

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

“Selección de materias primas para la confección de copas de sostenes para mujeres masectomizadas en Amoena de Costa Rica”

Práctica Dirigida para optar por el título de Ingeniero en Materiales con el grado académico de Bachiller

Marlon Gudiño Salas

Profesor Guía: MBA Ing José Ramírez Picado

Profesor Lector: Ing. Jeimmy González Masís

Asesor Industrial: Ing Diego Villegas Córdoba

Cartago. Noviembre, 2016

Escuela Acreditada por el Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)



engineerscanada

ACTA DE ENTREGA DEL INFORME FINAL DE LA PRÁCTICA DIRIGIDA

Se certifica que se ha recibido el Informe Final de la Práctica Dirigida, realizada por el estudiante Marlon Gudiño Salas, carné 201244343, la cual se titula: *Selección de materias primas para la confección de copas de sostenes para mujeres masetomizadas en Amoena de Costa Rica* y que se realizó en Amoena de Costa Rica en el segundo Semestre del 2016.

La Práctica Dirigida es un requisito académico del Programa de Bachiller en Ingeniería en Materiales de la Escuela de en Ciencia e Ingeniería en Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Este documento ha sido declarado:

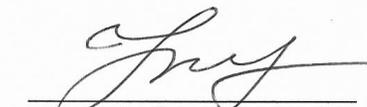
Públicos

Confidenciales


MBA José Ramírez Picado
Profesor Guía


Marlón Gudiño Salas
Estudiante


Ing. Jeimmy González Masís
Profesor Lector


Msc. Galina Pridybailo Chekán
Director Escuela de Ciencia e
Ingeniería de los Materiales

Cartago, 30 de noviembre del 2016

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Señores:

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Biblioteca José Figueres Ferrer

Yo, Marlon Gudiño Salas carné, 201244343, autorizo a la Biblioteca José Figueres del Instituto Tecnológico de Costa Rica disponer del Trabajo Final realizado por mi persona, con el título *Selección de materias primas para la confección de copas de sostenes para mujeres masectomizadas en Amoena de Costa Rica* para ser ubicado en el Repositorio institucional y Catálogo SIBITEC para ser accesado a través de la red Internet.



Marlon Gudiño Salas

Cédula 1 1597 0771

Índice General

Página

i.	Acta de Aprobación	ii
ii.	Carta de Entendimiento.....	iii
iii.	Índice.....	iv
iv.	Índice de Tablas	vi
v.	Índice de Figuras.....	viii
vi.	Resumen	1
I INTRODUCCIÓN		2
A Identificación de la empresa.....		2
B. Antecedentes históricos.....		4
C. Justificación del proyecto.....		7
D. Objetivos del proyecto.		9
E. Alcances y limitaciones.....		10
II. MARCO TEÓRICO.....		11
III. METODOLOGÍA DEL PROYECTO		35
IV. Resultados y su análisis.....		41
1. Inspección Visual.....		41
2. Pruebas de Combustión.....		47
3. Pruebas de Solubilidad.....		53
4. Microscopía Electrónica de Barrido.....		59
5. Pruebas de Lavado.....		68
6. Ensayos de Tensión.....		71
7. Pruebas de Decoloración por Fricción.....		92
8. Análisis Termogravimétrico y Calorimetría Diferencial de Barrido.....		96
9. Prueba de Decoloración por Agua Destilada.....		109
10. Prueba de Decoloración por Agua de Mar.....		114
11. Pruebas de Decoloración por Transpiración Ácida.....		116
12. Prueba de Resistencia a la formación de pilling.....		118
13. Gramaje.....		123
14. Comparación final de las telas.....		127
V. CONCLUSIONES		132
VI. RECOMENDACIONES.....		133

VII. BIBLIOGRAFÍA	134
VIII. APÉNDICES Y ANEXOS	135
Anexo 1. Prueba de inspección visual.....	136
Anexo 2. Pruebas de combustión.....	138
Anexo 3. Pruebas de solubilidad.....	140
Anexo 4. Pruebas de lavado.....	141
Anexo 5 Pruebas de resistencia a la formación de pilling.....	142
Anexo 6. Reporte de la inspección visual de una tela de Darlington color coñac.....	143
Anexo 7. Reporte de la inspección visual de una tela de Darlington color negro.....	144
Anexo 8. Reporte de la inspección visual de una tela de Taubert color coñac.....	146
Anexo 9. Reporte de la inspección visual de una tela de Taubert color negro.....	147
Anexo 10. Muestras de tela Taubert.....	148
Anexo 11. Muestras de tela Darlington.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.	Descripción	Página
1....	Periodo mínimo de acondicionamiento para diferentes fibras.....	36
2....	Absorbancia de agua de distintas fibras.....	36
3....	Resultados de las pruebas de combustión a diferentes telas.....	51
4....	Continuación de los resultados de las pruebas a combustión a diferentes telas.....	52
5....	Masa de las muestras de Darlington antes y después de las pruebas de solubilidad.....	53
6....	Masa de las muestras de Taubert antes y después de las pruebas de solubilidad.....	54
7....	Composición de los tejidos según las pruebas de solubilidad en ácido sulfúrico.....	54
8....	Composición de los tejidos según las pruebas de solubilidad en ácido clorhídrico.....	55
9....	Mediciones dimensionales después del lavado realizadas a las muestras de 10 pulgadas de la Taubert de distintos colores.....	75
10...	Resumen de los resultados de las pruebas de cambio de dimensiones debido al lavado.....	76
11...	Decoloración por fricción seca promedio de diferentes telas.....	93
12...	Decoloración por fricción húmeda promedio de diferentes telas.....	94
13...	Calor específico de las muestras y de algunas sustancias a temperatura ambiente.....	101
14...	Temperaturas de transición observadas en las curvas de DSC de las diferentes muestras.....	102
15...	Composición de la tela de Taubert color negro determinada a través de TGA.....	104
16...	Composición de la tela de Taubert color coñac determinada a través de TGA.....	105
17...	Composición de la tela de Darlington color negro determinada a través de TGA.....	106

Tabla No.	Descripción	Página
18...	Composición de la tela de Darlington color coñac determinada a través de TGA.....	107
19...	Composición de las telas determinada a través de TGA ignorando la presencia de pigmentos y agua.....	108
20...	Resultados de la prueba de decoloración por agua destilada.....	111
21...	Resultados de la prueba de decoloración por agua de mar.....	114
22...	Resultados de la prueba de decoloración por transpiración ácida.....	116
23...	Resistencia al pilling de las muestras de diferentes tipos de tela.....	120
24...	Conclusiones de las pruebas de resistencia a la formación de pilling..	122
25...	Masa de las muestras de la tela Darlington.....	123
26...	Masa de las muestras de la tela Taubert.....	123
27...	Comparación ponderada de proveedores en las propiedades más relevantes.....	128
28...	Sistema de puntaje de los defectos visuales según su tamaño.....	136
29...	Puntos adicionales otorgados a un defecto según su naturaleza.....	137
30...	Comportamiento de algunas fibras ante la combustión.....	139
31...	Método de cuantificación química para cada fibra.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	Descripción	Página
1.....	Partes básicas de un brassiere convencional.....	12
2.....	Ficha Técnica de la tela Taubert 4WF.....	14
3.....	Estructura química del elastano.....	16
4.....	Estructura molecular de los tipos de nylon más comunes.....	17
5.....	Estructura molecular de algunas aramidas.....	19
6.....	Ilustración de wales (arriba) y courses.....	21
7.....	Ficha Técnica de la tela Darlington 96420.....	22
8.....	Brassiere confeccionado con una tela defectuosa.....	41
9.	Apariencia óptima de las telas de Darlington (izquierda) y Taubert (derecha) en color coñac	42
10.	Rasgadura de 4 puntos encontrada en una bobina de tela negra del proveedor Darlington.....	43
11.	Verificación del ancho de una bobina de tela Taubert color coñac.....	43
12.	Hueco de 1 punto encontrado en una bobina de tela Darlington color blanco.....	44
13.	Puntos de colores distintos encontrados en una bobina de tela Darlington color blanco.....	44
14.	Puntos de color rojo encontrados en una bobina de tela Darlington color blanco.....	45
15.	Punto de color amarillo encontrado en una bobina de tela Taubert color blanco.....	45
16.	Puntos de color rojo encontrados en una bobina de tela Taubert color blanco.....	46
17.	Muestras de tela Darlington (izquierda) y Taubert (derecha) color coñac antes de entrar en contacto con la llama.....	47
18.	Muestra de tela Darlington color negra antes de entrar en contacto con la llama.....	48
19.	Muestras de tela Darlington (derecha) y Taubert (izquierda) color negro luego de retirar la llama.....	49
20.	Muestras de tela Darlington (derecha) y Taubert (izquierda) color negro luego de retirar la llama.....	49

FIGURA No.	Descripción	Página
21.	Ceniza generada por las pruebas de combustión de las muestras de ambos proveedores de color negro.....	50
22.	Muestras de la tela Taubert en una disolución de ácido sulfúrico al 70% después de 2 horas.....	56
23.	Muestras de tela Darlington en una disolución de ácido clorhídrico al 20% después de 1 hora.....	57
24.	Muestras de tela Darlington en una disolución de ácido clorhídrico al 20% después de 2 horas.....	58
25.	Disposición de hilos supuestamente individuales dentro del porta-muestras del microscopio electrónico de barrido.....	59
26.	Micrografía a baja magnificación (250x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert.....	60
27.	Micrografías a media magnificación (500x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert.....	61
28.	Micrografía a altas magnificaciones (1000 y 1500x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert	61
29.....	Micrografía de baja magnificación (250x) de un conjunto de fibras de Nylon.....	62
30.	Micrografías de alta magnificación (1500 y 1800x) de un conjunto de fibras de Nylon.....	62
31.	Micrografía de baja magnificación (100x) de un tejido de Darlington....	63
32.	Apariencia de un tejido de Darlington.....	63
33.	Micrografías de alta magnificación (1000x) de partes de un tejido de Darlington.....	64
34.	Micrografía de una tela de Darlington destejida parcialmente en la parte superior.....	65
35.	Apariencia de una tela de Taubert.....	66
36.	Micrografía de baja magnificación (150x) de un tejido de Taubert.....	66
37.	Micrografía de media magnificación (500x) de un tejido de Taubert....	67
38.	Curva del tercer ciclo de tensión vs elongación de las muestras del proveedor Taubert color coñac.....	71
39.	Prueba de Normalidad Anderson Darling para la elongación a los 10 N de las muestras de tela Darlington color coñac cortadas paralelamente a su largo.....	73

FIGURA No.	Descripción	Página
40.	Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	75
41.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	76
42.	Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	77
43.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	77
44.	Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	78
45.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	79
46.	Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.	80
47.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.	80
48.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.	81
49.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.	82
50.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.	83
51.	Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.	84
52.	Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), coñac (Tc) y Taubert negro (Tn).	85

FIGURA No.	Descripción	Página
53.	Gráfico de diferencias de Tuckey para la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn).....	86
54.	Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al ancho de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn).....	87
55.	Gráfico de diferencias de Tuckey para la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al ancho de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn).....	89
56.	Curvas de tensión-elongación para las probetas diferentes telas con el esfuerzo siendo aplicado de manera paralela al largo de las muestras.....	90
57.	Curvas de tensión-elongación para las probetas diferentes telas con el esfuerzo siendo aplicado de manera paralela al ancho de las muestras.....	91
58.	Equipo para la determinación de la decoloración por fricción.....	92
59.	Escalas de grises de la AATCC.....	93
60.	Coloración adquirida por la multifibra en la prueba de decoloración por fricción seca de la probeta Taubert color negra (izquierda) y la multifibra previo a la prueba (derecha).....	95
61.	Coloración adquirida por la multifibra en la prueba de decoloración por fricción húmeda de la probeta Taubert color negra (izquierda) y la multifibra previo a la prueba (derecha).....	95
62.	Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Taubert color negro.....	97
63.	Puntos de fusión (izquierda) y cristalización (derecha) para diferentes mezclas de Nylon 6 y Nylon 6,6.....	98
64.	Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Taubert color coñac.....	99
65.	Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Darlington color negro.....	100
66.	Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Darlington color coñac.....	100

FIGURA No.	Descripción	Página
67.	Curva termogravimétrica de una muestra de tela Taubert color negro.....	103
68.	Curva termogravimétrica de una muestra de tela Taubert color coñac.....	105
69.	Curva termogravimétrica de una muestra de tela Darlington color negro.....	106
70.	Curva termogravimétrica de una muestra de tela Darlington color coñac.....	107
71.	Multifibra utilizada para las pruebas de decoloración y sus componentes.....	110
72.	Muestras de Taubert color coñac (izquierda) y negro (derecha) después de las pruebas de decoloración por agua destilada alrededor de la multifibra inalterada.....	111
73.	Gráficos de barra para la decoloración por agua destilada en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F).....	112
74.	Gráficos de barra para la decoloración por agua de mar en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F).....	115
75.	Gráficos de barra para la decoloración por transpiración ácida en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F).....	117
76.	Ejemplo de un caso de pilling muy severo (izquierda) y su identificación correspondiente según la norma ASTM D 3512 (derecha).....	118
77.	Pilling sufrido por las muestras de la tela de Taubert Brothers debido a la prueba ejecutada durante 30 minutos.....	119
78.	Pilling sufrido por las muestras de la tela de Darlington debido a la prueba ejecutada durante 30 minutos.....	119
79.	Resistencia promedio al pilling de diferentes telas tras la ampliación de la prueba.....	121
80.	Gráfica de valores individuales para las masas de las probetas de distintos tipos de tela.....	125
81.	Pruebas de diferencias de Tuckey para las masas de las probetas de Darlington y Tabuert colores negro y coñac.....	126
82.....	Equipo utilizado en la prueba de pilling.....	142

RESUMEN

El presente trabajo fue elaborado en la sucursal de Costa Rica de la empresa Amoena y con colaboración del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Éste consistió en un estudio de la viabilidad de efectuar un cambio de proveedor de la tela para copas de sostén de esta compañía. Para esto, se definió una serie de parámetros que se consideró como clave para el desempeño de las telas ya sea durante su uso final o durante su proceso de producción. Luego, se realizó ensayos de diferentes tipos con el fin de evaluar estas propiedades y se determinó que el material suministrado por el proveedor nuevo, la compañía Darlington S.A, supera desde el punto de vista de propiedades al surtido por la empresa Taubert Brothers que era el proveedor antiguo. Por lo tanto, se confirmó la viabilidad y conveniencia de efectivamente realizar el cambio de proveedores, al menos desde el punto de vista de propiedades de la materia prima en este momento.

ABSTRACT

The execution of this research was performed at the Costa Rican location of Amoena. It was developed with the collaboration of Instituto Tecnológico de Costa Rica and had, as its main goal, the determination of whether a change of supplier was achievable and convenient for the company or not. The materials under study were cloths utilized in the production of brassieres' cups. The initial course of action was to generate a list of the properties with the greatest effect on the fabrics' performances during their processing as well as during their end use as bra cups. These properties were evaluated by multiple techniques and the comparison of the results clearly show that it is possible to go ahead with the change of supplier. The fact is that the new supplier, a company named Darlington Fabrics, provides cloths with a better mixture of properties than that of the old suppliers' cloths (Taubert Brothers). With all other things being equal, this chance may increase Amoena's revenue and its products quality.

INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta brevemente a la empresa que hizo posible la realización de este proyecto; así como su misión, visión y sus principales valores y filosofías de trabajo. De la misma manera, se expone los antecedentes históricos de la producción y diseño de sostenes y de su relación con el tratamiento del cáncer de seno. Todo esto para concluir en una motivación donde se busca resaltar la importancia de esta investigación.

Identificación de la empresa

Amoena S.A es una compañía internacional de origen alemán que se desarrolla en el mercado de la salud de la mujer. Desde 1975, la compañía eligió como principal campo de acción al cuidado de las mujeres con cáncer de seno ya sea durante la enfermedad como después de sufrirla. En la actualidad, Amoena cuenta con cientos de productos patentados en el mercado que varían desde implantes de seno hasta trajes de baño o ropa para dormir.

Cada producto de Amoena se produce de manera exclusiva en una de sus plantas. La sucursal de Costa Rica, ubicada en la Zona Industrial Metro de Barreal de Heredia, se dedica a la producción de ropa íntima para mujeres masectomizadas. La sucursal cuenta con 417 trabajadores que se encargan de ejecutar y controlar los procesos de llevar a las telas de su estado de compra en bobinas a sostenes de diferentes estilos y tallas. A continuación, se presenta la información proporcionada por la compañía como misión y visión.

La misión de Amoena se redefinió en el 2014 como ser una empresa comprometida en satisfacer las necesidades de sus clientes, siendo flexible y haciendo un producto de excelente calidad, rentable, con entregas a tiempo, en un ambiente laboral armónico y seguro.

La visión de la sucursal de Costa Rica es ser el principal proveedor textil de la Corporación Amoena. Los valores principales que la empresa busca representar y considera como indispensables son: el compromiso, la lealtad, la honradez, la responsabilidad, el respeto, integridad y la ética

Amoena busca brindar una mejor calidad de vida para todas las mujeres después de la mastectomía. Desea satisfacer su necesidad de feminidad, de recuperar una imagen positiva de su cuerpo y de renovar su autoestima y su confianza.

Al estar cerca de las mujeres, los clientes y otros profesionales de la salud, dicen desarrollar, producir y proporcionar productos y servicios innovadores para el cuidado de la mama que son de la mayor calidad y diseño.

Con empatía, responsabilidad y relaciones duraderas con sus clientes, la empresa aspira a ganarse la lealtad de sus clientes. Por todo el mundo, la empresa desea fortalecer su liderazgo y desarrollar al máximo la marca Amoena.

Amoena Costa Rica busca atraer y alentar a las personas que son activas, comprometidas y sienten la pasión de este negocio.

Amoena respeta las diferencias culturales y responde de manera proactiva a las distintas responsabilidades éticas, medio-ambientales y sociales.

Mediante la mejora constante de las capacidades, se logra un crecimiento sostenible y se genera un valor añadido para todas las personas implicadas en Amoena.

Antecedentes históricos

Las principales funciones del sostén moderno son proporcionar forma, soporte y separación al busto mientras que se imparte un ajuste cómodo y una apariencia agradable. A lo largo de la historia, sin embargo, esto no siempre ha sido así. De trasladarse al año 2500 antes de Cristo, por ejemplo, se podría observar cómo las mujeres de la Creta minoica portaban unos sujetadores que levantaban los pechos desnudos sobreponiéndolos al resto del vestuario (Basavilvazo, 2016).

En el mundo clásico (450 A.C. al 285 D.C), por otro lado, que fue un periodo de orientación muy masculina, las mujeres griegas y romanas se ceñían el busto con una faja para reducir su volumen. Esta moda la reintroducirían siglos más tarde los padres de la Iglesia Católica. De hecho, se dice que, desde su aparición en Grecia hace 4500 años, el sujetador y el corsé han sido las prendas principales con las que los hombres han intentado remodelar a las mujeres a su gusto pues su desarrollo ha sido llevado a cabo principalmente por hombres sin tomar en cuenta las necesidades de las mujeres sino para satisfacer un estándar de belleza

Ya en 1550, fue Catherine de Medicis, primera suegra de la famosa María Estuardo, quien introdujo las tallas ajustadas y los pechos oprimidos con sus corsés, unos artefactos diseñados para estrechar la cintura de las mujeres desde 12 hasta 32 centímetros y levantar el busto. Esto las convertía en una de las prendas más incómodas que ha vestido el ser humano. De Medicis incluso puso en vigor una prohibición a las mujeres de cinturas anchas para asistir a la Corte Real de Francia en ese mismo año. Por esta razón, la mayoría de las mujeres de la clase alta francesa comenzaron a vestir prendas que modificaran o, al menos, contuvieran su Figura mientras se presentaban en público. A los diplomáticos masculinos que visitaban la Corte francesa, les empezó a gustar la silueta de las mujeres que encontraban durante sus visitas a este país. Tanto fue así que se dio un auge de exportación de mujeres nobles francesas para contraer matrimonio con hombres importantes de todas partes del mundo. (Baugh, 2010)

El matrimonio era, en ese entonces, la principal vía de movilidad social con la que contaba una mujer. Y, por lo tanto, las mujeres del resto de Europa tuvieron que adaptarse y adoptar las tendencias francesas para no quedarse atrás y exponerse a no conseguir marido. Así, iniciaron más de 350 años de lo que debió ser una tortura para la mayoría de mujeres. Durante esta época, se llegó a inventar artefactos para aumentar el tamaño de aquellos pechos que fueran considerados inapropiados o insuficientes. El “perfeccionador del busto”, como de manera eufemística se le conocía, estaba formado por unas almohadillas de lana que se acoplaban en un corsé de ballenas (Basavilvazo, 2016).

Posteriormente, en ese mismo siglo, las mujeres francesas pudieron proveerse de las primeras almohadillas de goma, llamadas “pechos de limón”, dada su forma

y tamaño. En esas décadas, los sostenes o sujetadores eran realmente ampliaciones de los corsés (Baugh, 2010).

En 1850, aparecieron las primeras patentes de piezas de vestir interior. Éstas eran tan ajustadas que ponían en peligro la salud de las mujeres que las vestían, ya que las costillas y los órganos interiores podían ser deformados. En 1873, Olivia P. Flynt creó el primer sostén en el que la comodidad de la mujer fue un criterio de diseño. La prenda sostenía ambos senos con una bolsa de tela apoyada con tirantes muy gruesos, los cuales se podían hacer más delgados y adornar con encajes y un acolchado para resaltar el busto. (Baugh, 2010)

En 1889, Herminie Cadolle inventó la sujeción por los hombros del sujetador, en vez de estrecharlos hacia arriba como hacía el corsé tradicional. Para ello, creó un dos piezas llamado "Bien-être" (bienestar), que se componía de una parte inferior de corsé y otra superior de dos pañuelos blancos con un trozo de cinta rosa que los sujetaba en el centro. Es éste el diseño básico del que se basan la mayoría de los sujetadores en la actualidad.

En 1907, el sujetador aparece mencionado por primera vez en la revista "Vogue." Cinco años más tarde, en 1912, el diseñador Otto Titzling dijo haber diseñado un sujetador para la cantante Swanhilda Olafsen. Titzling, sin embargo, no patentó su diseño, por lo cual perdió la oportunidad de figurar como el creador del sujetador moderno. Este honor lo obtuvo Mary Phelps Jacobs quien, en 1913, diseñó un sujetador que poco a poco desplazó al corsé (Stampler, 2014).

En noviembre del año 1914, se le otorgó una patente para el sujetador sin espalda y ayudada por un grupo de amigas, Mary Jacobs diseñó manualmente varios centenares de sujetadores. Pero sin el apropiado marketing, este negocio no fue sostenible. Mary Jacobs luego sería presentada a una diseñadora de la compañía Warner Brothers Corset Company de Bridgeport, Connecticut. Esta empresa le compró los derechos de patente por 1.500 dólares (Stampler, 2014).

El uso del sostén se vio ampliamente fomentado por la Primera Guerra Mundial en los Estados Unidos, pues en ese país se pidió a las mujeres que no usaran corsés en 1917 con el fin de ahorrar metal. El ahorro, en total, fue de 28.000 toneladas de metal, con los cuales se podía fabricar dos buques de guerra.

El siguiente avance en el diseño de los sostenes ocurrió en los años veinte cuando se empezó a utilizar telas más elásticas y estas prendas adquirieron mucha popularidad, ya que se les vio como un símbolo de libertad que representaba a la nueva mujer. En esa misma época, surgió la moda "flapper", que requería en las mujeres un pecho plano y un aspecto más masculino (Baugh, 2010). No obstante, la diseñadora rusa Ida Rosenthal cambió esa tendencia al difundir unos sujetadores que realizaban el busto.

Rosenthal separó a las mujeres americanas en categorías según el tamaño del busto, y creó una línea de sujetadores que realzaban la Figura femenina, sin importar su edad. Además, introdujo las diferentes tallas de sujetadores por tallas en las copas: A, B, C y D.

Posterior a esto, en los años treinta, se inventó los sujetadores desprovistos de tirantes. Entre 1941 y 1945, aparecieron los primeros sujetadores de fibras sintética y, en 1959, se introdujo la lycra (elastano) como material popular para los sostenes. (Ahora Noticias, 2014).

Justificación del proyecto

Diferentes tipos de cáncer, en los que el proceso de división celular ocurre anormalmente y da pie a la formación y propagación de tumores malignos, constituyen, en conjunto, un área de estudio e investigación inmensa y de incesante crecimiento pues esta enfermedad es uno de los mayores males que enfrenta la humanidad. De ellos, el cáncer de seno se resalta como uno de los de mayor incidencia. En el 2008, por poner un ejemplo, se detectaron un total de 1,67 millones de casos a nivel mundial; lo que significa que más de 3 personas recibieron la noticia de que sufrían de esta enfermedad cada minuto. En muchos de los casos, la cura de esta enfermedad es inalcanzable y el personal médico se limita a realizar un tratamiento que permita a la persona convivir con la enfermedad lo mejor posible. En otros, sin embargo, y según el grado de propagación del tumor en el momento de detección, es posible detener esta propagación removiendo las zonas afectadas por esta enfermedad. Es frecuente, entonces, que miles de mujeres alrededor del mundo sean amputadas de uno de sus senos todos los meses (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, 2014).

Más allá de la vanidad y aspiración a la normalidad de las mujeres operadas, el tener un seno de menos irrumpe contra los conceptos de simetría bajo los cuales el cuerpo humano, así como la mayoría de naturaleza, está diseñado para funcionar. La distribución del peso de una mujer debe ser aproximadamente simétrica respecto al centro de su frente. De lo contrario, estudios han demostrado que ésta podría sufrir de problemas óseos y musculares que se desarrollan crónicamente. Es por esto, entre otras razones, que la reconstrucción o sustitución del seno extraído se vuelve bastante importante y beneficiosa. No a todas las mujeres, sin embargo, se les puede efectuar una reconstrucción quirúrgica libre de riesgos e implicaciones perjudiciales para ella. Cuando esto ocurre, es necesario que el implante sea externo al paciente y una diferente clase de sostén debe ser diseñada.

El diseño de estos sostenes debe satisfacer cierto número de requisitos que garanticen su nivel de utilidad y la satisfacción del usuario. Éstos están dados, principalmente, por los materiales con los que se les fabrica y el proceso de manufactura a través del que se confecciona el sostén. De esta manera, resultan esenciales el estudio, desarrollo, innovación y control de los materiales, en su mayoría telas y elásticos, en la producción de estas piezas; así como lo hace el análisis de la respuesta de estos materiales a cada operación que se les realice. Un cambio pequeño en alguna característica de entrada de una tela o de los parámetros de algún proceso puede generar variaciones significativas en el desempeño del producto y, por tanto, variar la eficacia de su funcionalidad.

La empresa Amoena desea evaluar la posibilidad de cambiar o dar más peso a ciertos proveedores de tela y de tirantes para disminuir sus costos. Sin embargo, esto no puede ser llevado a cabo si viene de la mano de un decremento del desempeño de la materia prima y, por tanto, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. De ahí que, surja la necesidad de realizar cierta comparación funcional y estadísticamente significativa que permita establecer si un proveedor es mejor que otro o son equivalentes, más allá de los que establezcan en las especificaciones de sus productos. Para esto, se estudiará y seleccionará las características de mayor interés que deben tener la tela y los tirantes para facilitar su uso y ser confeccionados. Una vez seleccionadas estas características, se tomará muestras aleatorias y representativas y se les realizará pruebas para medir su desempeño en cada funcionalidad. Es posible, sin embargo, que no exista alguna manera de medir una característica directamente, por esta razón, se estudiará las propiedades químicas y estructurales que son responsables de cada característica a nivel molecular. De esta manera, se podría efectuar pruebas básicas de caracterización de materiales en cuanto a composición química, peso molecular y cristalinidad, por ejemplo, para, a partir de sus resultados, inferir con una base científica si existe variación entre las características macroscópicas.

Objetivos del proyecto

Objetivo General

- Comparar el material recibido de dos proveedores diferentes de tela con el fin de determinar cuál sería la mejor compra para su uso en la confección de copas de sostenes de la compañía Amoena.

Objetivos Específicos.

- Desarrollar el procedimiento de control de calidad utilizado para evaluar y comparar la viabilidad de utilización de la materia prima recibida en el proceso de producción de sostenes para mujeres con uno u ambos senos amputados.
- Observar las diferencias en las propiedades de telas Darlington estilo 4WF y Taubert Brothers estilo 690420 según su tonalidad y las implicaciones que éstas tienen en su uso en la producción de copas para sostenes.
- Verificar el cumplimiento de los procesos de inspección establecidos dentro de la empresa y generar documentación en las políticas que no se tenga o en las que se sugiera implementar, en caso de que sea necesario.

Alcances y limitaciones

Con el presente proyecto se pretende observar las diferencias en las propiedades de tejidos de diferentes proveedores y analizar su efecto sobre el desempeño de telas tanto durante su uso final como dentro del proceso de confección que las lleva a esa aplicación. Además, se tiene como objetivo analizar la estabilidad de estas propiedades y la capacidad de los proveedores de mantenerlas bajo control. Todo esto se hace con el fin de seleccionar el mejor proveedor entre los dos analizados o establecer una equivalencia entre ellos.

Para esto, la primera limitante con la que se cuenta es el tiempo del que se dispone para realizar los análisis. Existe una gran cantidad de propiedades que podrían darle ventaja a una tela con respecto a la otra durante su uso. Evaluar todas ellas resultaría imposible en los seis meses dedicados a este estudio. Algunas de ellas, además, resultarían poco prácticas. Por esta razón, se tendrá que hacer una selección de las propiedades más importantes a analizar y se trabajará solamente sobre ellas.

Los resultados obtenidos con las pruebas, de cualquier manera, podrían no ser representativos de la producción usual de los proveedores. Esto se debe a que, para realizar la mayoría de las pruebas, solamente se extrajo muestras de los lotes que las empresas proveedores enviaron a Amoena durante los primeros meses del proyecto. La compañía de Darlington, por ejemplo, está iniciando su relación con Amoena. Por lo tanto, existe la posibilidad de que envíe piezas de mayor calidad para ganarse la confianza de su cliente al inicio o de que, por el contrario, sus primeras entregas no sean de la misma calidad porque le tome cierto tiempo adaptarse a los requerimientos de Amoena. Los resultados de este informe podrían solamente representar la situación actual de los proveedores y no ser suficiente para establecer su comportamiento a lo largo del tiempo.

Se intentará realizar un muestreo que permite obtener conclusiones estadísticamente significativas en cada una de las pruebas. Sin embargo, en algunas de ellas el tiempo y la falta de disponibilidad de los equipos pueden limitar el número de pruebas que se sea capaz de realizar y, por lo tanto, el nivel de significancia estadística de los resultados. En los análisis termogravimétricos, por ejemplo, se pidió que se utilizara tasas de calentamiento de 5 Kelvin por minuto con el fin de obtener una buena resolución y separación entre los fenómenos presentes. No obstante, por razones que se desconoce pero que pueden estar relacionadas con la ocupación del equipo o la falta de disposición del mismo para ser utilizado en este proyecto, se recibió resultados confeccionados con una tasa de calentamiento dos veces más rápida. Esto disminuye la cantidad de información que pudo ser extraída y, por tanto, la calidad del análisis.

Marco Teórico

La confección de sostenes para mujeres masectomizadas es similar a la producción de sostenes de uso común. El proceso inicia con las telas y encajes dispuestos en bobinas que es la manera en la que la materia prima llega a la compañía. De ser necesario, las telas ahora reciben tratamientos de laminado para mejorar sus propiedades mecánicas. El laminado consiste en unir dos o más capas de la misma tela a través de la aplicación de un aglutinante y cierta cantidad de calor entre ellas. Tras el laminado, se utiliza una máquina de corte automatizado para cortar a la bobina estirada en las formas referentes a cada parte del sostén. Esta máquina recibe como entrada los planos de las piezas y la manera en la que se distribuyen en la bobina y, de manera automática, realiza el corte con cuchillas rotatorias que aplican pequeñas cantidades de agua como refrigerante.

A continuación, se describe las principales partes del sostén. En estilos particulares, sin embargo, puede haber piezas adicionales o diferentes a las que aquí se muestra según los criterios de su diseño (Baugh, 2010).

En la Figura 1, se muestra un diseño básico de brassiere con el fin de mostrar la ubicación de cada una de sus partes y la manera en la que están ensambladas. Las copas son la parte del brassiere en las que se disponen los senos. Usualmente son redondas. La mayoría de los sostenes cuentan con una copa para cada seno, con excepción de los brassieres deportivos, en los que existe un solo espacio para ambos senos. Las copas pueden proveer cobertura total, media o de menor cantidad a los senos según sea deseado. Las copas deben rodear al seno y yacer planas sobre su piel. Las copas nunca deben enterrarse sobre alguna sección de la piel, especialmente si ésta es un tejido sensible como en el caso de los senos de las mujeres y aún más de las mujeres masectomizadas. Tampoco es permisible que las copas se doblen o arruguen para crear un espacio vacío en esa zona ya que las copas además deben funcionar como barrera térmica para la mujer. Finalmente, es deseable que el inicio y final de las copas sea indivisible a través de la ropa (Textile Learner, 2012).

