructura del tejido (Hearle *et al.*, 1969).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizó la comparación de los requisitos técnicos de las normas NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y ASTM D5035-11 (2019) mediante un análisis normativo sistemático, en el que se identificaron cinco parámetros con incidencia directa sobre los registros de ensayo. La velocidad de carga constituyó la diferencia de mayor impacto: la norma ISO establece una velocidad variable de entre veinte y cien milímetros por minuto según el alargamiento esperado del tejido, en tanto que la norma ASTM define una velocidad fija de trescientos milímetros por minuto. A esas diferencias se sumaron la longitud de gauge, el tiempo de acondicionamiento, el ancho de probeta y la tensión previa, parámetros que en conjunto generaron valores de fuerza máxima entre el 6,6 % y el 13,2 % menores bajo la norma ASTM en todos los grupos evaluados. A partir de ese análisis se establecieron los criterios de armonización aplicables al Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, documentados en la Tabla 2 del Capítulo IV.

Se estableció el proceso operativo del equipo UTM HSW-UT-PC al adaptar las condiciones técnicas de ambas regulaciones a los términos concretos del laboratorio. La reducción de la probeta de cincuenta a treinta milímetros netos con el objetivo de realizar las pruebas según la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) fue el cambio más importante. Este ajuste se justificó por la capacidad de la mordaza y está respaldado en la sección 8. 2 de la mencionada norma. Este cambio se registró en todos los informes de prueba y no impactó la validez del procedimiento, dado que el criterio de aceptabilidad se implementó independientemente de los datos adquiridos. La adición de la verificación del mecanismo de mordaza utilizando papel carbón, de acuerdo con la sección A1. 2 de la ASTM D5035-11 (2019), se consideró una solución técnica eficaz para disminuir las roturas en la zona de agarre que se registraron bajo esa regulación y asegurar condiciones de ensayo controladas y reproducibles.

Se desarrolló documentación técnica estandarizada para los ensayos de tracción en materiales textiles, conformada por un Procedimiento Operativo Estandarizado, formatos de registro, una guía de operación del software TEMI y fichas técnicas de Lona Canvas y Denim con valores de referencia de fuerza máxima y alargamiento bajo ambas normativas. Esa documentación permite al Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH ejecutar los ensayos de forma autónoma, replicable y verificable por terceros, condición exigida por la norma ISO/IEC 17025 (2017) para laboratorios de ensayo y calibración.

5.2 Recomendaciones

Para los materiales con tejido de trama, se aconseja que el número mínimo de muestras a ensayar en la dirección de la trama sea ocho. Los resultados mostraron que, de acuerdo con la norma ISO, el CV para la lona era del 6,82 % y el del denim del 5,43 %; esto indicaba que este método evidenciaba una variabilidad estructural más alta en los dos materiales. Según las reglas de la NTE INEN-ISO 13934-1:2014 para tejidos con alta variabilidad, incrementar el tamaño de la muestra en este sentido disminuiría la incertidumbre de la medición y aumentaría la robustez del análisis estadístico.

Se aconseja que, antes de cada ensayo hecho según la norma ASTM D5035-11 (2019), se utilicen marcas de referencia en el área de unión de manera sistemática. La necesidad de este control se confirmó cuando se observó el deslizamiento después de probar las muestras n.º 1 y n.º 2 del grupo Denim dirección Trama bajo normativa ASTM fue evidente al cotejar las marcas dejadas en la zona de sujeción. La práctica mencionada en la sección 11.3 de la norma ayuda a diferenciar de manera precisa entre una rotura válida y un registro que ha sido alterado por el deslizamiento, lo cual mejora la trazabilidad de los resultados.

Se recomienda evaluar la adquisición de mordazas con cara de contacto de cincuenta milímetros para el equipo UTM HSW-UT-PC. La adaptación del ancho de probeta requerida por la limitación actual condiciona la comparabilidad directa con laboratorios que operen con el ancho preferido por la norma ISO. Mordazas de mayor capacidad eliminarían esa restricción y ampliarían el alcance del protocolo a otros materiales textiles sin necesidad de adaptaciones adicionales.

Se recomienda extender el protocolo de armonización Inter normativo a otros materiales textiles representativos del sector industrial, como tejidos de punto, mezclas algodón-poliéster y materiales técnicos. Esta investigación se limitó a dos tejidos de calada de algodón puro, por lo que los criterios documentados no pueden extrapolarse directamente a materiales con composiciones o estructuras distintas sin una validación específica. El conjunto documental generado en el Capítulo VI de esta investigación está diseñado para ser replicado en laboratorios con equipamiento similar al UTM HSW-UT-PC.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

6.1 Procedimiento Operativo Estandarizado NTE INEN-ISO 13934-1:2014

El presente procedimiento establece la secuencia de actividades para ejecutar ensayos de tracción en tejidos textiles de calada bajo la norma NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, utilizando el equipo UTM HSW-UT-PC y el software TEMI. Las condiciones previas requieren que la temperatura del laboratorio se encuentre en 20 ± 2 °C y la humedad relativa en 65 ± 4 %, y que el equipo haya superado el Check-List de verificación de la sección 6.6.

Tabla 13

Procedimiento Operativo Estandarizado NTE INEN-ISO 13934-1:2014

| Paso | Actividad | Referencia normativa |
|------|---|---|
| 1 | Acondicionar probetas 24 h: 20 ± 2 °C / 65 ± 4 % HR | Sección 6, NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) |
| 2 | Cortar probetas con ancho inicial de 40 mm. Deshilachar de forma simétrica 5 mm por borde hasta obtener ancho neto de 30 mm. Longitud total: 280 mm | Sección 8.2, NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) |
| 3 | Antes de montar la probeta, revisar el mecanismo de mordaza con papel carbón y confirmar que la alineación axial sea correcta | Sección 9.4.1 NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) |
| 4 | En el software TEMI, establecer la longitud de gauge en 200 mm, la velocidad de ensayo en 100 mm/min y la tensión previa en 5 N antes de iniciar la prueba | Sección 9.3.2 NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) |
| 5 | Colocar la probeta en las mordazas asegurando centrado y alineación axial correctos, aplicar la tensión previa establecida y dar inicio al ensayo | Sección 9.3 NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) |
| 6 | Anotar la fuerza máxima en Newton y el alargamiento porcentual reportados por TEMI. Si la rotura ocurrió a menos de 5 mm de la línea de mordaza y el valor obtenido es inferior al mínimo del grupo, esa probeta no se considera válida | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Secciones 10 y 11 |
| 7 | Con los registros exportados desde TEMI a Excel, calcular la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada grupo | Sección 10 NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) e ISO 5725-1 (2023) |
| 8 | Al concluir la sesión, retirar residuos de las mordazas, retornar el cabezal a la posición inicial y documentar en el formato de registro cualquier observación o incidencia presentada durante el ensayo Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH | Formato de verificación operativa |

Nota. Los pasos descritos fueron elaborados a partir de los requisitos establecidos en la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y de los registros experimentales obtenidos durante la ejecución de los ensayos en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

6.2 Procedimiento Operativo Estandarizado ASTM D5035-11:2019

Ejecutar ensayos de tracción en tejidos textiles de calada bajo la ASTM D5035-11 (2019) en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH demandó una secuencia de actividades específicas que se documenta en este procedimiento. La velocidad de 300 mm/min que caracteriza a esa normativa genera condiciones de carga más exigentes sobre la zona de agarre que las producidas bajo ISO, razón por la cual el control del mecanismo de mordaza y el trazado de marcas de referencia antes de cada ensayo resultaron indispensables, conforme a lo documentado en la sección 4.3 de esta investigación. Para ejecutar el procedimiento, el laboratorio debía encontrarse a una temperatura de 21 ± 1 °C y una humedad relativa de 65 ± 2 %.

Tabla 14

Procedimiento Operativo Estandarizado ASTM D5035-11:2019

| Paso | Actividad | Referencia normativa |
|------|---|---|
| 1 | Acondicionar probetas mínimo 4 h conforme a Practice D1776: 21 ± 1 °C / 65 ± 2 % HR | Sección 8, ASTM D5035-11 (2019) |
| 2 | Cortar probetas con ancho inicial de 40 mm. Deshilachar hasta ancho neto de 25 mm. Longitud total: 150 mm | Sección 10.1.2, ASTM D5035-11 (2019) |
| 3 | Verificar con papel carbón que el mecanismo de mordaza distribuya presión uniforme sobre la probeta. Trazar marcas visibles en la zona de contacto de cada probeta antes de sujetarla | ASTM D5035-11 (2019) Secciones A1.2 y 11.3 |
| 4 | Configurar en el software TEMI la longitud de gauge en 75 mm, la velocidad de ensayo en 300 ± 10 mm/min y la tensión previa en un valor igual o menor al 0,5 % de la fuerza a escala completa | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.2 |
| 5 | Montar la probeta en las mordazas asegurando centrado y alineación axial correctos, aplicar la tensión previa establecida e iniciar el ensayo | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11 |
| 6 | Registrar la fuerza de rotura en Newton y el alargamiento aparente porcentual reportados por TEMI. Rechazar la probeta si la rotura ocurrió a menos de 5 mm de la línea de mordaza y el valor registrado no alcanza al 50% del promedio ed las demás probetas del grupo | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.6 |
| 7 | Comparar las marcas trazadas en la zona de mordaza con posterioridad al ensayo para detectar desplazamiento de la probeta durante la carga. Exportar los registros a Excel y calcular la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada grupo | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.3 e ISO 5725-1 (2023) |
| 8 | Limpiar las mordazas retirando residuos de probeta, retornar el cabezal a la posición inicial y registrar en el formato correspondiente toda observación o incidencia | Formato de verificación operativa del Laboratorio de Control de Calidad de la |

Nota. Las etapas mencionadas fueron creadas basándose en las especificaciones de la ASTM D5035 11 (2019) y en los datos recopilados durante las pruebas realizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

6.3 Protocolo de Armonización Inter normativo

El protocolo de integración normativa se alinea directamente con la meta principal de esta investigación que busca combinar la ejecución de pruebas de tracción según las normativas ASTM e ISO al mismo tiempo. A diferencia de los procedimientos operativos estándar por separado de las secciones 6. 1 y 6. 2, este protocolo fusiona ambas normativas en un proceso coherente que emplea el mismo conjunto de muestras y el mismo aparato, con el objetivo de generar datos que sean comparables.

El procedimiento consta de nueve etapas que se llevan a cabo al mismo tiempo para los dos estándares permitiendo que al operador ejecutar ambos ensayos en una sola sesión y calcular directamente la variación porcentual relativa entre los resultados ASTM e ISO para cada combinación de tejido y material; la secuencia completa se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15

Protocolo de Armonización Inter normativo entre NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y ASTM D5035-11:2019

| Paso | Fase | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) | ASTM D5035-11 (2019) |
|------|-------------------------------|---|---|
| 1 | Acondicionamiento | 24 h / 20 ± 2 °C / 65 ± 4 % HR | 4 h mínimo / 21 ± 1 °C / 65 ± 2 % HR |
| 2 | Corte de probetas | Ancho neto 30 mm Longitud total 280 mm deshilado simétrico 5 mm por borde | Ancho neto 25 mm Longitud total 150 mm deshilado simétrico |
| 3 | Verificación de mordaza | Papel carbón Confirmar alineación axial | Papel carbón Trazar marcas de referencia en zona de mordaza |
| 4 | Configuración TEMI | Gauge 200 mm velocidad 100 mm/min tensión previa 5 N | Gauge 75 mm velocidad 300 ± 10 mm/min tensión previa $\leq 0,5$ % Escala |
| 5 | Ejecución | Ejecutar ensayo registrar Fmax (N) y alargamiento (%) mínimo 5 probetas | Ejecutar ensayo registrar Fmax (N) y alargamiento aparente (%) mínimo 5 probetas urdimbre / 8 trama |
| 6 | Control de calidad del ensayo | Rechazar si rotura < 5 mm de mordaza y valor menor al más bajo del grupo | Rechazar si rotura < 5 mm de mordaza y valor < 50 % del promedio verificar marcas de mordaza |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---|
| 7 | Procesamiento estadístico | Calcular \bar{x} , s, CV (%) criterio $CV \leq 5\%$ para F_{max} | Calcular \bar{x} , s, CV (%) criterio $CV \leq 5\%$ para F_{max} |
| 8 | Comparación Inter normativa | Calcular $D (\%) = [(\bar{x}_{ASTM} - \bar{x}_{ISO}) / \bar{x}_{ISO}] \times 100$. | Verificar que el valor obtenido de D (%) sea negativo, lo que indicaría que los registros ASTM resultaron menores que los ISO, comportamiento coherente con la mayor velocidad de ensayo de esa normativa |
| 9 | Registro y archivo de resultados | Completar el formato de registro ISO con todos los valores obtenidos y declarar en el informe la adaptación del ancho de probeta de 50 a 30 mm netos, conforme a la sección 8.2 de la NTE INEN ISO 13934-1 (2014) | Completar el formato de registro ASTM con todos los valores obtenidos e indicar para cada probeta descartada la causa que motivó ese descarte, conforme a la sección 11.6 de la ASTM D5035-11 (2019) |

Nota. Elaboración propia. Basado en la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014), la ASTM D5035 11 (2019) y la ISO 5725-1 (2023). El protocolo fue validado con los registros experimentales del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH. La comparación Inter normativa del 68 paso 8 no implica que los valores ISO y ASTM sean equivalentes. Implica que su diferencia es predecible, sistemática y atribuible al método, no al material.

6.4 Check-List de verificación del equipo UTM ensayos de tracción textil

El control de equipos UTM HSW-UT-PC para ensayos de tracción textil se organiza en tres fases que el operador necesita seguir antes, durante y tras cada prueba. Para que los datos obtenidos cumplan con las normativas ASTM D5035-11 (2019) y NTE INEN-ISO 13934-1 (2014), es imprescindible seguir la lista de verificación correspondiente.

Tabla 16

Check-List de verificación del equipo UTM HSW-UT-PC ensayos de tracción en materiales textiles

| LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD UNACH | | | |
|--|--|---------------|--|
| CHECK-LIST ENSAYOS DE TRACCIÓN TEXTIL | | | |
| Ensayo N°: | Operador: | Fecha: | Normativa: <input type="checkbox"/> ISO <input type="checkbox"/> ASTM |
| ANTES DEL ENSAYO | | | |
| Ítem de verificación | Cumple (Sí/No) | Observaciones | |
| 1 | Área de trabajo limpia, ordenada y libre de obstáculos | | |

| | |
|----|--|
| | Condiciones atmosféricas |
| 2 | verificadas: temperatura y humedad relativa dentro del rango normativo |
| 3 | Probetas acondicionadas conforme a la norma aplicada (24 h ISO / 4 h ASTM) |
| 4 | Dimensiones de probetas verificadas: ancho neto y longitud total según norma |
| 5 | Equipo UTM nivelado y estable |
| 6 | Mordazas limpias, alineadas y sin desgaste visible |
| 7 | Mecanismo de mordaza verificado con papel carbón |
| 8 | Marcas de referencia trazadas en zona de mordaza (ASTM) |
| 9 | Software TEMI operativo y conectado al equipo |
| 10 | Parámetros configurados: gauge, velocidad y tensión previa según norma |
| 11 | Célula de carga en cero |
| 12 | Botón de parada de emergencia funcional |
| | DURANTE EL ENSAYO |
| 1 | Probeta alineada y centrada en las mordazas |
| 2 | Tensión previa aplicada correctamente |
| 3 | Ausencia de deslizamiento visible en la zona de mordaza |
| 4 | Curva fuerza-desplazamiento visualizada en TEMI sin anomalías |
| 5 | Lecturas estables de fuerza y desplazamiento |
| 6 | Supervisión permanente del operador durante el ensayo |
| 7 | Detención inmediata ante cualquier anomalía o ruido atípico |
| 8 | Modo de falla identificado y registrado (zona de gauge o mordaza) |
| | DESPUÉS DEL ENSAYO |
| 1 | Cabezal retornado a posición inicial |

| | |
|----|---|
| 2 | Restos de probeta retirados de las mordazas con cuidado |
| 3 | Mordazas y área de trabajo limpias |
| 4 | Marcas de referencia en mordaza comparadas con posterioridad al ensayo (ASTM) |
| 5 | Registros exportados desde TEMI a Excel |
| 6 | Estadísticos calculados: \bar{x} , s, CV para fuerza máxima y alargamiento |
| 7 | Formato de registro completado con todos los valores y observaciones |
| 8 | Respaldo digital de registros y curvas guardado |
| 9 | Observaciones e incidencias documentadas |
| 10 | Equipo apagado correctamente: TEMI → computador → UTM → transformador |

Firma del operador:

Firma responsable laboratorio:

Nota. Elaboración propia. Adaptado del Check-List institucional del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH (Sigcho y Urvina, 2025) para ensayos de tracción en materiales textiles bajo NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y ASTM D5035-11 (2019).

6.5 Guía de operación del software TEMI para ensayos de tracción textil

Nos situamos en el dispositivo informático del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH, el software TEMI (Tensile Machine) actúa como un sistema destinado a la supervisión y registro del equipo UTM HSW-UT-PC, que se conecta de forma automática desde el inicio. La siguiente guía se emplearon parámetros específicos para ajustar la serie de procedimientos para la correcta ejecución de ensayos de tracción textil bajo las normas NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y ASTM D5035-11 (2019).

6.5.1 Encendido y verificación de conexión

Encender el transformador de 110V a 220V y verificar que el voltaje de salida sea estable. Encender el computador y el equipo UTM presionando el botón Power del panel de control. Abrir el software TEMI haciendo doble clic en el ícono del escritorio. Verificar que la barra de estado indique conexión exitosa con el equipo. Si la conexión falla, revisar el cable USB entre el computador y el panel de control del equipo antes de reintentar.

6.5.2 Configuración de la muestra

En la ventana principal hacer clic en el botón "Editar muestra". Ingresar el nombre de la muestra con el código del ensayo, el material, la dirección y la normativa aplicada. Se debe determinar la longitud de la probeta a su vez el ancho e identificar su forma en este caso es "rectangular". Ingrese los límites máximos y mínimos de la fuerza máxima acorde al material, proceda a presionar el botón "Aceptar" para guardar los parámetros.

6.5.3 Configuración del plan de prueba

Para NTE INEN-ISO 13934-1 (2014): en la lista de proyectos seleccionar "Tensile Test". Establecer dirección hacia arriba, modo de control Fix Speed, velocidad de 100 mm/min y condición Break con valor de rotura al 40 %. En "Parámetro de control" seleccionar rango del sensor de fuerza de 4900 N, alargamiento por distancia y retorno a cero de fuerza y distancia antes del ensayo. Tensión previa de 5 N.

Para los ensayos bajo la **ASTM D5035-11 (2019)**, seleccionar los mismos parámetros de tipo de ensayo y dirección, ajustando la velocidad a 300 mm/min, la longitud de gauge a 75 mm y la tensión previa a un valor igual o menor al 0,5 % de la fuerza a escala completa configurada en el equipo.

6.5.4 Ejecución del ensayo y exportación de registros

Aplicar la tensión previa mediante el botón Jog y hacer clic en "Iniciar" para comenzar el registro en tiempo real. Al concluir el ensayo, el software despliega la curva fuerza-desplazamiento junto con los valores numéricos del grupo. En la pestaña **Resultado de la prueba**, verificar la fuerza máxima en Newton y el alargamiento porcentual antes de guardar. Seleccionar **Guardar todos los datos** y exportar el archivo en formato Excel para el cálculo estadístico posterior. El software genera dos reportes por ensayo: el Max Force Test, que incluye la fuerza en Newton y la elongación en milímetros, y el Tensile Test, que reporta la fuerza en Newton y el alargamiento en porcentaje.

6.5.5 Apagado del equipo

Retornar el cabezal a posición inicial mediante el botón "Atrás". Limpiar los residuos de probeta en las mordazas. Cerrar el software TEMI. Apagar el computador. Apagar el equipo UTM presionando el botón Power. Apagar el transformador. Colocar la cubierta antipolvo y verificar que el área de trabajo quede en orden.

6.6 Criterios de armonización Inter normativa

Los criterios de armonización Inter normativa establecen las condiciones bajo las cuales los registros obtenidos bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y la ASTM D5035-11 (2019) pueden interpretarse de forma conjunta. Los registros no son equivalentes, pero su diferencia es sistemática, predecible y atribuible al método.

Tabla 17*Diferencias Inter normativas de fuerza máxima por material y dirección*

| Material / Dirección | $\bar{x}F$ ISO (N) | $\bar{x}F$ ASTM (N) | D fuerza % | Rango esperado |
|----------------------|--------------------|---------------------|------------|----------------|
| Lona Canvas Urdimbre | 454,72 | 405,07 | -10,9 % | ASTM < ISO |
| Lona Canvas Trama | 725,20 | 677,29 | -6,6 % | ASTM < ISO |
| Denim Urdimbre | 840,84 | 738,92 | -12,1 % | ASTM < ISO |
| Denim Trama | 415,52 | 360,64 | -13,2 % | ASTM < ISO |

Nota. D (%) = $[(\bar{x}ASTM - \bar{x}ISO) / \bar{x}ISO] \times 100$. Valores negativos en todos los grupos indican que la ASTM produce registros de fuerza menores que la ISO de forma sistemática. Registros obtenidos en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

Criterio 1. Los valores absolutos de fuerza máxima bajo ISO y ASTM no son directamente comparables sin corrección de referencia, dado que la velocidad de ensayo y la longitud de gauge difieren entre los dos sistemas.

Criterio 2. La ASTM D5035-11 produce registros de fuerza máxima menores que la ISO 13934-1 en todos los grupos evaluados, con diferencias entre el 6,6 % y el 13,2 %. Ese patrón es atribuible a la diferencia de velocidad de carga, no a una propiedad del material.

Criterio 3. Los valores de alargamiento porcentual no son comparables entre normativas sin corrección, dado que se calculan sobre longitudes de gauge distintas: 200 mm bajo ISO y 75 mm bajo ASTM.

Criterio 4. Para ambas normativas, el único indicador de aceptabilidad de los registros de fuerza máxima adoptado en esta investigación fue el CV igual o inferior al 5 %, umbral establecido en la sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y aplicado de forma independiente a cada grupo de ensayo.

6.7 Guías de practicas

6.7.1 Clasificación y propiedades mecánicas de tejidos textiles

Tabla 18

Caracterización mecánica de referencia para tejidos textiles, método de la tira, NTE INEN-ISO 13934-1:2014

| Tipo de fibra / Tejido | Gramaje típico (g/m ²) | Uso típico | Resistencia Urdimbre (N) | Resistencia Trama (N) | Alargamiento Fmax (%) | Norma |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Algodón 100% muselina, batista | 60 – 120 | Ropa interior, pañuelos | 100 – 200 | 80 – 180 | 5 – 12 | ISO 13934-1 |
| Algodón 100 % | 120 – 200 | Camisas, ropa casual | 200 – 400 | 150 – 350 | 5 – 15 | ISO 13934-1 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|----------------------------------|------------|------------|---------|--------------------|
| tafetán, popelín | | | | | | |
| Algodón 100 % lona, denim | 300 – 600 | Jeans, ropa de trabajo | 500 – 1200 | 400 – 900 | 8 – 20 | ISO 13934- 1 |
| Poliéster 100 % | 80 – 300 | Ropa deportiva, forro | 400 – 800 | 350 – 700 | 15 – 35 | ISO 13934- 1 |
| Algodón/ Poliéster (65/35) | 150 – 280 | Uniformes, ropa de trabajo | 350 – 700 | 300 – 600 | 10 – 25 | ISO 13934- 1 |
| Lana 100 % tejido plano | 200 – 400 | Trajés, abrigos | 150 – 350 | 120 – 300 | 20 – 40 | ISO 13934- 1 |
| Nylon (Poliámidas) 100 % | 80 – 200 | Ropa técnica, deportiva | 600 – 1500 | 500 – 1200 | 20 – 45 | ISO 13934- 1 |

Nota. Los valores de resistencia a la tracción y alargamiento corresponden a rangos referenciales para tejidos de calada ensayados con ancho de probeta de 50 mm conforme a la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014). Los valores reales obtenidos en laboratorio pueden variar según el gramaje, la densidad de hilos, el acabado del tejido y las condiciones de ensayo aplicadas.


6.7.2 Formatos de guías de prácticas

6.7.2.1 Preparación y medición de probetas

| | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------|---------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-01 | Fecha: |

| GUÍA DE PRÁCTICAS PERÍODO ACADÉMICO: 2025-2S | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | PRÁCTICA No.: 1 | DURACIÓN (h): 2 | |
| TEMA: Preparación y medición de probetas de tejido textil conforme a normas ISO 13934-1 y ASTM D5035-11 | | | | | |

| Objetivos de la Práctica |
|---|
| Preparar probetas de tejido textil con las dimensiones normalizadas establecidas por la NTE INEN-ISO 13934-1:2014 y la ASTM D5035-11:2019. Ejecutar el deshilado simétrico de bordes hasta el ancho neto requerido por cada normativa. Verificar las dimensiones de las probetas con instrumentos de medición calibrados. Identificar la dirección de urdimbre y trama del tejido antes del corte. |

| Equipos, Materiales e Insumos | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Tijeras para tela 2. Calibrador Pie de Rey 3. Regla metálica (500 mm) 4. Muestras del material de estudio 5. Marcador textil para identificación de dirección 6. NTE INEN-ISO 13934-1:2014 7. ASTM D5035-11:2019 8. Formato de registro para guía de práctica GP-TXT-01 |  |

| Marco Teórico |
|--|
| Los materiales textiles presentan comportamiento anisotrópico: las propiedades de resistencia y deformación varían según la dirección de ensayo, urdimbre o trama. La preparación uniforme de las probetas es una condición indispensable para obtener registros comparables y repetibles (Hearle et al., 1969). La etapa de acondicionamiento físico de las probetas es una fase crucial del proceso de ensayo, porque cualquier cambio en la uniformidad del deshilado o en el ancho neto se traduce directamente en dispersión de los registros |

de fuerza máxima. Las dimensiones estandarizadas de la probeta están determinadas por la ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.1 y la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.

El acondicionamiento previo garantiza que las fibras de algodón alcancen un contenido de humedad de equilibrio que estabilice las propiedades mecánicas antes del ensayo.

La verificación del ancho neto en tres puntos, extremo superior (P1), centro (P2) y extremo inferior (P3) permite detectar variaciones en el deshilado manual. El promedio de los tres puntos constituye el valor representativo del ancho neto de la probeta, y debe estar dentro de la tolerancia $\pm 0,5$ mm respecto al ancho nominal especificado por la norma aplicada.

Fórmula para el cálculo del promedio de ancho neto (\bar{P}):

$$\bar{P} = \frac{P1 + P2 + P3}{3}$$

Procedimiento

1. Identificar la dirección de urdimbre (hilos paralelos al orillo) y la dirección de trama (hilos perpendiculares al orillo) en cada muestra. Marcar con marcador textil.
2. Para ensayos bajo NTE INEN-ISO 13934-1 (2014): cortar probetas de 280 mm de longitud \times 40 mm de ancho en la dirección indicada. Preparar mínimo 5 probetas por dirección.
3. Para ensayos bajo ASTM D5035-11 (2019): cortar probetas de 150 mm de longitud \times 40 mm de ancho en la dirección indicada. Preparar mínimo 5 probetas por dirección en urdimbre y 8 en trama.
4. Ejecutar el deshilado simétrico de bordes. Para ISO: deshilachar 5 mm por cada borde lateral hasta obtener ancho neto de 30 mm. Para ASTM: deshilachar hasta ancho neto de 25 mm.
5. Evaluar el ancho neto de cada muestra en tres puntos (extremo superior, centro y extremo inferior) utilizando un Calibrador Pie de Rey. Registrar los tres resultados y calcular el promedio.
6. Comprobar que el ancho neto promedio esté en el rango de $30 \pm 0,5$ mm (ISO) o $25 \pm 0,5$ mm (ASTM). Eliminar las muestras que no cumplan con la tolerancia.
7. Codificar cada muestra con una etiqueta que contenga: material, dirección, norma y número de la muestra. Ejemplo: LC-U-ISO-01 (Lona Canvas, Urdimbre, ISO, muestra 1).
8. Colocar las muestras en la zona de acondicionamiento: 20 ± 2 °C / 65 ± 4 % HR durante 24 horas para ISO, o 21 ± 1 °C / 65 ± 2 % HR durante un mínimo de 4 horas según ASTM.