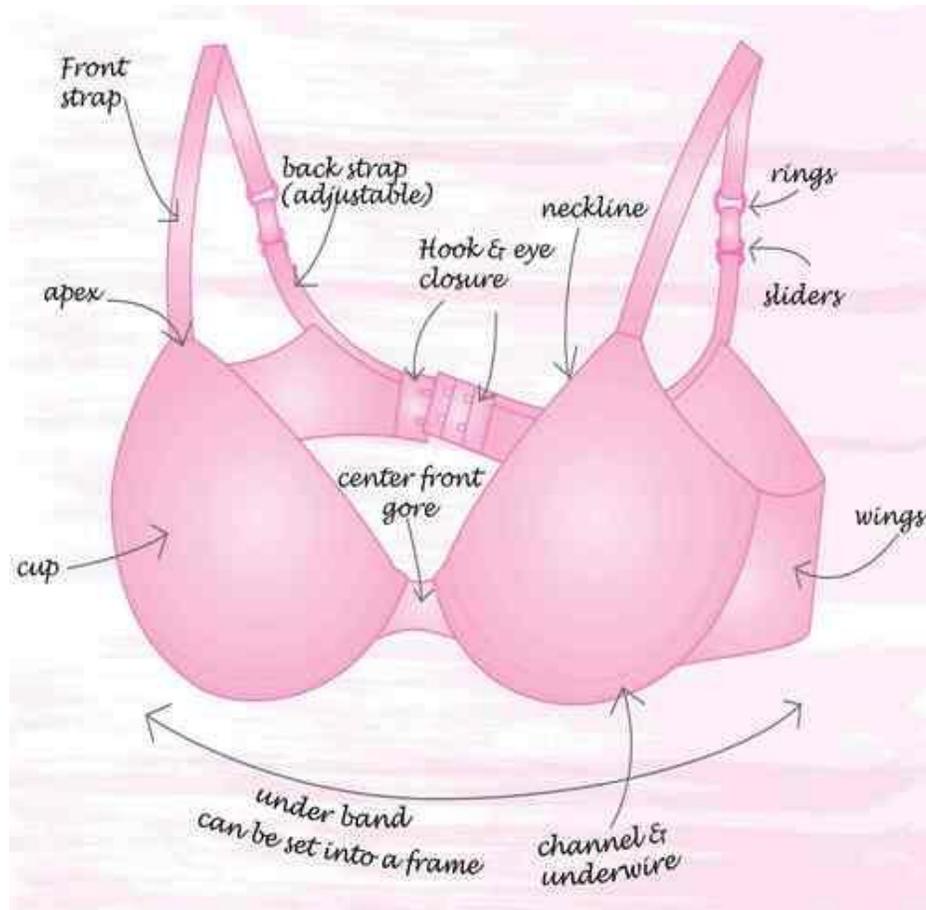


Figura 1. Partes básicas de un brassiere convencional (referirse al texto para su explicación) (Textile Learner, 2012).

La banda, por otro lado, es la parte del brassiere que sostiene a la prenda al cuerpo de su usuario. Ésta debe quedar ajustado de manera que pueda soportar la masa de los senos. Una banda demasiado grande resultará en un sostén que no se mantenga en su lugar por lo que la mujer tendrá que estarlo ajustando constantemente mientras que uno muy pequeño lastimará a la mujer. La banda debe estar al mismo nivel del frente del brassiere y ser paralela al suelo. La banda debe ser lo suficientemente elástica como para que se pueda introducir un puño entre el cuerpo y el sostén mas no debe poder ser estirado más que eso (Fredercik International S.A de C.V, 2009).

La banda está compuesta por las alas y el peto. Las alas son la parte de la banda que se extiende desde el sector inferior de las copas hasta el cierre de la banda mientras que el peto es la parte ocupada entre copa y copa. La altura de las alas puede ser un problema en el caso de que los senos de la mujer estén en una sección elevada de su pecho debido a que podrían lastimar las axilas. El peto, por otro lado, puede ser muy incómodo de vestir si es muy alto y el espacio entre los senos es muy pequeño, lo cual puede ocurrir según el tipo de pecho de la mujer, sin embargo, en mujeres masectomizadas esto es menos frecuente debido a que uno

de los senos usualmente no está. De esta manera se puede extender el peto para dar más consistencia al sostén (Forever yours lingerie, 2016).

La función principal de la banda es sostener el peso de los senos. Por lo tanto, los tirantes de la espalda no deben sostener ningún peso. Si lo hace, podrían producir dolores de hombro o espalda en la mujer. La función de los tirantes es, en vez de eso, estabilizar el ajuste del bassiere sobre la mujer. La parte del sostén donde se conecta a los tirantes con las copas recibe el nombre de apéndice. Esta parte debe ser muy bien diseñada en su forma y tamaño para no dejar espacios vacíos que puedan causar cortes en las copas o en tejidos de la mujer (Textile Learner, 2012).

Partes con mayores requerimientos como las copas, luego son llevadas a un proceso de moldeo en el que se les da su forma final. En el moldeo de copas, se les aplica a las piezas planas cierta cantidad de presión con un molde tipo bala a la vez que se les calienta para darles la profundidad deseada de manera permanente. Las entradas de este proceso de moldeo son la presión aplicada, el tamaño del molde y la temperatura a la que se realiza la operación, así como el tiempo en el que se mantiene la carga sobre el material (Karthika, 2011).

El calor proporcionado tiene el objetivo de suavizar al material a ser moldeo y su selección depende básicamente de la identidad química de la tela pues ésta determina la estabilidad de sus propiedades mecánicas con los cambios de temperatura. El nylon, por ejemplo, es un material que sufre de muy poco reblandecimiento con el aumento de su temperatura. Además, es un mal conductor del calor, por lo que éste tiende a localizarse y podría llegar a causar la fundición de algunos segmentos antes de alcanzar la temperatura de moldeo apropiada. Por esta razón, se evita el uso de tejido que contengan nylon en la confección de las copas que van a ser moldeadas.

Otras entradas como la fuerza aplicada y el tiempo de sostenimiento dependen tanto de la forma y la talla que se desea crear como de las propiedades mecánicas de la tela. Una tela muy rígida requerirá que se utilice una mayor presión, pero un menor tiempo, que un material que sea más suave. Por lo tanto, es importante controlar las propiedades mecánicas de los insumos y tratar de mantenerlas tan homogéneas como sea posible. Usualmente, el establecimiento de los parámetros de moldeo no se realiza pieza tras pieza. Lo común es, por el contrario, introducir los parámetros al iniciar el turno y moldear tantas piezas como se pueda durante ese periodo. Esto puede generar diferencias dimensionales en las copas moldeadas pues los parámetros de moldeo no fueron determinados según sus propiedades reales, sino según un promedio de ellas que puede no ser suficientemente representativo de todas las piezas. Es por esto que la variabilidad en las propiedades mecánicas y de otros tipos de las telas a moldear se vuelve un factor crítico a la hora de seleccionar un material o proveedor. El estar cambiando de parámetros de moldeo u otros procesos constantemente debido a variabilidad en

la materia prima implica un gasto de tiempo adicional y, por tanto, disminuye de manera significativa la productividad de la planta (Karthika, 2011).

Este trabajo consistirá en evaluar la posibilidad de reemplazar a parte de la tela recibida del proveedor Taubert por su equivalente en calidad y precio de la empresa Darlington. En realidad, la tela de Taubert brothers no está dando problemas extraordinarios, pero se quiere no depender de un solo proveedor. Los estilos de tela seleccionados corresponden a tela para ser moldeada en copas por lo que la variabilidad de sus propiedades será un factor clave a tomar en cuenta en el momento de verificar si las telas de la compañía Darlington son igualmente apropiadas o más apropiadas para la aplicación que las que se compra actualmente.

A continuación, se presenta, en la Figura 2, la ficha técnica de la tela que se compra actualmente proporcionada por la compañía Taubert Brothers.



Freising, den 23.07.2012

Technical specification

Article 525 S-5472

Article name: Soft & Smooth

Threads	Yarn	Yarn gauge	Composition
3480 1	PA	42 dtex	58%
3480 2	PA	22 dtex	19%
3480 3	Elastan	40 den	13%
3480 4	Elastan	160 den	10%

Data of the finished fabric:

Machine	RSJ 5/1
Gauge	28gg
Useable width	175 cm
Total width	180 cm
Weight	250 g/sm
Courses per 10cm	440 M/10cm
Wales per 10cm	185 M/10cm
Shrinkage 60°C, length	± 5% max
Shrinkage 60°C, width	± 5% max
Elongation with 3kg	width: 65-85% length: 120-140%

Fastness	White/light	Dark
Wash	4	3-4
Perspiration pH 5,5	4	3-4
Perspiration pH 8	4	3-4
Water	3-4	3-4
Seawater	3-4	3-4
Chlorwater	3-4	3-4
Solvent	3-4	3-4
Ruble dry	4	3-4
Ruble wet	3-4	3-4
Light	5	5
Finish	Formaldehyde free	
Ökotex Certificate	98.0.0897	



40°C •

D. Dill
TAUBERT Textil GmbH

Telefon: +49 8161 9888 55 Banken: Sparkasse Freising Eingetragen: Amtsgericht München HRB Nr. 66229
 Telefax: +49 8161 9888 70 (BLZ 700 510 03) 1818 Geschäftsführer: Reinhard Taubert
 e-mail: d.dill@taubert.com Dresdner Bank Freising Josef Sellmair
 internet: http://www.taubert.com (BLZ 700 800 00) 926 661 600 Elisabeth Sellmair
 Hypovereinsbank Freising Erika Sellmair
 (BLZ 700 211 60) 5 309 778
 S.W.I.F.T.: HYVEDE33MM418

Figura 2. Ficha Técnica de la tela Taubert 4WF

La primera información presentada en la ficha es la composición de la tela. Ésta dice estar constituida por dos componentes, elastano y poliamida, en diferentes disposiciones. En la primera columna se muestra que la cantidad de hilos en cada disposición es igual (3480). En la tercera, se muestra la distribución de densidad de hilos. La unidad básica de esta característica es el tex. 1 Tex corresponde a la masa del hilo en gramos por cada mil metros de longitud. Esto ocurre mientras que 1 den, que es una unidad alternativa, corresponde también a la masa del hilo, pero por cada 9 000 metros. De esta manera, se entiende que la tela está conformada por secciones de elastano que pesan 4,2 y 2,2 gramos por cada mil metros respectivamente y secciones de poliamida de 4,44 y 16,78 gramos por cada mil metros. En la columna derecha, se muestra el porcentaje de masa que corresponde a cada componente en la tela que está compuesta de un 77% de elastano y 23 % de poliamida.

El elastano, también llamado spandex, es una fibra sintética conocida por su gran elasticidad. Es capaz de deformarse de manera completamente elástica hasta en un 400 %. Es una fibra relativamente resistente pero no tanto como el látex que es su principal competidor natural. Estructuralmente, el elastano consiste en un copolímero de uretano y urea. Su invención se atribuye a los científicos C.L Sandquis y Joseph Shivers en 1959 (Needles, 1986).

En la síntesis de elastano se hace reaccionar a dos tipos genéricos de prepolímeros uno de los cuales es un macroglicol flexible mientras que el otro es un disocianato rígido. El macroglicol es un polímero de cadena larga, que tiene grupos hidroxilo en ambos extremos. Puede ser un poliéster, poliéter, policarbonato, policaprolactona o alguna combinación de estos. Esta parte de la fibra de spandex es responsable de su característica de estiramiento debido a que su gran extensión y linealidad le dan mucha flexibilidad. El disocianato, por otro lado, es un polímero de cadena más corta, que tiene un grupo isocianato (-NCO) en ambos extremos. La característica principal de esta molécula es su rigidez. Esta se debe a que la molécula contiene enlaces urea y uretano en su cadena que son enlaces muy polares.

La estructura típica de un compuesto de spandex es la mostrada en la Figura 3 En ella, se observa la presencia tanto de bloques rígidos y como de flexibles. (Schwartz, Rhodes, & Mansour, 1982).

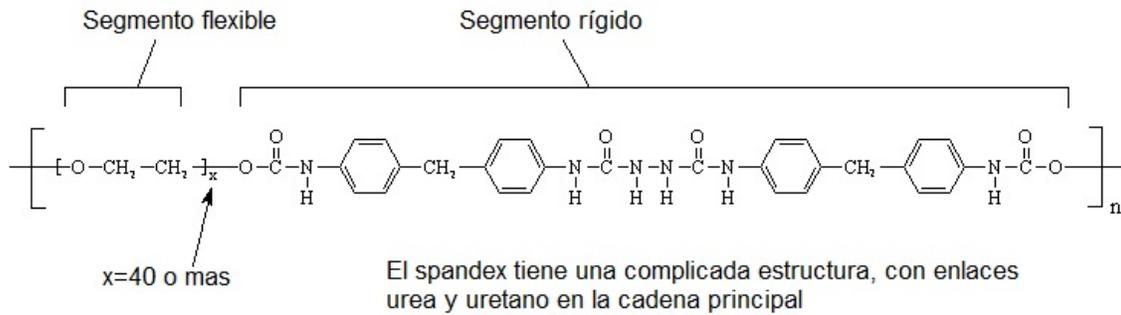


Figura 3. Estructura química del elastano de (King, 1985)

La cadena polimérica corta de un macro-glicol, de generalmente cerca de cuarenta unidades de longitud, es flexible y parecida al caucho. El resto de la unidad de repetición es extremadamente rígido. Esta sección es tan fuerte que las secciones rígidas de diversas cadenas se agrupan y se alinean para formar fibras. Los dominios fibrosos formados por los bloques rígidos están unidos entre sí por las secciones flexibles parecidas al caucho. Esto resulta en un comportamiento análogo al de un elastómero para el Spandex. (Schwartz, Rhodes, & Mansour, 1982)

La polimerización del elastano consiste, entonces en una en la que los grupos hidroxilo (-OH) en los macro-glicoles reaccionan con los isocianatos. Cada molécula se añade al final de la otra de forma alternada, y se forma un polímero de cadena larga. Esto se conoce como una polimerización por crecimiento en etapas o de adición. Para iniciar esta reacción, debe ser utilizado un catalizador tal como diazobiciclo (2.2.2) octano. Otras aminas de bajo peso molecular se añaden para controlar el avance del proceso y, por tanto, su peso molecular resultante. (Schwartz, Rhodes, & Mansour, 1982)

El elastano puede ser vulnerables ante ataques de calor, luz, contaminantes atmosféricos y cloro. Por esta razón, se le suele añadir estabilizantes para proteger las fibras. Algunos de los cuales son fenoles impedidos mono y poliméricos. Para proteger contra la degradación por luz, se añaden protectores contra los rayos ultravioleta como los hidroxibenzotriazoles. Para batallar la decoloración de la fibra causada por los contaminantes atmosféricos típicamente se agrega compuestos con funcionalidad de amina terciaria, que pueden interactuar con los óxidos de nitrógeno en la contaminación del aire. (Weaver, 1983).

Las fibras de spandex son de color blanco. Por lo tanto, toda tela de otro color estará necesariamente teñida. Típicamente se utilizan dispersantes y colorantes ácidos. Si las fibras de spandex se entretajan con otras fibras, tales como nylon o poliéster, métodos especiales de hilatura son necesarios. Las fibras de spandex son producidas en cuatro formas diferentes: extrusión en estado fundido,

hilado por reacción, hilatura en seco e hilado en húmedo. Todos estos métodos incluyen la etapa inicial de la reacción de monómeros para producir un prepolímero. (King, 1985).

El otro constituyente indicado en la tela es una poliamida que, probablemente, corresponde a alguna variación del comercialmente llamado Nylon. El grupo de las poliamidas realmente incluye tanto a la familia de los Nylon como a las fibras de aramida. Ambas están formadas por poliamidas de alto peso molecular. La distinción entre ambas familias consiste en el hecho de que en las fibras de aramida más del 80 por ciento de los grupos amida están directamente unidos a anillos aromáticos mientras que en el caso del Nylon esto no es cierto.

Los tejidos de Nylon suelen ser duros, durables y poseer de una alta resistencia mecánica por lo que se les usa en una gran cantidad de aplicaciones. Las aramidias, completamente aromáticas, por otro lado, poseen una alta resistencia a la temperatura y estabilidad dimensional y resistencia mecánicas excelentes (Antron S.A, 2010).

La nomenclatura popular de los tejidos de nylon normalmente se realiza según el número de carbonos que contiene su unidad de repetición. De esta manera, y como se muestra en la Figura 4, el Nylon con 6 carbonos en su unidad repetida que es un monómero llamado caprolactam y que polimeriza de forma cabeza-con-cabeza. El Nylon 6,6, por otro lado, también contiene 6 carbonos en su monómero inicial, pero se forma tras polimerizaciones cabeza-con-cola, de manera que la unidad repetida está formada por dos cadenas de 6 carbonos cada una unidas por un segmento ácido.

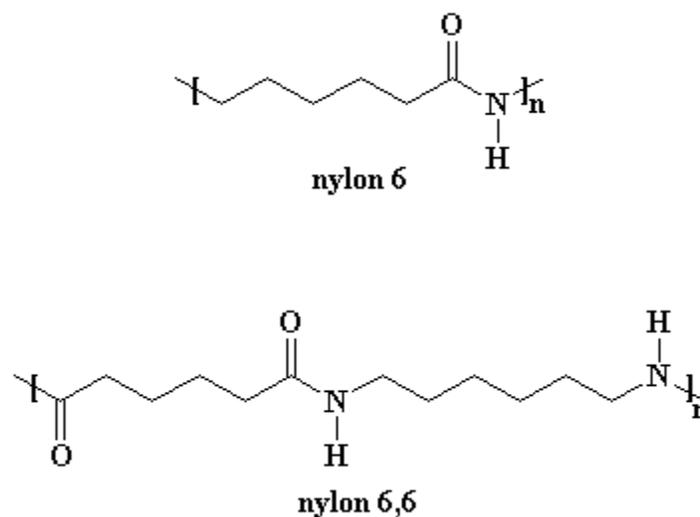


Figura 4. Estructura molecular de los tipos de nylon más comunes

Los nylon 6 y 6,6 son muy similares en algunas de sus propiedades y estructura y, por lo tanto, se les describirá en conjunto y posteriormente se recalcará sus principales diferencias. El nylon 6 es producido por polimerización por condensación que se da a través de la apertura de anillos aromáticos en presencia de vapor de agua y un ácido que actúa como catalizador. Tras la reacción de polimerización, se remueve el agua y el ácido mediante evaporación y la fundición de nylon se hace girar en temperaturas cercanas a los 250 grados Celsius para construir las fibras. El nylon 6,6, por otro lado, se prepara por polimerización por adición de ácido adípico y diamina de hexametileno que se funde y hace girar a 280 grados para producir las fibras. De esta manera, en ambos polímeros se crea una orientación preferencial de manera mecánica durante su producción, lo que los hace muy resistentes a esfuerzos axiales (Antron S.A, 2010).

El grado de polimerización de estas moléculas puede variar entre 100 y 300 unidades. Las cadenas moleculares yacen una sobre otra de manera paralela en una estructura de "hoja plegada" con una alta densidad de puentes de hidrógeno entre cadenas adyacentes. Esto también les da una resistencia importante en la dirección perpendicular a las fibras, aunque no tan alta como la resistencia axial. El grado de cristalinidad del nylon dependerá del nivel de orientación que se dé al tejido durante su confección.

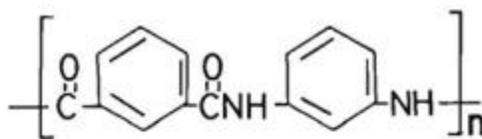
Las estructuras recién descritas resultan en la posesión de propiedades físicas convenientes por parte de ambos tejidos. La tenacidad del nylon 6 y 6,6 varía entre 36 y 81 gramos por tex. El tex es una unidad utilizada en la caracterización de textiles que representa a la masa en gramos por cada 1000 metros de fibra. Esto quiere decir que 1 metro de fibra de nylon es capaz de absorber cantidades de energía equivalentes a, por lo menos, 36 gramos de fuerza; es decir, 0,353 N. La elongación a la ruptura puede estar entre 15 y 50 % en seco pero puede ser incrementada hasta un 80% en condiciones húmedas. La recuperación ante la deformación o elasticidad es muy buena, registrando recuperaciones completas tras elongaciones de hasta 10 %. La densidad de estos polímeros depende de su grado de polimerización, pero, para cadenas de tamaño promedio, ésta es bastante baja como lo indica su gravedad específica de 1,14 (Needles, 1986).

La hidrofobicidad de los tejidos mencionados es moderada. Se ha determinado incrementos en el peso por absorción de agua de 5 % bajo condiciones estándar y de hasta 10% cuando la humedad relativa es unitaria. Ambos tipos de nylon son completamente solubles en cualquier solvente capaz de romper enlaces de hidrógeno como los fenoles, el ácido fórmico y el alcohol bencílico. La conductividad térmica de estos compuestos es moderada y se mantiene estable en condiciones de temperatura menores a los 420 Kelvin. La resistividad eléctrica, por otro lado, es alta y les da una alta tendencia a acumular cargas estáticas cuando sufren de fricción.

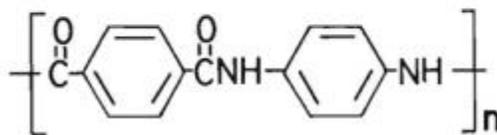
Las llamadas propiedades de uso final de los tejidos de nylon son las siguientes: el nylon es color amarillo y brilla mucho a menos de que se le opadezca o cambie el tono intencionalmente. Sus propiedades de drapeado, que se refieren a su capacidad de formar pliegues y conservarlos dentro de sí, son excelentes y son muy resistentes a la formación de arrugas. El nylon es una tela dura y muy resistente a la abrasión, tanto así que se reporte que resulta abrasiva para otras fibras. Estas telas también poseen una muy buena resistencia al deterioro por químicos de uso doméstico, pero son débiles ante la luz solar a menos de que se les trate con antioxidantes. El nylon no es muy inflamable. Tiende a fundirse y auto-extinguir la llama al ser quemado.

Como se dijo con anterioridad, las siglas PA también pueden corresponder a fibras de aramida están constituidas por largas cadenas de poliamidas sintéticas en las que al menos el 80 % de los enlaces de amida están sujetas directamente a anillos aromáticos. El estar dispuestos en unidades tan estables y altamente aromáticas les da a estos polímeros temperaturas de fundición característicamente altas y excelente retención de propiedades en temperaturas relativamente altas y muy buena durabilidad. No son muy afectados por la humedad y suelen actuar como retardantes la llama (King, 1985).

Los tejidos de aramidias son formados mediante la polimerización por adición de cloruros di-ácidos aromáticos con diaminas aromáticas en medio polar y aprótico como la N,n-dimetilformaldehido. El grado de polimerización que suele alcanzarse está entre 100 y 250. Dos moléculas que caben dentro de esta definición son las que se muestran en la Figura 5. Éstas son el Kevlar y el Nómex, el primero de los cuales, el Kevlar, consiste en largas cadenas de poliparafenileno tereftalamida. Éste es una molécula que soporta altas temperaturas y con la que se puede construir equipos ligeros y 5 veces más resistentes mecánica y corrosivamente que el acero.



NOMEX



KEVLAR

Figura 5. Estructura molecular de algunas aramidias. (King, 1985)

Estas moléculas luego se hacen girar en suspensión para formar las fibras y luego son estiradas y orientadas mecánicamente. Las unidades aromáticas dentro de las cadenas le dan la rigidez a las mismas y limitan su flexibilidad o movilidad. Además, existe una gran cantidad de puentes de hidrógeno entre los grupos amidas adyacentes y fuerzas de Van der Waals muy fuertes entre los anillos que llevan a las fibras a constituir una estructura altamente empaquetada y, por lo tanto, muy resistente térmica y mecánicamente.

Las aramidas son los tejidos más fuertes elaborados por el hombre. Sus tenacidades en seco y mojado están entre los 36 y 198 gramos por tex y 27 y 162 gramos por tex respectivamente. La elongación en el punto de quiebre varía con la tenacidad en un rango de 3 a 13 %. La recuperación a elongaciones menores a éstas es casi del 100% por lo que corresponden a materiales frágiles que casi no se deforman plásticamente. Las fibras son duras, muy resilientes y con buena recuperación tras la deformación por torceduras. Se hinchan y disuelven en solventes polares y apróticos o en ácidos fuertes y poseen resistividades térmicas y eléctricas bastante altas y no son afectadas por el calor hasta los 250 grados Celsius (King, 1985)

Los textiles de aramida son también amarillos y muy brillantes en su forma no modificada y poseen de propiedades de drapeado adecuadas pero menores a las de los nylon recién descritos. Son extremadamente resistentes a la abrasión pero débiles ante el pilling debido a la fortaleza del tejido. Son muy resistentes a los químicos domésticos y a la luz solar. Además, son poco inflamable por lo que se les utiliza en aplicaciones desde la ropa de protección hasta, aislamiento eléctrico, vestuario militar y cuerdas de llantas.

Otras poliamidas existentes pero de uso menos común son: los nylon 4, 11 y 6.20 y la Qiana. Éstos sólo serán descritos si se encuentra que corresponden a la identidad de las muestras pero se cree poco probable que esto ocurra (Needles, 1986).

Posterior a la información de composición, en la Figura 2, correspondiente a la ficha técnica de la tela de Taubert Brothers, se muestra las características de la tela en estado de suministro iniciando con el modelo de la máquina que la confeccionó y especificando el ancho del embobinado y el peso por metro cuadrado. Esto es seguido de los courses y wales por cada 10 centímetros. Esta información hace referencia a la manera en que los hilos de la tela estén ligados entre sí. Un wale es una columna vertical de lazos que se produce cuando una misma aguja teje en diferentes ciclos de tejido. Los wales definen el ancho de la tela por lo que su conteo se hace en esa dirección. Los courses, por otro lado, se cuentan de manera horizontal y corresponden a filas de lazos producidas por diferentes agujas que cosen durante el mismo ciclo. (Karthika, 2011). Ilustraciones de courses y wales se muestran en la Figura 6, donde un wale se resalta en la imagen superior mientras que un course lo hace en la inferior. (Amoena, 2007) Como se ve en la parte

superior de la Figura, un wale es una columna predominantemente vertical de lazos unidos por la misma aguja durante ciclos de hilados diferentes, usualmente sucesivos. Un course, por otro lado, es la estructura formada por cada ciclo de hilado. Como se nota, los segmentos de un course no están entrelazados mecánicamente entre sí, sino que son parte del mismo hilo. Esta estructura es la mostrada en la parte inferior de la Figura 6.

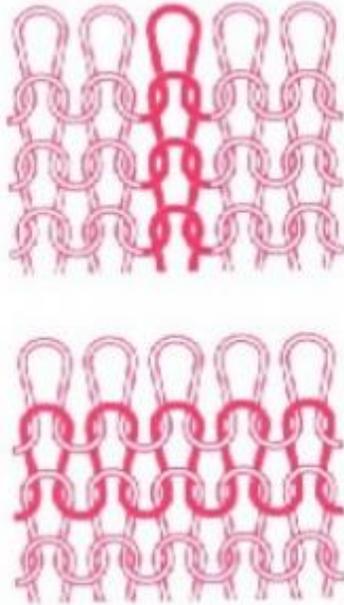


Figura 6. Ilustración de wales (arriba) y courses.

Seguido a la información sobre wales y courses, se encuentra la indicación del encogimiento máximo que se permite a la tela ya sea debido a lavado o cualquier otro tipo de calentamiento. Durante su proceso de manufactura, los hilos son halados y estirados para amarrarlos entre sí. De esta manera, es el estado en el que se suministran existe cierta cantidad de esfuerzos de tensión que mantienen el material estirado en algún grado. De esta manera, si la tela sufriese de calentamiento durante algún periodo de tiempo, ésta emplearía la energía provista por el calor para relajar esos esfuerzos y volver a un estado de menos tensión que, por tanto, sería menos largo y ancho y más espeso que el original. El cambio de espesor es difícil de notar, pero el encogimiento excesivo puede hacer a una prenda inútil o insatisfactoria para su uso. Dichos fenómenos de calentamiento se pueden dar en situaciones comunes como el lavado, secado o aplanchado de la ropa, por lo que esta es una propiedad muy importante de las telas. Es particularmente conveniente, además, que el bajo encogimiento sufrido por las prendas sea igual en la dirección del largo de la tela que en la de su ancho ya que, de lo contrario, la prenda sería ampliamente distorsionada y perdería su diseño y/o acople con otras partes del ensamble.

Como último punto de este apartado, el proveedor indica el porcentaje de elongación sufrido por la tela provista después de que se le haya llevado a cabo un ensayo normado de esfuerzos a tensión. Este ensayo será descrito en la metodología, pero consiste, básicamente en realizar tres ciclos de carga en los que se aplica un máximo de 30 N a los extremos de una muestra de manera axial y se reporta la elongación después del tercer ciclo.

Finalmente, se encuentra reportada la solidez del color de la tela en diferentes medios. Esto es una medida de la resistencia de la tela a perder su pigmentación debido a la exposición a cada una de las condiciones que ahí se menciona. La resistencia a la decoloración se cuantifica utilizando escalas definidas por normas de la Asociación American de Textiles para cada medio. La norma AATCC 61, por ejemplo, regula la evaluación de la decoloración de textiles debido al lavado, mientras en que la norma AATCC 8 se describe la manera de cuantificar la pérdida de color debido a fricción por parte de las telas. Además, en la ficha técnica, se indica las condiciones propias de lavado y secado de la tela.

La compañía Darlington, por otro lado, también ha enviado la ficha técnica de su producto a Amoena y ésta es la presentada en la Figura 7.

 Darlington Fabrics
a Moore Company

STYLE SPECIFICATION SHEET 03/09/2009 #0


Style	Suffix	Finish	Width
96420		WXSBT	60

Construction	Midpoint	Ranges
Weight Oz. Per Sq.Yd.	6.1	5.8 - 6.4
Ends/Inch	59	57 - 61
Stitches/Inch	82	78 - 86
Warp Shrinkage		5 % Max
Side Shrinkage		5 % Max

Elongation	Midpoint	Ranges
Warp Stretch at 10 Lbs.	100	90 - 110
Side Stretch at 10 Lbs.	85	75 - 95
Stretch test performed on a CRE tester (Zwick) 3rd cycle ASTM D4964		

FIBER CONTENT:	
86%	70/34 Dull Nylon
14%	40 Denier Spandex

* Interim specifications may require adjustment once more dyelots are processed.

Figura 7. Ficha Técnica de la tela Darlington 96420

En esta ficha técnica también se detalla el peso por unidad de área y los encogimientos máximos que puede sufrir la tela, así como su ancho y los resultados en las pruebas de elongación. El peso, sin embargo, se proporciona en unidades

inglesas y el porcentaje de deformación fue determinado de manera diferente. La prueba utilizada para calcular la deformación que aquí se reporta también es de 3 ciclos, pero se diferencia de la anterior en que utiliza 10 libras de fuerza como valor máximo y al que se lee la elongación. La composición química de esta tela también está disponible y corresponde a 86% Nylon y 14 % Spandex.

Una vez moldeadas las copas, se les lleva junto con las demás partes del sostén a la estación de ensamble en la que, generalmente, se une a todas las piezas por costura y por otros métodos cuando sea necesario y así se culmina la fabricación del sostén. Por supuesto que durante cada etapa del proceso se debe llevar a cabo procedimientos de inspección y control de calidad que validen la confiabilidad del producto en sus diferentes etapas. Una de las etapas más críticas a inspeccionar es la de la materia prima recibida. Pues es en este estado en el que se debe tomar la decisión de aceptar el producto que se recibió y trabajar con él o rechazarlo debido a insatisfacción con el mismo y que el proveedor lo reemplace. Esta opción no suele estar disponible si la inspección se realiza en etapas posteriores donde ya se ha trabajado el producto. Por lo tanto, la revisión de la materia prima es rutinaria en la empresa e indispensable para la producción diaria. (Valencia, 2008)

La revisión de la materia prima en la empresa usualmente consiste en inspecciones visuales y determinaciones de las propiedades de respuesta a tensión de las telas. En este trabajo, sin embargo, se introducirá la aplicación de diferentes pruebas para evaluar las llamadas propiedades de uso de cada tela. El fundamento teórico de estas pruebas es simplemente emular las condiciones de uso de la tela y observar su desempeño según el criterio de cada ensayo. En la determinación de la resistencia a decoloración por transpiración ácida, por ejemplo, se busca observar el grado en que la tela pierde su color debido a exponerse directamente a sudor humano. Para esto, en la prueba se confecciona una solución equivalente a un estándar de sudor registrado en la norma correspondiente y se establece contacto entre la solución y la tela. Además, se aplica presión para acelerar el proceso de decoloración. Y luego de finalizado el mismo, se evalúa la pérdida de color de la pieza.