Resultados

Material: Dirección: Urdimbre Trama Normativa: ISO ASTM

Completar la siguiente tabla con las mediciones obtenidas:

| MEDICIÓN DE PROBETAS | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|-----------|----|-------------|
| Ancho neto nominal: mm | | | | | | | | |
| Código | Ancho P1 (mm) | Ancho P2 (mm) | Ancho P3 (mm) | Prom. (mm) | Long. (mm) | Normativa | OK | Observación |
| No. 1 | | | | | | | | |
| No. 2 | | | | | | | | |
| No. 3 | | | | | | | | |
| No. 4 | | | | | | | | |
| No. 5 | | | | | | | | |
| PROMEDIO GENERAL | | | | | | | | |

ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO

Preparación de probetas

| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|--|---------------|
| Ancho neto ISO (mm) | | 30 ± 0,5 mm | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | |
| Ancho neto ASTM (mm) | | 25 ± 0,5 mm | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.1.2 | |
| Longitud total ISO (mm) | | 280 mm mínimo | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.1 | |
| Longitud total ASTM (mm) | | 150 mm mínimo | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.1.1 | |
| Deshilado simétrico | | Obligatorio | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | |

Conclusiones

| |
|--|
| |
|--|

Recomendaciones

| |
|--|
| |
|--|

Referencias bibliográficas

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento a la fuerza máxima utilizando el método de la tira. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ASTM D5035-11. (2019). Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). ASTM International.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

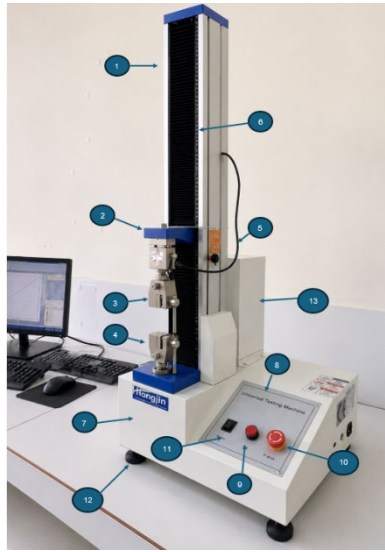
Ing. Gabriela Serrano
Docente

6.7.2.2 Ensayo NTE INEN-ISO 13934-1:2014

| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-02 | Fecha: |

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | PRÁCTICA No.: 2 | DURACIÓN (h): 2 | |
| TEMA: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento en tejidos textiles conforme a normativa NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | | | | | |

| |
|--|
| Objetivos de la Práctica |
| <p>Determinar la fuerza máxima en Newton de tejidos textiles de calada bajo la norma NTE INEN-ISO 13934-1:2014 utilizando el equipo UTM HSW-UT-PC.</p> <p>Determinar el alargamiento porcentual en el punto de fuerza máxima para cada probeta ensayada bajo la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014).</p> <p>Verificar la repetibilidad de los registros obtenidos en cada grupo de ensayo mediante el coeficiente de variación, con un criterio de aceptabilidad igual o inferior al 5 % para la fuerza máxima.</p> <p>Operar el software TEMI para configurar los parámetros del ensayo, ejecutar el procedimiento y exportar los registros obtenidos para el análisis estadístico posterior.</p> |

| | |
|--|--|
| Equipos, Materiales e Insumos |  |
| <p>Componentes del equipo UTM</p> <ol style="list-style-type: none"> Bastidor o columna. Cabezal móvil. Mordaza superior. Mordaza inferior. Célula de carga. Regla o escala de desplazamiento. Base de la máquina. Panel de control. Botón de encendido (Power). Botón de parada de emergencia (E-Stop). Botón Jog. Soportes antivibración. Motor. <p>Equipos, materiales e insumos</p> <ol style="list-style-type: none"> Equipo UTM HSW-UT-PC — Máquina Universal de Ensayos de 5 kN. Software TEMI (Tensile Machine). Papel carbón para verificación de mordaza. Probetas acondicionadas (ancho neto de 30 mm y longitud total de 280 mm). NTE INEN-ISO 13934-1:2014. | |

6. Check-list de verificación del equipo UTM.



Marco Teórico

El método de la tira establecido en la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) consiste en someter una probeta de ancho neto definido a una carga de tracción aplicada a velocidad constante de 100 mm/min con gauge de 200 mm, hasta provocar la rotura. La tensión previa de 5 N se aplica antes de iniciar el registro para eliminar la holgura inicial de la probeta y garantizar que el punto de partida del ensayo sea reproducible entre operadores, conforme a la sección 9.2 de esa norma. La repetibilidad de los registros se evalúa mediante el coeficiente de variación, indicador que expresa la dispersión del grupo como porcentaje de la media y permite comparar la consistencia entre grupos con distintos niveles de fuerza máxima. La repetibilidad se evalúa con el coeficiente de variación (CV). El criterio de aceptabilidad es $CV \leq 5\%$ para la fuerza máxima, conforme a la Sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014). Fórmulas por aplicar:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

$$Alarg. (\%) = \frac{Elongación (mm)}{200 mm} \times 100$$

Procedimiento

1. Ejecutar el Check-List de verificación del equipo UTM antes del ensayo. Verificar condiciones ambientales: temperatura 20 ± 2 °C / humedad relativa 65 ± 4 %.
2. Encender el transformador, el computador y el equipo UTM. Abrir el software TEMI y verificar conexión exitosa con el equipo.
3. En TEMI, hacer clic en "Editar muestra". Ingresar código del ensayo, material, dirección y ancho neto de 30 mm. Seleccionar forma rectangular.
4. Seleccionar "Editar programa" y elegir "Tensile Test". Configurar la dirección de ensayo hacia arriba, la velocidad en 100 mm/min, el gauge en 200 mm, la condición de rotura en Break al 40 % y la tensión previa en 5 N.
5. Verificar el mecanismo de mordaza con papel carbón confirmando que la huella cubra toda la superficie de contacto de forma uniforme. Ajustar la mordaza superior hasta la posición de gauge de 200 mm.

6. Montar la primera probeta en las mordazas asegurando centrado y alineación axial, aplicar la tensión previa de 5 N con el botón Jog y dar inicio al ensayo seleccionando "Start".
7. Supervisar el desarrollo del ensayo en tiempo real y, al concluir, confirmar que la rotura se produjo dentro de la zona de gauge. Anotar la fuerza máxima en Newton y el alargamiento porcentual que reporta la pantalla de resultados de TEMI.
8. Repetir los pasos 6 y 7 para cada una de las probetas restantes del grupo. Al completar la serie, exportar todos los registros a Excel mediante "Guardar todos los datos" y calcular la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación para fuerza máxima y alargamiento.

Resultados

Material: _____ **Dirección:** Urdimbre Trama **Gauge:** 200 mm **Velocidad:** 100 mm/min

| Probeta | Fuerza máx (N) | Elongación (mm) | Alargamiento (%) | Zona rotura | Estado |
|-----------|----------------|-----------------|------------------|-------------|--------|
| No. 1 | | | | | |
| No. 2 | | | | | |
| No. 3 | | | | | |
| No. 4 | | | | | |
| No. 5 | | | | | |
| No. ---- | | | | | |
| \bar{x} | | | | | |
| s | | | | | |
| CV (%) | | | | | |

Aplicación de fórmulas:

$$\bar{x} = (_ + _ + _ + _ + _) / n = _ \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)]} = _ \text{ N}$$

$$CV (\%) = s / \bar{x} \times 100 = _ \%$$

$$\text{Alarg} (\%) = \text{Elongación}(\text{mm}) / 200 \times 100 \text{ --- Probeta No. 1: } _ / 200 \times 100 = _ \%$$

Decisión H₁ (CV Fmax ≤ 5 %): ACEPTA PARCIAL ACEPTA F

Observaciones:

ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO

NTE INEN-ISO 13934-1:2014 Todos los grupos

| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
|---------------------------------|----------------|--------------------|---|--------|
| CV Fmax Lona Canvas Urdimbre | | ≤ 5 % | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Fmax Lona Canvas Trama | | ≤ 5 % | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Fmax DENIM Urdimbre | | ≤ 5 % | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Fmax DENIM Trama | | ≤ 5 % | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|
| CV Alarg. Lona Canvas Urdimbre | | $\leq 5 \%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Alarg. Lona Canvas Trama | | $\leq 5 \%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Alarg. DENIM Urdimbre | | $\leq 5 \%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| CV Alarg. DENIM Trama | | $\leq 5 \%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | |
| Zona de rotura | | Fuera de mordaza | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 11 | |
| Ancho neto probeta | | $30 \pm 0,5 \text{ mm}$ (adaptado) | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | |
| Gauge de ensayo | | $200 \pm 1 \text{ mm}$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.1 | |
| Velocidad de ensayo | | 100 mm/min | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.3 | |
| Tensión previa | | 5 N (tejidos 200 a 500 g/m ²) | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.2 | |

Conclusiones

| |
|--|
| |
|--|

Recomendaciones

| |
|--|
| |
|--|

Referencias bibliográficas

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento a la fuerza máxima utilizando el método de la tira. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ISO 5725-1. (2023). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. International Organization for Standardization.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

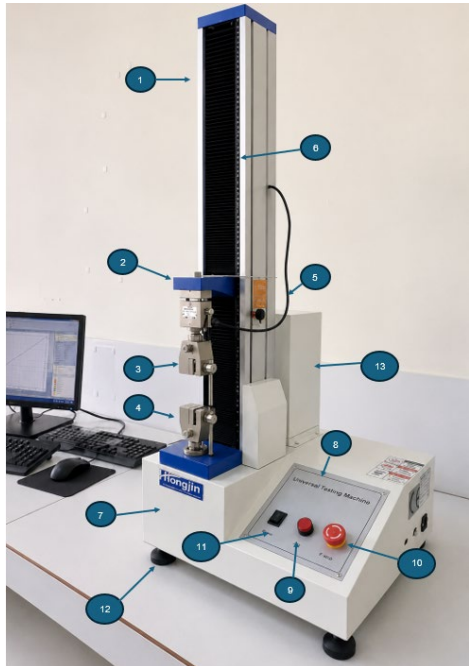
Ing. Gabriela Serrano
Docente

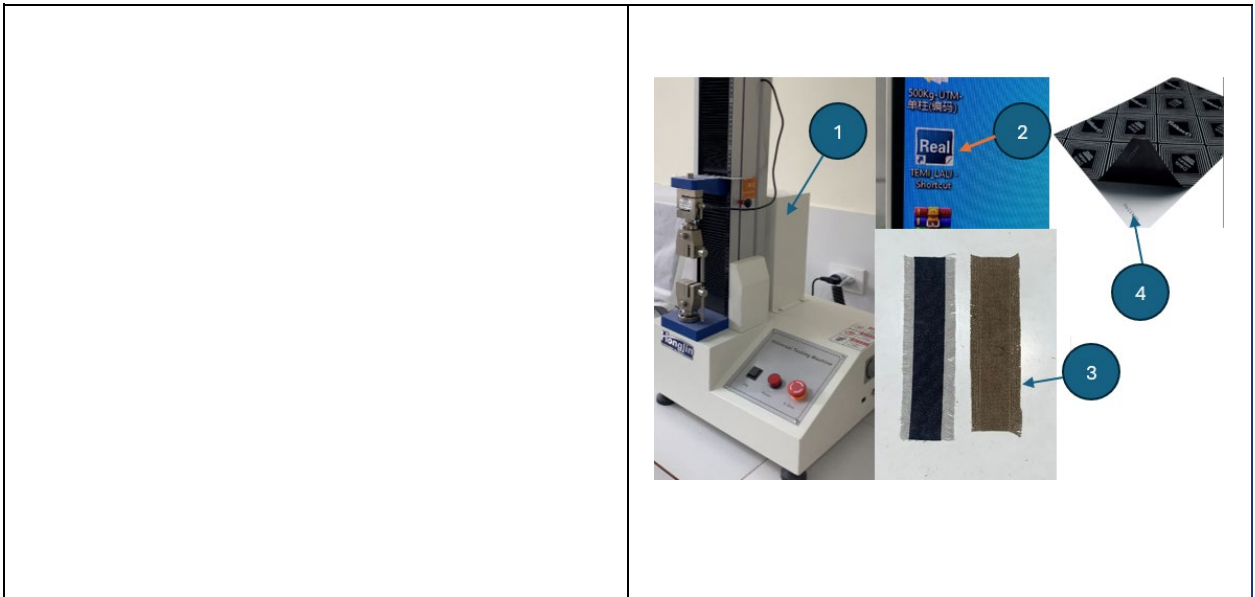
6.7.2.3 Ensayo ASTM D5035-11:2019

| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-03 | Fecha: |

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | PRÁCTICA No.: 3 | DURACIÓN (h): 2 | |
| TEMA: Determinación de la fuerza de rotura y el alargamiento en tejidos textiles conforme a normativa ASTM D5035-11:2019 | | | | | |

| |
|--|
| Objetivos de la Práctica |
| <p>Determinar la fuerza de rotura en Newton de tejidos textiles de calada bajo la norma ASTM D5035-11:2019 utilizando el equipo UTM HSW-UT-PC.</p> <p>Determinar el alargamiento porcentual en el punto de rotura.</p> <p>Verificar la repetibilidad de los registros obtenidos mediante el coeficiente de variación ($CV \leq 5\%$).</p> <p>Comparar los registros obtenidos bajo ASTM D5035-11 con los registros obtenidos bajo ISO 13934-1 para el mismo material y dirección.</p> |

| | |
|---|--|
| Equipos, Materiales e Insumos |  |
| <p>Componentes del equipo UTM</p> <ol style="list-style-type: none"> Bastidor o columna. Cabezal móvil. Mordaza superior. Mordaza inferior. Célula de carga. Regla o escala de desplazamiento. Base de la máquina. Panel de control. Botón de encendido (Power). Botón de parada de emergencia (E-Stop). Botón Jog. Soportes antivibración. Motor. <p>Equipos, materiales e insumos</p> <ol style="list-style-type: none"> Equipo UTM HSW-UT-PC (Máquina Universal de Ensayos 5 kN) Software TEMI (Tensile Machine) Probetas de Lona Canvas y Denim acondicionadas (ancho neto 25 mm, longitud total 150 mm) Papel carbón para verificación de mordaza ASTM D5035-11:2019 Formato de registro GP-TXT-03 Check-List de verificación del equipo UTM | |



Marco Teórico

La ASTM D5035-11 (2019) establece el método de la tira con velocidad fija de 300 mm/min y gauge de 75 mm. Esas condiciones producen registros de fuerza sistemáticamente menores que la ISO 13934-1:2014.