Algo similar ocurre en el resto de las pruebas de decoloración con excepción a la decoloración influenciada por fricción. En este caso, se utiliza un equipo especializado para causar cierta cantidad de fricción controlada entre un estándar blanco y la tela bajo estudio. Luego, se valora la cantidad de color transferida a la tela. Esto busca simular el proceso de transferencia de color que se da cuando la tela de sostenes entra en contacto frecuente con prendas exteriores.

Adicionalmente a las pruebas en las que se simula condiciones de uso, en el presente trabajo se hizo uso de cuatro técnicas básicas de caracterización de materiales para la comparación de las telas. Éstas son: la microscopía electrónica, la calorimetría diferencial de barrido, la termogravimetría y los ensayos de tensión-elongación. Éstas serán las primeras en ser expuestas en este apartado

Termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido

Tanto la termogravimetría como la calorimetría diferencial de barrido se encuentran dentro de un grupo de técnicas que se utiliza para estudiar el comportamiento de los materiales a distintas temperaturas son los análisis térmicos.

Los análisis térmicos son un grupo de procedimientos en la que se miden una propiedad física y/o de los productos de su reacción en función de la temperatura. Se puede diferenciar entre una serie de métodos térmicos en función de las diferentes propiedades medidas y de los programas de temperatura. Estos métodos tienen aplicaciones en el control de calidad y en la investigación de los productos industriales como: polímeros, productos farmacéuticos, arcillas y minerales (Skoog, 2008).

En un análisis termogravimétrico, se registra continuamente la masa de una muestra colocada en una atmósfera controlada, en función de la temperatura o del tiempo; al ir aumentando la temperatura de la muestra, normalmente de forma lineal con el tiempo. La representación de la masa o del porcentaje de masa en función del tiempo se denomina termograma o curva de descomposición térmica .

La temperatura registrada en un termograma es idealmente la temperatura real de la muestra. Esta temperatura puede, en principio, obtenerse introduciendo un pequeño termopar cerca de la muestra. La termobalanza utiliza normalmente un ordenador para el control de rutina de la temperatura, que compara automáticamente la tensión mecánica de salida generada en el termopar con una tabla que se relaciona la tensión con la temperatura (Skoog, 2008).

El término calorimetría diferencial de barrido (DSC) se confundía inicialmente con el análisis diferencial térmico (DTA), técnica pionera en el análisis térmico (Wiley, 2008). El propósito de los instrumentos térmicos diferenciales es registrar la diferencia entre el cambio de entalpía que ocurre en una muestra y un material inerte de referencia cuando ambos se calientan. Los instrumentos térmicos diferenciales se clasifican en: DTA clásico, "Boersma" DTA y DSC. En los dos primeros la muestra y la referencia se calienta utilizando una sola fuente de calor y la temperatura se mide por termocuplas que se localizan dentro del recipiente (DTA clásico) o acopladas a la superficie exterior del recipiente (Boersma). Estos instrumentos miden la diferencia de temperatura entre la muestra y la referencia; los datos se presentan en un gráfico de diferencia de temperatura en función del tiempo de calentamiento (Wiley,2008). En el DSC, la muestra y la referencia se calientan independientemente, por lo que se puede medir directamente la diferencia en flujo de calor para mantener una temperatura igual en ambas. Así, los datos se obtienen en forma de entradas diferenciales de calor (dH/dt) en función de la temperatura. Con estos datos se puede obtener temperaturas y entalpías de transición o de reacción. Algunas recomendaciones para la operación del DSC son las siguientes (Wiley, 2008):

- a) La mayoría de sistemas de DSC, utilizan portamuestras de muestreo de aluminio que permiten el análisis de 10-20 μl de muestra. Para obtener un pico definido y con alta resolución se recomienda que la superficie de contacto entre el recipiente y la muestra sea la máxima, lo cual se logra si la muestra se prepara en forma de discos delgados, láminas o polvo fino; en materiales biológicos, la muestra frecuentemente se dispersa en agua
- b) La calibración del instrumento se lleva a cabo con un metal de alta pureza, con su entalpía y su punto de fusión conocidos, generalmente se utiliza Indio (ΔH fusión = 28.55 J/g; p.f.= 429,8 K).
- c) La determinación de la entalpía del proceso bajo estudio requiere la medición del área endo/exo térmica, lo cual puede ser difícil debido a que la línea base no es horizontal y el pico generalmente no es simétrico

Microscopía electrónica de Barrido

La microscopía electrónica de barrido, por otro lado, es una técnica principalmente utilizada para la caracterización morfológica de superficies, pues es capaz de generar micrografías con aumentos superiores a los 15 000x. La microscopía electrónica consiste en incidir un haz de electrones altamente acelerados sobre un punto de una muestra y medir las señales los electrones que rebotan tras colisionar con la muestra. Estas determinaciones se repiten a lo largo de todos los puntos de la muestra y, a partir de esa información eléctrica, se construye la imagen (Naik, 1999).

El proceso básico de microscopía electrónica consiste en que el haz de electrones, que puede ser generado de diferentes formas, entre a la cámara e impacte a la muestra en una sola zona a la vez. Los electrones del haz interactúan con los átomos de la muestra de diferentes maneras definiendo cierto volumen de interacción que emitirá varios tipos de radiación. Al llevar registro de las magnitudes de estas radiaciones a través de los detectores adecuados, se obtiene mediciones indirectas de la topografía, composición y otras características del punto en el cual se situó el haz. La imagen se construye a través de la comparación de estas informaciones para cada punto de la muestra. Esto implica que se debe hacer un escaneo de la misma que requiere que el haz sea capaz de desplazarse de un lugar a otro hasta recorrer la totalidad de la muestra. El movimiento del haz generalmente se logra manipulando la energía de bobinas electromagnéticas acomodadas en arreglos que consisten en dos pares, uno para la deflexión en y y otro para ésta en x. Éstas están situadas luego de una bobina anterior llamada lente objetivo cuya corriente es de una intensidad fija pues sólo se quiere que ésta limite el tamaño del haz sin desplazarlo. La intensidad de los otros lentes, por otro lado, sí son modificadas para concentrar al haz en una posición a la vez (Goldstein, 2003).

La imagen de un microscopio electrónico de barrido no consiste en una visualización real o virtual del objeto como lo es en una cámara fotográfica,

microscopio de transmisión electrónica o un lente óptico como nuestros ojos. En el SEM, la imagen observada es una imagen completamente construida computacionalmente a través de las intensidades de varias señales emitidas por la muestra y medidas con detectores principalmente eléctricos. Éstas intensidades se dicen proporcionales, o al menos dependientes, de las características topográficas o de composición de la muestra y, por lo tanto, proveen de información indirecta sobre las mismas. Así, se puede construir imágenes mediante la asignación de un color o tono de gris a cada intensidad de la señal medida y, según éstas, representar la composición química o topografía de las muestras según la identidad de las señales para las que se recolectó la información. Otro tipo de características del aspecto de la muestra, como su color, no pueden ser medidas por SEM debido a esta razón mientras que éstas sí son observables a través de imágenes reales o virtuales como las producidas por lentes ópticos (Goldstein, 2003).

Los electrones son generalmente provistos por una pistola de electrones que funciona de la siguiente manera: Inicialmente, se hace pasar voltajes bajos a través de un filamento para que éste caliente a un metal. Cuando el metal se calienta, algunos de sus electrones escapan de la superficie. Estos electrones termoemitidos tienen poca energía, pero son capaces de moverse debido a la falta de resistencia del medio y forman un cono saliendo del punto de emisión. Aquí, entra un componente llamado cilindro Wehnelt que concentra a los electrones y regula la intensidad de la emisión de los mismos. Este cilindro está conectado al filamento mediante un componente de resistencia variable. Así, se mantiene una corriente a través del resistor igual a la emitida por el filamento. Esto genera una inducción de carga negativa entre el cilindro y el filamento. Los electrones se mueven hacia los potenciales más positivos por lo que la mayoría de los caminos son restringidos y la forma del haz pasa a ser ovalada. El haz ovalado luego pasa por un lente electromagnético objetivo que consiste en una bobina por la que fluyen cargas eléctricas que producen un campo magnético que encierra al óvalo dentro de un diámetro determinado por la cantidad de corriente que circula por ellas y que, junto con la distancia de trabajo, vendrá a definir al tamaño de sonda (D_p) y al ángulo de convergencia. Finalmente, existe un ánodo que acelera a los electrones enormemente mediante la diferencia de potencial existente (Goldstein, 2003).

Es posible mejorar la calidad de las imágenes al manipular la apertura objetivo, cambiar la distancia de trabajo y ajustando el primer lente condensador. Estos efectos se explican a continuación:

Efecto de la apertura objetivo: El diámetro de apertura utilizado tiene tres efectos sobre la sonda electrónica: al incrementar la apertura, se disminuye el ángulo de divergencia (que controla el nivel de detalle en profundidades); existe un diámetro de apertura ideal que minimiza al máximo las aberraciones en el tamaño de sonda (que optimiza la resolución) y controla la corriente (encargada de definir el brillo y calidad de imagen) porque sólo la porción de corriente que cabe dentro de ella puede continuar su camino.

Efecto de la distancia de trabajo: Al aumentar la distancia de trabajo, se está incrementando, efectivamente, la distancia que el haz tiene para ampliarse después de salir en forma puntual. De esta manera, se habrá incrementado el tamaño de sonda disminuyendo la resolución de la imagen. El ángulo de convergencia, además, disminuye, por lo que se mejora la atención a detalles de profundidad. Por último, al incrementar la distancia de trabajo, también se aumenta la distancia focal y, con ella, las aberraciones que se son asociadas.

Efecto del lente condensador: La fuerza de los lentes condensadores limitan tanto al tamaño de sonda como a la corriente de la misma. Entre mayor sea la fuerza del lente, más grande va a ser la demagnificación producida por lo que la sonda será más pequeña. A su vez, la cantidad de corriente que completa el recorrido será menor por lo que las imágenes producidas serán de mayor resolución pero menor calidad y brillo a medida que se aumente la intensidad del lente condensador (Naik, 1999).

Pruebas de combustión

Las pruebas de combustión o pruebas a la llama son ensayos tecnológicos que pueden ser aprovechados en la identificación o caracterización de sustancias. Esto se hace comparando la respuesta cualitativa observada en la muestra con la registrada para las diferentes opciones de su identidad. De nuevo, la realización de una de estas pruebas suele ser insuficiente para la identificación de una sustancia pues dos de ellas pueden tener la misma respuesta a una prueba en específico (Kast, 1998).

En los ensayos a la llama, se acerca una muestra del material, preferentemente de pequeño espesor al borde de una llama de combustión completa o incompleta según el tipo de estudio que se quiera realizar. Ésta luego se quema directamente o colocándola en una espátula. La muestra deberá calentarse lentamente. Si la llama es grande, la descomposición será demasiado rápida y no se podría observar bien los diversos aspectos de la combustión. Si la muestra no se inflama inmediatamente, se mantendrá un tiempo mayor en la llama el cual también deberá ser anotado junto con datos sobre: la facilidad de ignición, autoextinción de la llama, color de la llama, desprendimiento de algún olor, presencia de humos y cualquier otro fenómeno observado durante la prueba (Braun, 2004).

La identificación del polímero se realiza comparando estos datos con los registrados o esperados para polímeros existentes. El rango de efectividad del ensayo, será entonces limitado por la cantidad de polímeros para los que se cuenta con esta información, pero la prueba suele ser suficiente para identificar a cualquier polímero dentro de ese rango debido a la cantidad de características que son observadas. La presencia de cloro en la muestra, por ejemplo, se puede corroborar por una coloración verde en la llama (debido a la liberación de energía de los electrones al bajar de nivel). De esta forma si una muestra no da una coloración

verde a la llama durante ningún periodo, se puede descartar a todos los polímeros que lo contengan en la identificación del polímero. Algo similar sucede con todas las características mencionadas anteriormente hasta que se construye una descripción no necesariamente única, pero generalmente sí, para un polímero en específico. Datos aceptados debido a su observación repetida a través de los años y en diferentes condiciones para algunos de los polímeros más populares en la confección de textiles se muestran en el Anexo 2 (Braun, 2004).

Pruebas de solubilidad

Las pruebas de solubilidad permiten la identificación de sustancias basándose en la solubilidad selectiva de ellas en algún solvente. La solubilidad se define como a propiedad de una sustancia para disolverse en otra; la sustancia que se disuelve recibe el nombre de soluto y la sustancia en que se disuelve recibe el nombre de disolución.

La solubilidad de un soluto en un disolvente es determinada, principalmente, por las fuerzas intermoleculares presentes en ambas sustancias. En general, para que un soluto sea soluble en cierto solvente, resulta beneficioso que las fuerzas intermoleculares en ambos compuestos sean similares. De esta manera, las moléculas del soluto sentirán el mismo efecto al asociarse con moléculas de solvente que el que sienten al estar junto a más moléculas de soluto. Por esta razón, las moléculas de soluto no tendrán una predisposición a aislarse del solvente y unirse entre sí, sino que se dispersarán a lo largo del solvente, formando una solución. Además, es común que compuestos que presenten grupos funcionales que puedan formar enlaces de hidrógeno (ej. -OH, -NH, -COOH, -CONH) sean más solubles en disolventes tales como agua o metanol que en disolvente hidrocarbonados como benceno o hexano debido a puentes de hidrógeno. Sin embargo, si el grupo funcional no es la mayor parte de la molécula este comportamiento se puede invertir (Brown, Lemay, Bursten, Murphy, & Woodyard, 2014)

En las pruebas de solubilidad resulta conveniente que el disolvente sea fácil de remover por filtración o evaporación. Esto tiene el objetivo de que, una vez realizada la solución, ésta pueda ser removida y solamente quede el remanente de las sustancias que no sean solubles. De esta manera, se puede cuantificar a la masa remanente como fracción insoluble y a la perdida como correspondiente a los componentes solubles. La selección del solvente, de esta manera, se debe hacer buscando una sustancia que sólo disuelva a uno de los componentes de la muestra (Brown, Lemay, Bursten, Murphy, & Woodyard, 2014).

Pruebas de lavado

Durante su confección e hilado, los tejidos son sometidos a esfuerzos tensiles de los cuales es normal que quede un remanente una vez removidos los actores de la fuerza. El hecho es que cada vez que se hala un hilo y se le tuerce para hacerlo rodear a otro y hacer un nudo, se está inevitablemente sometiendo al hilo a un esfuerzo proporcional a la deformación momentánea y elástica que se quiere realizar en ese momento. La idea es que esos esfuerzos nunca sobrepasen el límite elástico, ya que, de hacerlo, se perderían las características geométricas del hilo e incluso se le habrá endurecido. De esta manera, y en un caso ideal, el hilo sólo sufriría una deformación elástica efímera en el momento en el que es estirado y recuperaría su tamaño una vez terminada la operación. Sin embargo, en la realidad esto es imposible para cualquier hilo debido a que están amarrados a otros hilos que probablemente estén tratando de recuperar su propio estado original quizá en una dirección diferente. Por lo tanto, lo que en realidad existe es una red de hilos que están cada uno intentando recuperar su tamaño original, mas son incapaces de hacerlo porque los demás se lo impiden (Weaver, 1983).

El esfuerzo creado de la manera recién descrita sobre cada material será equivalente al esfuerzo requerido para producir las deformaciones correspondientes a llevarlos al equilibrio y son inherentes al proceso de hilado. No obstante, por varias consideraciones como la estabilidad dimensional, resulta deseable que estos esfuerzos sean controlados y minimizados para mejorar la calidad de la tela.

Como se dijo en el párrafo anterior, el material siempre está buscando recuperar su equilibrio. Para hacerlo, sin embargo, requiere de energía para vencer los obstáculos que representa el resto del tejido. Esta energía puede encontrarla en cierta medida durante su ciclo de lavado o secado en el que es común que se les aplique calor. A nivel molecular, la energía térmica provista por procesos como el de secado no sólo evapora al agua y por tanto seca a la prenda; sino que también habilita a los átomos del tejido para realizar vibraciones más amplias y, por tanto, liberar esos esfuerzos y recuperar en cierta medida su forma original. El resultado neto de la deformación por liberación de tensiones de todos los hilos del tejido suele corresponder a un encogimiento de la tela en su largo y ancho. Sin embargo, el volumen de la tela debe ser constante ya que no se ha desprendido ninguna parte de ella. Por lo tanto, es de esperarse que el espesor de la tela aumente para compensar el cambio en el área transversal. De cualquier forma, también existe la posibilidad de que alguna de las dimensiones de ancho o largo más bien sufra una elongación. Este escenario es altamente

indeseable debido a que representaría una distorsión considerable en el diseño de la tela. Una línea recta, por ejemplo, pasaría a poseer una inclinación importante (King, 1985).

Pruebas de resistencia a la formación de pilling

El pilling es un conglomerado de fibras adherida a la superficie de un tejido. Es producido por la abrasión que sufren las prendas durante su proceso de confección y su uso final debido al rozamiento de determinadas zonas del tejido con otras superficies. Los aspectos de la tela que determinan su resistencia al pilling son los siguientes (Solé, 2014):

Naturaleza de la tela: las telas sintéticas tienen una mayor tendencia a la formación de pilling debido a que son más resistentes mecánicamente y flexibles. Esto provoca que estas fibras no se rompan y se desprendan del tejido, sino que queden adheridas al mismo en forma de tela.

Finura de la tela: Entre más fina sea la tela, mayor será su propensión a formar pilling debido a que las telas más finas le proporcionan a cada hilo mayor facilidad para su migración de una superficie a otra.

Sección transversal de la tela: las secciones transversales lisas favorecen la formación de pilling debido a que facilitan la migración de fibras al exterior de los hilos. Esta es otra razón por la que las telas sintéticas son más propensas a formar pilling que las naturales. Las secciones no lisas, que aumenta el coeficiente de fricción entre las fibras dificultan la migración y, por lo tanto, incrementan la resistencia al pilling.

Longitud de la fibra: Las fibras más cortas favorecen la formación de pilling debido a que aumentan la facilidad de migración de las fibras a la superficie de cada hilo. Esto se debe a que las fibras más cortas estarán, por su longitud, menos atadas a otras fibras que las fibras largas.

Análisis Estadístico

La interpretación de algunos de los resultados de las pruebas realizadas se facilita a partir del aprovechamiento de algunas herramientas estadísticas. Éstas fueron obtenidas a través del software 17. Minitab 17 es un software diseñado para contener todas las herramientas necesarias para analizar datos de manera efectiva. Además, pretende guiar al usuario a un análisis adecuado y proporcionarle resultados claros, Minitab le ayuda a encontrar soluciones significativas a sus problemas de negocios más difíciles.

Minitab 17 cuenta con una herramienta de asistente que permite guiar al usuario a la gráfica más adecuada según tipo de resultados que se desee

obtener. En el software, se ingresa tablas con los datos de cada determinación realizada y se accede a su asistente para indicarle el tipo de gráfico que se desea construir. A partir de los datos ingresados, el software calcula parámetros estadísticos como el promedio, la desviación estándar y otras medidas de variabilidad y genera los gráficos solicitados por el usuario. A continuación, se describirá brevemente los diferentes tipos de gráficos provistos por Minitab que fueron parte de este trabajo así como las bases de su construcción e interpretación (Montgomery, 2004).

Gráfico de caja y bigotes: En un gráfico de caja y bigotes, se muestra un resumen de la distribución de datos observados para cada tela. Para ello, se toma a todos los datos de una prueba y se calcula las siguientes características estadísticas. 1) Dato menor, 2) Dato mayor. 3) Cuartil 1, Cuartil 3, 4) Mediana. El cuartil 1 es un valor que supera al 25% de los datos tomados. Es decir, una cuarta parte de los datos estarán por debajo del cuartil 1 y el resto de los datos estarán por encima de este valor. El cuartil 3 tiene el mismo significado con la diferencia de que representa un valor que supera al 75% de los datos. Esto ocurre mientras que la mediana es el valor que divide a los datos en dos grupos de igual tamaño. Por lo tanto, la mitad de los datos son menores que la mediana y la otra mitad son mayores que ella.

Gráficamente, se construye una caja en la que la pared inferior es el cuartil 1 y la pared superior es el cuartil superior. Por lo esta razón la altura de las cajas es una medida de la variabilidad de las medidas. Entre mayor sea la altura de las cajas observadas, mayor es la variabilidad de la distribución. Además se dibuja, dentro de las cajas una línea horizontal que representa a la mediana de la distribución. Esto tiene la funcionalidad de indicar si los datos están cargados hacia los valores mayores o menores de la distribución. Si la distribución es simétrica (los datos distan del promedio hacia valores mayores que lo hacen hacia valores menores), la mediana se ubicará a la mitad de la altura de la caja; es decir, a la mitad de la distancia entre el cuartil 1 y el cuartil 3. De lo contrario, si la mediana se ubica más cerca del cuartil 1, esto indicará que los datos están cargados hacia el sector más bajo de la distribución, mientras que, si la mediana está más cerca del cuartil 3 (pared superior de la caja), se concluirá que existe una mayor concentración de datos más altos que el promedio (Montgomery, 2004).

Finalmente, se dibuja dos líneas verticales que van desde el cuartil 1 hasta el dato menor observado y desde el cuartil 3 hasta el dato mayor observado. Estos son los “bigotes” de la gráfica y permiten observar la presencia de datos anómalos dentro de las observaciones Si los bigotes son largos, también se observará que los datos son variables o que contienen valores

anómalos. Si éstos son cortos, por otro lado, la conclusión obtenible es que la distribución no presenta datos anómalos.

Gráfico de valores individuales: En este gráfico, simplemente se toma a todos los valores obtenidos de una prueba y se representa a cada uno de ellos con un punto en la gráfica. La gráfica de valores individuales, al igual que una gráfica de caja ayuda a identificar valores atípicos y forma de la distribución, pero es única en el sentido de que grafica cada valor separadamente. Esto es especialmente útil cuando se tiene relativamente pocas observaciones (Montgomery, 2004).

Cuando la distribución de los datos es poco variable, se observaría en la gráfica de valores individuales a todos los puntos muy cerca unos de otros concentrados en una región pequeña de la gráfica. Por el contrario, cuando la distribución es variable, se observa puntos dispersos y alejados entre sí. Además el gráfico permite determinar con facilidad la presencia de datos anómalos ya que éstos se divisarían como puntos aislados del resto y serían, por lo tanto, muy fácil de observar.

Gráfico de valores individuales de los análisis de capacidad: éstos consisten en gráficos de puntos en los que se dibuja en rojo a los límites que impone la especificación para los parámetros bajo estudio. En verde, se dibuja al centro de la especificación. De esta manera, se puede observar de manera gráfica si alguno de los puntos se sale de la especificación o si todos cumplen con ella. Además se puede observar qué tan centrados están los datos dentro de la especificación (si todos están cerca de la línea verde) o qué tan cargados están hacia el límite superior o inferior de la especificación (representados por las líneas rojas). Cuando todos los datos están dentro de especificación, se obtiene un resultado positivo sobre el nivel de control y la capacidad del proceso. Es posible, sin embargo, que la cantidad de datos observados no representen al total de la población. Por lo tanto, es necesario complementar esta información con el histograma de capacidad de la distribución.

Histograma de capacidad: Inicialmente, se toma a todos los datos medidos y se construye un histograma con ellos. Este histograma se grafica junto con los límites de especificación (de nuevo, en rojo) De esta manera se puede observar, nuevamente, qué tan bien ubicados están los datos dentro de la especificación. A continuación, se toma al promedio y a la desviación estándar del grupo de datos y, a partir de estos valores, se dibuja a la curva de la distribución normal proyectada para este grupo de datos.

La distribución de probabilidad normal tiene las siguientes características (Sedano, 2016):

- La curva normal tiene forma de campana y un solo pico en el centro de la distribución. De esta manera, la media aritmética, la mediana y la

moda de la distribución son iguales y se localizan en el pico. Así, la mitad del área bajo la curva se encuentra a la derecha de este punto central y la otra mitad está a la izquierda de dicho punto.

- La distribución de probabilidad normal es simétrica alrededor de su media
- La curva normal desciende suavemente en ambas direcciones a partir del valor central.
- Es asintótica al eje X.

En el histograma de capacidad de los análisis de capacidad, se dibuja la curva de la distribución normal, calculada a partir del promedio y la desviación estándar de la distribución en rojo. Así, se puede observar qué porcentaje de la curva de distribución normal se sale del intervalo de especificación. Este porcentaje de la curva es el que se reporta como el porcentaje de datos esperados fuera de especificación mientras que el porcentaje de datos observados fuera de especificación es el calculado simplemente con los datos observados y no los proyectados por la curva normal. Para tener un proceso capaz y controlado, se requiere que estos dos parámetros sean bajos pues esto garantizaría el cumplimiento de las especificaciones provistas (Hernández, 2008).

Gráfico de simulaciones de Tuckey: El gráfico de Tuckey permite determinar si las diferencias entre dos grupos de datos son estadísticamente significativas o no. En ocasiones, se puede observar diferencias entre los promedios de dos grupos de datos. Esta diferencia se puede deber a dos escenarios: uno en el que la diferencia se debe a que realmente existe discrepancia entre las propiedades medidas a ambos conjuntos y un segundo escenario en el que esta diferencia solamente se debe a la variabilidad natural de los datos y en realidad no se puede afirmar con seguridad que las propiedades medidas sean diferentes (Montgomery, 2004).

El método de Tukey se utiliza para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los conjuntos de datos tomados. Para esto, Minitab toma a todos los datos obtenidos y calcula los promedios y las desviaciones estándar de todos los conjuntos de datos. Luego, el software utiliza estas dos informaciones para calcular las posibles diferencias entre cada par de datos (Montgomery, 2004).

Por ejemplo, se tiene un conjunto de datos A con promedio de 10 y desviación estándar de 2 y un segundo grupo de datos B con promedio de 4 y una desviación estándar de 0,5. Por lo tanto, los valores de A se espera que estén contenidos entre 6 y 14 con un nivel de confianza de 95%. Esto se debe a que en una distribución normal el 95% de los datos distan menos de dos desviaciones estándar del promedio. De la misma manera, se establece que los datos de B estarían contenidos entre los valores de 3 y 5. Ahora el programa

calcularía todas las posibles diferencias entre los datos efectuando restas entre cada par de valores incluido dentro los intervalos mencionados. A nivel práctico, basta con ejecutar restas entre los valores límites de estos intervalos. Para el ejemplo desarrollado, se restaría 14-5, 14-3, 6-5 y 6-3 y se obtendría que las diferencias podrían ser de 9, 11, 1 o 3. La interpretación correcta de estos resultados es que la diferencia entre las muestras está incluida en el intervalo que va desde 1 hasta 11 con un nivel de confianza de 95%. Este intervalo no incluye al número 0. Por lo tanto, se puede afirmar estadísticamente que las muestras son diferentes, ya que la diferencia entre ellas jamás puede ser cero.

En los gráficos de diferencias de Tuckey, se dibuja al rango posible para la diferencia entre cada par de grupos de datos. En el ejemplo desarrollado, se graficaría un intervalo desde 1 a 11. Si este rango incluye el 0, se estaría indicando que la diferencia entre dos conjuntos puede ser 0 y, por lo tanto, no se puede afirmar que éstas sean diferentes. Por el contrario, cuando el intervalo graficado no incluye al valor de 0, se puede afirmar con autoridad que los dos grupos de datos sí tienen propiedades diferentes. La visualización de esto se facilita dibujando una línea horizontal en la posición $x=0$ de las gráficas. Así, si el rango interseca a esta línea, se dirá que la diferencia no es significativa, mientras que, si no la interseca, se afirmará que las diferencias son significativas.

Metodología

Con el fin de obtener conclusiones comparativas sobre la calidad de las telas de dos proveedores se realizó a muestras de las mismas diversos ensayos que permiten cuantificar sus características de interés. Éstas fueron realizadas tanto en las instalaciones de Amoena como en las del Instituto Tecnológico de Costa Rica y del Centro Nacional de Alta Tecnología.

Como sujeto de análisis para cada prueba se seleccionó al estilo 4WF de la compañía Taubert Brothers y al 96420 en representación de Darlington S.A ya que el precio de dichos productos es similar y se les considera como la versión de cada compañía de la misma calidad de tela. Además, se decidió trabajar con dos colores de cada tela para observar las variaciones que cada una pueda presentar al variar los colores teniendo en cuenta que las telas de un mismo estilo y diferentes colores deben responder a la misma ficha técnica y, por tanto, sus propiedades deben corresponder con las indicadas dentro de las especificaciones. Para esto se decidió utilizar a los colores negro y coñac en ambos proveedores de manera aleatoria.

Finalmente, se le dio un tratamiento estadístico básico a los datos con el uso de Minitab para determinar la significancia estadística de cada variación observada y se construyó un Tabla comparativa donde se le da un peso proporcional a su importancia a cada característica analizada y se determina, según ese criterio, cuál es la mejor compra.

Las pruebas realizadas se reportan a continuación en el orden en el que fueron llevadas a cabo. Sus principales objetivos, la forma en que se ejecutaron y los criterios bajo los que se realizó su diseño se describen con más detalle en el apartado de Anexos.

1. Inspección Visual de las telas

De manera visual se inspeccionó el 20 % de las telas de estos proveedores que entraron a la empresa durante tres meses. La inspección visual consta de varias partes, las cuales serán descritas en el Anexo 1.

La cantidad de tela inspeccionada fue de 2750 yardas de cada proveedor. Ninguna de estas requirió más preparación que sacar a cada bobina de la bodega y situarla sobre el sistema dispensador.

2. Pruebas de combustión.

Se realizó pruebas de combustión a 2 muestras cuadradas de cada tipo de tela como una manera de identificar sus componentes. Las pruebas fueron realizadas utilizando la llama de acetileno del Taller de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Las muestras fueron trozos de tela de 15 centímetros de lado. Otros criterios de la prueba se muestran en el Anexo 2.

3. Pruebas de solubilidad

Una vez identificados los principales componentes presentes en cada tela, resulta relativamente sencillo cuantificar estos contenidos sustrayéndolos del tejido. Para esto, se debe utilizar solventes que disuelven de manera selectiva a los compuestos, realizar la disolución y luego recuperar el material disuelto para estimar su peso.

Los solventes seleccionados fueron soluciones de ácido clorhídrico al 20 % y ácido sulfúrico al 70 %. En ellas se dispuso una muestra cuadrada de cada tipo de tela durante 3 horas. Tras este período, se pesó a la filtración de cada solución con una balanza analítica y se calculó la composición aproximada de la tela a través de estos resultados. En el Anexo 3 se explica un poco más sobre el diseño de las pruebas y la información necesaria para interpretar sus resultados.

4. Microscopía electrónica de barrido

Como una alternativa a la identificación cualitativa por pruebas de combustión, que es un método poco depurado y preciso, se procedió a observar las fibras en el microscopio electrónico de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ITCR, y compararlas con las registradas en normas para tratar de identificarlas y observar algunas características como el tamaño y la distribución de sus poros.

Para esto, fue necesario destejer a las telas con una solución de ácido clorhídrico en la que se les sumergió por 18 horas tras las cuales éste fue evaporado. Las telas fueron entonces recubiertas con una aleación de oro y paladio antes de ser introducidas al microscopio para dotarlas de conductividad eléctrica superficial. La deposición se realizó en el laboratorio de nanotecnología del ITCR. En este mismo laboratorio, se tomó las micrografías utilizando el microscopio Hitachi TM 3000 con un voltaje de aceleración de 5000 V y una distancia de trabajo de 6 mm.

5. Pruebas de lavado

Estas pruebas consisten básicamente en realizar tres ciclos de lavado y secado en condiciones extremas a las telas y determinar los cambios dimensionales que éstas hayan sufrido. Para esto, se tomó 72 muestras de cada tipo de tela (36 cortadas a lo ancho y 36 a lo largo) y, con corrector líquido, se dibujó un par de puntos 5 o 10 pulgadas entre sí. Y se les realizó los tres ciclos de lavado y secado descritos en el Anexo 4.

Una vez terminados los tres ciclos de lavado y secado, se dejó a las muestras acondicionar durante 16 horas tras las cuales se volvió a medir las distancias entre los puntos.

6. Pruebas de tensión.

Se utilizó el tensiómetro Z25 Zwick Roell del laboratorio de Amoena para realizar estas pruebas. Este instrumento es calibrado una vez al año por un ente externo para garantizar su óptimo desempeño. En él se realizó pruebas de tensión a 6 probetas de cada tela (3 tomadas según el largo y 3 según el ancho). Éstas fueron cortadas de acuerdo con la especificación del proveedor para cada tela y sujetadas a ambos extremos del tensiómetro por medio de mordazas. Cada prueba realizada constó de tres ciclos sucesivos de los cuáles sólo se tomó los resultados del último mientras que los otros dos funcionaron como acondicionamiento.

En cada ciclo, se aplicó una fuerza máxima de 10 N a la muestra para estirla a una velocidad de 500 milímetros por minuto. Se registró como resultado a las elongaciones producidas durante el tercer ciclo de aplicación de la fuerza y como resultado final o variable de respuesta a la cantidad de elongación alcanzada tras la aplicación de los 10 N al finalizar el tercer ciclo.

7. Prueba de decoloración por fricción

En su uso diario, es muy común que la ropa interior sufra de esfuerzos por fricción debido a su rozamiento constante con la vestimenta exterior y el cuerpo de la mujer. Por esta razón, se decidió ejecutar una prueba estandarizada para estimar la resistencia de las prendas a perder su color debido a este contacto y además transferirlo a otros objetos.

Para esto, se extrajo tres muestras de cada variación de tela cinco días diferentes. Una de las cuales fue expuesta a fricción húmeda mientras que las otras dos lo fueron a fricción seca. A ambas se les dio básicamente el mismo tratamiento con la diferencia de que a la muestra para fricción húmeda se le aplicó agua destilada hasta que su peso incrementara en un 65 %.

Las muestras extraídas tenían como dimensiones 130 y 50 milímetros y fueron cortadas en un ángulo de 45 grados respecto a los lados de la tela para eliminar la anisotropía de los resultados.

Luego de preparar las muestras, se les colocó junto con un trozo de algodón blanco calidad patrón dentro del fricciómetro AATCC modelo V238AA. Este aparato consiste en par de lijas que se desplazan de un lado a otro mientras ejercen presión sobre lo que se introduzca entre ellas. Así se dispone a la muestra en contacto con el algodón y se ejecutan 100 ciclos de desplazamiento de un lado hacia otro propiciando que el color pase de la muestra al algodón blanco. Posteriormente, se extrae la muestra y el algodón y se mide el tono adquirido por el algodón o se compara con patrones

previamente establecidos por la Asociación Americana de Textiles. Esto arroja un valor de 1 a 5 para el nivel de decoloración sufrido.

8. Análisis termogravimétrico y de calorimetría diferencial.

A partir de análisis termogravimétricos, se buscó determinar la composición exacta de las telas y comparar esta información con los resultados obtenidos de las pruebas de solubilidad que son pruebas más difíciles de ejecutar, por lo que implican una mayor incertidumbre y se limitan a detectar los componentes uno a la vez. Por esta razón, con las pruebas de solubilidad, no es posible notar diferencias en los colorantes u otros aditivos que contengan las telas mientras que con TGA esto sí sería factible. Para este análisis, se utilizó el equipo SDT Q600 del Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se hizo un calentamiento lento en una atmósfera inerte (de nitrógeno). Las muestras utilizadas fueron de 10 microgramos aproximadamente y se les llevó a 630 grados Celsius a una tasa de 5 Kelvin por minuto utilizando como gas de reflujo nitrógeno a 20 ml/ minuto.

9. Prueba de decoloración por agua destilada

Las telas también pueden sufrir decoloración debido al contacto con solventes comunes como el agua que se utiliza para lavarlas u otras más ácidas y agresivas como la transpiración humana. Estas situaciones se intentan simular con las siguientes pruebas de decoloración.

En la que se realiza para simular el lavado, se cosió a las muestras con una tela multifibra número 10 en uno de sus extremos y se dispuso al ensamble en un plato Petri sobre el que se vertió agua destilada y se dejó en reposo durante 45 minutos. Posteriormente, se presionó a las muestras con una varilla de vidrio de modo que permanecieran en el fondo del plato y absorbieran a la solución. Luego, se tomó a las muestras una a una y se dejó gotear sobre la pared de un beaker hasta que las gotas se tardaran más de 10 segundos en producirse. Una vez que se hizo esto a 21 muestras, se colocó a la muestra sobre un acrílico y sobre ellas se puso un bloque de cromo de 4 kilogramos. Se les dejó en este estado durante 6 horas y, luego, se les introdujo a una estufa a 38 grados Celsius durante 6 horas. Finalmente, se dejó las muestras en reposo por un día más tras el cual se realizó la estimación de la transferencia de color de cada tela a la multifibra de una manera análoga a la descrita en la prueba de decoloración por fricción.

10. Prueba de decoloración por agua de mar.

Esta prueba se realizó de la misma manera que la anterior con la variación de sustituir al agua destilada por una solución artificial de agua marina para cuya confección bastó con introducir 300 g de cloruro de sodio

y 50 g de cloruro de magnesio anhidro en un balón aforado rellanado con agua destilada hasta un litro de volumen.

11. Prueba de decoloración por transpiración.

Esta prueba también corresponde a una variación de las dos anteriores por lo que su procedimiento es muy similar. En él, solamente se sustituye al agua destilada por una solución artificial del fluido secretado por glándulas sudoríparas humanas para cuya confección se introdujo 10 g de cloruro de sodio, 1 g de fosfato ácido de sodio, 1 g de ácido láctico y 0,25 g de cloruro de L-histidina en balones aforados rellanado con agua destilada hasta un volumen de 150 mililitros.

12. Prueba resistencia a la formación de pilling

Se simuló a nivel de laboratorio el proceso de formación de pilling debido a su uso utilizando un equipo especializado llamado pilling tester. El funcionamiento de este equipo se describe en el Anexo 5.

Para estas pruebas, se tomó 3 muestras por cada tipo de tela con dimensiones de 10,5 cm cuadrados tomadas en ángulo de 45 con los lados de la tela. La prueba se realizó en concordancia con la norma ASTM D 3512 y, tras su finalización, el grado de pilling se determinó por comparación con estándares registrados en fotografías de la norma.

13. Gramaje

La masa de la tela por unidad de peso es un factor importante en la determinación de la cantidad, el costo y la calidad de la misma. En las pruebas de gramaje realizadas a estas telas, simplemente se pesó a muestras de dimensiones conocidas en una balanza analítica. Se hizo esta medición a 80 rodajas de cada tela con el fin de observar su variación entre sí y con respecto a las demás.

Es importante señalar que todas las pruebas anteriores debieron ser realizadas bajo condiciones de temperatura, presión y humedad estándar debido a que la mayoría de los componentes de las telas son capaces de absorber y retener agua por lo que las mediciones serán diferentes si se hacen en otras condiciones a las que se hizo las de la especificación. Además, en todos los casos fue necesario dar un periodo de acondicionamiento a las muestras para que estabilizaran la cantidad de agua o vapor que contuviesen previamente. El periodo de acondicionamiento necesario depende básicamente de la absorbancia del tejido como lo muestra la siguiente Tabla. (Stilinsky, 2004)

Tabla 1 Período mínimo de acondicionamiento para diferentes fibras (Stilinsky, 2004)

Fibra	Período mínimo (horas)
Fibras Animales muy absorbentes	8
Fibras Vegetales medianamente absorbentes	6
Fibras viscosas	8
Fibras con menos de 5 % de absorbencia	2
Fibras de acetato	4

La absorbencia de un tejido depende mayoritariamente de su identidad química como lo muestra la Tabla 6. Sin embargo, se partió del hecho de no conocer a priori la composición de ninguna de las telas por lo que se utilizó el tiempo de acondicionamiento más largo posible correspondiente a 8 horas pues este cubriría el peor de los casos. En realidad, el acondicionamiento que se dio a muchas muestras fue aún mayor porque usualmente se dejaban en la tarde para iniciar a trabajar sobre ellas la mañana siguiente.

Tabla 2. Absorbancia de agua de distintas fibras. (Stilinsky, 2004)

Fibra	Absorbancia (% de volumen)
Algodón	7-11
Nylon	4-5
Acrílico	1,3-2,5
Spandex	0,75-1,3
Poliéster	0,4-0,8

Resultados y su análisis

1. Inspección visual de las telas.

Para cada una de las bobinas inspeccionadas se construyó una Tabla como las presentadas en los Anexos 6, 7, 8 y 9. Debido a su cantidad y nivel de repetición, solo se muestra, en los anexos, dos de reportes de inspección visual para cada tipo de tela. En dichas Tablas se anotó las características visuales de cada bobina iniciando por su longitud, ancho y elongaciones manuales para llegar a una sección en la que se anotaba cada defecto que se encontraba en la bobina junto a la yarda en la que se encontraba el defecto. En la Figura 8, se muestra una copa de brassiere que fue confeccionada con una tela que incluía un defecto puntual pequeño. Como se puede observar en esta misma figura, la presencia de ese defecto en una de sus copas hace completamente inútil a toda la pieza pues ningún cliente optará por comprar un sostén defectuoso y de mala apariencia cuando puede comprar uno sin defectos y que luzca bien.



Figura 8. Copa confeccionado con una tela defectuosa

Antes de realizar la inspección visual de las telas, se debe tener cierto grado de familiaridad con los tipos de telas que se va a observar y el tipo de defectos que se presenta en ella. De lo contrario, se podría pasar por alto algunos defectos o se podría catalogar como defectos a características inherentes de la tela que, en realidad, no lo son. Para esto, en la Figura 9 se muestra a las telas de Darlington y Taubert color coñac en su estado óptimo. En ellas, se observa que la tela de Taubert, situada a la derecha, presenta un patrón de relieve mientras que la de Darlington es completamente lisa. Esto deberá ser tomado en cuenta a la hora de inspeccionar a las muestras pues irregularidades en el patrón de relieve son una característica a la que se debe poner atención

en la tela de Taubert, por ejemplo, mas no en la de Darlington. Además, la Figura 9 sirve para reconocer los tonos aceptados como coñac, pues la concordancia de color también forma parte de la inspección visual. Para esto se tiene una serie de estándares de tela de colores aceptados con los que se compara visualmente a las telas provistas y, posteriormente, se lleva a cabo un análisis con un espectrómetro de color que no fue incorporado a este proyecto debido a su falta de funcionamiento durante el desarrollo del mismo.

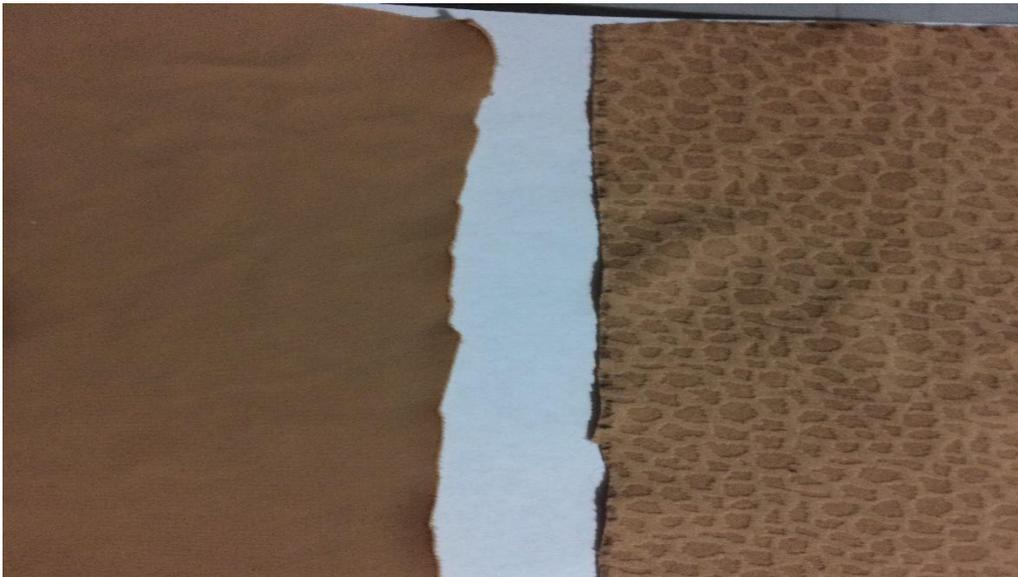


Figura 9. Apariencia óptima de las telas de Darlington (izquierda) y Taubert (derecha) en color coñac

La presencia de un defecto como el de la Figura 9, sin embargo, no es suficiente justificación para que se rechace una bobina que lo incluya pues esto no sería práctico. El procedimiento adecuado consiste, en lugar de rechazar todo el lote, en separar y desechar las zonas defectuosas y trabajar con el resto de la bobina siempre y cuando la zona defectuosa no sea demasiado grande, por supuesto. Para establecer este criterio de cuándo la cantidad de defectos es tan alta que se debe rechazar a toda la bobina se estableció un sistema en el que a cada defecto se le dio un puntaje según su tamaño y severidad y se le marcó para ser removido de la tela a la hora de realizar los cortes para confeccionar las piezas.

En las telas inspeccionadas se encontró diversos defectos de todas las posibles calificaciones. En la Figura 10, se muestra un defecto de máximo puntaje (4) encontrado en una bobina de la tela Darlington en color negro debido a su tamaño superior a 10 pulgadas. Éste consiste en una rasgadura de 32 centímetros que fue muy fácil de localizar al hacer pasar a la tela por la mesa iluminada como la que se puede observar en la Figura 11. En esta figura se está verificando el ancho de una bobina de tela Taubert color coñac.

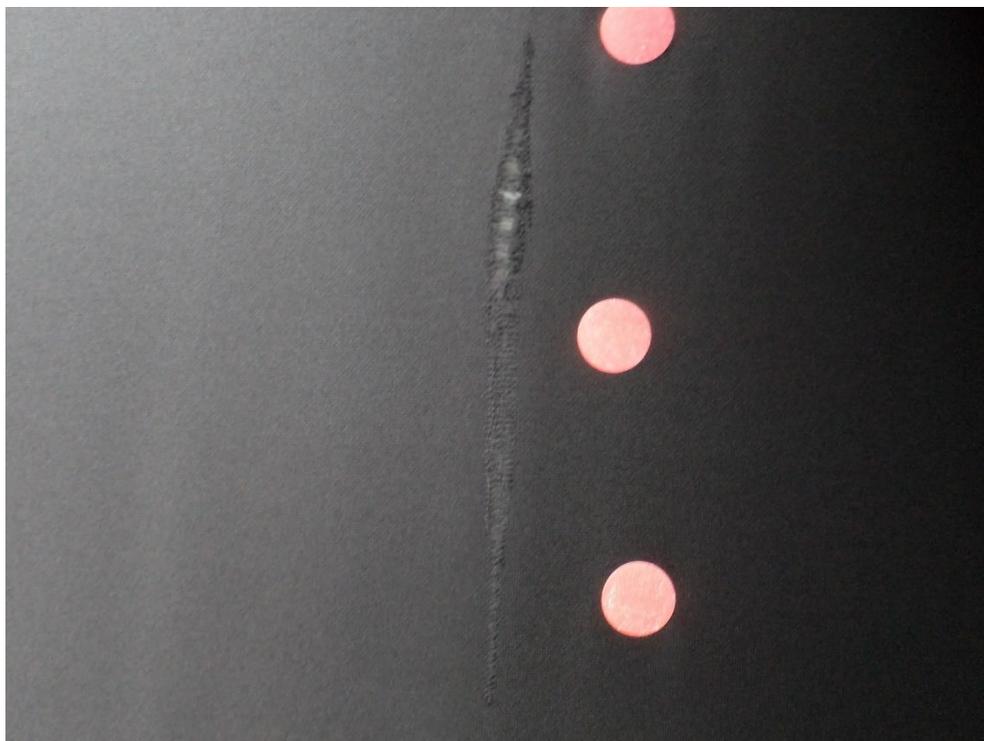


Figura 10. Rasgadura de 4 puntos encontrada en una bobina de tela negra del proveedor Darlington



Figura 11. Verificación del ancho de una bobina de tela Taubert color coñac

Otros defectos observados en las telas de Darlington fueron huecos como el mostrado en la Figura 12, "picks, y puntos como los que se observa en las Figuras 13 y 14. Por su tamaño, la mayoría de estos defectos fueron catalogados como de 1 o de 2 puntos.



Figura 12. Hueco de 1 punto encontrado en una bobina de tela Darlington color blanco



Figura 13. Puntos de colores distintos encontrados en una bobina de tela Darlington color blanco.



Figura 14. Puntos de color rojo encontrados en una bobina de tela Darlington color blanco.

En las bobinas de Taubert, también se encontró defectos. Éstos correspondían principalmente a puntos de diversos colores y usualmente de mayor tamaño que los presentes en la tela de Darlington por lo que sus puntajes solían ser 2 o 3. Ejemplos de esta situación se muestran en las Figuras 15 y 16.

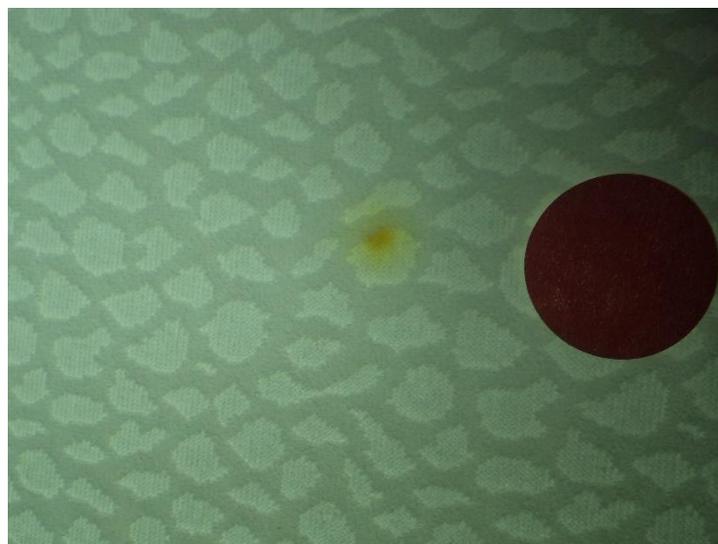


Figura 15 Punto de color amarillo encontrado en una bobina de tela Taubert color blanco.



Figura 16 Puntos de color rojo encontrados en una bobina de tela Taubert color blanco.

En total, se revisó 2 750 yardas de cada proveedor y se encontró una razón de 0,26 puntos por yarda para las telas de Darlington y de 0,34 para la tela Taubert. Ambas razones son calculadas simplemente dividiendo el puntaje total de los defectos encontrados en las telas entre la cantidad de yardas inspeccionadas y resultan aceptables por lo que este factor no será decisivo en la selección del proveedor. Sin embargo, la superioridad del proveedor Darlington en cuanto a presentar defectos con una menor combinación de frecuencia y severidad le da una leve ventaja que no será descartada en caso de que las demás características sean parejas.

2. Pruebas de Combustión

Las pruebas de combustión fueron realizadas en el laboratorio de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. A continuación, se presenta algunas de las fotografías tomadas durante la realización de los experimentos, así como el resumen de las observaciones realizadas.

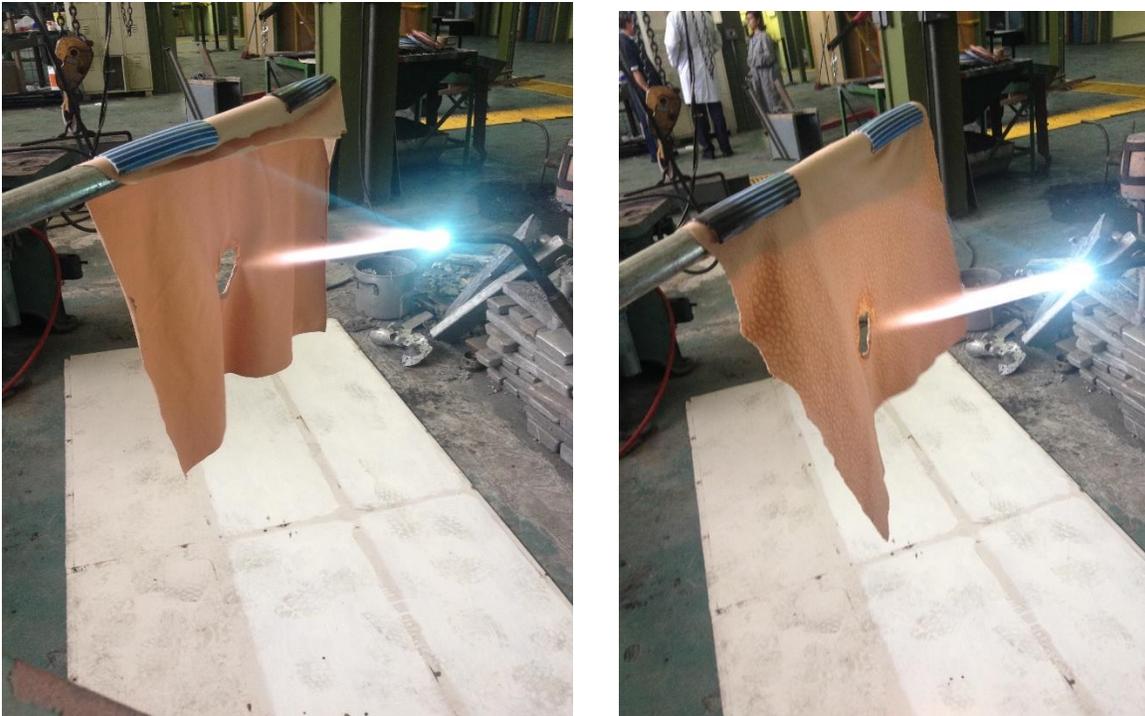


Figura 17. Muestras de tela Darlington (izquierda) y Taubert (derecha) color coñac antes de entrar en contacto con la llama.

Ambas telas color coñac presentaron un comportamiento similar conforme se les acercó a la llama. Éstas empezaron a fundirse antes de hacer contacto con la llama y tendieron a alejarse de la llama enroscándose en la dirección opuesta. No es evidente en la Figura 17, sin embargo, durante la realización de la prueba, se pudo observar que la tela de la derecha, la Taubert, tiende a enroscarse en mayor cantidad. Esto tiene sentido debido a que el comportamiento de enroscarse es característico de las poliamidas y éstas están presentes en un mayor porcentaje en las telas Taubert que en las Darlington.

El comportamiento de las telas color negro fue similar a diferencia de que éstas empezaron a arder antes de tocar a la llama. Conforme se iban calentando, las muestras empezaron a fundirse y poco después empezaron a arder a diferencia de las de color coñac que solo ardieron una vez en contacto directo con la llama. Lo anterior pareciera indicar que las muestras color negro son más

inflamables que las coñac y se puede observar en la Figura 18, donde aún no se ha llegado a poner a la llama en contacto con la tela y ésta ya ha iniciado a quemarse. La inflamabilidad es la característica de los materiales que indica la mayor o menor facilidad con que éstos se autoencienden bajo el efecto de presiones y temperaturas elevadas según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (2016). En este caso, el fenómeno de autoencendido se dio debido al calor proporcionado por el aire que rodea a la llama.



Figura 18 Muestra de tela Darlington color negra antes de entrar en contacto con la llama.

Una vez en la llama, todas las muestras empezaron a arder desprendiendo un olor similar y un humo poco denso. Ambas muestras negras ardieron de una manera más violenta que sus contrapartes en color coñac, otra vez sugiriendo que la tonalidad negra es más inflamable. Una vez retirada la llama, las probetas tuvieron un comportamiento diferente según su identidad.

Ambas probetas negras continuaron ardiendo y fundiéndose. La muestra de Darlington mostrada en la Figura 18 fue de las dos la que mantuvo las llamas más fuertes. Sin embargo, la diferencia fue pequeña. En instancias ocurrió para estas muestras negras que el calor provisto causaba que surgieran llamas secundarias en el área de las muestras separadas del área original.



Figura 19 Muestras de tela Darlington (derecha) y Taubert (izquierda) color negro luego de retirar la llama.

En el caso de las muestras color coñac, la diferencia entre telas es aún más notoria. Las telas de ambos proveedores continúan fundiéndose mientras que la llama se va a apagando. En la tela Taubert, la llama se apaga antes que en la Darlington. Las siguientes imágenes, presentadas en la Figura 20, fueron tomadas en el mismo momento para ambas muestras por lo que se puede observar como en la tela Taubert la llama está más cerca de apagarse que en la Darlington, sin embargo, en ambas ocurrirá la extinción de la llama debido a la ausencia del pigmento inflamable que se piensa que es el que causa las reacciones en las muestras negras.

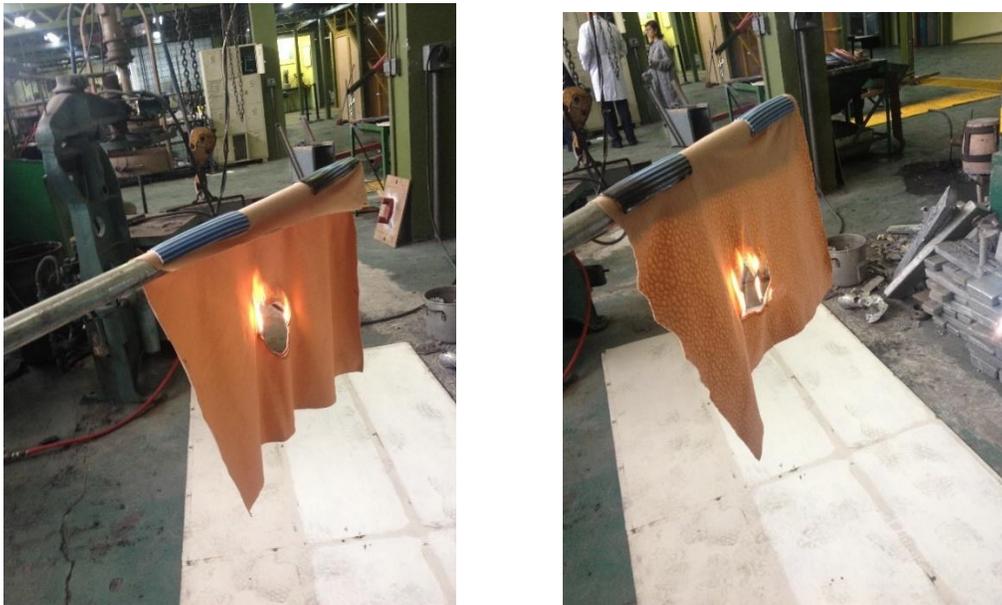


Figura 20 Muestras de tela Darlington (derecha) y Taubert (izquierda) color negro luego de retirar la llama.

Finalmente, se muestra, en la Figura 21, una imagen de las cenizas generadas por las muestras. Aquí, vale la pena señalar que la forma de las cenizas no dependió del proveedor de la tela ni, por tanto, de su composición principal sino de su color. Es decir, las probetas de cada proveedor aun cuando responden a la misma ficha técnica se comportaron de manera diferente y lo hicieron similar a sus equivalentes en color de otro proveedor aun teniendo fichas técnicas y composiciones diferentes. Es por esto, que se puede concluir que el factor dominante en las pruebas de combustión está siendo el pigmento y no la composición principal de la tela.



Figura 21 Ceniza generada por las pruebas de combustión de las muestras de ambos proveedores de color negro

En las Tablas 3 y 4, se presenta el resumen de las observaciones realizadas durante las pruebas de combustión.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de combustión a diferentes telas

Tela	¿Se derrite cerca de la llama?	¿Se quema en la llama?	¿Se esconde en contra de la llama?	¿Continúa quemándose?	Apariencia de la ceniza
Darlington Negro	sí	mucho	poco	siempre	Como un plástico quemado se vuelve a unir en secciones grandes al solidificar
Darlington Coñac	sí	levemente	poco	poco tiempo	gotas pequeñas y que no se vuelven a unir al solidificar en el piso
Taubert Negro	sí	mucho	mucho	siempre	Como un plástico quemado se vuelve a unir en secciones grandes al solidificar
Taubert Coñac	sí	moderadamente	mucho	poco tiempo	gotas pequeñas y que no se vuelven a unir al solidificar en el piso

Tabla 4 Continuación de los resultados de las pruebas a combustión a diferentes telas.

Tela	Al acercarse a la llama	En la llama	Al retirar de la llama	Olor
Darlington Negro	Se funde levemente y luego empieza a arder	Arde fuertemente Surgen llamas secundarias	Continúa Ardiendo hasta reducirse a cenizas	Caucho Quemado
Darlington Coñac	se funde y encoge levemente en contra de la llama	Arde se funde con facilidad	Arde por un tiempo y luego se apaga	Caucho Quemado
Taubert Negro	se funde levemente y encoge en contra de la llama. Luego empieza a arder	Arde fuertemente Surgen llamas secundarias	Continúa Ardiendo hasta reducirse a cenizas	Caucho Quemado
Taubert Coñac	se funde y encoge bastante en contra de la llama	Arde se funde con facilidad	Arde por un tiempo pero se apaga rápidamente	Caucho Quemado

El comportamiento mostrado en las Tablas 3 y 4 para cada muestra, sí concuerda en la mayoría de los aspectos con una ponderación de los comportamientos conocidos del nylon y spandex. Sin embargo, la correspondencia sólo es parcial pues la presencia de colorantes distorsiona los resultados. Además, dos muestras que responden a la misma ficha técnica presentan respuestas muy diferentes a la llama debido a su coloración. Por esta razón, se ha determinado que las pruebas de combustión no son una buena herramienta para realmente determinar la composición cualitativa de un tejido. Si no se hubiera tenido la información previa de las fichas técnicas, probablemente se hubiera pensado en la presencia de otras fibras y, aun teniéndola, los resultados no son claros ni confiables. Los resultados parecen indicar que los pigmentos contenidos en la tela color negro hacen a la tela inflamable o que los de la color coñac son más bien retardantes de la llama. Se buscará confirmar o complementar esta información con análisis termogravimétricos.

3. Pruebas de solubilidad.

De acuerdo a los comportamientos del nylon y el elastano en las pruebas de combustión, se pasó a cuantificar la presencia de cada una de estas fibras basándose en su interacción con algunos medios históricamente conocida. Como se puede observar en el Anexo 3, tanto el ácido clorhídrico como el sulfúrico, en las concentraciones correctas, tienen la capacidad de deshacer y disolver al nylon pero no al elastano. Por esta razón, se seleccionó a esas dos sustancias como solventes para las pruebas de solubilidad en las que se pesó trozos de tela de una pulgada cuadrada y se les introdujo en el solvente correspondiente. Pasado cierto periodo de tiempo, se removió al solvente por evaporación y filtración y se pesó al sólido restante que debía corresponder al spandex.

Las masas de las probetas utilizadas, correspondientes a la mezcla de elastano y nylon, se muestran en las Tablas 4 y 5, así como su masa después de la prueba. En las Tablas 6 y 7, se muestra la composición de las muestras que se estimaría a través de estos resultados.

Tabla 5. Masa de las muestras de Darlington antes y después de las pruebas de solubilidad

Prueba	Masa inicial ($\pm 0,0001\text{g}$)	Masa final ($\pm 0,0001\text{g}$)
Darlington negro en ácido sulfúrico 1	0,141	0,0076
Darlington negro en ácido sulfúrico 2	0,142	0,0091
Darlington negro en ácido clorhídrico 1	0,144	0,023
Darlington negro en ácido clorhídrico 2	0,14	0,0197
Darlington coñac en ácido sulfúrico 1	0,123	0
Darlington coñac en ácido sulfúrico 2	0,126	0
Darlington coñac en ácido clorhídrico 1	0,123	0,018
Darlington coñac en ácido clorhídrico 2	0,122	0,0167

Tabla 6. Masa de las muestras de Taubert antes y después de las pruebas de solubilidad

Prueba	Masa inicial (±0,01g)	Masa final (±0,01g)
Taubert negro en ácido sulfúrico 1	0,22	0,001
Taubert negro en ácido sulfúrico 2	0,2	0,0014
Taubert negro en ácido clorhídrico 1	0,21	0,054
Taubert negro en ácido clorhídrico 2	0,21	0,059
Taubert coñac en ácido sulfúrico 1	0,19	0
Taubert coñac en ácido sulfúrico 2	0,186	0
Taubert coñac en ácido clorhídrico 1	0,184	0,044
Taubert coñac en ácido clorhídrico 2	0,185	0,043

A partir de los datos de las tablas 5 y 6, se calculó la composición de cada muestra bajo la presunción de que solamente el nylon es soluble en los ácidos y que el spandex es completamente insoluble. Además, se supuso que las muestras solo estaban compuestas por esas dos sustancias. Por lo tanto, el contenido de elastano, o spandex, se calculó como la razón entre la masa final mostrada en las tablas 5 y 6 la masa inicial que también se muestra en las mismas tablas. El contenido de nylon fue calculado restando a la cantidad de elastano calculada para cada muestra de su 100%. Esos resultados, de composición, se muestran en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Composición de los tejidos según las pruebas de solubilidad en ácido sulfúrico

Muestra	Nylon (%)	Elastano (%)
Darlington Negro	94	6
Darlington Coñac	100	0
Taubert Negro	99,5	0,5
Taubert Coñac	100	0

Tabla 8. Composición de los tejidos según las pruebas de solubilidad en ácido clorhídrico

Muestra	Nylon (%)	Elastano (%)
Darlington Negro	85,2	14,8
Darlington Coñac	85,7	14,3
Taubert Negro	72,9	27,1
Taubert Coñac	76,2	23,8

Como se puede observar en la Tabla 7, las pruebas con ácido sulfúrico arrojan contenidos casi unitarios de nylon. Esto se debe a que el ácido consumió casi por completo a las telas una vez concluidas las pruebas. Este resultado no es real debido a que posteriormente se observó fibras de spandex durante las pruebas de microscopía y se evidenció su comportamiento durante las de combustión. El ácido sulfúrico es un ácido fuerte y bastante violento por lo que no resulta difícil comprender que haya disuelto a las telas aun cuando se suponía que no disolviera al spandex. En las pruebas, se utilizó ácido sulfúrico al 70% y se esperaba que este removiera al nylon y dejara al spandex intacto. Sin embargo, como se observó por microscopía electrónica, las fibras de spandex son sumamente pequeñas y están dispuestas en aglomeraciones que se distancian mucho una de otras. Por lo tanto, es posible que al ser expuestas al ácido no fueran lo suficientemente robustas como para soportar su ataque. Es de destacarse el hecho de que en las probetas negras se obtuvo mayor resistencia al ácido que en las de color coñac.