La Sección 11.3 de la ASTM D5035-11 (2019) exige trazar marcas de referencia en la zona de mordaza antes de cada ensayo para verificar ausencia de deslizamiento. La diferencia porcentual relativa D (%) se calcula porque el objetivo de esta investigación contempla la estandarización bajo dos sistemas normativos sobre los mismos materiales y en el mismo equipo. Ese indicador permite verificar si la divergencia entre los registros ASTM e ISO es coherente con el comportamiento esperado del material. Un valor negativo indica que los registros ASTM son menores que los ISO, comportamiento asociado a la mayor velocidad de ensayo. Un valor positivo indicaría que los registros ASTM superaron a los ISO, situación atípica en tejidos de algodón que requeriría revisar las condiciones de ensayo o la configuración del equipo. Un valor cercano a cero indicaría que ambas normativas produjeron registros equivalentes para ese grupo. Fórmulas por aplicar:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

$$Elongación(\%) = \frac{Elongación (mm)}{75 mm} \times 100$$

$$D(\%) = \frac{\bar{x}_{ASTM} - \bar{x}_{ISO}}{\bar{x}_{ISO}} \times 100$$

Procedimiento

1. Ejecutar el Check-List de verificación del equipo UTM antes del ensayo. Verificar condiciones ambientales: temperatura 21 ± 1 °C / humedad relativa 65 ± 2 %.
2. Encender el transformador, el computador y el equipo UTM. Abrir el software TEMI y verificar conexión exitosa con el equipo.
3. En TEMI, hacer clic en "Editar muestra". Ingresar código del ensayo, material, dirección y ancho neto de 25 mm. Seleccionar forma rectangular.

4. Pulse en "Ajustar programa". Seleccione "Prueba de tracción". Establecer: dirección hacia arriba, velocidad a 300 mm/min, gauge de 75 mm, condición de ruptura al 40 % y tensión previa de 0,5 % de la fuerza en su capacidad máxima.
5. Verificar el dispositivo de agarre usando papel carbón. Asegurarse de que la marca sea homogénea. Antes de asegurar cada muestra, debe ser señalada con un marcador en la zona de la mordaza.
6. Montar la primera probeta en las mordazas asegurando centrado y alineación axial, aplicar la tensión previa establecida y dar inicio al ensayo seleccionando "Start". Durante la ejecución, observar que la probeta no presente desplazamiento visible en la zona de agarre.
7. Al concluir, determinar si la rotura ocurrió dentro de la zona de gauge. Si la rotura se produjo a menos de 5 mm de la línea de mordaza y el valor registrado no alcanza el 50 % del promedio de las demás probetas del grupo, ese resultado no se considera válido y debe reemplazarse con una probeta adicional. Anotar la fuerza de rotura en Newton y el alargamiento porcentual reportados por TEMI.
8. Tras la prueba, comparar las marcas de referencia para confirmar que no hubo desplazamiento. Exportar los datos a Excel. Calcular \bar{x} , s y el coeficiente de variación (CV). Establecer D (%) en función de los registros ISO del mismo conjunto.

Resultados

Material: _____ **Dirección:** Urdimbre Trama **Gauge:** 75 mm **Velocidad:** 300 mm/min

| Probeta | Fuerza max (N) | Elongación (mm) | Elongación (%) | Zona rotura | Marca mordaza | OK | Observación |
|-----------|----------------|-----------------|----------------|-------------|---------------|----|-------------|
| No. 1 | | | | | | | |
| No. 2 | | | | | | | |
| No. 3 | | | | | | | |
| No. 4 | | | | | | | |
| No. 5 | | | | | | | |
| \bar{x} | | | | | | | |
| s | | | | | | | |
| CV (%) | | | | | | | |

Aplicación de fórmulas:

$$\bar{x} = (_ + _ + _ + _ + _) / n = _ \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)]} = _ \text{ N}$$

$$CV (\%) = s / \bar{x} \times 100 = _ \%$$

$$D (\%) = [(\bar{x}_{ASTM} - \bar{x}_{ISO}) / \bar{x}_{ISO}] \times 100 = [(_ - _) / _] \times 100 = _ \%$$

ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO

ASTM D5035-11:2019 Todos los grupos

| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
|---------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|--------|
| CV Fmax Lona Canvas Urdimbre | | $\leq 5 \%$ | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Fmax Lona Canvas Trama | | $\leq 5 \%$ | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Fmax DENIM Urdimbre | | $\leq 5 \%$ | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |

| | | | | |
|---|--|------------------|-----------------------------------|--|
| CV Fmax DENIM Trama | | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Alarg. Lona Canvas Urdimbre | | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Alarg. Lona Canvas Trama | | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Alarg. DENIM Urdimbre | | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| CV Alarg. DENIM Trama | | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | |
| Verificación deslizamiento DN Trama | | Obligatoria | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.3 | |
| Zona de rotura | | Fuera de mordaza | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.6 | |
| Gauge de ensayo | | 75 ± 1 mm | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.2 | |
| Velocidad de ensayo | | 300 ± 10 mm/min | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.2 | |

**DIFERENCIA PORCENTUAL RELATIVA D (%) ENTRE NORMATIVAS
POR MATERIAL Y DIRECCIÓN**

| Material / Dirección | \bar{x} ISO (N) | \bar{x} ASTM (N) | D (%) obtenido | Comportamiento esperado | Comportamiento |
|----------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------------------|----------------|
| Lona Canvas Urdimbre | | | | Valor negativo ASTM < ISO | |
| Lona Canvas Trama | | | | Valor negativo ASTM < ISO | |
| Denim Urdimbre | | | | Valor negativo ASTM < ISO | |
| Denim Trama | | | | Valor negativo ASTM < ISO | |

Conclusiones

| |
|--|
| |
|--|

Recomendaciones

| |
|--|
| |
|--|

Referencias bibliográficas

ASTM D5035-11. (2019). Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). ASTM International.
 ISO 5725-1. (2023). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. International Organization for Standardization.

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

Ing. Gabriela Serrano
Docente

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM International. (2020). *ASTM D1776/D1776M-20: Standard Practice for Conditioning and Testing Textiles*. ASTM International.
- ASTM International. (2019). *ASTM D5035-11: Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)*. ASTM International. <https://www.astm.org/d5035-11r19.html>
- Blind, K. (2016). The impact of standardisation and standards on innovation. En J. Edler, P. Cunningham, A. Gök y P. Shapira (Eds.), *Handbook of Innovation Policy Impact* (pp. 423–449). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781784711696.00027>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial No. 449*. Asamblea Constituyente del Ecuador.
- Elsasser, V. H., y Sharp, A. (2019). *Textiles: Concepts and Principles* (4.^a ed.). Fairchild Books.
- Gómez Arias, A. S. (2025). *Elaboración de herramienta autoevaluativa para la optimización de validación y/o verificación de métodos cuantitativos en laboratorios de ensayo*. Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/2012cdc1-e18a-4f8d-aaef-dc5ddd8efa03/content>
- Hearle, J. W. S., Grosberg, P., y Backer, S. (1969). *Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics* (Vol. 1). Wiley-Interscience.
- Hu, J. (2008). *Fabric Testing*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845695064>
- ISO. (2011). *ISO 139:2005/Amd.1:2011 — Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2023). *ISO 5725-1:2023 — Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2015). *ISO 9000:2015 — Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2017). *ISO/IEC 17025:2017 — Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission.
- ISO/IEC. (2004). *ISO/IEC Guide 2:2004 — Standardization and related activities — General vocabulary*. International Organization for Standardization.

- JCGM. (2008). *GUM:1995 — Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida*. Joint Committee for Guides in Metrology. <https://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/publications>
- JCGM. (2012). *VIM — Vocabulario Internacional de Metrología: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados* (3.^a ed.). Joint Committee for Guides in Metrology. <https://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/publications>
- Juntarasakul, O., Julapong, P., Srichonphaisarn, P., Meekoch, T., Janjaroen, D., Tabelin, C. B., y Phengsaart, T. (2025). Weave structures of polyester fabric affect the tensile strength and microplastic fiber emission during the laundry process. *Scientific Reports*, 15, 2272. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86866-3>
- Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad. (2007). *Ley No. 76*. Registro Oficial Suplemento No. 26. Congreso Nacional del Ecuador.
- Majumdar, A. (Ed.). (2013). *Fibrous and Composite Materials for Civil Engineering Applications*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098955>
- Messnaoui, R., El Bakkali, M., Elkhaoudi, M., Soulhi, A., y Cherkaoui, O. (2024). Validation by experimental study the relationship between fabric tensile strength and weave structures. *AUTEX Research Journal*, 24(1). <https://doi.org/10.1515/aut-2024-0018>
- NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). *Textiles — Propiedades de los tejidos a la tracción — Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento a la fuerza máxima utilizando el método de la tira*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN-ISO 7500-1. (2013). *Materiales metálicos — Verificación de máquinas de ensayo estático uniaxial — Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión — Verificación y calibración del sistema de medición de la fuerza*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Patti, A., y Acierno, D. (2023). Materials, weaving parameters, and tensile responses of woven textiles. *Macromol*, 3(3), 665–680. <https://doi.org/10.3390/macromol3030037>
- SAE International. (2024). *SAE JA1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard*. SAE International.
- Sigcho, P., y Urvina, S. (2025). *Manual de mantenimiento y manual de operaciones de la Máquina Universal de Ensayos UTM HSW-UT-PC*. Trabajo práctico de titulación. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Tassey, G. (2000). Standardization in technology-based markets. *Research Policy*, 29(4–5), 587–602. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00091-8)

ANEXOS

Anexo 1

Guía de prácticas desarrollada “Preparación de probetas”

| | | | |
|---|---|-----------------------------|---------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-01 | Fecha: |

| | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| GUÍA DE PRÁCTICAS PERÍODO ACADÉMICO: 2025-2S | | | | | |
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | PRÁCTICA No.: 1 | DURACIÓN (h): 2 | |
| TEMA: Preparación y medición de probetas de tejido textil conforme a normas ISO 13934-1 y ASTM D5035-11 | | | | | |

| |
|---|
| Objetivos de la Práctica |
| Preparar probetas de tejido textil con las dimensiones normalizadas establecidas por la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) y la ASTM D5035-11 (2019). Ejecutar el deshilado simétrico de bordes hasta el ancho neto requerido por cada normativa. Verificar las dimensiones de las probetas con instrumentos de medición calibrados. Identificar la dirección de urdimbre y trama del tejido antes del corte. |

| | |
|--|---|
| Equipos, Materiales e Insumos |  |
| 1. Tijeras para tela 2. Calibrador Pie de Rey 3. Regla metálica (500 mm) 4. Muestra de Lona Canvas (100 % algodón, 450 g/m ²) 5. Muestra de Denim (100 % algodón, 400 g/m ²) 6. Marcador textil para identificación de dirección 7. NTE INEN-ISO 13934-1:2014 8. ASTM D5035-11:2019 9. Formato de registro GP-TXT-01 | |

| |
|--|
| Marco Teórico |
| Los materiales textiles presentan una estructura formada por hilos entrelazados en dos direcciones principales: urdimbre y trama. Esa configuración genera un comportamiento mecánico anisotrópico, lo que significa que las propiedades de resistencia y deformación varían según la dirección en que se ejecute el ensayo. La urdimbre presenta valores de resistencia generalmente superiores a los de la trama, debido a la mayor alineación y tensión inicial de los hilos durante el proceso de fabricación (Hearle et al., 1969). La preparación física de las probetas constituye una etapa crítica del procedimiento de ensayo, dado que cualquier variación en el ancho neto o en la uniformidad del deshilado se traduce directamente en dispersión de los registros de fuerza máxima. La NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) establece en la sección 8 las dimensiones normalizadas de la probeta y los criterios de preparación. La ASTM D5035-11 (2019) establece requisitos equivalentes en la sección |

10.1. El acondicionamiento previo al corte garantiza que las fibras de algodón alcancen un contenido de humedad de equilibrio que establezca sus propiedades mecánicas y asegure la comparabilidad de los registros entre laboratorios.

La verificación del ancho neto en tres puntos, extremo superior (P1), centro (P2) y extremo inferior (P3) permite detectar variaciones en el deshilado manual. El promedio de los tres puntos constituye el valor representativo del ancho neto de la probeta, y debe estar dentro de la tolerancia $\pm 0,5$ mm respecto al ancho nominal especificado por la norma aplicada.

Procedimiento

1. Identificar la dirección de urdimbre (hilos paralelos al orillo) y la dirección de trama (hilos perpendiculares al orillo) en cada muestra. Marcar con marcador textil.
2. Para ensayos bajo NTE INEN-ISO 13934-1 (2014): cortar probetas de 280 mm de longitud \times 40 mm de ancho en la dirección indicada. Preparar mínimo 5 probetas por dirección.
3. Para ensayos bajo ASTM D5035-11 (2019): cortar probetas de 150 mm de longitud \times 40 mm de ancho en la dirección indicada. Preparar mínimo 5 probetas por dirección en urdimbre y 8 en trama.
4. Ejecutar el deshilado simétrico de bordes. Para ISO: deshilachar 5 mm por cada borde lateral hasta obtener ancho neto de 30 mm. Para ASTM: deshilachar hasta ancho neto de 25 mm.
5. Medir el ancho neto de cada probeta en tres puntos (extremo superior, centro y extremo inferior) con el Calibrador Pie de Rey. Registrar los tres valores y calcular el promedio.
6. Verificar que el ancho neto promedio sea $30 \pm 0,5$ mm (ISO) o $25 \pm 0,5$ mm (ASTM). Desechar probetas que estén fuera de tolerancia.
7. Identificar cada probeta con un código que incluya: material, dirección, normativa y número de probeta. Ejemplo: LC-U-ISO-01 (Lona Canvas, Urdimbre, ISO, probeta 1).
8. Colocar las probetas en el área de acondicionamiento: 20 ± 2 °C / 65 ± 4 % HR durante 24 horas para ISO, o 21 ± 1 °C / 65 ± 2 % HR durante mínimo 4 horas para ASTM.