En la Figura 22, se muestra como después de 2 horas, es decir, dos tercios del tiempo total del experimento, ya toda la tela estaba disuelta y sólo permanecían en estado sólido trozos de los pigmentos utilizados. Los pigmentos de la tela color coñac eran menos voluminosos y densos ya que se podían mover con facilidad con el agitador y se juntaron formando una capa muy delgada que se observa en la Figura 22 y que posteriormente se disolvió en su totalidad. La cantidad de pigmento observada en la tela color negro fue mucho mayor. Ésta, como se observa en la misma figura, no se juntó para formar una capa antes de ser disuelta por completo, sino que adoptó forma de pelotas gruesas y difíciles de mover con el agitar de las cuales las más grandes pudieron resistir el periodo de la prueba antes de degradarse. Esta observación sobre la manera en que los pigmentos alteran los resultados de las pruebas de solubilidad es lo único que se puede extraer de las pruebas con ácido sulfúrico.



Figura 22. Muestras de la tela Taubert negra (izquierda) y coñac (derecha) en una disolución de ácido sulfúrico al 70% después de 2 horas.

Las pruebas con ácido clorhídrico, por otro lado, sí proporcionaron resultados más apegados a la realidad. Éstos se muestran en la Tabla 8 y también presentan la tendencia de que la tela negra, debido a su pigmentación es más resistente al ataque de ácido. Por lo tanto, se les asigna a las telas negras un mayor contenido de elastano (y menor de nylon) que a sus homólogas en color coñac. Esta diferencia no es una diferencia real en la composición de las muestras, sino que se trata de una limitación del ensayo, pues ambas telas deben contener cantidades muy similares de ambas fibras y variar su composición solamente en el contenido de colorantes. Tanto el contenido porcentual de nylon como el del elastano deben ser menor en las telas negras que en las coñac debido a su mayor contenido de colorante. Esto no es lo que los resultados de esta prueba demuestran y consiste en una de sus limitaciones pues sólo es capaz de distinguir entre los 2 componentes conocidos en la tela y a todo lo que no sea ninguno de esos dos lo cataloga como el que se comporte de manera similar.

El efecto del colorante sobre los resultados de las pruebas se puede observar claramente en la Figura 23, correspondiente a dos de las muestras después de una hora de iniciada la prueba mientras que la Figura 24 ilustra el funcionamiento de las pruebas con lo ocurrido después de dos horas. En la Figura 23, se puede observar cómo la probeta color coñac (a la izquierda) perdió rápidamente la mayoría de su coloración al ser inmersa en el ácido y consiste, tras una hora, en una débil y delgada capa de tela mientras que la probeta negra (derecha) aún tiene una consistencia importante y se mantiene coloreada. Después de una hora, las probetas negras como la mostrada en la Figura 23 ya han perdido parte de su coloración, pero aún lucen robustas y con cierta pigmentación que las mantiene unidas y las hace color azul. Esta pigmentación se va perdiendo poco a poco. Sin embargo, parte de ella sí llega a resistir la

totalidad de la prueba por lo que influye en los resultados como se observa en la Tabla 8.

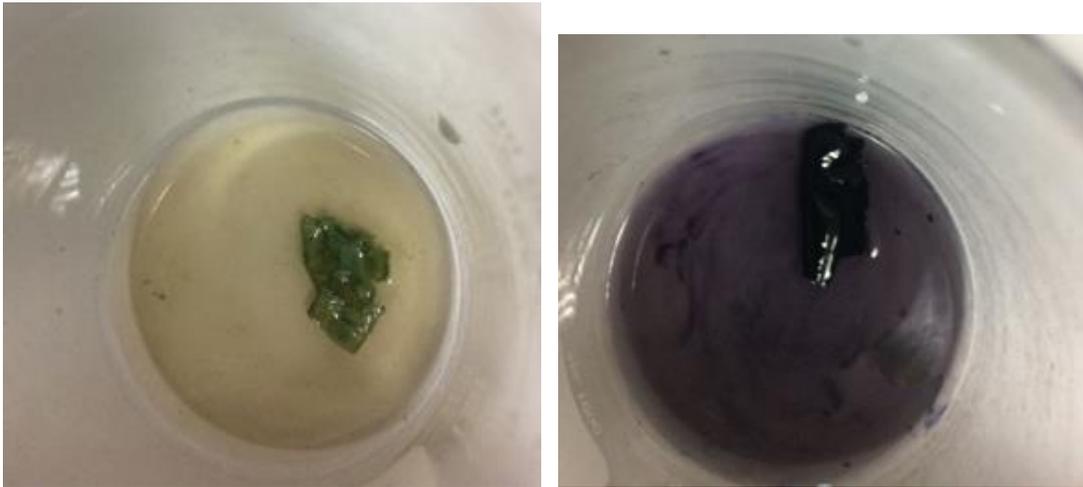


Figura 23. Muestras de tela Darlington en una disolución de ácido clorhídrico al 20 % después de 1 hora.

En la Tabla 8, también se observa que el contenido de elastano en las telas de Darlington es cercano al 14% mientras que en las de Taubert es de alrededor de 24 %. Estos valores deben tomarse solamente como aproximaciones de la composición real por todas las limitantes teóricas del ensayo, pero presentan un buen nivel de concordancia con lo especificado en las fichas técnicas de ambos materiales según las cuales las telas contienen elastano en un 14 y 23% respectivamente. Por esta razón, se concluye que estas pruebas sí son capaces de proveer aproximaciones confiables en tejidos de dos componentes conocidos y que las telas tienen una composición similar a la de especificación. Sin embargo, las pruebas tienen sus limitaciones y fuentes de error (debido a que se toma en cuenta a los colorantes y aditivos) por lo que, para efectos de este estudio, al menos, deberán ser confirmadas y complementadas con análisis termogravimétricos. Además, se observó que el ácido sulfúrico no es un buen solvente para realizar estas pruebas en combinaciones de nylon y spandex en las que el spandex esté en proporciones pequeñas y muy distribuido en el tejido de nylon.

Como se dijo anteriormente la Figura 24 ejemplifica el funcionamiento de las pruebas. En ella, se puede observar cómo el ácido va diluyendo el componente principal de la tela (el nylon) y a los colorantes y deja en sólido solamente a las fibras blancas y delgadas de spandex que se observa en la imagen.



Figura 24. Muestras de tela Darlington en una disolución de ácido clorhídrico al 20 % después de 2 horas

4. Microscopía electrónica de barrido.

A continuación, se muestra las micrografías tomadas a los tejidos de cada tela. En primera instancia, se intentó observar hilos individuales de cada tipo de tela (nylon y spandex) para tener una buena idea de cómo se ven antes de intentar identificarlos dentro de la tela. El montaje de estos hilos supuestamente individuales en el porta-muestras se puede observar en la Figura 25.



Figura 25. Disposición de hilos supuestamente individuales dentro del porta-muestras del microscopio electrónico de barrido

Como se observa en la Figura 25, los hilos parecen consistir en fibras individuales a simple vista e incluso se comportaban como una unidad a estirarlos y manipularlos. Sin embargo, al observarlos en el microscopio, la realidad resultó ser diferente. En la Figura 26, se observa como en realidad estas fibras estaban formadas por varios hilos agrupados de manera paralela. Esta agrupación debió ser un proceso previo a la etapa de tejido en la que los enlaces entre hilos o grupos de hilo se dan por atrapamiento mecánico. Este no parece ser el caso en la agrupación observada ya que no las fibras no parecen estar enredadas entre sí, sino descansar una sobre a manera de pila que probablemente se mantiene unida por un aglomerante más que por tensiones mecánicas.

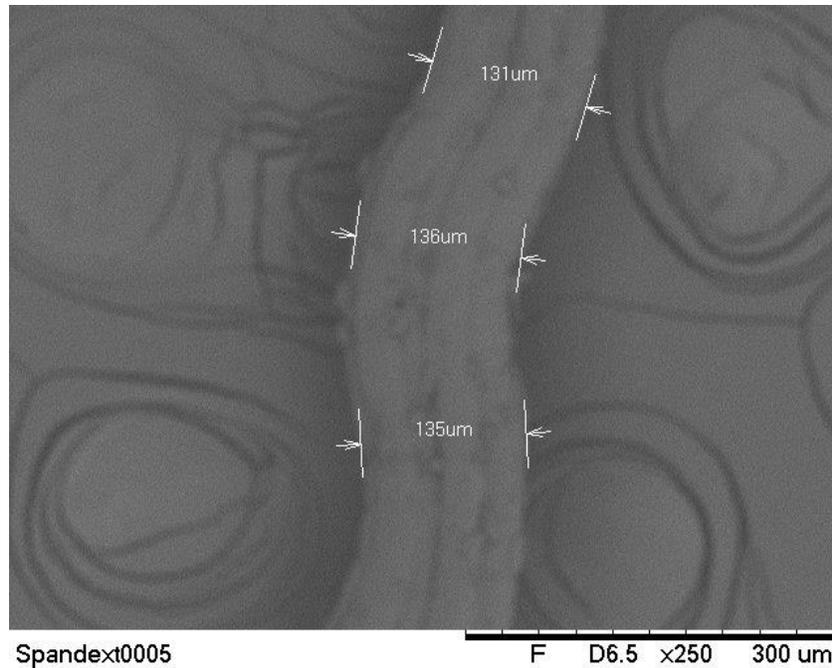


Figura 26. Micrografía a baja magnificación (250x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert

El grosor de los conjuntos hilos de elastano fue estimado como de 135 micrómetros en promedio para las fibras que se logró enfocar adecuadamente. Según la ficha técnica de la tela Taubert, mostrada en la Figura 2, las dimensiones de las fibras de elastano incluidas en ella pueden ser de 40 o 160 denier mientras que su densidad es de 250 gramos por metro cuadrado, es decir $2.77778E-8$ gramos por mililitro de manera ponderada. La densidad de las fibras de elastano puede ser calculada a partir de este valor y de la composición reportada de la tela. Esto quiere decir que, según la ficha técnica, el diámetro esperado de las fibras es de alrededor de 40 o 10 micrómetros según el tipo de elastano que se haya extraído.

Este valor no concuerda con el del conjunto de fibras observado a 500 aumentos en la Figura 26, sino que lo hace con las fibras individuales observadas a una magnificación media como se muestra en la Figura 27. En esta figura, y en el resto de las micrografías que se tomó a esta magnificación, se continuó observando a las fibras aglomeradas pero se logró medir el diámetro de algunas y se determinó su promedio como de 38,6 micrómetros; por lo que el tejido sí cumple con esta sección de la especificación.

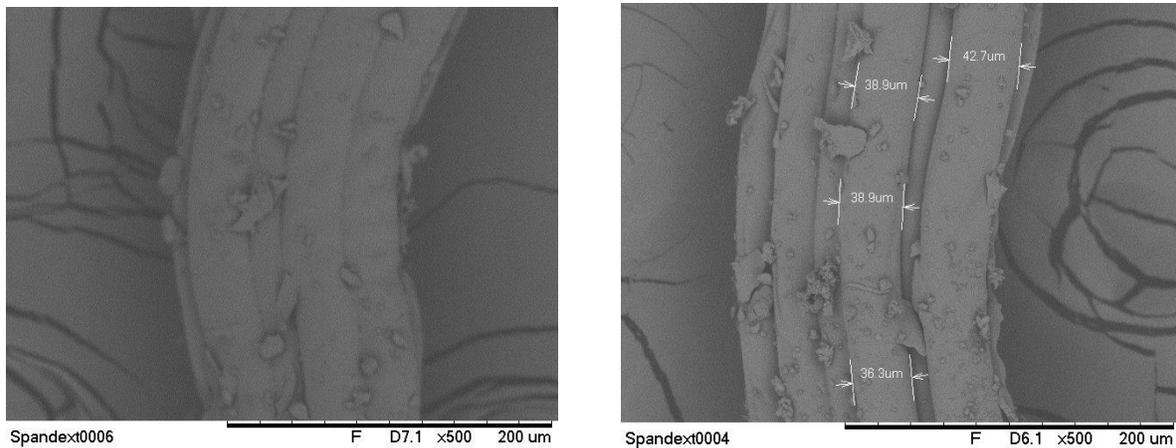


Figura 27. Micrografías a media magnificación (500x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert

Desde la magnificación de 500x, ya se observaba cierto nivel de daño en las fibras que no se pensaba que correspondiera al daño sufrido durante la extracción ya que ésta se hizo de manera cuidadosa y después de varias sesiones de práctica. Un nivel de daño como el observado sería inaceptable para una tela es estado de suministro. Por lo tanto, se decidió tomar más micrografías a magnificaciones más altas y ejemplos de éstas son los que se muestran en la Figura 28. En estas imágenes se observa que en realidad las fibras están prácticamente ilesas y que la morfología de los defectos que se sitúan por todas partes sobre ellas corresponde a la de partículas de suciedad y no necesariamente a rasgaduras o huecos en la fibra.

Al medir el diámetro de las imperfecciones, se encuentra un rango de tamaño que sí concuerda con lo reportado para partículas de grasa en tela debido a su manipulación por lo que se concluye que no se ha observado daños en la tela, sino suciedad en ella. En la imagen de la derecha, sin embargo, sí se logra ubicar un defecto inherente a la tela que se encierra en color naranja.

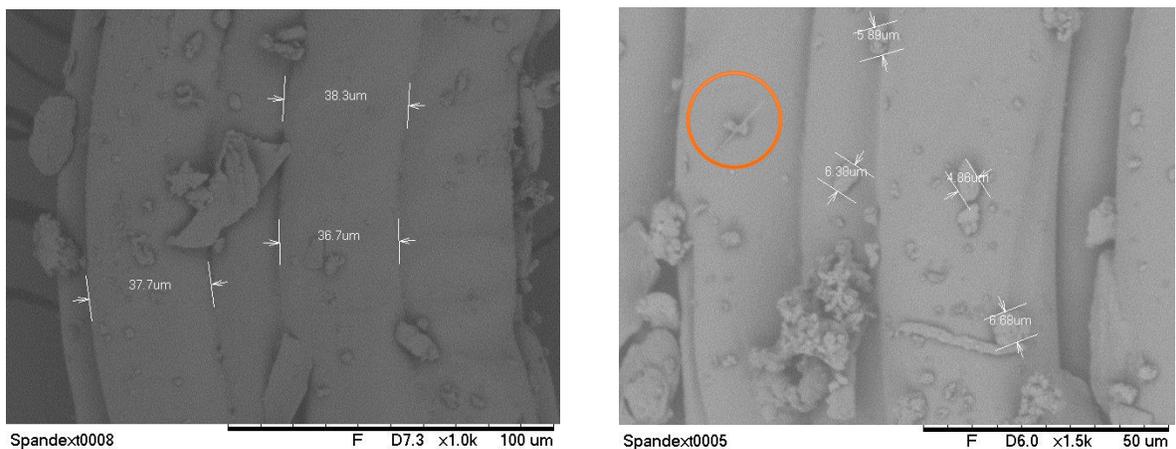


Figura 28 Micrografía a altas magnificaciones (1000 y 1500x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert

Las fibras de nylon, eran mucho más delgadas que las de elastano. Por esta razón, no se intentó obtener hilos separados de nylon; sino que se separó conjuntos de ellos esperando que el microscopio pudiera permitir observarlos de manera individual debido a que estos no se mantenían unidos como lo hizo el elastano. Esto se muestra en la Figura 29, correspondiente a una micrografía del nylon de baja magnificación. Como se puede ver, los hilos no descansan uno sobre otro con gran cohesión. En su lugar, se encuentran entrelazados pero se podrían separar uno de otros fácilmente pues el enlaces parece ser un simple entrecruzamiento mecánico y no de ninguna otra naturaleza.

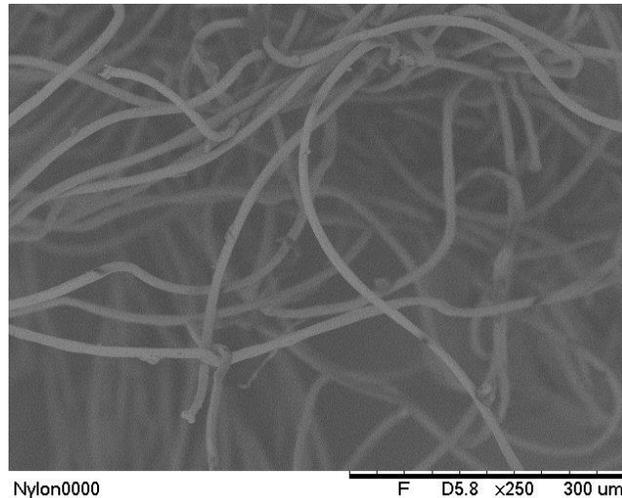


Figura 29. Micrografía de baja magnificación (250x) de un conjunto de fibras de Nylon.

Utilizando aumentos más altos, como las mostradas en la Figura 30 (1500 y 1800 x), se logra el objetivo de observar a las fibras en su estado original. La densidad de defectos observada en estas fibras fue baja y su diámetro promedio fue estimado como de 11.3 micrómetros. Esto también concuerda con la especificación, según la que se esperaba fibras de 12 a 13 micrómetros.

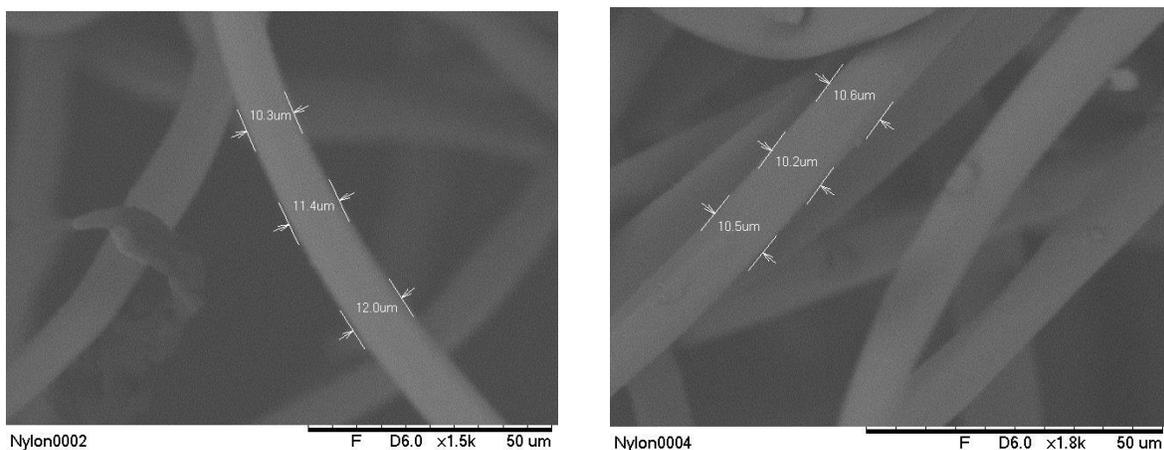


Figura 30. Micrografías de alta magnificación (500 y 1800x) de un conjunto de fibras de Nylon.

Posteriormente, se pasó a tomar micrografías de las telas en su estado de suministro. La Figura 31 muestra a la estructura de un tejido de Darlington. Este consiste en un Jacquard muy ordenado en el que sólo se distingue un tipo de tela que posiblemente sea el Nylon debido a que es el que se encuentra en mayor cantidad. Se piensa que el spandex se ubica debajo del Jacquard observado dispuesto de manera transversal. El gran grado de orden y uniformidad del tejido dota a la tela de su apariencia lisa que se observa en la Figura 31 ya que todos los hilos están atados y a la misma altura.

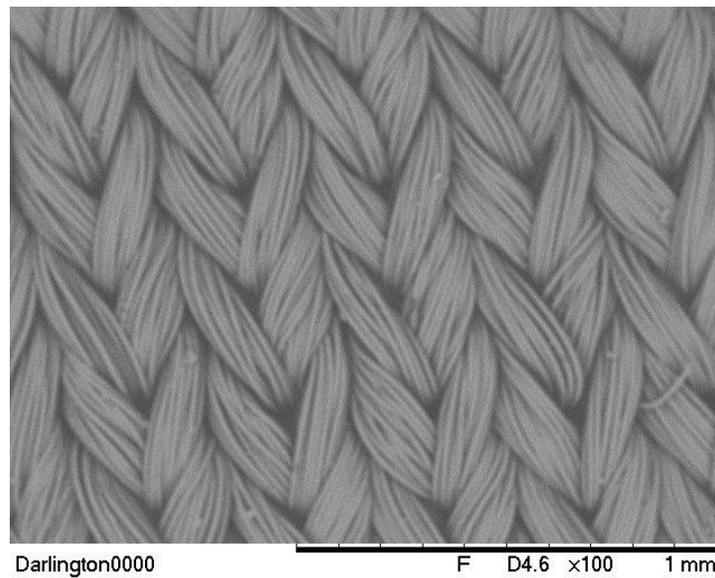


Figura 31. Micrografía de baja magnificación (100x) de un tejido de Darlington



Figura 32. Apariencia de un tejido provisto por la compañía Darlington

Al utilizar aumentos más altos, como en la Figura 33, se sigue observando solamente el nylon pero ahora se percibe cierta separación entre las fibras y se nota que éstas no están aglomeradas de manera paralela como lo estaba el spandex, sino que se mantienen unidas debido al tejido. De aquí, que se espere que exista cierta tensión en las fibras que, como se explicará más adelante, causará que esta tela sufra de mayores distorsiones dimensionales al lavarse y relajar esos esfuerzos. Se logró medir el diámetro de varias fibras de este nylon y el valor promedio concuerda con el de la especificación y es de 16,4 micrómetros. Se observó una densidad de defectos baja con la presencia de algunas marcas tipo arañazo y otras que parecieron ser suciedad.

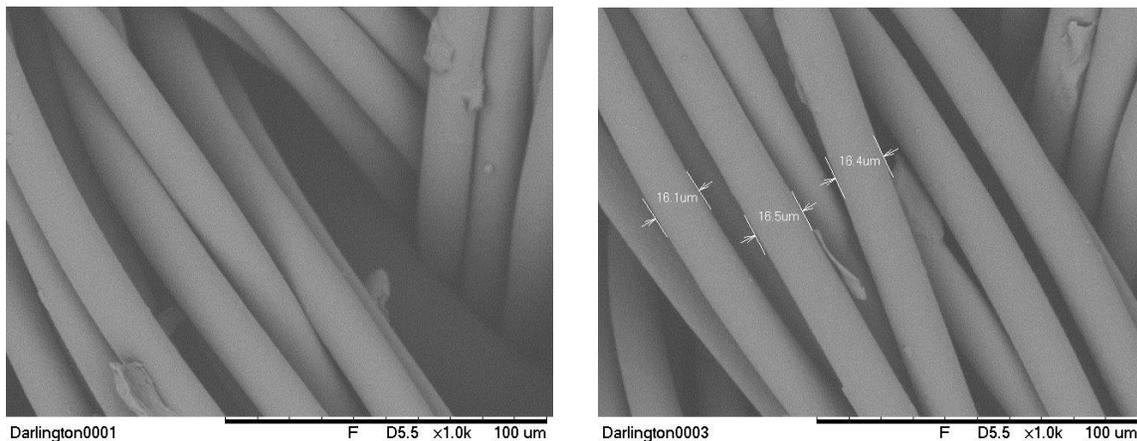


Figura 33. Micrografías de alta magnificación (1000x) de partes de un tejido de Darlington.

En ninguna de las imágenes anteriores se logró observar a las fibras de spandex. Por esta razón, se decidió ir halando una a una las fibras de nylon para revelar al spandex que las atravesaba. Esto se muestra en la Figura 34. A simple vista, sí se logró observar la tela de spandex debido a que esta era de otro color. Una vez insertada en el microscopio, sin embargo, fue difícil localizarla dentro de las telas de nylon deshilachadas y no se pudo observar de manera completa. De cualquier forma, en la Figura 34, sí se lo logra apreciar la presencia de una fibra más delgada que las demás. Ésta corresponde al spandex y está señalada por una flecha roja para resaltarla en la Figura 34.

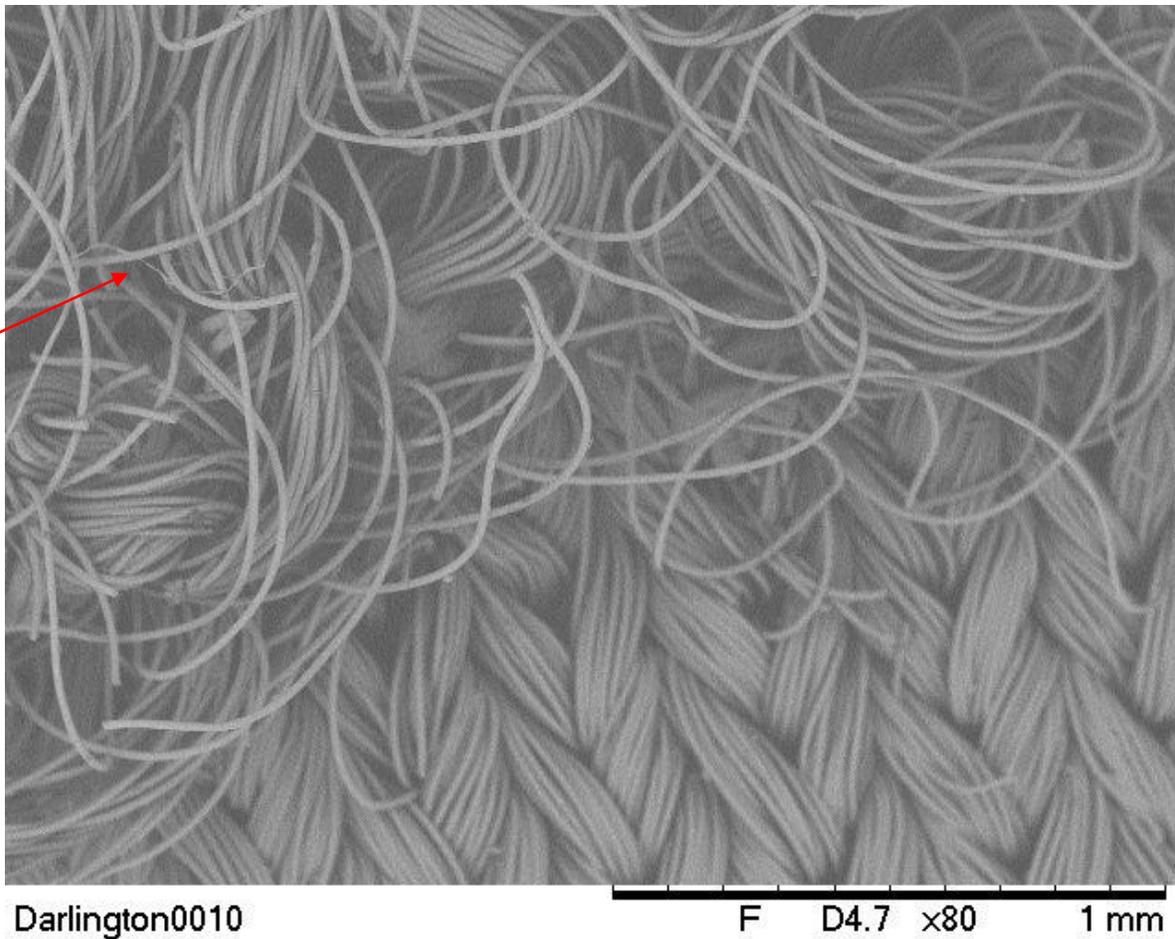


Figura 34. Micrografía de una tela de Darlington destejida parcialmente en la parte superior

La apariencia de los tejidos de Taubert no es lisa como la de las telas Darlington, sino que tienen el relieve mostrado en la Figura 35. Microscópicamente, en la Figura 36, se observa que este relieve se debe a la presencia de zonas desordenadas en las que los hilos están más sueltos que se presentan alternadas con zonas ordenadas como en un Jacquard. De igual manera, solamente el nylon es observable en la superficie porque el elastano se encuentra debajo de la primera capa.



Figura 35. Apariencia de una tela de Taubert

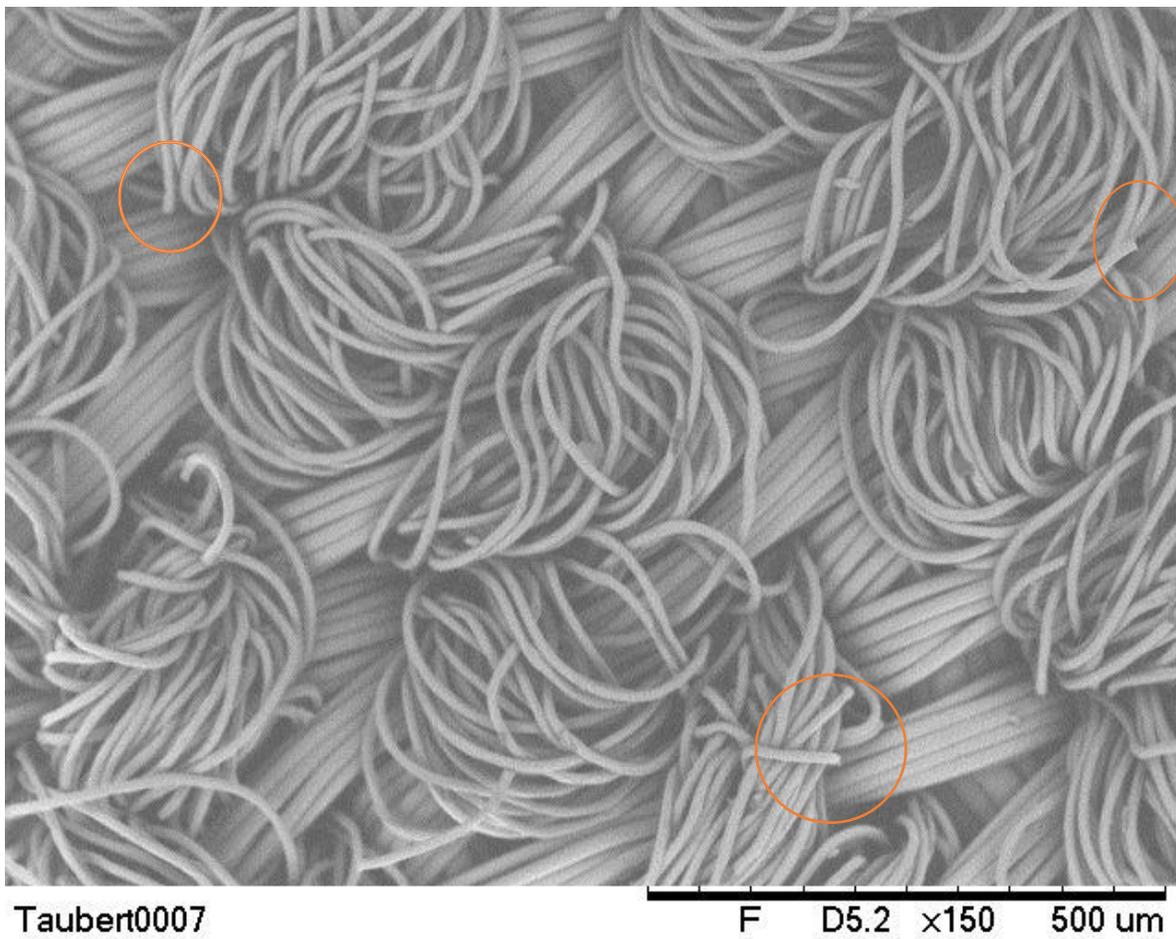


Figura 36. Micrografía de baja magnificación (150x) de un tejido de Taubert

Además de la morfología del tejido, en la Figura 36 se logra observar varios defectos en la tela. Algunos de ellos se encierran en círculos naranja y consisten en hilos sueltos que no están amarrados a ninguna otra fibra. Esto solamente debería de ocurrir en las esquinas de la fibra ya que, de ocurrir en otras zonas, es posible que la tela empiece a despedazarse cuando se hale de alguno de esos hilos con su uso normal. Esto es un problema que Amoena ha estado teniendo con las telas de Taubert. Hilos de estos tejidos suelen soltarse durante alguna etapa del proceso de producción y provocar la producción de piezas de apariencia defectuosa. El origen de este problema no se había identificado. Las micrografías tomadas indican que este es un problema que viene del proveedor pues las telas se ven defectuosas en su estado de suministro. En la Figura 37, se hace un acercamiento aún mayor para observar mejor a un hilo suelto. Éste se encuentra en el centro de dicha figura.

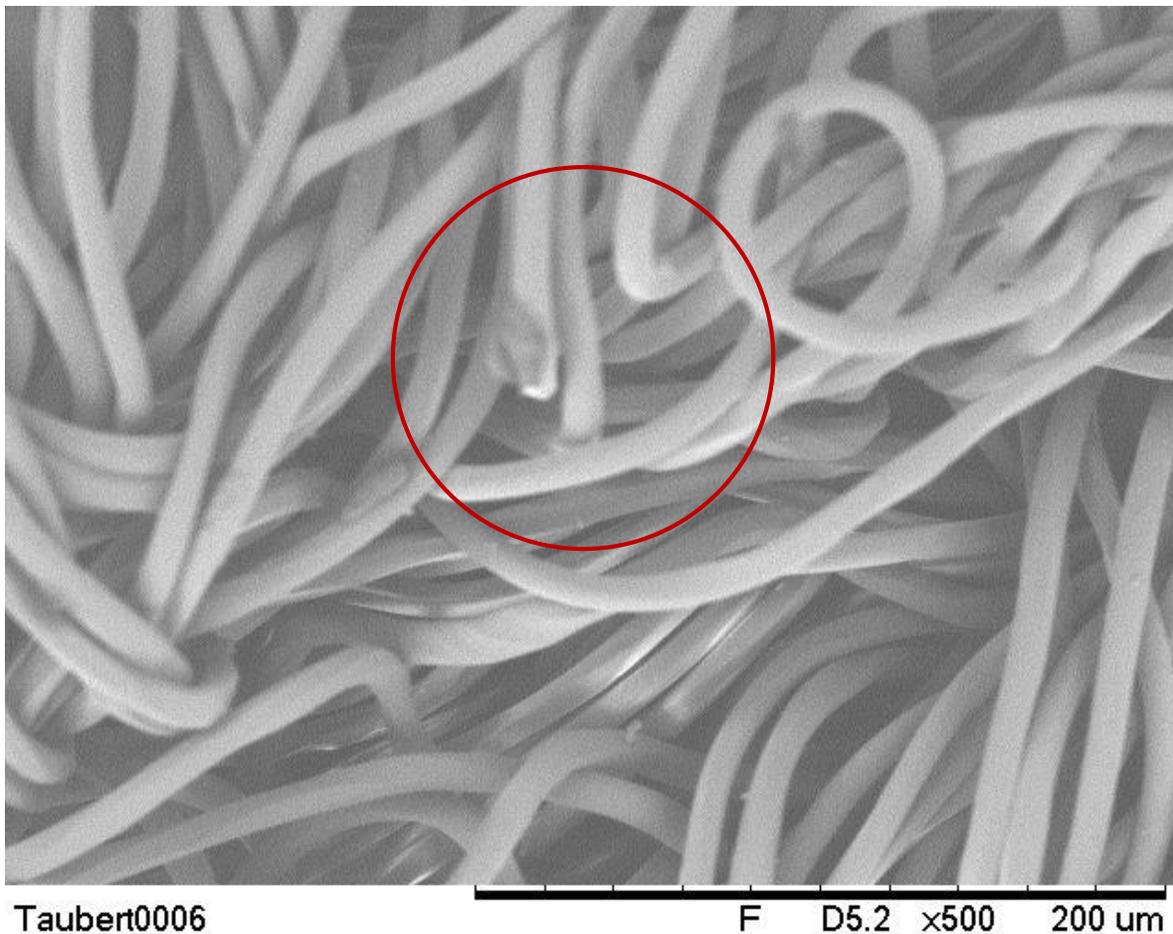


Figura 37. Micrografía de media magnificación (500x) de un tejido de Taubert

5. Cambio de dimensiones después del lavado.

Para evaluar este fenómeno en las telas provistas, se realizó 3 ciclos de lavado a varias muestras de tamaños conocidos y se determinó la deformación sufrida por cada uno. Lo primero que se encontró fue que la variación entre muestras de la misma tela era bastante importante y que no se debía a diferencias entre colores. Por esta razón, se trató a todas las muestras de cada proveedor como la misma tela y no se hizo distinción entre colores.

En la Tabla 9, se muestra un ejemplo de la información tomada para todas las muestras. Los datos de la Tabla corresponden a las primeras tres muestras del proveedor Taubert Brothers que fueron 3 cuadrados de en los que se marcó distancias de 10 pulgadas. Esto se repitió utilizando otras distancias en el resto de las muestras y, a continuación, se muestra el promedio de los resultados de las mismas en la Tabla 10.

Tabla 9. Mediciones dimensionales después del lavado realizadas a las muestras de 10 pulgadas de la Taubert de distintos colores.

Muestra	Dimensiones de las muestras después del lavado ($\pm 1/32$ pulgadas)			
	Ancho	Largo	% de encogimiento en el ancho	% de Encogimiento en el largo
1	9,5	9,625	5	3,75
1	9,35	9,625	6,25	3,75
1	9,45	9,812	5,62	1,87
2	9,85	9,812	1,87	1,85
2	9,62	9,625	3,7	3,75
2	9,62	9,625	3,7	3,75
3	9,75	9,75	2,5	2,5
3	9,68	9,68	3,15	3,25
3	9,68	9,68	3,15	3,25

Durante el tejido de las telas compuestas de nylon y spandex, es común que se el nylon se estire levemente debido al proceso de orientación de sus cadenas, pero sin realizar una deformación elástica. Esto ocurre mientras que el spandex simplemente se elonga como lo haría cualquier elastómero. Esto causa que durante la relajación la porción de spandex sí se contraiga mientras que el nylon no lo hace. Por lo tanto, era de esperarse que la tela que contiene una mayor cantidad de Spandex, la del proveedor Darlington sufra de un mayor encogimiento. Esto efectivamente ocurrió y se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Resumen de los resultados de las pruebas de cambio de dimensiones debido al lavado

Estilo de la Tela	Porcentaje de Encogimiento		
	Largo	Ancho	Máximo Según Especificación
Darlington	3,89	3,056	5%
Taubert	2,15	1,389	5%

Según la Tabla 10, ambas telas en promedio califican dentro de las especificaciones de sus proveedores. La tela Darlington, por ser más elástica, tiene un comportamiento que tiende más hacia el encogimiento que la Taubert. Ambas se encogen, en promedio alrededor de 0.8% más en su largo que en su ancho, por lo que podría pensarse que sufren de un mismo nivel de distorsión de su diseño. Sin embargo, ese 0,8% representa un 58% del encogimiento total en la tela Taubert mientras que es tan sólo un 21% del de la tela Darlington. Por lo tanto, se podría decir que la tela Taubert tiende a distorsionarse más; y que probablemente con posteriores lavados que provoquen un encogimiento similar al de la tela Darlington, la diferencia entre el cambio sufrido por el ancho y el largo serán mayores que los de la tela Darlington. De esta manera, se puede concluir que, a pesar de que la tela Darlington se encoge más que la Taubert, ambas están dentro de especificación y la tela Darlington lo hace de una manera más uniforme por lo que sería el material favorecido por el análisis de esta característica.

Al observar los resultados individuales de las pruebas, y no solamente sus promedios, se puede confirmar la aseveración anterior. En primera instancia, se nota que la variabilidad de los resultados fue mayor en las telas de Taubert Brothers que las de Darlington. Así lo muestran los porcentajes de variación y las desviaciones estándar calculadas. Al observar los valores individuales, es fácil notar como todas las telas de Darlington sufrieron encogimientos similares, sin valores atípicos que excedieran el 4,2% o estuvieran por debajo de 2,5%. Esto no ocurrió en las telas de la compañía Taubert Brothers. Si bien éstas se encogieron en promedio 2 % en su largo y 1,4 en su ancho, la realidad es que varias de sus muestras sufrieron distorsiones bastante distantes de este valor promedio. Se tuvo dos muestras que sufrieron de un encogimiento superior a 4,5 % que, si bien no se salen de especificación, representan un problema debido a que no se tiene ninguna garantía de que una prenda en su ensamblaje final se confeccione con el mismo lote. En ocasiones, es conveniente situar una prenda de copa sobre otra para construir un mayor volumen o dar más consistencia al sostén. Si una de ambas tiende a encogerse mucho más rápido que la otra, podrían surgir problemas de ajuste y disconformidad de los usuarios. La situación es aún más crítica si una de las dimensiones planares (ancho y ancho) se alarga mientras que otra se encoje. Esto ocurrió en tres de los pares de marcas realizados sobre las muestras de Taubert Brothers. Todo esto lleva a la

conclusión de que la tela Darlington es altamente preferible a la Taubert Brothers según el criterio de esta prueba.

6. Pruebas de tensión

Las pruebas de tensión se realizaron con el objetivo de determinar el porcentaje de elongamiento producido en las muestras de dimensiones estándar debido a la aplicación de tres ciclos de carga de 10 N a cada una. Se extrajeron cinco muestras del largo y cinco muestras del ancho de cada variación de proveedor y color. En la figura 38, se muestra una captura de la interfaz gráfica presentada por el software del equipo utilizado para realizar las pruebas.

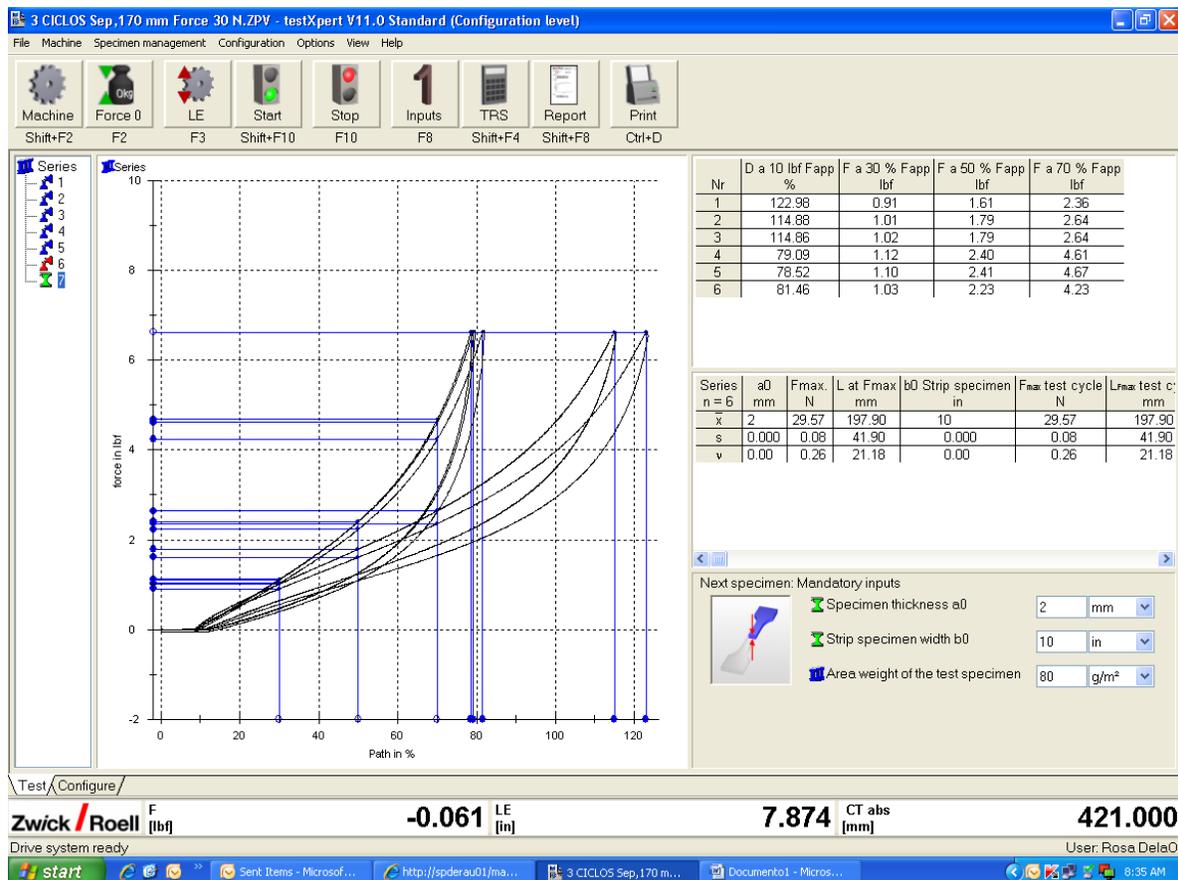


Figura 38. Curva del tercer ciclo de tensión vs elongación de las muestras del proveedor Taubert color coñac

En dicha gráfica, se muestra, en la sección izquierda, el gráfico de tensión en función del porcentaje de elongación para el tercer ciclo de aplicación de cada carga. El equipo realiza varias corridas de diferentes muestras de la misma tela y luego construye las curvas una sobre otra. El comportamiento seguido por cada curva es similar. La fuerza se empieza a medir cuando la probeta está tensa. En este punto, debido a la naturaleza de las fibras, éstas ya han sufrido de cierto grado de elongación. Por esta razón, ninguna curva inicia en el origen del sistema de coordenadas, sino que todas tienen una deformación inicial característica de los tejidos en forma de fibra por lo que es igual para todas las muestras bajo estudio. Seguidamente, se observa cómo la cantidad de fuerza requerida para seguir elongando la tela se vuelve mayor conforme el porcentaje

de elongación también lo hace. Esto se debe a que, en un inicio, los tejidos contienen cierta cantidad de esfuerzos internos que les impiden regresar a su posición original antes de ser entrelazados unos con otros, como se explicó en las pruebas de lavado. La fuerza aplicada, de manera similar a la temperatura en las pruebas de lavado, provee a las muestras de la energía necesaria para vencer esos esfuerzos. Esto provoca que exista una primera sección en la curva en la que valores de fuerza muy pequeños causan deformaciones importantes.

Luego de esto, se entra en la zona elástica del material. En ésta, la cantidad de deformación realizada es proporcional al esfuerzo aplicado. Sin embargo, esta relación no es de carácter lineal debido a fenómenos como la alineación o desalineamiento de las cadenas poliméricas que forman la fibra. Una vez superada esa región de la curva, se espera que las telas ingresen en la zona de deformación plástica. Sin embargo, esto no ocurre en estas muestras porque la cantidad de fuerza aplicada no es suficiente. Es importante decir que aun cuando sólo se haya aplicado esfuerzos elásticos al material durante la aplicación de las pruebas. Las muestras no vuelven a la configuración que tenían antes de ser ensayadas y, por tanto, el ensayo es de carácter destructivo. Esto se debe a la relajación de los esfuerzos existentes en el estado de suministro. Estos esfuerzos no pueden ser introducidos de nuevo y, por tanto, la tela queda en un estado relajado que no es el mismo con el que inició la prueba.

El equipo, finalmente, muestra la elongación provocada con 10 N de fuerza y la fuerza requerida para realizar elongaciones de 30, 50 y 70%. A partir de estos datos, se realizó un análisis estadístico con el software Minitab. A continuación, se muestra los resultados de dichos análisis y no las gráficas de cada muestra debido a que esto sólo sería información repetida e incompleta ya que todas tienen la misma tendencia que difieren solamente en los valores que son los introducidos en el análisis estadístico.

Como punto de partida se realizó un análisis de normalidad como el mostrado en la Figura 39 con los 32 grupos de datos. (Tensiones y elongaciones en direcciones paralelas al ancho y largo de cada probeta). Esta etapa es fundamental debido a que la mayoría de las herramientas que se pensó utilizar posteriormente fueron desarrolladas asumiendo normalidad en los datos. Por lo que sería irresponsable utilizar esas herramientas si el fenómeno bajo estudio no se comporta de esa manera.

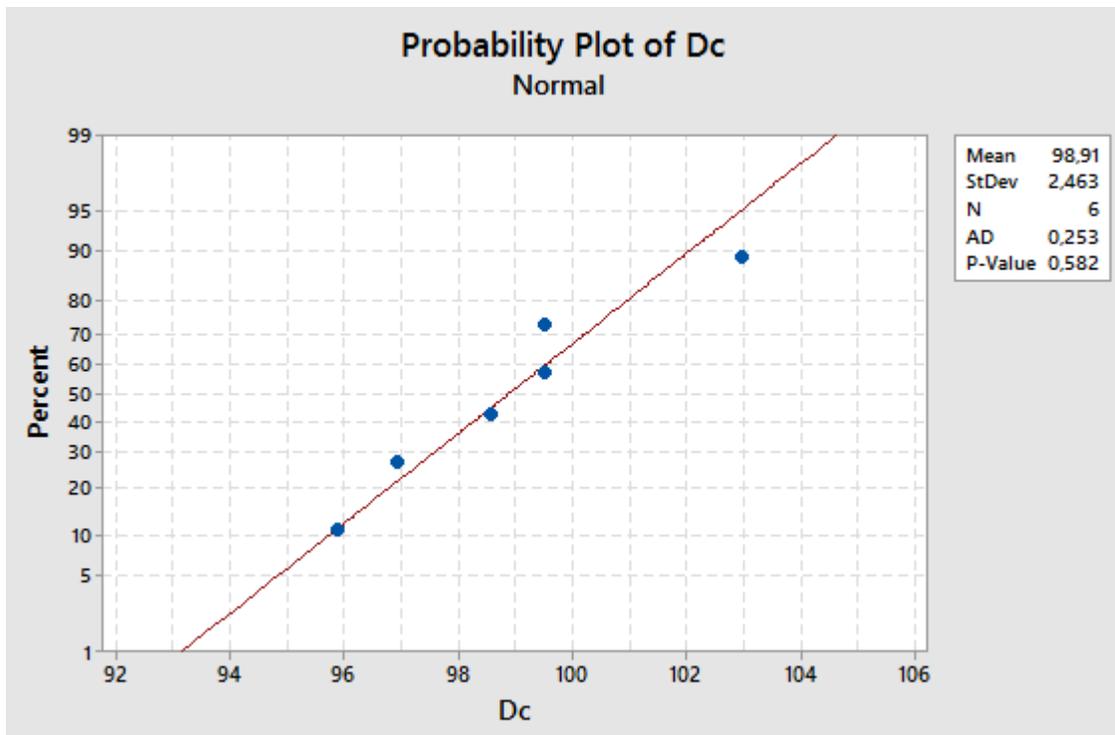


Figura 39. Prueba de Normalidad Anderson Darling para la elongación a los 10 N de las muestras de tela Darlington color coñac cortadas paralelamente a su largo

La gráfica muestra la desviación de cada determinación realizada con el que sería su valor si siguiese la distribución normal representada por la línea roja. Para la realización del análisis, se impone como hipótesis nula la aseveración de que los datos siguen una distribución. Así, si el valor de p , definido como la probabilidad de obtener un resultado al menos tan extremo como el que realmente se ha obtenido, fuera menor que el nivel de significancia deseado, la prueba daría la evidencia necesaria para rechazar la hipótesis nula y decir que los datos no son normales. En el caso de la Figura 39, sin embargo, el valor de p es mayor al nivel de significancia elegido que fue 0,05. Por lo tanto, no se puede decir que los datos no sean normales.

Este análisis también se efectuó para el resto de los grupos de datos. Las 32 curvas creadas tienen un comportamiento similar. Si bien los valores son diferentes para cada característica, su tendencia no lo es. En ninguna ocasión se obtuvo evidencia de que los datos no fueran normales y, por lo tanto, se procederá a tratarlos con cualquier herramienta que asuma su normalidad. No se incluye las 31 gráficas restantes por razones de practicidad.

En las siguientes figuras, se muestra los resultados de los análisis de capacidad realizados con los resultados de las pruebas de tensión de las probetas. La variable tomada como respuesta en estas pruebas fue la elongación sufrida por las probetas tras la aplicación de 10 N en el tercer ciclo. Las primeras ocho Figuras corresponden probetas en las que el esfuerzo

aplicado fue paralelo a su largo mientras que las ocho restantes corresponden a muestras tensionadas en la dirección de su ancho.

Los análisis de capacidad inician con un gráfico de puntos en el que se dibuja en rojo a los límites que impone la especificación para la elongación a los 10 N. En verde, se dibuja al centro de la especificación. Para el caso de Darlington, se observa, en la Figura 40, que el límite superior es una elongación de 110% mientras que la menor elongación aceptable es de 90%. Como se observa en la parte superior de la Figura 40, todas las mediciones realizadas (que corresponden a los puntos en la gráfica) están dentro de la especificación y son cercanas a la línea media en verde. Esto es un resultado positivo pues significa que todas las observaciones cumplen con la especificación.

Es posible, sin embargo, que la cantidad de datos extraída no represente a toda la población de telas que van a ser moldeadas. Por lo tanto, se hace uso de histogramas de capacidad como el que se muestra en la Figura 41. En estos histogramas, se asume que las poblaciones siguen una distribución normal (ya se verificó que esto es cierto). La distribución normal, es una distribución de probabilidad con forma de campana que está centrada en su promedio. A partir de ese promedio las variaciones son igual de frecuentes hacia valores mayores que hacia valores menores y su frecuencia disminuye a medida que se alejan del promedio. De hecho, un 98% de los datos se encuentran a una distancia menor a tres desviaciones estándar del promedio. Por lo tanto, conociendo el promedio y la desviación estándar de cada grupo de datos, se puede estimar el porcentaje de datos que estarían fuera de especificación si la cantidad de muestras fuera mayor.

Estos son los datos a los que se prestará atención durante los siguientes análisis. Debido a falta de manejo de software Minitab, junto a esas características se presenta otros parámetros de proceso como el pp y ppk. No se argumentará mucho sobre estos parámetros, sin embargo, porque no forman parte del enfoque del proyecto en esta instancia.

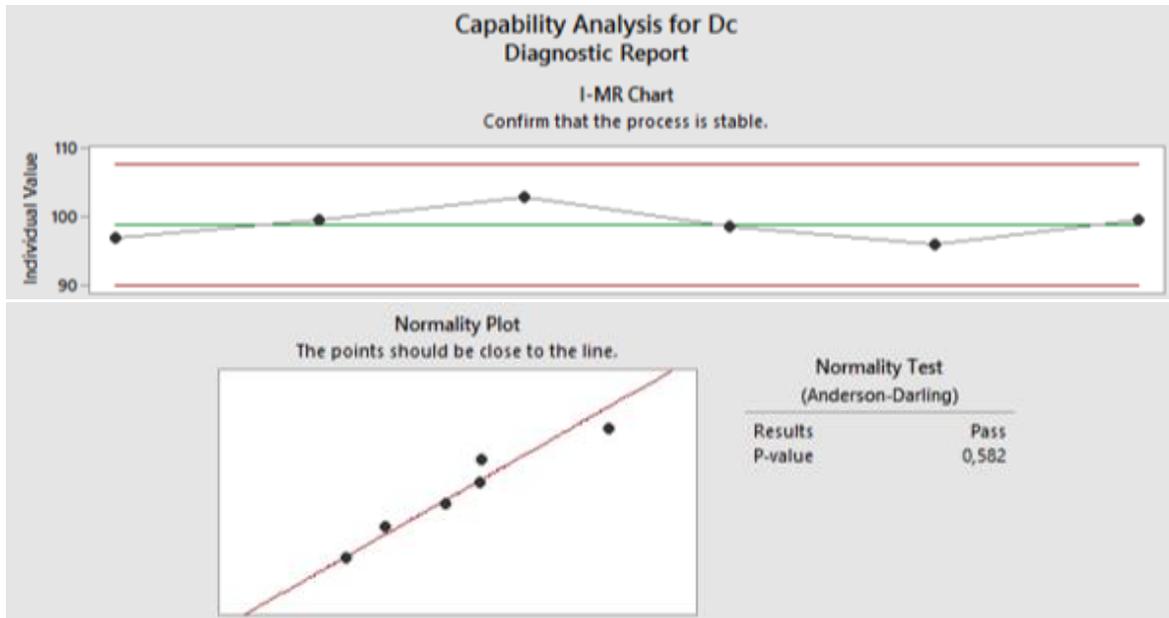


Figura 40. Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

La Figura 40 corresponde al comportamiento de las telas color coñac del proveedor Darlington. En ella se confirma la normalidad de las medidas con un valor de p de 0,582; lo que valida la utilización del análisis de capacidad. La gráfica de valores individuales, en la que todos los puntos están dentro del rango de especificación indica que el proceso de producción de las telas es estable en lo que se refiere a la respuesta del material a tensión. La Figura 41, presenta el histograma de capacidad en el que se observa que tanto la totalidad de los datos observados como la mayoría del umbral de la campana de probabilidad normal están adentro del intervalo de especificación por lo que se puede decir que el proceso es bastante bueno. De hecho, se espera que solamente un 0,14 % de las piezas producidas se salga de especificación.

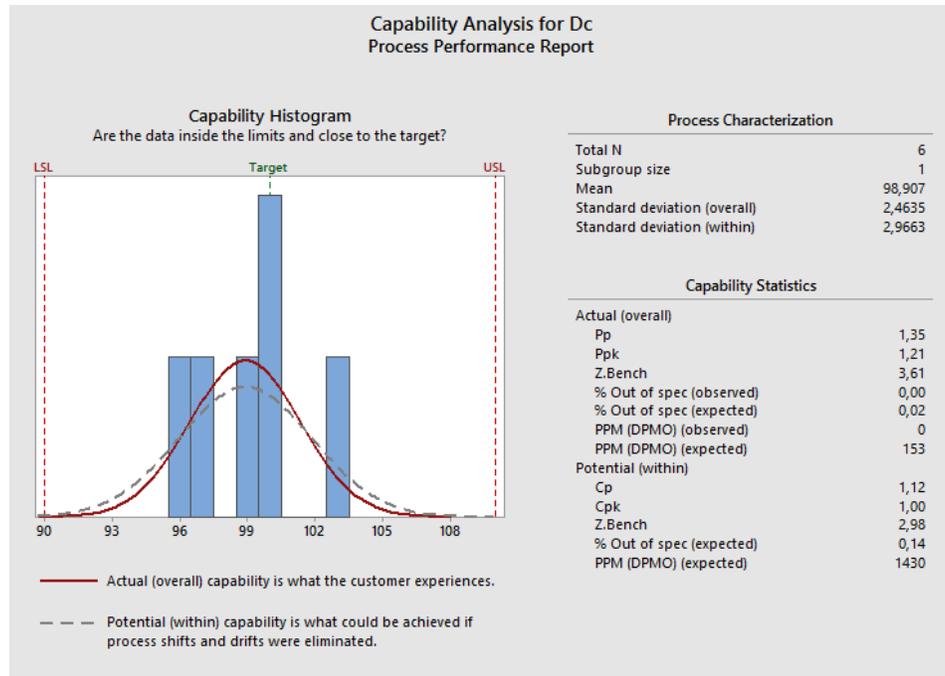


Figura 41. Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

En la figura 41, también se observa que las telas sufren una elongación promedio de 98,9%, la cual se acerca mucho al 100% que es el centro de la especificación. La desviación estándar es menor a 3% y así lo es el porcentaje de variación. Esto quiere decir que las propiedades tensiles de estas muestras son muy consistentes entre sí por lo que se infiere que el proceso de fabricación de telas es muy estable en esta característica.

Un comportamiento similar se presenta en las muestras de tela de Darlington color negro en cuanto a la normalidad, estabilidad y nivel de control del proceso. Esto se observa en la Figura 42, ya que, en la gráfica de valores individuales, todos los puntos están dentro del rango de especificación. Sin embargo, éstas están consistentemente cargadas hacia el límite inferior de la especificación como lo muestra la Figura 43. El porcentaje de piezas con elongaciones menores al 90% se espera que sea 17. Éstas son piezas defectuosas porque son más difíciles de deformar de lo que se espera, lo que causaría que no sean moldeadas correctamente o que dañen la herramienta de moldeo en un caso extremo. La elevación de la resistencia a la elongación podría ser consistente con la coloración negra debido a que el pigmento también puede actuar como conglomerante que les da una mayor cohesión a las fibras individuales y, por tanto, la endurezca en la dirección paralela a ellas.

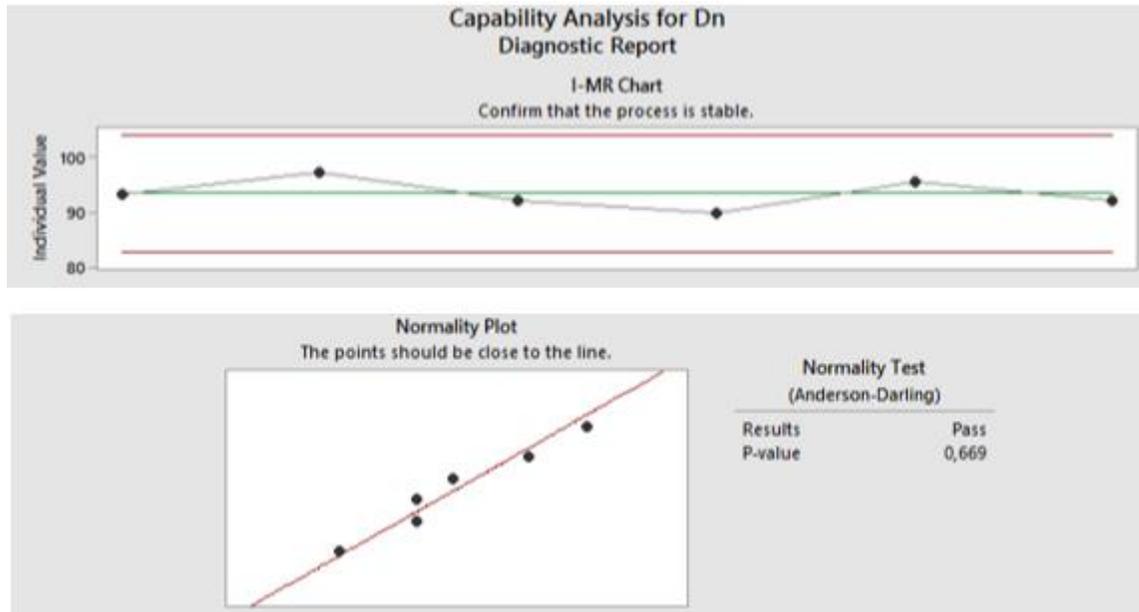


Figura 42 Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

La desviación estándar de este grupo de muestras, como lo muestra la Figura 43, también es inferior a 3%. Por lo que las propiedades ante tensión de las muestras de Darlington color negro también son consistentes entre sí. De esta forma, se ha observado que la producción de Darlington sí se realiza con procesos que mantienen bajo control a las propiedades tensiles de las pruebas. Sin embargo, se observa que la resistencia a la tensión de las probetas no es independiente del color de la tela, sino que varía de un color a otro. Por lo tanto, éstas no deberían pertenecer a la misma ficha técnica.

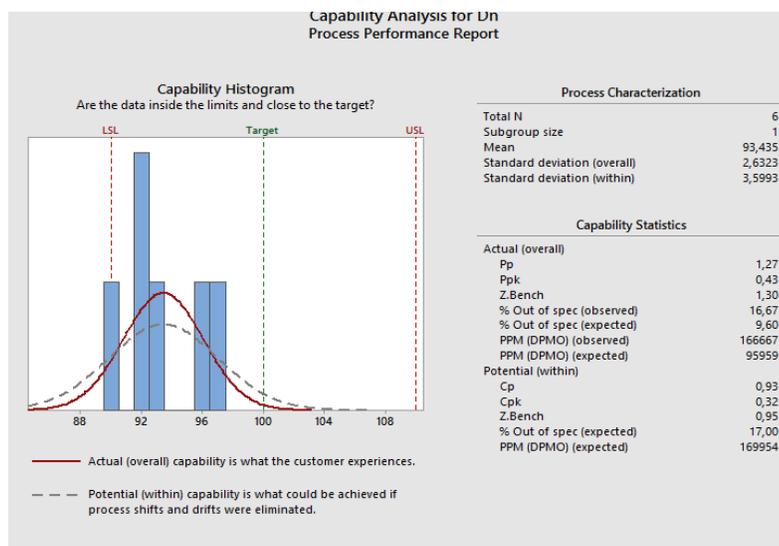


Figura 43 Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

En las probetas de Taubert color coñac, el comportamiento también es normal, estable y bajo control como lo muestra la Figura 44. No se observó datos fuera de especificación. No obstante, debido a su comportamiento normal, se espera que un 9% de los datos de la tela que se reciba en el futuro sí se salgan de éstas. Esto se muestra en la Figura 45 junto con otros parámetros estadísticos calculados.