Resultados obtenidos

Material evaluado: Lona Canvas (100 % algodón, 450 g/m²)

Lote de ensayo del Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH

MEDICIÓN DE PROBETAS NTE INEN-ISO 13934-1 (2014)

Ancho neto nominal: 30 mm

| Código | P1 (mm) | P2 (mm) | P3 (mm) | Prom. (mm) | Long. (mm) | Normativa | OK | Observación |
|-------------------------|---------|---------|---------|----------------|------------|-------------|----|-----------------------|
| LC-U-ISO-01 | 30,3 | 29,7 | 30,1 | 30,0 | 280 | ISO 13934-1 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ISO-02 | 29,6 | 30,2 | 29,8 | 29,9 | 280 | ISO 13934-1 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ISO-03 | 30,4 | 30,0 | 29,6 | 30,0 | 280 | ISO 13934-1 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ISO-04 | 29,8 | 30,3 | 30,4 | 30,2 | 280 | ISO 13934-1 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ISO-05 | 30,1 | 29,5 | 30,3 | 30,0 | 280 | ISO 13934-1 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| PROMEDIO GENERAL | | | | 30,0 mm | | | ✓ | Rango: 29,9 – 30,2 mm |

Promedio general: 30,0 mm | Rango: 29,9 – 30,2 mm | Tolerancia: ± 0,5 mm ✓

MEDICIÓN DE PROBETAS ASTM D5035-11 (2019)

Ancho neto nominal: 25 mm

| Código | P1 (mm) | P2 (mm) | P3 (mm) | Prom. (mm) | Long. (mm) | Normativa | OK | Observación |
|-------------------------|---------|---------|---------|----------------|------------|---------------|----|-----------------------|
| LC-U-ASTM-01 | 25,3 | 24,7 | 25,1 | 25,0 | 150 | ASTM D5035-11 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ASTM-02 | 24,6 | 25,2 | 25,4 | 25,1 | 150 | ASTM D5035-11 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ASTM-03 | 25,4 | 24,8 | 25,0 | 25,1 | 150 | ASTM D5035-11 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ASTM-04 | 24,8 | 25,3 | 24,9 | 25,0 | 150 | ASTM D5035-11 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| LC-U-ASTM-05 | 25,1 | 24,6 | 25,3 | 25,0 | 150 | ASTM D5035-11 | ✓ | Dentro de tolerancia |
| PROMEDIO GENERAL | | | | 25,0 mm | | | ✓ | Rango: 25,0 – 25,1 mm |

Promedio general: 25,0 mm | Rango: 25,0 – 25,1 mm | Tolerancia: ± 0,5 mm ✓

Desarrollo de la fórmula de promedio:

$$\bar{P} = (P1 + P2 + P3) / 3 = (30,3 + 29,7 + 30,1) / 3 = 90,1 / 3 = 30,0 \text{ mm}$$

Conclusión: Todas las probetas presentaron ancho neto dentro de la tolerancia ± 0,5 mm en ambas normativas. La variación entre P1, P2 y P3 fue atribuible al deshulado manual, con dispersión máxima de 0,7 mm entre puntos de medición, coherente con la ejecución estudiantil del procedimiento.

ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO

Preparación de probetas

| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
|--------------------------|----------------|--------------------|--|--------|
| Ancho neto ISO (mm) | 30,0 mm | 30 ± 0,5 mm | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | ✓ |
| Ancho neto ASTM (mm) | 25,0 mm | 25 ± 0,5 mm | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.1.2 | ✓ |
| Longitud total ISO (mm) | 280 mm | 280 mm mínimo | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.1 | ✓ |
| Longitud total ASTM (mm) | 150 mm | 150 mm mínimo | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.1.1 | ✓ |
| Deshulado simétrico | 5 mm por borde | Obligatorio | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | ✓ |

Nota. La variación entre puntos de medición es atribuible al deshulado manual. El promedio se mantiene dentro de la tolerancia ± 0,5 mm en todos los casos, lo que valida la probeta para el ensayo.

Conclusiones

Todas las probetas de Lona Canvas preparadas presentaron ancho neto dentro de la tolerancia $\pm 0,5$ mm establecida por ambas normativas, con promedio general de 30,0 mm (ISO) y 25,0 mm (ASTM).
La variación entre los puntos P1, P2 y P3 de hasta 0,7 mm es coherente con el deshilado manual estudiantil y no invalida la probeta, dado que el promedio se mantiene dentro del rango normativo.

Recomendaciones

Realizar el deshilado con movimientos lentos y uniformes para reducir la variación entre P1, P2 y P3. Una variación superior a 1,0 mm entre puntos extremos es señal de deshilado irregular.
Verificar el Calibrador Pie de Rey antes de cada sesión de medición. Un instrumento descalibrado puede producir lecturas incorrectas que invaliden la selección de probetas.
Desechar la probeta si el promedio de P1, P2 y P3 está fuera de la tolerancia $\pm 0,5$ mm. No forzar la inclusión de probetas fuera de especificación.
Marcar la dirección de urdimbre y trama antes del corte para evitar confusiones al momento del montaje en las mordazas del equipo UTM.

Referencias bibliográficas

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento a la fuerza máxima utilizando el método de la tira. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
ASTM D5035-11. (2019). Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). ASTM International.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

Ing. Gabriela Serrano
Docente

Anexo 2

Guía de prácticas desarrollada “Ensayo de tracción textil bajo normativa NTE INEN-ISO 13934-1”

| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-02 | Fecha: |

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | PRÁCTICA No.: 2 | DURACIÓN (h): 2 | |
| TEMA: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento en tejidos textiles conforme a normativa NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | | | | | |

Objetivos de la Práctica

Determinar la fuerza máxima en Newton de tejidos textiles de calada bajo la norma NTE INEN-ISO 13934-1:2014 utilizando el equipo UTM HSW-UT-PC.

Determinar el alargamiento porcentual en el punto de fuerza máxima.

Verificar la repetibilidad de los registros obtenidos mediante el coeficiente de variación ($CV \leq 5\%$).

Operar el software TEMI para la configuración, ejecución y exportación de los registros del ensayo.

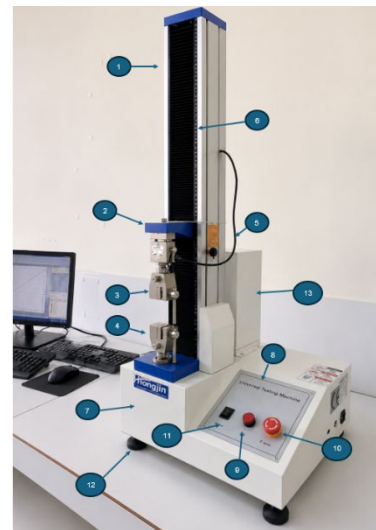
Equipos, Materiales e Insumos

Componentes del equipo UTM

1. Bastidor o columna.
2. Cabezal móvil.
3. Mordaza superior.
4. Mordaza inferior.
5. Célula de carga.
6. Regla o escala de desplazamiento.
7. Base de la máquina.
8. Panel de control.
9. Botón de encendido (Power).
10. Botón de parada de emergencia (E-Stop).
11. Botón Jog.
12. Soportes antivibración.
13. Motor.

Equipos, materiales e insumos

1. Equipo UTM HSW-UT-PC — Máquina Universal de Ensayos de 5 kN.
2. Software TEMI (Tensile Machine).
3. Papel carbón para verificación de mordaza.
4. Probetas acondicionadas (ancho neto de 30 mm y longitud total de 280 mm).
5. NTE INEN-ISO 13934-1:2014.
6. Check-list de verificación del equipo UTM.





Marco Teórico

El ensayo de tracción en materiales textiles es el procedimiento fundamental para determinar las propiedades mecánicas de resistencia y deformación de un tejido frente a una carga axial aplicada de forma continua hasta provocar la rotura. Los parámetros principales obtenidos son la fuerza máxima de rotura, expresada en Newton, y el alargamiento porcentual en el punto de fuerza máxima, que refleja la capacidad de deformación del tejido antes de la fractura (Hu, 2008).

La NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) establece el método de la tira para la determinación de las propiedades de tracción de los tejidos. Este método consiste en someter una probeta de ancho definido a una carga de tracción a velocidad constante hasta la rotura, con un gauge de 200 mm y una velocidad de 100 mm/min para materiales con alargamiento entre 8 % y 75 %. La norma exige una tensión previa de 5 N para eliminar la holgura inicial de la probeta antes de iniciar el registro.

La repetibilidad de los registros se evalúa mediante el coeficiente de variación (CV), indicador estadístico que expresa la dispersión relativa de los registros como porcentaje de la media. La sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) establece $CV \leq 5\%$ como criterio de aceptabilidad para la fuerza máxima. Un grupo que cumple ese umbral demuestra que el protocolo produce registros consistentes y reproducibles, independientemente del operador o la sesión de ensayo.

Fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

$$Alarg.(\%) = \frac{Elongación (mm)}{200 mm} \times 100$$

Procedimiento

1. Ejecutar el Check-List de verificación del equipo UTM antes del ensayo. Verificar condiciones ambientales: temperatura 20 ± 2 °C / humedad relativa 65 ± 4 %.
2. Encender el transformador, el computador y el equipo UTM. Abrir el software TEMI y verificar conexión exitosa con el equipo.
3. En TEMI, hacer clic en "Editar muestra". Ingresar código del ensayo, material, dirección y ancho neto de 30 mm. Seleccionar forma rectangular.

4. Hacer clic en "Editar programa". Seleccionar "Tensile Test". Configurar: dirección hacia arriba, velocidad 100 mm/min, gauge 200 mm, condición Break al 40 %, tensión previa 5 N.
5. Verificar el mecanismo de mordaza con papel carbón. Confirmar huella uniforme en toda la superficie de contacto. Ajustar la mordaza superior a la posición de gauge 200 mm.
6. Montar la primera probeta centrada y alineada en las mordazas. Aplicar la tensión previa de 5 N mediante el botón Jog. Iniciar el ensayo haciendo clic en "Start".
7. Supervisar el ensayo en tiempo real. Al concluir, verificar que la rotura se produjo en la zona de gauge. Registrar fuerza máxima (N) y alargamiento (%) de la pantalla de resultados TEMI.
8. Repetir los pasos 6 y 7 para las probetas restantes. Al completar el grupo, exportar todos los registros a Excel desde "Guardar todos los datos". Calcular \bar{x} , s y CV para fuerza máxima y alargamiento.

Resultados obtenidos

Condiciones de ensayo: Temperatura 20 °C / HR 65 % / Gauge 200 mm / Velocidad 100 mm/min / Tensión previa 5 N

| LONA CANVAS NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| Gauge: 200 mm — Velocidad: 100 mm/min — Tensión previa: 5 N | | | | | | |
| Probeta | Fmax (N) | Elongación (mm) | Alargamiento (%) | Zona rotura | Estado | Observación |
| Dirección: Urdimbre | | | | | | |
| No. 1 | 450,80 | 33,00 | 17,50 | Gauge | Válida | |
| No. 2 | 460,60 | 37,00 | 19,00 | Gauge | Válida | |
| No. 3 | 450,80 | 33,00 | 17,00 | Gauge | Válida | |
| No. 4 | 470,40 | 35,00 | 18,50 | Gauge | Válida | |
| No. 5 | 441,00 | 33,00 | 17,50 | Gauge | Válida | |
| \bar{x} | 454,72 | 34,20 | 17,90 | | | |
| s | 11,17 | 1,64 | 0,82 | | | |
| CV (%) | 2,46 ✓ | 4,80 | 4,59 ✓ | | Decisión H ₁ : ACEPTA | CV ≤ 5 % ✓ |
| Decisión H ₁ : ACEPTA CV Fmax = 2,46 % ≤ 5 % ✓ | | | | | | |

Desarrollo de fórmulas “Lona Canvas ISO Urdimbre (n = 5)”

Media aritmética:

$$\bar{x} = (450,80 + 460,60 + 450,80 + 470,40 + 441,00) / 5 = 2273,60 / 5 = 454,72 \text{ N}$$

Desviación estándar:

$$s = \sqrt{[(450,80-454,72)^2 + (460,60-454,72)^2 + (450,80-454,72)^2 + (470,40-454,72)^2 + (441,00-454,72)^2] / (5-1)}$$

$$s = \sqrt{[(15,37) + (34,57) + (15,37) + (245,86) + (188,30)] / 4} = \sqrt{499,47 / 4} = \sqrt{124,87} = 11,17 \text{ N}$$

Coefficiente de variación:

$$CV (\%) = s / \bar{x} \times 100 = 11,17 / 454,72 \times 100 = 2,46 \%$$

| Dirección: Trama | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------|------------------|-------------|--------|-------------|
| No. | Fmax (N) | Elongación (mm) | Alargamiento (%) | Zona rotura | Estado | Observación |
| No. 1 | 705,60 | 59,00 | 30,00 | Gauge | Válida | |
| No. 2 | 705,60 | 61,00 | 31,00 | Gauge | Válida | |

| | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|------------------|-----------------------------|
| No. 3 | 705,60 | 65,00 | 33,50 | Gauge | Válida | |
| No. 4 | 695,80 | 65,00 | 33,00 | Gauge | Válida | |
| No. 5 | 813,40 | 62,00 | 31,50 | Gauge | Válida | Fmax superior al grupo |
| \bar{x} | 725,20 | 62,40 | 31,80 | | | |
| s | 49,49 | 2,70 | 1,44 | | | |
| CV (%) | 6,82 X | 4,33 | 4,53 ✓ | | Decisión PARCIAL | H ₁ : CV F > 5 % |
| Decisión H ₁ : PARCIAL CV Fmax = 6,82 % > 5 % X | | | | | | |

Desarrollo de fórmulas “Lona Canvas ISO Trama (n = 5)”

$$\bar{x} = (705,60 + 705,60 + 705,60 + 695,80 + 813,40) / 5 = 3626,00 / 5 = 725,20 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - 725,20)^2 / 4]} = 49,49 \text{ N}$$

$$CV (\%) = 49,49 / 725,20 \times 100 = 6,82 \% \text{ X Criterio no cumplido, variabilidad estructural de trama}$$

| DENIM NTE INEN-ISO 13934-1:2014 | | | | | | |
|---|----------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| Gauge: 200 mm — Velocidad: 100 mm/min — Tensión previa: 5 N | | | | | | |
| Probeta | Fmax (N) | Elongación (mm) | Alargamiento (%) | Zona rotura | Estado | Observación |
| Dirección: Urdimbre | | | | | | |
| No. 1 | 833,00 | 82,00 | 41,00 | Gauge | Válida | |
| No. 2 | 803,60 | 80,00 | 40,00 | Gauge | Válida | |
| No. 3 | 862,40 | 84,00 | 42,00 | Gauge | Válida | |
| No. 4 | 852,60 | 82,00 | 41,00 | Gauge | Válida | |
| No. 5 | 852,60 | 85,00 | 42,50 | Gauge | Válida | |
| \bar{x} | 840,84 | 82,60 | 41,30 | | | |
| s | 23,40 | 1,95 | 0,97 | | | |
| CV (%) | 2,78 ✓ | 2,36 | 2,36 ✓ | | Decisión ACEPTA | H ₁ : CV ≤ 5 % ✓ |
| Decisión H ₁ : ACEPTA CV Fmax = 2,78 % ≤ 5 % ✓ | | | | | | |

Desarrollo de fórmulas “DENIM ISO Urdimbre (n = 5)”:

$$\bar{x} = (833,00 + 803,60 + 862,40 + 852,60 + 852,60) / 5 = 4204,20 / 5 = 840,84 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - 840,84)^2 / 4]} = 23,40 \text{ N}$$

$$CV (\%) = 23,40 / 840,84 \times 100 = 2,78 \% \text{ ✓}$$

| Dirección: Trama | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------|------------------|-------------|--------|-------------|
| No. | Fmax (N) | Elongación (mm) | Alargamiento (%) | Zona rotura | Estado | Observación |
| No. 1 | 450,80 | 30,00 | 15,50 | Gauge | Válida | |
| No. 2 | 392,00 | 28,00 | 14,00 | Gauge | Válida | |
| No. 3 | 411,60 | 29,00 | 14,50 | Gauge | Válida | |

| | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------------------------------------|------------|
| No. 4 | 401,80 | 28,00 | 14,00 | Gauge | Válida | |
| No. 5 | 421,40 | 29,00 | 14,50 | Gauge | Válida | |
| \bar{x} | 415,52 | 28,80 | 14,50 | | | |
| s | 22,56 | 0,84 | 0,58 | | | |
| CV (%) | 5,43 X | 2,92 | 4,47 ✓ | | Decisión H _i : PARCIAL | CV F > 5 % |
| Decisión H _i : PARCIAL CV Fmax = 5,43 % > 5 % X | | | | | | |

Nota. Dos de cuatro grupos cumplieron $CV \leq 5\%$ para fuerza máxima (ACEPTA). Los grupos de trama de ambos materiales presentaron CV marginalmente superior al criterio (6,82 % y 5,43 %), atribuible a la variabilidad estructural de la dirección de trama en tejidos de calada, no a deficiencias del protocolo.

Desarrollo de fórmulas “DENIM ISO Trama (n = 5)”:

$$\bar{x} = (450,80 + 392,00 + 411,60 + 401,80 + 421,40) / 5 = 2077,60 / 5 = 415,52 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\Sigma (x_i - 415,52)^2 / 4]} = 22,56 \text{ N}$$

$$CV (\%) = 22,56 / 415,52 \times 100 = 5,43\% \text{ X Criterio no cumplido, variabilidad estructural de trama}$$

| ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO NTE INEN-ISO 13934-1:2014 Todos los grupos | | | | |
|--|----------------|---------------------------|--|--------|
| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
| CV Fmax Lona Canvas Urdimbre | 2,46 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| CV Fmax Lona Canvas Trama | 6,82 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | X |
| CV Fmax DENIM Urdimbre | 2,78 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| CV Fmax DENIM Trama | 5,43 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | X |
| CV Alarg. Lona Canvas Urdimbre | 4,59 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| CV Alarg. Lona Canvas Trama | 4,53 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| CV Alarg. DENIM Urdimbre | 2,27 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| CV Alarg. DENIM Trama | 4,28 % | $\leq 5\%$ | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 10 | ✓ |
| Zona de rotura | Gauge | Fuera de mordaza | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 11 | ✓ |
| Ancho neto probeta | 30 mm | 30 ± 0,5 mm (adaptado) | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 8.2 | ✓ |
| Gauge de ensayo | 200 mm | 200 ± 1 mm | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.1 | ✓ |

| | | | | |
|---------------------|------------|---|--|---|
| Velocidad de ensayo | 100 mm/min | 100 mm/min | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.3 | ✓ |
| Tensión previa | 5 N | 5 N (tejidos 200 a 500 g/m ²) | NTE INEN-ISO 13934-1 (2014) Sección 9.2 | ✓ |

Nota. X El CV de fuerza máxima en Lona Canvas Trama (6,82 %) y DENIM Trama (5,43 %) supera el umbral del 5 %. Esa variabilidad es atribuible a la heterogeneidad estructural de la dirección de trama en tejidos de calada, no a deficiencias del protocolo. La decisión H₁ para esos grupos es PARCIAL.

Conclusiones

Los grupos de urdimbre de ambos materiales cumplieron el criterio $CV \leq 5\%$ (LC: 2,46 %; DN: 2,78 %), lo que verifica la repetibilidad del protocolo en esa dirección.

Los grupos de trama presentaron CV superiores al umbral (LC: 6,82 %; DN: 5,43 %), atribuibles a la variabilidad estructural de la trama en tejidos de calada, no al protocolo de ensayo.

El Denim mostró valores de fuerza máxima superiores a la Lona Canvas en ambas direcciones, coherente con la mayor densidad de hilos del ligamento sarga respecto al ligamento plano.

Los resultados son coherentes con la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014), lo que confirma la correcta aplicación del procedimiento experimental en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

Recomendaciones

Ampliar el número de probetas a 8 en la dirección de trama de ambos materiales para reducir el CV, conforme a la Sección 10 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014).

Verificar la huella del papel carbón antes de cada probeta para confirmar alineación uniforme de la mordaza.

Declarar en todos los informes la adaptación del ancho de probeta de 50 a 30 mm, conforme a la Sección 8.2 de la NTE INEN-ISO 13934-1 (2014).

Registrar y analizar las curvas fuerza-elongación generadas por TEMI como complemento de los valores numéricos.

Referencias bibliográficas

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1: Determinación de la fuerza máxima y el alargamiento a la fuerza máxima utilizando el método de la tira. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ISO 5725-1. (2023). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. International Organization for Standardization.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

Ing. Gabriela Serrano
Docente

Anexo 3

Guía de prácticas desarrollada Ensayo de tracción textil bajo normativa ASTM D5035-11:2019

| | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | VERSIÓN: 1 | Página 1 de 1 |
| | | CÓDIGO: GP-TXT-03 | Fecha: |

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|--|------------------|------------------------|------------------------|
| CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL | DOCENTE: GABRIELA SERRANO | SEMESTRE: | PARALELO: | No. GRUPOS: | No. EST./GRUPO: |
| ASIGNATURA: Control de Calidad | CÓDIGO: | LABORATORIO: CONTROL DE CALIDAD | | PRÁCTICA No.: 3 | DURACIÓN (h): 2 |
| TEMA: Determinación de la fuerza de rotura y el alargamiento en tejidos textiles conforme a normativa ASTM D5035-11:2019 | | | | | |

Objetivos de la Práctica

Determinar la fuerza de rotura en Newton de tejidos textiles de calada bajo la norma ASTM D5035-11:2019 utilizando el equipo UTM HSW-UT-PC.

Determinar el alargamiento porcentual en el punto de rotura.

Verificar la repetibilidad de los registros obtenidos mediante el coeficiente de variación ($CV \leq 5\%$).

Comparar los registros obtenidos bajo ASTM D5035-11 con los registros obtenidos bajo ISO 13934-1 para el mismo material y dirección.

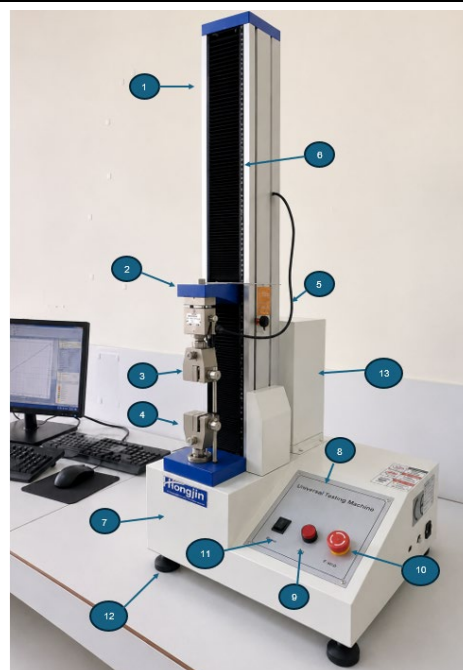
Equipos, Materiales e Insumos

Componentes del equipo UTM

1. Bastidor o columna.
2. Cabezal móvil.
3. Mordaza superior.
4. Mordaza inferior.
5. Célula de carga.
6. Regla o escala de desplazamiento.
7. Base de la máquina.
8. Panel de control.
9. Botón de encendido (Power).
10. Botón de parada de emergencia (E-Stop).
11. Botón Jog.
12. Soportes antivibración.
13. Motor.

Equipos, materiales e insumos

1. Equipo UTM HSW-UT-PC (Máquina Universal de Ensayos 5 kN)
2. Software TEMI (Tensile Machine)
3. Probetas de Lona Canvas y Denim acondicionadas (ancho neto 25 mm, longitud total 150 mm)
4. Papel carbón para verificación de mordaza
5. ASTM D5035-11:2019



6. Formato de registro GP-TXT-03
7. Check-List de verificación del equipo UTM



Marco Teórico

La ASTM D5035-11 (2019) establece el método de la tira con velocidad fija de 300 mm/min y gauge de 75 mm. Esas condiciones producen registros de fuerza sistemáticamente menores que la ISO 13934-1:2014.

La Sección 11.3 de la ASTM D5035-11 (2019) exige trazar marcas de referencia en la zona de mordaza antes de cada ensayo para verificar ausencia de deslizamiento. La diferencia porcentual relativa D (%) se calcula porque el objetivo de esta investigación contempla la estandarización bajo dos sistemas normativos sobre los mismos materiales y en el mismo equipo. Ese indicador permite verificar si la divergencia entre los registros ASTM e ISO es coherente con el comportamiento esperado del material. Un valor negativo indica que los registros ASTM son menores que los ISO, comportamiento asociado a la mayor velocidad de ensayo. Un valor positivo indicaría que los registros ASTM superaron a los ISO, situación atípica en tejidos de algodón que requeriría revisar las condiciones de ensayo o la configuración del equipo. Un valor cercano a cero indicaría que ambas normativas produjeron registros equivalentes para ese grupo. Fórmulas por aplicar:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

$$Elongación(\%) = \frac{Elongación (mm)}{75 mm} \times 100$$

$$D(\%) = \frac{\bar{x}_{ASTM} - \bar{x}_{ISO}}{\bar{x}_{ISO}} \times 100$$

Procedimiento

1. Ejecutar el Check-List de verificación del equipo UTM antes del ensayo. Verificar condiciones ambientales: temperatura 21 ± 1 °C / humedad relativa 65 ± 2 %.
2. Encender el transformador, el computador y el equipo UTM. Abrir el software TEMI y verificar conexión exitosa con el equipo.
3. En TEMI, hacer clic en "Editar muestra". Ingresar código del ensayo, material, dirección y ancho neto de 25 mm. Seleccionar forma rectangular
4. Hacer clic en "Editar programa". Seleccionar "Tensile Test". Configurar: dirección hacia arriba, velocidad 300 mm/min, gauge 75 mm, condición Break al 40 %, tensión previa $\leq 0,5$ % de la fuerza a escala completa.

5. Verificar el mecanismo de mordaza con papel carbón. Confirmar huella uniforme. Trazar marcas de referencia con marcador en la zona de mordaza de cada probeta antes de sujetarla.
6. Montar la primera probeta centrada y alineada. Aplicar la tensión previa. Iniciar el ensayo haciendo clic en "Start". Supervisar que no haya deslizamiento visible.
7. Al concluir, verificar la zona de rotura. Si la rotura se produjo a menos de 5 mm de la línea de mordaza y el valor es inferior al 50 % del promedio de las demás probetas, descartar y repetir con una probeta adicional. Registrar fuerza de rotura (N) y alargamiento (%).
8. Comparar las marcas de referencia con posterioridad al ensayo para verificar ausencia de deslizamiento. Exportar registros a Excel. Calcular \bar{x} , s y CV. Calcular D (%) respecto a los registros ISO del mismo grupo.

Resultados obtenidos

Condiciones: 21 °C / 65 % HR / Gauge 75 mm / Velocidad 300 mm/min / Tensión previa \leq 0,5 % Fescala

| LONA CANVAS ASTM D5035-11:2019 Gauge: 75 mm — Velocidad: 300 mm/min | | | | | | | |
|---|----------|-----------------|----------------|------------------------------------|---------------|----|----------------------------------|
| Probeta | Fmax (N) | Elongación (mm) | Elongación (%) | Zona rotura | Marca mordaza | OK | Observación |
| Dirección: Urdimbre n válido: 6 (1 probeta descartada por rotura en mordaza) | | | | | | | |
| No. 1 | — | — | — | Mordaza | — | X | Descartada rotura < 5 mm mordaza |
| No. 2 | 372,40 | 14,00 | 21,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 3 | 421,40 | 17,00 | 24,00 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 4 | 401,80 | 16,00 | 22,67 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 5 | 401,80 | 16,00 | 21,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 6 | 411,60 | 15,00 | 21,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 7 | 421,40 | 17,00 | 24,00 | Gauge | OK | ✓ | Repetición |
| \bar{x} | 405,07 | 15,83 | 22,44 | | | | |
| s | 18,25 | 1,07 | 1,31 | | | | |
| CV (%) | 4,50 ✓ | 6,74 | 5,85 X | Decisión H ₁ : ACEPTA F | | | CV-F cumple; CV-E marginal |
| Decisión H₁: ACEPTA F CV Fmax = 4,50 % ✓ / CV E. = 5,85 % X | | | | | | | |

Desarrollo de fórmulas "Lona Canvas ASTM Urdimbre (n válido = 6)":

$$\bar{x} = (372,40 + 421,40 + 401,80 + 401,80 + 411,60 + 421,40) / 6 = 2430,40 / 6 = 405,07 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - 405,07)^2 / (6-1)]} = 18,25 \text{ N}$$

$$\text{CV (\%)} = 18,25 / 405,07 \times 100 = 4,50 \% \checkmark \text{ CV } \leq 5 \% \text{ repetibilidad verificada}$$

$$D(\%) = [(405,07 - 454,72) / 454,72] \times 100 = -10,9 \% \checkmark$$

Dirección: Trama n válido: 9

(1 probeta descartada por rotura en mordaza)

| | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|----------------------------------|----|---|------------------------------|
| No. 1 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 2 | 695,80 | 32,00 | 46,67 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 3 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 4 | 666,40 | 30,00 | 42,67 | Gauge | Ok | ✓ | |
| No. 5 | 686,00 | 30,00 | 41,33 | Mordaza | Ok | ✓ | |
| No. 6 | 597,80 | 27,00 | 65,33 | Gauge | - | ✗ | Descartada rotura en mordaza |
| No. 7 | 686,00 | 28,00 | 41,33 | Gauge | OK | ✓ | Probeta adicional |
| No. 8 | 666,40 | 30,00 | 42,67 | Gauge | OK | ✓ | Probeta adicional |
| No. 9 | 686,00 | 29,00 | 41,33 | Gauge | OK | ✓ | Probeta adicional |
| No. 10 | 637,00 | 28,00 | 40,00 | Gauge | OK | ✓ | Probeta adicional |
| \bar{x} | 677,29 | 29,67 | 42,07 | | | | |
| s | 17,97 | 1,12 | 1,90 | | | | |
| CV (%) | 2,65 ✓ | 3,78 | 4,52 ✓ | Decisión H ₁ : ACEPTA | | | CV ≤ 5 % ✓ |
| Decisión H₁: ACEPTA CV Fmax = 2,65 % ≤ 5 % ✓ | | | | | | | |