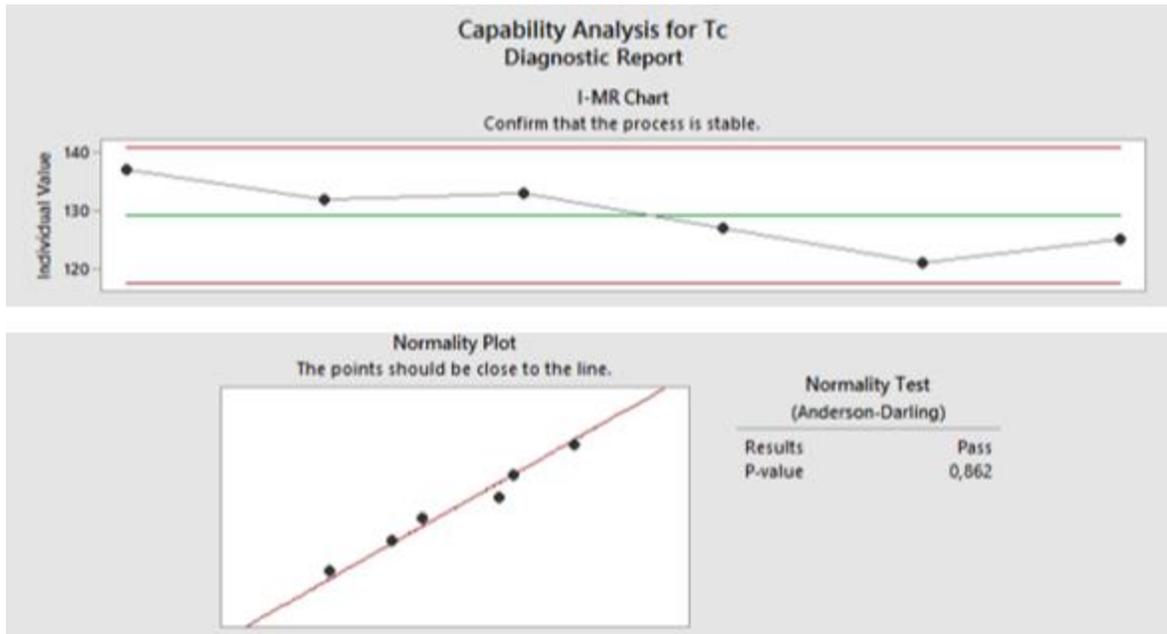


Figura 44 Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

La desviación estándar en este caso es mayor y los datos están más distribuidos en el rango de especificación. Al dibujar la proyección de la distribución normal, como en la Figura 45, se observa que una parte importante de ella excede el rango de especificación. Por lo tanto, se ha determinado que el grado de control de esta característica en Taubert coñac es menor que el observado en Darlington.

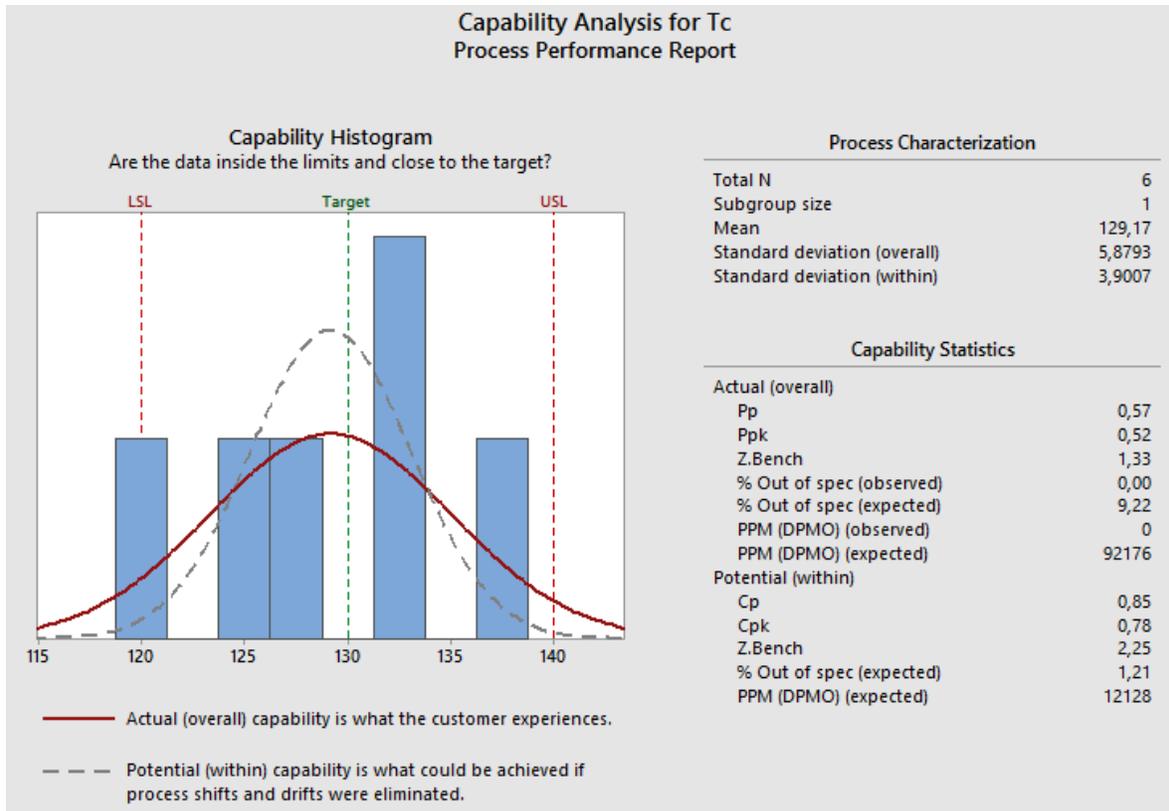


Figura 45 Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

En las probetas del mismo proveedor Taubert pero en color negro, ocurrió lo mismo que en las Darlington como lo muestran las Figuras 46 y 47. La elongación de las telas permaneció siendo normal, estable y bajo control pero se movió hacia el límite más bajo de la especificación. De hecho, dos terceras partes de las muestras se elongan menos del límite inferior y se espera que un 64% de lotes también lo hagan. De nuevo, se confirma que el colorante negro tiende a endurecer a las fibras ya que el problema no sólo se presenta en un proveedor. Sin embargo, en Taubert, la diferencia es más amplia y un mayor número de muestras se sale de especificación. Por esto, se piensa que la tela suministrada por Darlington es superior en cuanto a tratarse de manera constante de piezas con propiedades tensiles bajo especificación, por lo que son más confiables para el diseño del proceso de moldeo. Sin embargo, siempre debe tenerse cuidado cuando se trabaje con tonos oscuros pues éstos son más difíciles de deformar de lo indicado.

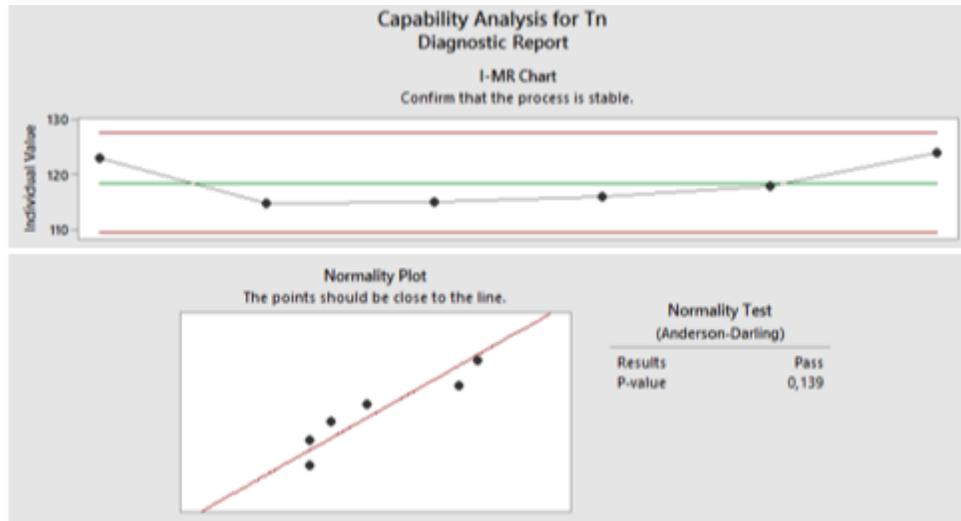


Figura 46 Análisis de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su largo.

La desviación estándar de las muestras Taubert negro fue consistente con la de las Taubert coñac y mayo que ambas de Darlington. Esto de nuevo indica que Darlington provee muestras con las propiedades tensiles más controladas y de menor variabilidad.

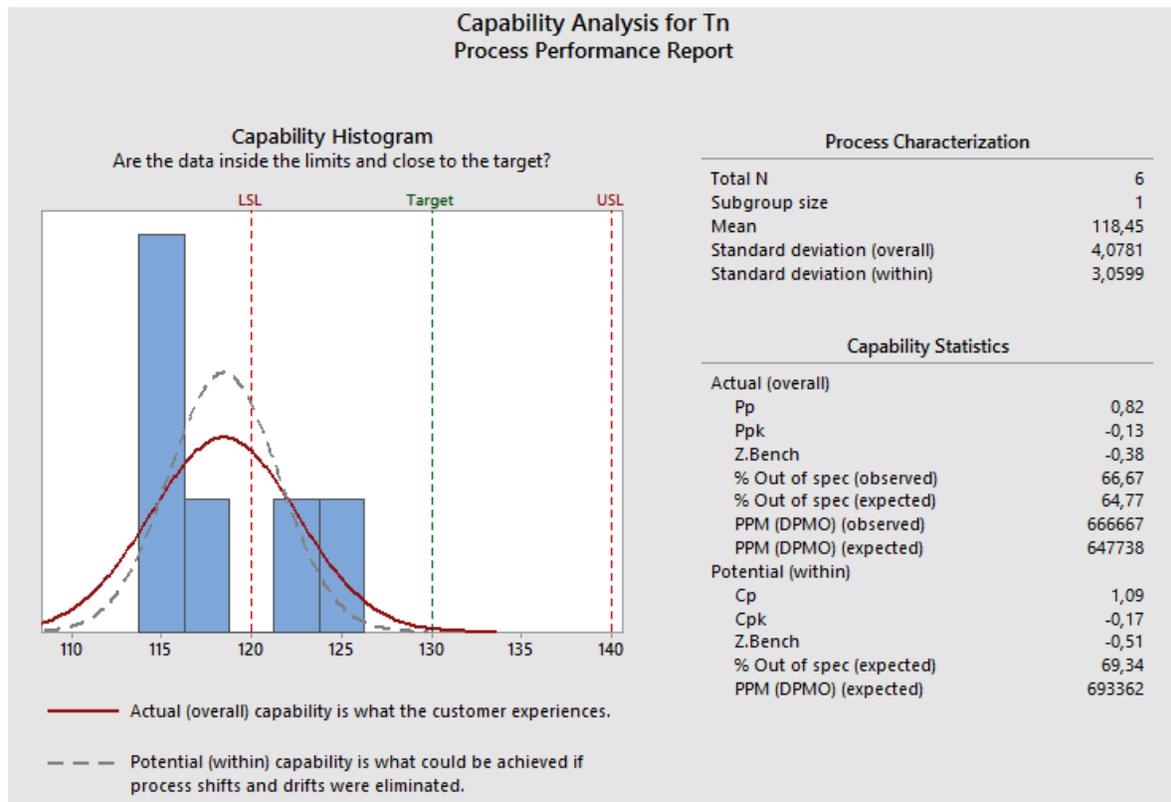


Figura 47 Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.

A continuación, se analiza la elongación sufrida por las probetas tras la aplicación del tercer ciclo de 10 Newton en dirección paralela con su ancho. Este resultado es diferente al correspondiente a las pruebas realizadas en la dirección del largo por el carácter anisotrópico de las fibras que suelen ser más resistentes en la dirección en la que están alineadas.

Todas las medidas de elongación en el ancho demuestran que los procesos de producción de ambos proveedores se adaptan satisfactoriamente a una distribución normal, que son estables y que están bajo control. Por esa razón, no se mostrará esa parte del análisis debido a que para todas las muestras se obtuvo la misma conclusión.

Una situación diferente ocurre con la segunda parte de los análisis de capacidad. En la primera de ellas, mostrada en la Figura 48 correspondiente a las probetas coñac del proveedor Darlington se observa que 100% de las muestras observadas cumplen con la especificación, situándose ligeramente hacia la sección derecha (la menos resistente mecánicamente) del rango. Debido al comportamiento normal, se espera que un 2% de las telas se salga de especificación, lo cual es un valor aceptable en este caso. La desviación estándar es cercana a 3% como en el resto de los análisis de Darlington.

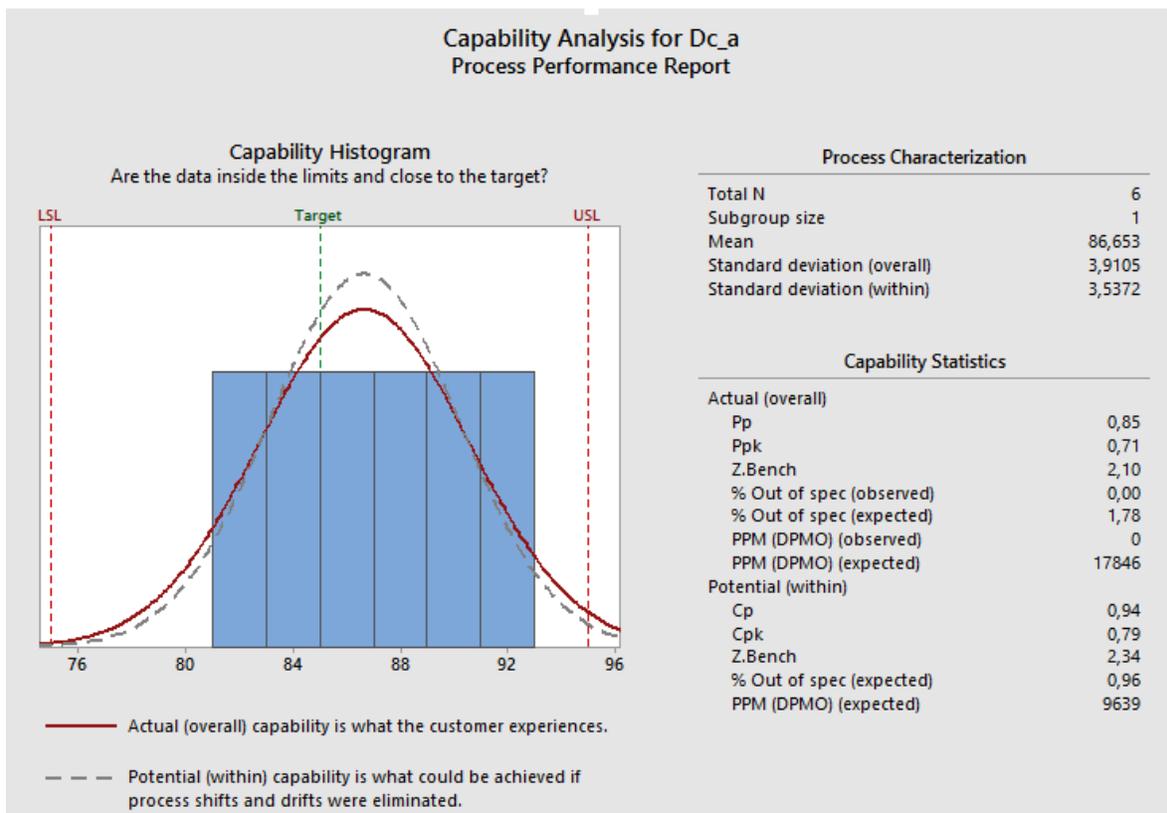


Figura 48. Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.

En el caso de las probetas de este mismo proveedor en color negro, mostrado en la Figura 49, se observa un comportamiento similar, en el que todas las determinaciones están dentro de especificación. Esto se observa debido a que todo el histograma graficado está adentro de los límites de especificación representados por las líneas verticales rojas. Además, se dibuja la curva de distribución normal proyectada para el total de la población. Como se puede observar, la curva dibujada sólo se sale del rango en sus puntas, por lo que no se espera que un gran número de lotes de tela estén fuera de especificación y se infiere que el proceso tiene un nivel de control adecuado. Sin embargo, y, de nuevo, se observa que las probetas color negro son más resistentes que las de color coñac. Se espera que menos de un 1% de las telas se salgan de esta especificación. En este proceso, también se observa una desviación pequeña de alrededor de 3% lo cual es consistente con todos los análisis de las propiedades tensiles de la telas suministradas por Darlington.

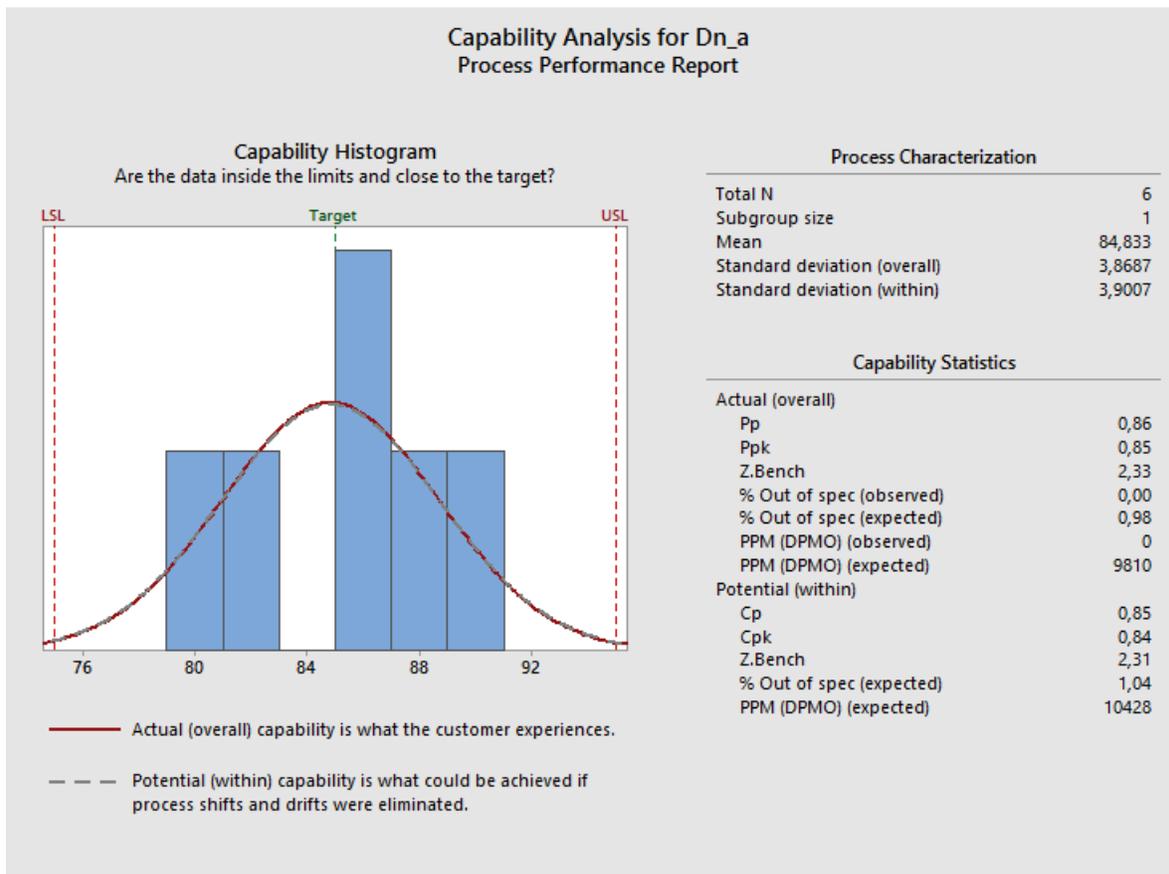


Figura 49. Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Darlington color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.

Pasando al proveedor Taubert, se observa en la Figura 50, que las muestras color coñac están por completo dentro de la especificación y que la variabilidad entre ellas es muy pequeña por lo que no se espera que ningún segmento de tela llegue

a salirse de especificación. Como se puede observar en la Figura 50, la variabilidad entre las determinaciones realizadas es sumamente pequeña (desviación estándar de 0.3%). También se puede observar que es prácticamente imposible que las propiedades tensiles se salgan del rango de especificación que se representa por las líneas verticales rojas.

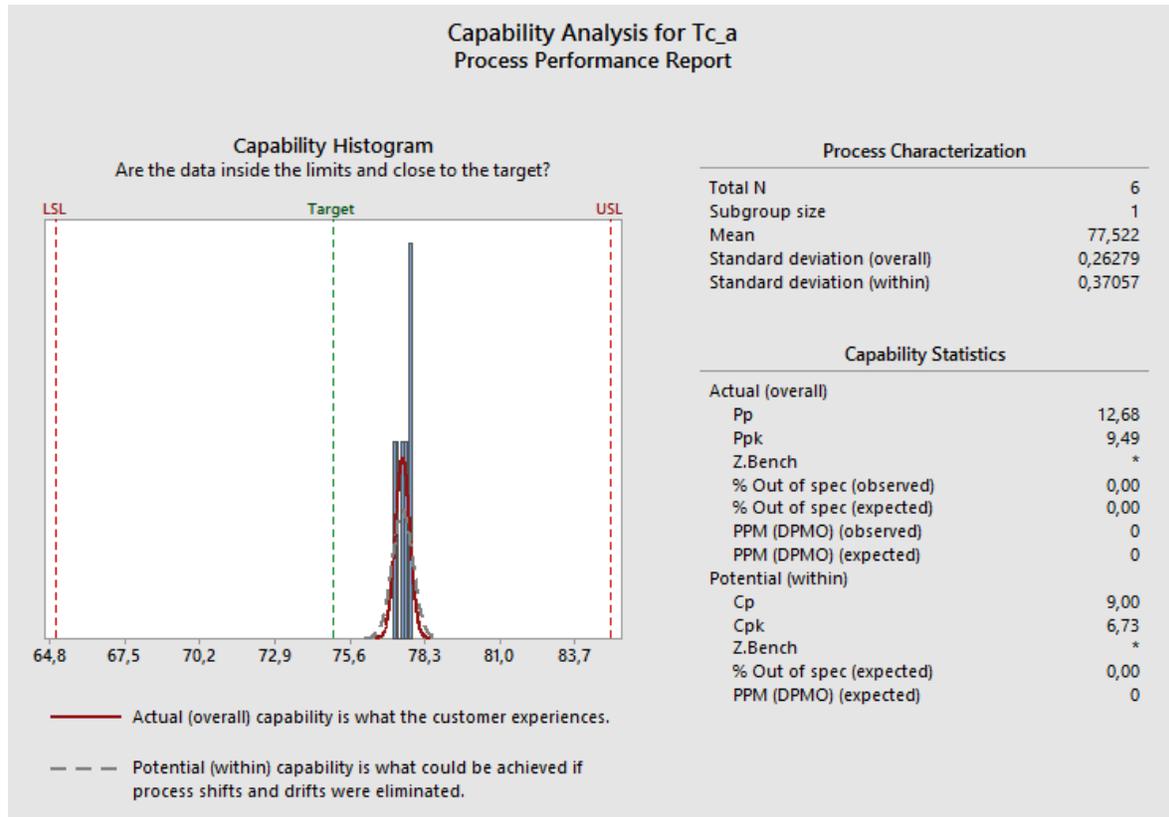


Figura 50 Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color coñac tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.

La situación es diferente para las probetas de color negro pues, como lo muestra la Figura 51, éstas presentaron valores de elongación distribuidos a lo largo de todo el rango de especificación sin salirse nunca de él. Este comportamiento y variabilidad, sin embargo, hace de esperarse que probabilísticamente un 10% de las muestras se saldrán de especificación. Como se puede observar en la Figura 51, las muestras a las que se realizó las pruebas tienen propiedades a tensión muy variables y que están, en ocasiones, muy cerca de los límites de especificación. Esto causa que la proyección de la distribución normal, como se observa en rojo en la Figura 51, exceda al rango de especificación y que, por lo tanto, se espere que una gran cantidad del total de la tela sí esté fuera de especificación; es decir, en condición defectuosa.

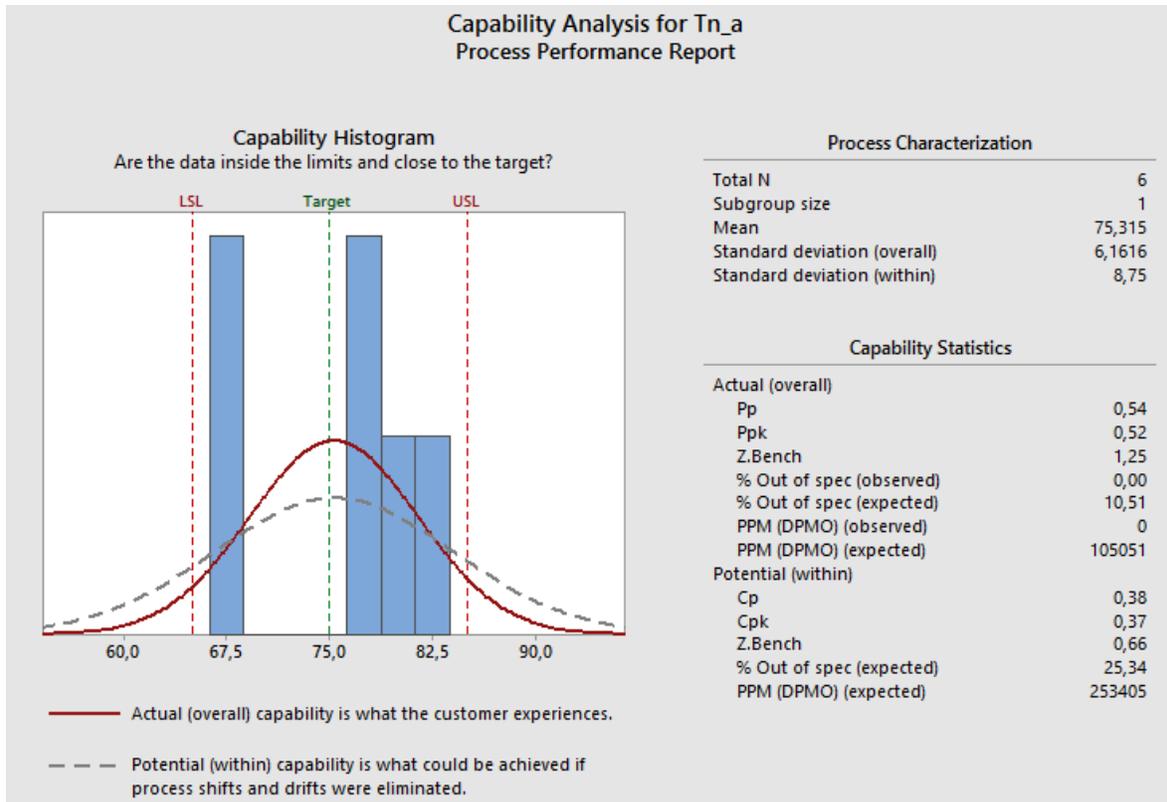


Figura 51. Histograma de capacidad de la elongación de las probetas de Taubert color negro tras la tercera aplicación de 10 N orientada paralela a su ancho.

A modo de comparación, en la siguiente Figura 52 se muestra el gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de la tela. En ella, se observa lo mencionado anteriormente respecto a que las probetas negras de cada proveedor tienden a elongarse menos que las color coñac para ambos proveedores. Esto quiere decir que la pigmentación negra les hace más resistentes a la deformación mecánica. También se observa que las muestras de Taubert son más deformables y que presentan mayor variabilidad que las de Darlington.

En el gráfico de cajas de la Figura 52, se muestra un resumen de la distribución de datos observados para cada tela. La parte inferior de cada “caja” es un valor que supera al 25% de los datos, mientras que la parte superior representa a un valor que supera al 75% de ellos. Por lo tanto, “dentro de la región azul” denominada como caja, se encuentra el 50% central de los datos de cada experimento. Por lo esta razón la altura de las cajas es una medida de la variabilidad de las medidas.

Al aplicar este pensamiento a la Figura 52, se observa que las cajas del proveedor Taubert tienen una mayor altura que las de Darlington y que, por tanto, son más variables. Además, se nota que las cajas de Taubert están más en alto en la gráfica que las de Darlington. Esto simplemente quiere decir que las muestras de Taubert se elongaron más que las de Darlington ya que son

menos resistentes. Bajo el mismo razonamiento, se nota que las probetas coñac de cada proveedor se elongaron más que las negras.

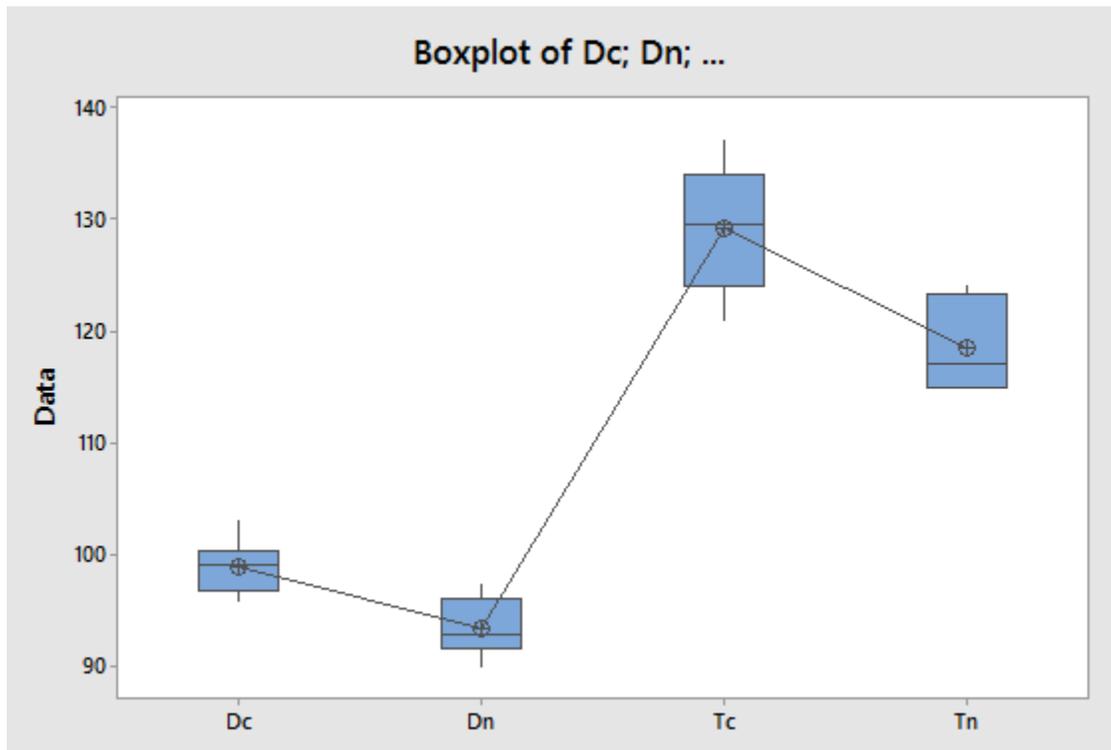


Figura 52 Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)

Los resultados de las simulaciones de Tuckey, mostrados en la Figura 53, permiten observar cuáles diferencias tienen una significancia estadística y cuáles no. En las simulaciones de Tuckey, se compara la variación presentada dentro de un grupo de muestras con las diferencias entre los grupos de muestras entre sí. Esto se hace con el fin de determinar si la variación entre cada tipo de tela realmente se trata de una diferencia en las propiedades o si simplemente es una consecuencia de la variabilidad natural de los datos. Los resultados de estas simulaciones se muestran de manera gráfica en diagramas como el mostrado en la Figura 53. En ella, se grafica el rango posible para la diferencia entre cada par de tipos de tela. Si este rango incluye el 0, se estaría indicando que la diferencia entre dos tipos de telas puede ser 0 y, por lo tanto, no se puede afirmar que éstas sean diferentes. Esto ocurre con las muestras de Darlington coñac y negro, la diferencia entre ellas no es estadísticamente significativa según los resultados de esta prueba. Por el contrario, cuando el intervalo graficado no incluye al valor de 0, se puede afirmar con autoridad que los dos tipos de tela sí tienen propiedades diferentes.

En este caso, se encuentra que las diferencias entre proveedores sí son significativas. Las probetas de Taubert se deforman siempre más fácilmente que las de Darlington. Esto no es ningún problema, sin embargo, ya que es lo mismo que

expresan las fichas técnicas y simplemente implica utilizar parámetros diferentes durante el proceso de moldeo.

También se encontró una diferencia significativa entre las probetas de Taubert negro y coñac. Esto sí representa una inconveniencia pues se supone que ambas tonalidades responden a la misma especificación. De esta manera, al trabajar con Taubert, existe la posibilidad de que se opere con parámetros de moldeo inadecuados para una tela ya que éstos se fijan de acuerdo con la especificación a la que, según su color, la tela de Taubert no es fiel en todas las ocasiones.

Entre las telas de Darlington, por otro lado, no se encuentra que la diferencia sea significativa por lo que se puede trabajar ambas tonalidades pensando que su comportamiento es el mismo estadísticamente. Si bien se sabe que las probetas negras son ligeramente más duras, esa diferencia no es lo suficientemente grande como para realmente importar y se puede sobreponer con la misma variabilidad de las medidas.