Desarrollo de fórmulas “Lona Canvas ASTM Trama (n válido = 9)”:

$$\bar{x} = (686,00+695,80+686,00+666,40+686,00+686,00+666,40+686,00+637,00) / 9 = 6095,60 / 9 = 677,29 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{[\Sigma (x_i - 677,29)^2 / 8]} = 17,97 \text{ N}$$

$$CV (\%) = 17,97 / 677,29 \times 100 = 2,65 \% \checkmark$$

$$D (\%) = [(677,29 - 725,20) / 725,20] \times 100 = -6,6 \% \checkmark$$

| DENIM ASTM D5035-11:2019 | | | | | | | |
|---|----------|-----------------|----------------|-------------|---------------|----|-------------|
| Gauge: 75 mm — Velocidad: 300 mm/min | | | | | | | |
| Probeta | Fmax (N) | Elongación (mm) | Elongación (%) | Zona rotura | Marca mordaza | OK | Observación |
| Dirección: Urdimbre | | | | | | | |
| No. 1 | 715,40 | 22,00 | 30,67 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 2 | 784,00 | 25,00 | 34,67 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 3 | 735,00 | 24,00 | 32,00 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 4 | 715,40 | 24,00 | 33,33 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 5 | 744,80 | 24,00 | 32,00 | Gauge | OK | ✓ | |
| \bar{x} | 738,92 | 23,80 | 32,53 | | | | |

| | | | | | | | |
|---|--------|------|--------|----------------------------------|--|--|------------|
| s | 28,23 | 1,10 | 1,52 | | | | |
| CV (%) | 3,82 ✓ | 4,62 | 4,67 ✓ | Decisión H ₁ : ACEPTA | | | CV ≤ 5 % ✓ |
| Decisión H₁: ACEPTA CV Fmax = 3,82 % ≤ 5 % ✓ Desarrollo de fórmulas “DENIM ASTM Urdimbre (n = 5)”: $\bar{x} = (715,40 + 784,00 + 735,00 + 715,40 + 744,80) / 5 = 3694,60 / 5 = 738,92 \text{ N}$ $s = \sqrt{[\sum (x_i - 738,92)^2 / 4]} = 28,23 \text{ N}$ $CV (\%) = 28,23 / 738,92 \times 100 = 3,82 \% \checkmark$ $D (\%) = [(738,92 - 840,84) / 840,84] \times 100 = -12,1 \% \checkmark$ | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|--------|-------|---------|-------------------------------------|---------|---|------------------------------------|
| Dirección: Trama | | | | | | | |
| Nota: CV alargamiento elevado (33,24 %) atribuible a deslizamiento en mordaza probetas No. 1 y No. 2 | | | | | | | |
| No. 1 | 352,80 | 14,00 | 41,33 | Gauge | Desliz. | - | Deslizamiento detectado por marcas |
| No. 2 | 372,40 | 14,00 | 34,67 | Gauge | Desliz. | - | Deslizamiento detectado por marcas |
| No. 3 | 362,60 | 13,00 | 32,00 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 4 | 352,80 | 12,00 | 18,67 | Gauge | OK | ✓ | |
| No. 5 | 362,60 | 13,00 | 20,00 | Gauge | OK | ✓ | |
| \bar{x} | 360,64 | 13,20 | 29,33 | | | | |
| s | 8,20 | 0,84 | 9,75 | | | | |
| CV (%) | 2,27 ✓ | 6,36 | 33,24 X | Decisión H ₁ : ACEPTA F* | | | CV Fmax ≤ 5 % ✓ |
| Decisión H₁: ACEPTA F* CV Fmax = 2,27 % ✓ / CV Alarg. = 33,24 % X Desarrollo de fórmulas “DENIM ASTM Trama (n = 5)”: $\bar{x} = (352,80 + 372,40 + 362,60 + 352,80 + 362,60) / 5 = 1803,20 / 5 = 360,64 \text{ N}$ $s = \sqrt{[\sum (x_i - 360,64)^2 / 4]} = 8,20 \text{ N}$ $CV (\%) = 8,20 / 360,64 \times 100 = 2,27 \% \checkmark$ $D (\%) = [(360,64 - 415,52) / 415,52] \times 100 = -13,2 \% \checkmark$ | | | | | | | |

| ANÁLISIS NORMATIVO COMPARATIVO | | | | |
|---------------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|--------|
| ASTM D5035-11:2019 Todos los grupos | | | | |
| Parámetro evaluado | Valor obtenido | Criterio normativo | Sección normativa | Cumple |
| CV Fmax Lona Canvas Urdimbre | 4,50 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |
| CV Fmax Lona Canvas Trama | 2,65 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |
| CV Fmax DENIM Urdimbre | 3,82 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |

| | | | | |
|--|--------------------------|------------------|-----------------------------------|----|
| CV Fmax DENIM Trama | 2,27 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |
| CV Alarg. Lona Canvas Urdimbre | 5,85 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✗ |
| CV Alarg. Lona Canvas Trama | 3,37 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |
| CV Alarg. DENIM Urdimbre | 4,67 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✓ |
| CV Alarg. DENIM Trama | 33,24 % | ≤ 5 % | ASTM D5035-11 (2019) Sección A1.2 | ✗* |
| Verificación deslizamiento DN Trama | Detectado No.1 y No.2 | Obligatoria | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.3 | |
| Zona de rotura | Gauge | Fuera de mordaza | ASTM D5035-11 (2019) Sección 11.6 | ✓ |
| Gauge de ensayo | 75 mm | 75 ± 1 mm | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.2 | ✓ |
| Velocidad de ensayo | 300 mm/min | 300 ± 10 mm/min | ASTM D5035-11 (2019) Sección 10.2 | ✓ |

Nota. ✗* CV alargamiento de Lona Canvas Urdimbre (5,85 %) y DENIM Trama (33,24 %) superan el umbral. El de DENIM Trama es atribuible a deslizamiento en mordaza de las probetas No.1 y No.2, detectado por marcas de referencia (Sección 11.3, ASTM D5035-11, 2019). El CV de fuerza máxima cumple en todos los grupos

**DIFERENCIA PORCENTUAL RELATIVA D (%) ENTRE NORMATIVAS
POR MATERIAL Y DIRECCIÓN**

La diferencia porcentual relativa D (%) se calcula para cada grupo de ensayo con el fin de verificar si los registros obtenidos bajo la ASTM D5035-11:2019 son coherentes con los registros obtenidos bajo la NTE INEN-ISO 13934-1:2014 para el mismo material y dirección. Dado que ambas normativas se aplicaron sobre los mismos materiales en el mismo equipo, ese indicador permite al estudiante determinar si la divergencia entre sistemas normativos responde al comportamiento esperado del tejido o si existe alguna anomalía en el procedimiento ejecutado. La NTE INEN-ISO 13934-1:2014 se toma como referencia base por ser la norma adoptada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

| Material / Dirección | \bar{x} ISO (N) | \bar{x} ASTM (N) | D (%) obtenido | Comportamiento esperado | Comportamiento |
|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|----------------|
| Lona Canvas Urdimbre | 454,72 | 405,07 | -10,9 % | Valor negativo ASTM < ISO | ✓ |
| Lona Canvas Trama | 725,20 | 677,29 | -6,6 % | Valor negativo ASTM < ISO | ✓ |
| Denim Urdimbre | 840,84 | 738,92 | -12,1 % | Valor negativo ASTM < ISO | ✓ |
| Denim Trama | 415,52 | 360,64 | -13,2 % | Valor negativo ASTM < ISO | ✓ |

Nota. $D (\%) = [(\bar{x}ASTM - \bar{x}ISO) / \bar{x}ISO] \times 100$. El comportamiento esperado para tejidos de calada de algodón es un valor negativo, atribuible a la mayor velocidad de ensayo de 300 mm/min bajo ASTM D5035-11:2019 frente a 100 mm/min bajo NTE INEN-ISO 13934-1:2014. Un valor positivo o cercano a cero requeriría revisión de las condiciones de ensayo ejecutadas

Conclusiones

Todos los grupos ASTM cumplieron el criterio $CV \leq 5\%$ para la fuerza máxima, lo que verifica la hipótesis H_1 de forma calificada para los registros de fuerza en los cuatro grupos evaluados.

Las diferencias Inter normativas D (%) oscilaron entre $-6,6\%$ y $-13,2\%$ en todos los grupos. Ese patrón sistemático confirma que la ASTM produce registros de fuerza menores que la ISO debido a la mayor velocidad de ensayo

El deslizamiento en mordaza de las probetas No.1 y No.2 del grupo Denim-Trama fue detectado por comparación de marcas de referencia, lo que evidencia la importancia de ese control antes y después de cada ensayo bajo ASTM D5035-11 (2019).

Los resultados son coherentes con la ASTM D5035-11 (2019), lo que confirma la correcta aplicación del procedimiento en el Laboratorio de Control de Calidad de la UNACH.

Recomendaciones

Trazar siempre las marcas de referencia en la zona de mordaza antes de cada ensayo ATM. La ausencia de ese control impide distinguir una rotura válida de un estudio de un resultado afectado por deslizamiento.

Si el CV de alargamiento supera el 5% y el CV de fuerza está dentro del criterio, verificar las marcas de mordaza antes de concluir que el método no es repetible.

Calcular siempre el D (%) respecto a los registros ISO del mismo grupo para verificar que la diferencia Inter normativa está dentro del rango esperado.

Referencias bibliográficas

ASTM D5035-11. (2019). Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). ASTM International.

ISO 5725-1. (2023). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. International Organization for Standardization.

NTE INEN-ISO 13934-1. (2014). Textiles Propiedades de los tejidos a la tracción Parte 1. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Ing. Carlos Burgos
Director de Carrera

Ing. Gabriela Serrano
Docente

Anexo 4

Equipo UTM HSW-UT-PC - vista frontal completa con etiqueta



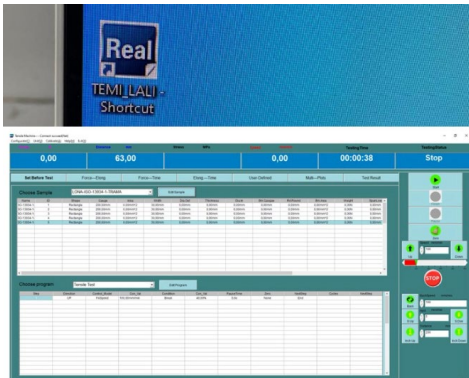
Anexo 5

Panel de control del equipo UTM (botones Jog, Power, E-Stop)



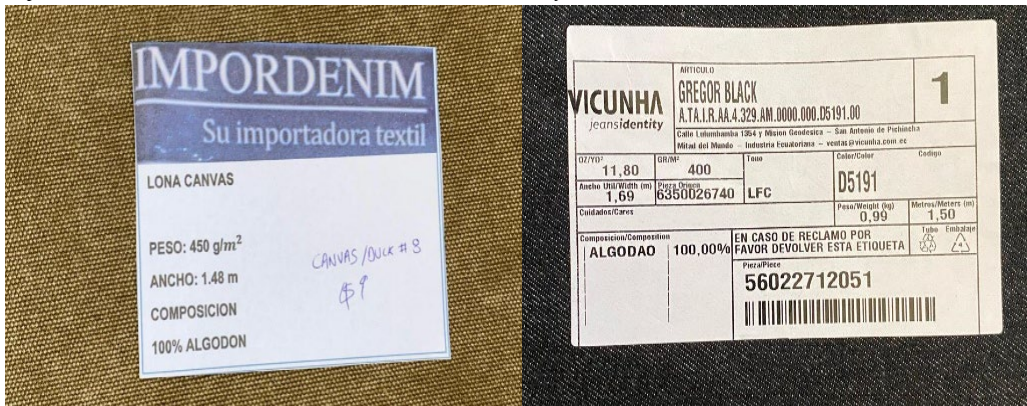
Anexo 6

Software TEMI abierto en pantalla - ventana principal



Anexo 7

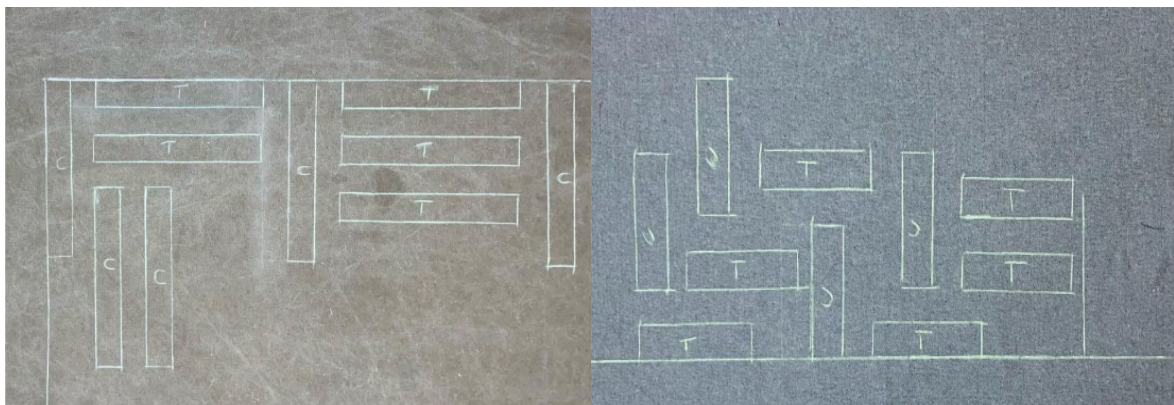
Información técnica de los materiales ensayados



Anexo 8

Marcación de probetas en los materiales de estudio

Anexo 9

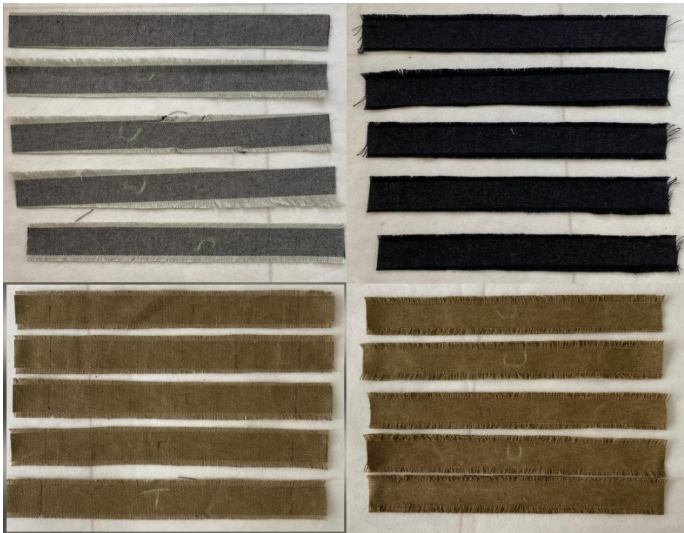


Probetas cortadas antes del deshilado ISO y ASTM



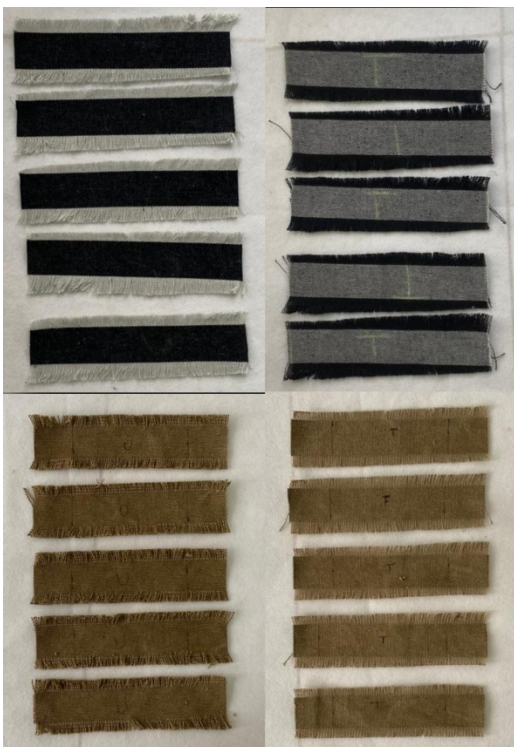
Anexo 10

Probetas deshiladas con ancho neto medido - ISO 30 mm



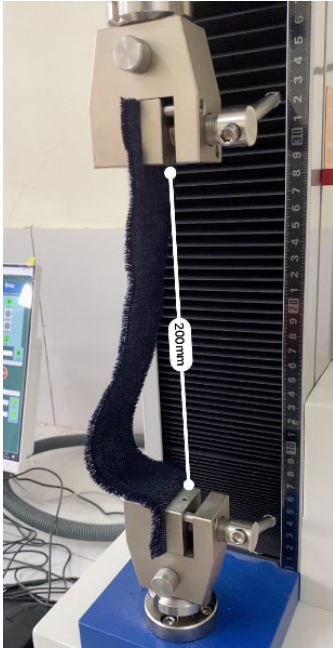
Anexo 11

Probetas deshiladas con ancho neto medido - ASTM 25 mm



Anexo 12

Montaje de probeta en mordazas - centrada y alineada bajo norma ISO



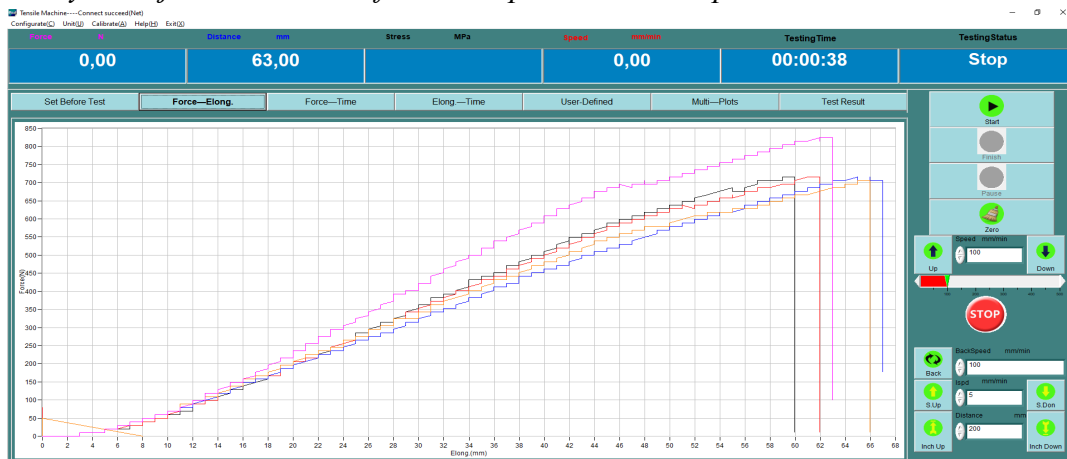
Anexo 13

Montaje de probeta en mordazas - centrada y alineada bajo norma ASTM



Anexo 14

Ensayo en ejecución - curva fuerza-desplazamiento en pantalla TEMI



Anexo 15

Estado final de las probetas tras el ensayo de tracción bajo norma ISO



Anexo 16

Estado final de las probetas tras el ensayo de tracción bajo norma ASTM



Anexo 17

Ficha técnica del fabricante

| VICUNHA | | FICHA TÉCNICA DE MATERIAL | | GREGOR BLACK | |
|---|--|----------------------------|--|---------------|-------------|
| jeansidentity | | Technical Data Sheet | | Código: D5191 | |
| 1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL | | | | | |
| Artículo | GREGOR BLACK | Origen | India / Ecuador | | |
| Referencia | A.TA.I.R.AA.4.329.AM.0000.000.D519 1.00 | Pieza | 56022712051 | | |
| Color / Código | D5191 — Negro (Black) | Tono | LFC | | |
| Proveedor | Vicunha Jeansidentity — ventas@vicunha.com.ec | Pieza Origen | 6350026740 | | |
| 2. CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN Y COMPOSICIÓN | | | | | |
| Parámetro | Valor | Parámetro | Valor | | |
| Composición | 100% Algodón (ALGODAO) | Construcción | Sarga 3x1 RHT (Denim) | | |
| Tintura | Índigo (Indigo) | Hilo Urdimbre | Ne 7/10 OE ± 2% | | |
| Ancho Total | 1,69 m (etiqueta) / 1,67 m (ficha) | Ancho Útil | 1,64 m (± 2%) | | |
| Densidad (Hilo/cm) | 69 Urdimbre / 46 Trama | Peso (sin lavar) | 11,80 oz/yd ² — 400 g/m ² | | |
| Encog. Urdimbre | 0 – 3 % | Encog. Trama | 0 – 3 % | | |
| Pierna Virada | 3 % | Uso Típico | Jeans, ropa de trabajo, denim pesado | | |
| 3. PROPIEDADES MECÁNICAS (Referencia NTE INEN-ISO 13934-1:2014 — Algodón 100% Lona/Denim, 300–600 g/m²) | | | | | |
| Propiedad | Dirección | Valor Referencia | Valor Ficha / Etiqueta | Norma | |
| Resistencia a la Tracción (Tensión) | Urdimbre | 500 – 1200 N | 736 N | ISO 13934-1 | |
| | Trama | 400 – 900 N | 380 N | ISO 13934-1 | |
| Resistencia al Deslizamiento | Urdimbre (DZ) | — | 199 N | ISO 13934-1 | |
| | Trama (DZ) | — | 199 N | ISO 13934-1 | |
| Resistencia al Desgarro (Rasgado) | Urdimbre | Rango denim pesado | 37,6 N | ISO 13937-2 | |
| | Trama | — | 18,3 N | ISO 13937-2 | |
| Alargamiento a Fmax | Urdimbre / Trama | 8 – 20 % | Dentro del rango ref. | | ISO 13934-1 |
| Gramaje | — | 300 – 600 g/m ² | 400 g/m ² (11,80 oz/yd ²) | ISO 3801 | |

* Valores de referencia para tejidos de calada (algodón 100% lona/denim, 300–600 g/m²) según NTE INEN-ISO 13934-1:2014, probeta 50 mm. Los valores reales (Ficha/Etiqueta) pueden diferir según condiciones de ensayo.

Anexo 18

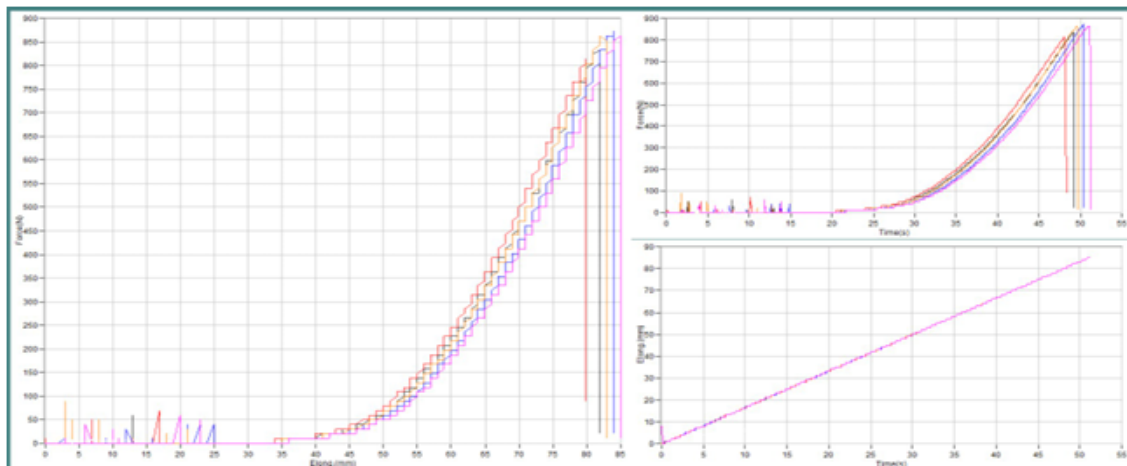
Reportes TEMI ensayos bajo norma ISO

XXX Technology CO. LTD

Test Report

| | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Name | DENIM-ISO-13934-1-URDIM | ID | 5 |
| Shape | Rectangle | GaugeLength | 200,00 (mm) |
| Area | 0,00 (mm ²) | Width | 30,00 (mm) |
| OuterDiameter | 0,00 (mm) | Thickness | 0,00 (mm) |
| InnerDiameter | 0,00 (mm) | GaugeLength@Break | 0,00 (mm) |
| CornerRadius | 0,00 (mm) | Area@Break | 0,00 (mm ²) |
| Weight | 0,00 (N) | UnderSpan | 0,00 (mm) |
| OnSpan | 0,00 (mm) | Length | 280,00 (mm) |
| WallThickness | 0,00 (mm) | Wires | 0,00 |
| TestSpeed | 100,00 (mm/min) | TestName | Max Force Test |
| TestDate | 2026/04/08 | TestTime | 15:35:45 |
| TestingTime | 51,0 (s) | MaxForceLowLimit | (N) |
| Max elongation rateLowLimit | (%) | MaxForceLowLimit | 0,00 (N) |
| Elong. @ MaxForceLowLim | 0,00 (mm) | | |

Plot:Multi-Graph



Test Result as follow

| | MaxForce (N) | Elong. @ MaxForce (mm) |
|-------|--------------|------------------------|
| No. 1 | 833,00 | 82,00 |
| No. 2 | 803,60 | 80,00 |
| No. 3 | 862,40 | 84,00 |
| No. 4 | 852,60 | 82,00 |
| No. 5 | 852,60 | 85,00 |

Anexo 19

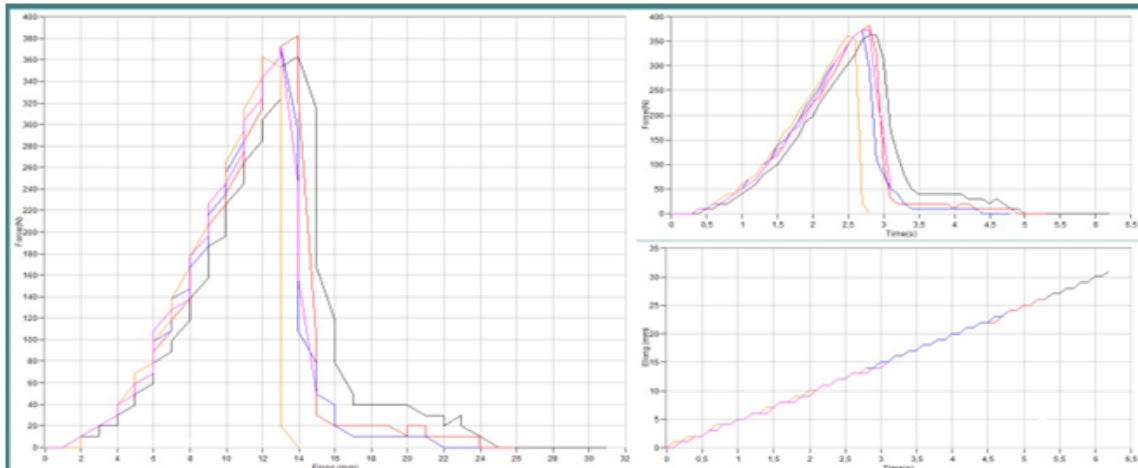
Reportes TEMI ensayos bajo norma ASTM

XXX Technology CO. LTD

Test Report

| | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Name | DENIM-ASTM-D5035-TRA | ID | 5 |
| Shape | Rectangle | GaugeLength | 75.00 (mm) |
| Area | 0.00 (mm ²) | Width | 25.00 (mm) |
| OuterDiameter | 0.00 (mm) | Thickness | 0.00 (mm) |
| InnerDiameter | 0.00 (mm) | GaugeLength*Break | 0.00 (mm) |
| CornerRadius | 0.00 (mm) | Area*Break | 0.00 (mm ²) |
| Weight | 0.00 (N) | UnderSpan | 0.00 (mm) |
| OnSpan | 0.00 (mm) | Length | 150.00 (mm) |
| WallThickness | 0.00 (mm) | Wires | 0,00 |
| TestSpeed | 300.00 (mm/min) | TestName | Tensile Test |
| TestDate | 2026/04/08 | TestTime | 16:08:55 |
| TestingTime | 3.0 (s) | MaxForceUpLimit | 0.00 (N) |
| Elong. * MaxForceUpLimit | 0.00 (mm) | MaxForceLowLimit | 0.00 (N) |
| Elong. * MaxForceLowLimit | 0.00 (mm) | | |

Plot:Multi-Graph



Test Result as follow

| | MaxForce(N) | Max elongation rate (%) |
|-------|-------------|-------------------------|
| No. 1 | 352,80 | 41,33 |
| No. 2 | 372,40 | 34,67 |
| No. 3 | 362,60 | 32,00 |
| No. 4 | 352,80 | 18,67 |
| No. 5 | 362,60 | 20,00 |