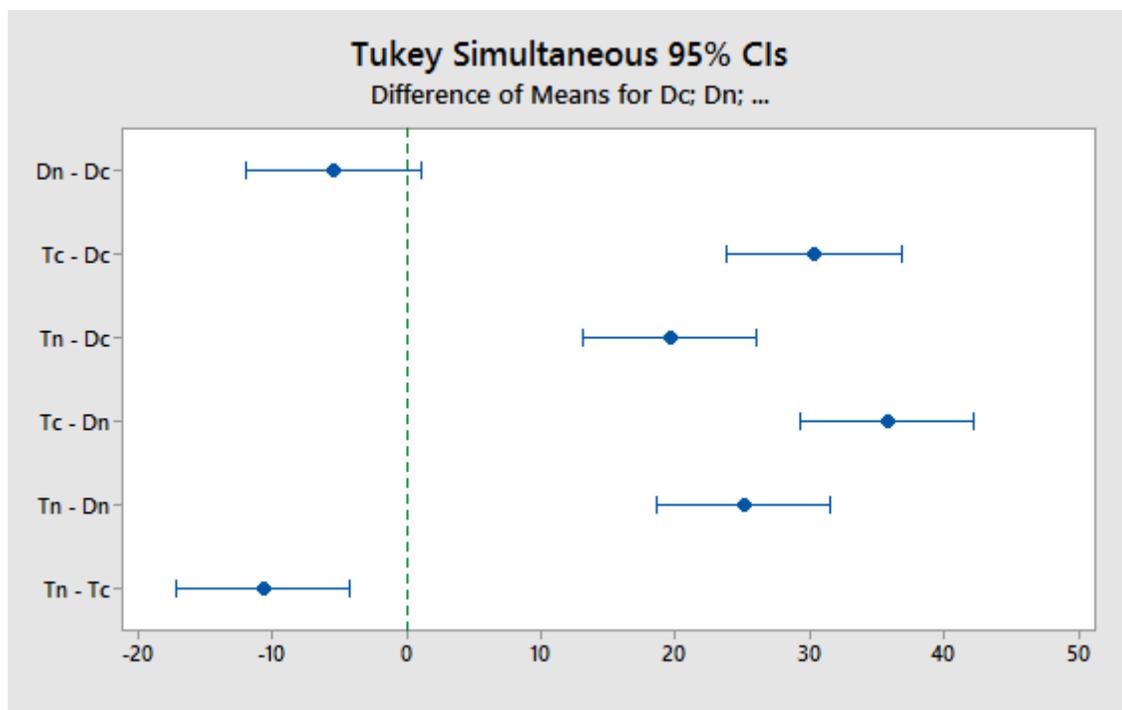


Figura 53 Gráfico de diferencias de Tuckey para la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)

Al analizar la situación en el ancho, los resultados son diferentes, como lo muestran las Figuras 54 y 55. En primera instancia, se observa que las probetas de Darlington parecen ser más deformables que las de Taubert; mientras que la superioridad en dureza de las probetas negras sólo se mantiene en el proveedor Darlington. En el proveedor Taubert, resulta difícil sacar conclusiones debido a que la variabilidad es muy alta para la producción de telas negras y muy baja

para la de telas coñac. De aquí, se podría pensar que las muestras del proveedor Darlington son más isotrópicas debido a que se obtuvo valores de elongación similares. Sin embargo, esto no es correcto ya que, como se observó en el SEM, las fibras del tejido Darlington están alineadas en un ángulo cercano a los 45 grados respecto al ancho o largo de la tela. Esto causa que el ancho y el largo tengan propiedades similares debido a que su orientación respecto a la de las fibras es parecida. Sin embargo, de tomar muestras a 45 grados del ancho, se espera que el resultado sean telas de mayor resistencia y menos deformables. Esta configuración es conveniente, de cualquier forma, porque las dimensiones en las que se suele trabajar, fijar parámetros y ejecutar mediciones suelen ser el ancho en el largo y cierto grado de simetría en la respuesta de esas orientaciones a los esfuerzos puede facilitar el diseño de los procesos de moldeo.

En las fibras de Taubert, la orientación observada con microscopía electrónica mostraba una orientación más paralela a su largo y, por tanto, se deformó menos en esa dirección y más en la dirección de su ancho. La composición de ambas fibras es similar. Siendo las de Darlington las que, según su composición química, deberían elongarse menos. Sin embargo, esto no ocurre debido a que el efecto de la orientación de las fibras vence al de la diferencia en composición. En el ancho, las fibras de Darlington están desviadas 45 grados, mientras que las de Taubert están casi de manera paralela. Por lo tanto, la tela de Taubert es más resistente y se elonga menos. En el largo, por otro lado, las fibras de Darlington siguen estando a 45 grados (y teniendo, por tanto, propiedades intermedias) mientras que las de Taubert están desviadas cerca de 90 grados. En esta configuración, los tejidos de Darlington serían más resistentes y serían las de Taubert las que se deformen más. A nivel práctico, esta discusión no tiene tanta importancia porque se puede solventar simplemente variando los parámetros del proceso de moldeo. No obstante, sí resulta ventajosa la distribución de propiedades presentada por la tela de Darlington.

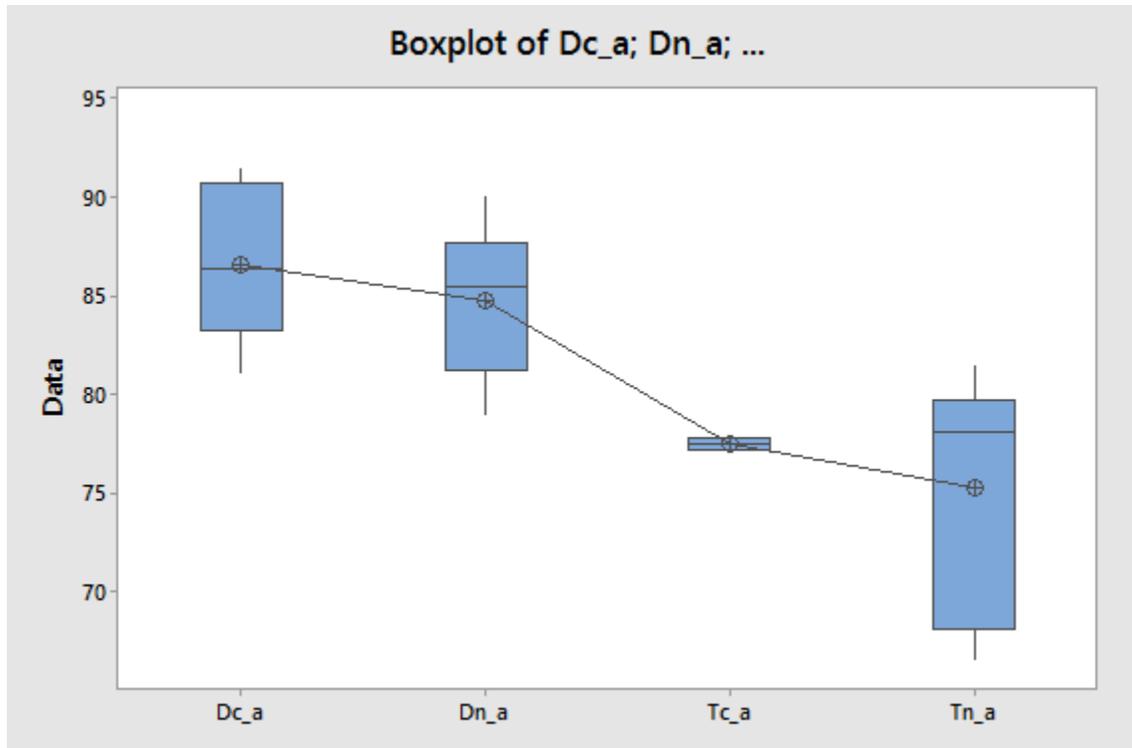


Figura 54 Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al ancho de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)

Otra ventaja considerable que presenta la tela de Darlington es que la variabilidad de sus propiedades tensiles es menor. Y se encontró que ambas de sus tonalidades sí responden a la misma ficha técnica adecuadamente. Esto se puede observar de nuevo en la Figura 54, donde se encuentra que las diferencias entre las elongaciones del ancho de las telas de Darlington en diferentes colores no son significativas estadísticamente. Esto también ocurre para el proveedor Taubert en su ancho, como lo muestra la misma Figura. Sin embargo, ya se había observado que lo anterior no se cumplió para el proveedor Taubert en el largo, lo cual es altamente indeseable pues no se está proporcionando una ficha técnica que realmente represente las propiedades del producto recibido.

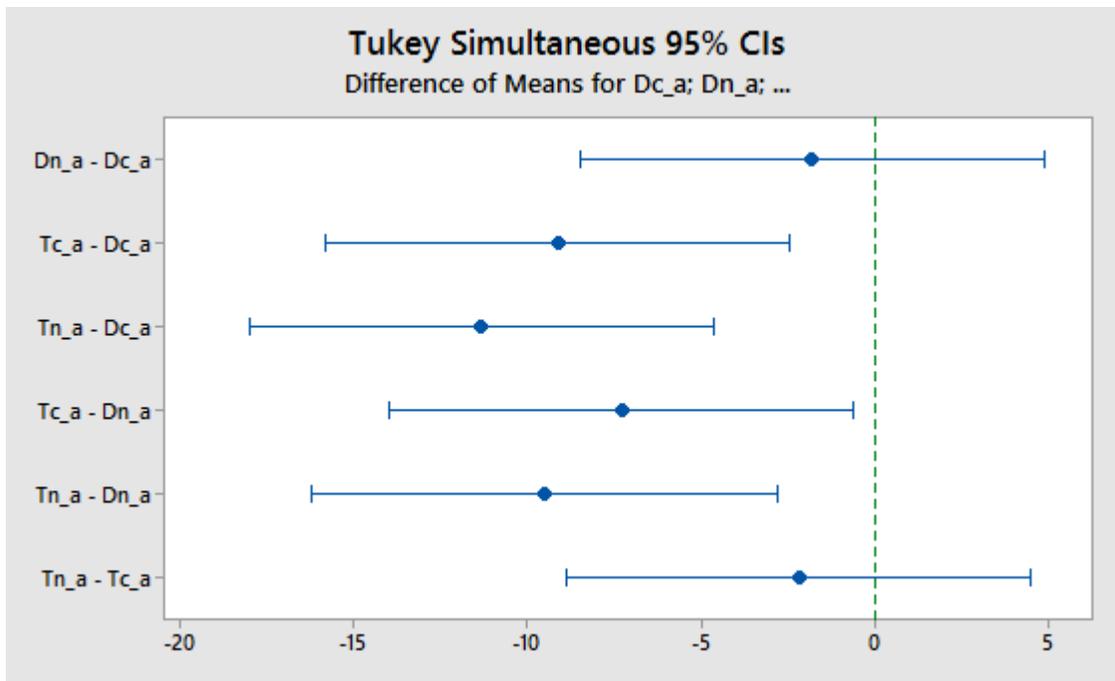


Figura 55. Gráfico de diferencias de Tuckey para la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al ancho de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)

Finalmente se muestra gráficos de tensión contra elongación contruidos a través de solamente tres pares de punto para el promedio de las muestras en disposición de su largo (Figura 56) y ancho (Figura 57). En el largo se observa que la gráfica es completamente lineal en el rango mostrado para ambas muestras del proveedor Taubert mientras no lo es para ninguna de las de Darlington. La parte lineal de una gráfica como esta corresponde al rango elástico en la que la constante de elasticidad, k , sería la pendiente de la línea recta. En un material con esfuerzos residuales como lo son los tejidos textiles según lo que se explicó en el apartado de cambio de dimensiones después del lavado, esta parte lineal sólo es alcanzable después de haber vencido esos esfuerzos. Por lo tanto, las gráficas están evidenciando que, al llegar a un 30 % de elongación (con menos de 1 N), en las probetas de Taubert ya se venció a los esfuerzos residuales mientras que en las de Darlington esto aún no se ha hecho. Esto quiere decir que la tela Darlington contiene más esfuerzos residuales y explica por qué ésta sufrió de más cambios dimensionales en las pruebas de lavado.

En el ancho, como lo muestra la Figura 57, no se llega al rango lineal en ninguna de las telas. De nuevo, esto no es un problema para las probetas de Darlington debido a que éstas se comportan de manera muy similar en ambas orientaciones. En las muestras de Taubert, el caso es opuesto, éstas cuentan con más esfuerzos en una de las direcciones y, por tanto, actúan de manera

diferente ante tensión (lo cual las hace más difíciles de moldear) y se distorsionan de manera asimétrica al lavarse, lo cual es altamente indeseable.

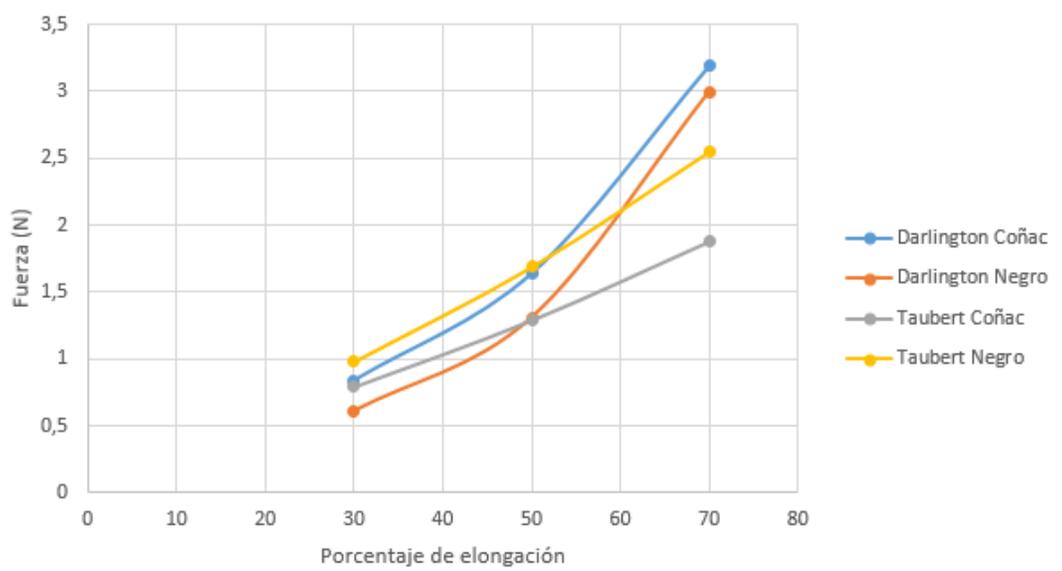


Figura 56. Curvas de tensión-elongación para las probetas diferentes telas con el esfuerzo siendo aplicado de manera paralela al largo de las muestras.

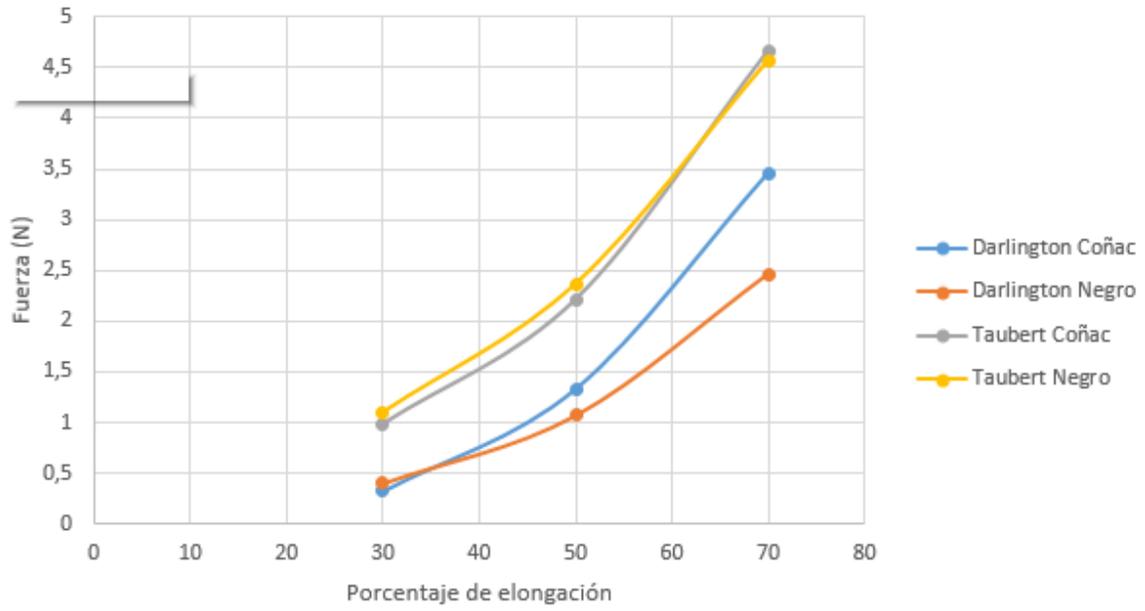


Figura 57 Curvas de tensión-elongación para las probetas diferentes telas con el esfuerzo siendo aplicado de manera paralela al ancho de las muestras.

7. Resistencia a la decoloración por fricción.

La resistencia a la decoloración por fricción se determina comparando el daño hecho por la prueba diseñada con la escala de grises de la asociación americana de productos textiles. La evaluación se lleva a cabo dentro de un cuarto oscuro y con iluminación localizada sobre la muestra bajo análisis para minimizar el riesgo de cometer errores de apreciación. El equipo utilizado para realizar las pruebas es el mostrado en la siguiente Figura.



Figura 58. Equipo para la determinación de la decoloración por fricción.

El equipo mostrado cuenta con una palanca que, cuando se hace girar, provoca el deslizamiento de la superficie superior mientras que la base permanece quieta. Las muestras son, una a una, dispuestas entre las dos partes del equipo en conjunto con una tela patrón de algodón y un par de lijas número 300. En ese momento, se hace uso de la palanca para provocar el desplazamiento de la placa superior de un lado a otro a la vez que se ejerce presión sobre las placas. El ciclo de fricción fue repetido diez veces para cada muestra.

En la Figura 59, se muestra las escalas de grises utilizadas para realizar la cuantificación de la decoloración. Se parte de una tela blanca multifibra cuya coloración corresponde al valor máximo de 5 en la escala de grises. El color de esta tela patrón cambia durante la prueba de una manera proporcional al cambio en el color de la muestra bajo estudio pues es ésta la que le transfiere pigmentos al decolorarse y, por tanto, mueve a la multifibra en la escala de grises. El cambio de la multifibra en la escala de grises; es decir, la diferencia entre el estado original (5) y el nuevo en la multifibra es lo que se reporta como decoloración sufrida por la muestra.

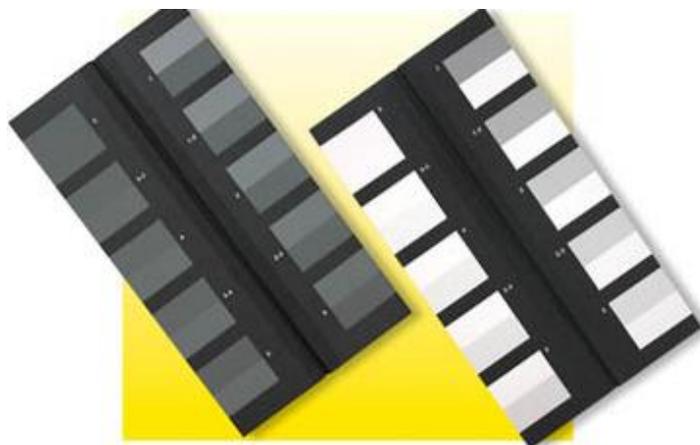


Figura 59. Escalas de grises de la AATCC

Los resultados promedio de cada muestra se presentan en las Tablas 11 y 12, mientras que fotografías del daño generado por algunas de las muestras se muestran en las Figuras 60, 61 y 62 para ejemplificar la lectura.

Tabla 11. Decoloración por fricción seca promedio de diferentes telas.

Proveedor	Color	Decoloración por fricción
Taubert	Coñac	0,5
Darlington	Negro	1
Taubert	Negro	1,5
Darlington	Coñac	0,5

En la decoloración por fricción seca, no existe lubricación entre ninguna de las partes que se está moviendo por lo que se podría pensar que la decoloración será mayor. Sin embargo, el agua también puede actuar como solvente o agente facilitador de la transferencia de pigmentos por lo que puede más bien acelerar el proceso de decoloración. El factor dominante entre estos dos factores dependerá de la hidrofiliidad y solubilidad en el agua de los pigmentos presentes.

En la Tabla 11, se observa que la decoloración es mayor en las tonalidades negras de ambos proveedores respecto a las versiones coñac. Esto es esperado debido a que el color negro dista más que el coñac del amarillo original del tejido por lo que, en las muestras color negro, se tuvo que haber utilizado una mayor cantidad de colorante que es el responsable de la transferencia de color. Al comparar las muestras de un mismo color, pero de diferentes proveedores, se puede observar que la tela del proveedor Taubert tiende a decolorarse ligeramente más que la de Darlington. La variación en el color coñac es imposible de divisar debido a que la decoloración es muy pequeña y la escala muy gruesa como para observar diferencias. En el caso de las probetas negras, por otro lado, sí se observa una variación de medio punto de decoloración. Este nivel de variación sí es una diferencia significativa si la

vida útil del producto es mayor a 10 años por lo que se podría considerar superior a la tela Darlington negra con respecto a la Taubert negra según este criterio. Sobre las telas de otras tonalidades, sin embargo, la diferencia no es significativa.

Posteriormente, se repitió estas pruebas aplicando agua para humedecer a las muestras antes de realizar los ciclos de tensión. En la Tabla 12, se muestra los resultados de estas segundas pruebas realizadas con la lubricación y la facilitación o el impedimento de transporte de pigmentos provistos por la presencia de un 65% de agua en las muestras. Como se puede observar, las diferencias en el comportamiento de las diferentes telas siguen siendo las mismas pero su decoloración incremento en media unidad en todos los casos. La presencia del agua tiene dos efectos sobre la decoloración por fricción. En primera instancia, esta puede funcionar como un como solvente y medio de transporte para los pigmentos e incrementar la decoloración por fricción. Por otra lado, el agua más bien podría disminuir la decoloración debido a que provoca un descenso de la fricción debido a lubricación. En este caso, el efecto dominante fue el primero, lo que quiere decir que probablemente los pigmentos utilizados en estos tejidos sean de naturaleza hidrofílica. Esta información será de gran utilidad a la hora de realizar la identificación de las muestras por TGA ya que se adquiere cierta información respecto a las posibles identidades de los pigmentos.

Tabla 12. Decoloración por fricción húmeda promedio de diferentes telas

Proveedor	Color	Decoloración por fricción
Taubert	Coñac	1
Darlington	Negro	1,5
Taubert	Negro	2
Darlington	Coñac	1

La otra información importante que puede ser extraída de la Tabla 12 es que la diferencia entre las decoloraciones se vuelve más crítica debido a que la tela Taubert negra adquiere una decoloración de 2 que ya es menos aceptable. En un país como Costa Rica, en el que la humedad es alta todo el tiempo, las condiciones de uso se parecerán más a las de la Tabla 12 que a las de la 11 por lo que se podría afirmar la tela Darlington es significativamente preferible a la Taubert según criterios de decoloración. Los productos de Amoena, sin embargo, no están diseñados para el mercado costarricense. Sino que éstos se venden más en países europeos y norteamericanos por lo que talvez esta diferencia no sea tan crítica. No obstante, al tomar en cuenta la globalización del mercado, que es una de las principales metas de la industria médica en el futuro cercano, la diferencia observada en la decoloración por fricción única sí se vuelve importante.

Las figuras 60 y 61 corresponden a los casos de decoloración máximo y mínimos observados. Como se puede observar en las Figuras 60 y 61, resulta muy difícil a simple vista divisar grandes diferencias entre las dos. No obstante, la decoloración sí es bastante diferente y, por lo tanto, se justifica el requisito de cuartos oscuros e iluminación enfocada a la hora de realizar las determinaciones. Por la misma razón se considera innecesario incluir fotografías de alguna otra probeta.

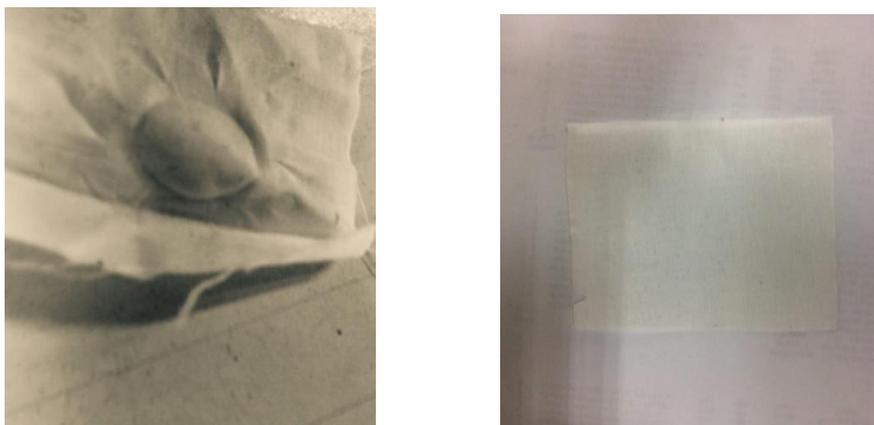


Figura 60. Coloración adquirida por la multifibra en la prueba de decoloración por fricción húmeda de la probeta Taubert color negra (izquierda) y la multifibra previo a la prueba (derecha)

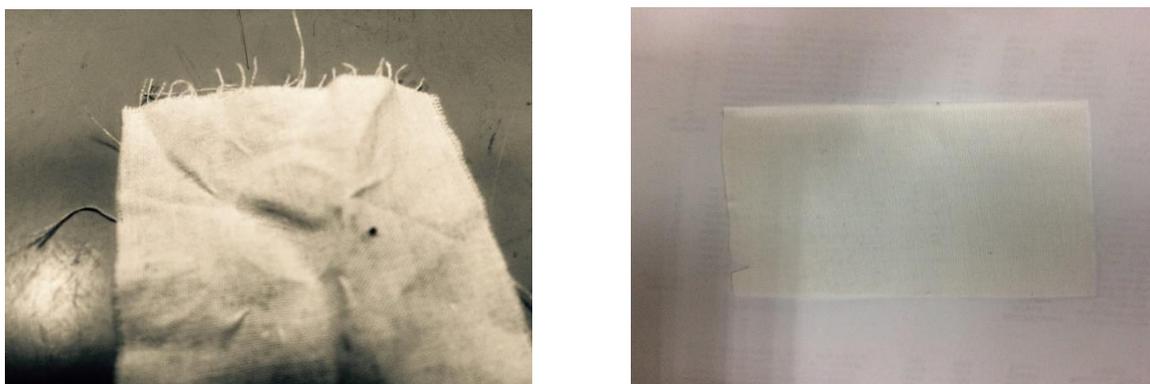


Figura 61. Coloración adquirida por la multifibra en la prueba de decoloración por fricción seca de la probeta Darlington color coñac (izquierda) y la multifibra previo a la prueba (derecha)

8. Análisis Termogravimétricos y de calorimetría diferencial.

Con los análisis térmicos, se buscó identificar y cuantificar a todos los componentes de la tela basándose en los procesos que ocurren en cada uno a diferentes temperaturas. Los puntos de fusión, ebullición y cristalización del nylon, el spandex y algunos otros componentes de las muestras están muy cercanos unos de los otros. Es por esto que se solicitó que se realizara las pruebas con un calentamiento lento, de 5 Kelvin por minuto, para pasar la suficiente cantidad de tiempo en cada temperatura y que los procesos pudieran terminar antes de que iniciara el siguiente. Sin embargo, los análisis fueron realizados al doble de la velocidad, 10 Kelvin por minuto, y existe la posibilidad de que algunos fenómenos se superpongan y no se pueda distinguir claramente entre uno y otro.

Información de interés como el grado de cristalinidad, de polimerización y la pureza de las muestras no podrá ser determinada por la razón recién expuesta. No obstante, aún resulta posible extraer ciertos datos y eso es lo que se hará en las próximas hojas.

Como punto de inicio, se muestra en la Figura 62 a la curva de calorimetría diferencial de la tela Taubert color negro. En verde, se registra el flujo de calor necesario para llevar a la muestra a cada temperatura desde los 20 hasta los 600 grados Celsius, mientras que en azul, se muestra la razón de cambio de esta cantidad con respecto a la temperatura. La pendiente de la curva de flujo de calor con respecto a la temperatura, en verde, corresponde a la definición de calor específico; pues es la cantidad de calor que requiere la muestra para elevar su temperatura cierto número de grados. La capacidad calorífica es, por lo tanto, la primera clase de información que se puede extraer de esta curva. Este valor, sin embargo, no es constante a lo largo del tiempo, como se puede observar en la Figura 62. La capacidad calorífica de una sustancia, a presión constante, solamente cambiará cuando exista un cambio de fase en alguno de los componentes de esta sustancia. Cada vez que exista un cambio de fase, por lo tanto, existirá un cambio en la pendiente de la curva verde que corresponde a un máximo o mínimo en local en su derivada en azul. Por lo tanto, la curva permite detectar las temperaturas a las que ocurre cada transición. La energía asociada con cada transición también se podría determinar integrando el área correspondiente. Sin embargo, debido a que estas curvas pueden estar superpuestas, este cálculo sería inexacto y, por tanto, no se realizará.

El valor de calor específico que tiene interés práctico es el que se presenta entre los 10 y los 70 grados Celsius pues ésta es la zona en la que el sostén será utilizado normalmente. Como lo demuestra la Figura 62, durante este rango la pendiente de la curva se mantiene constante debido a que no ocurre ningún cambio de fase. Esto permite que el cálculo del calor específico sea bastante sencillo. De la curva se extrae el valor de la pendiente de $0,05673 \text{ W / (g K)}$ como

lo muestra la Figura. Este valor se multiplica por la cantidad de tiempo transcurrido que fue de 482 segundos, alrededor de 8 minutos, para obtener la cantidad en Joules por gramo Kelvin. En el caso de la muestra de tela Taubert color negro, el resultado de este cálculo es 2723 Joules/Kg/K. El calor específico del resto de las muestras se calculó de la misma manera se muestra en la Tabla 13.

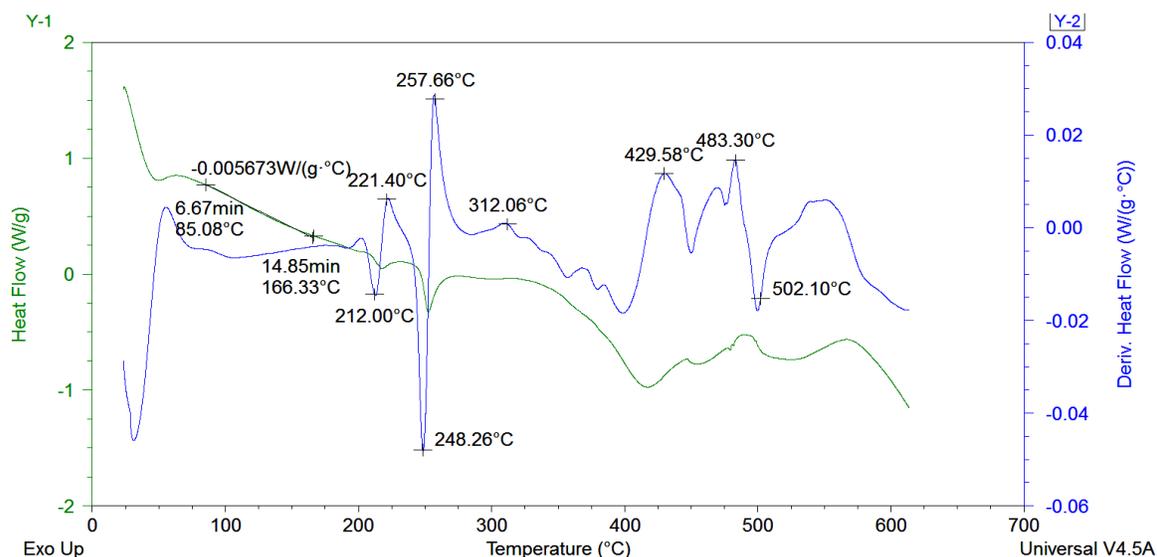


Figura 62 Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Taubert color negro

Volviendo la atención a la curva de la derivada del flujo de calor, se nota la presencia de cuatro cambios de pendiente sucesivos a la zona que se utilizó para determinar el calor específico. Estas transiciones tienen sus puntos de máxima velocidad a los 212, 221, 248 y 257 grados Celsius respectivamente. Las transiciones que ocurren a los 212 y 248 grados son de carácter endotérmico mientras que las restantes liberan energía. Según la literatura, es posible encontrar cuatro tipos de transiciones en este rango de temperaturas para una mezcla de nylon y spandex. Éstas son la fusión y cristalización de cada componente (Needles, 1986), (Masuda, Shimomura, & Hiramí, 1999).

Las temperaturas de fusión y cristalización de diferentes mezclas de nylon 6 y nylon 6,6 se reportan la investigación de Masuda, Shimomura y Hiramí (1991). Esos resultados se resumen en la Figura 63. Esto ocurre mientras que se conoce que la temperatura de fusión del elastano está entre 220 y 230 grados Celsius según su grado de polimerización.

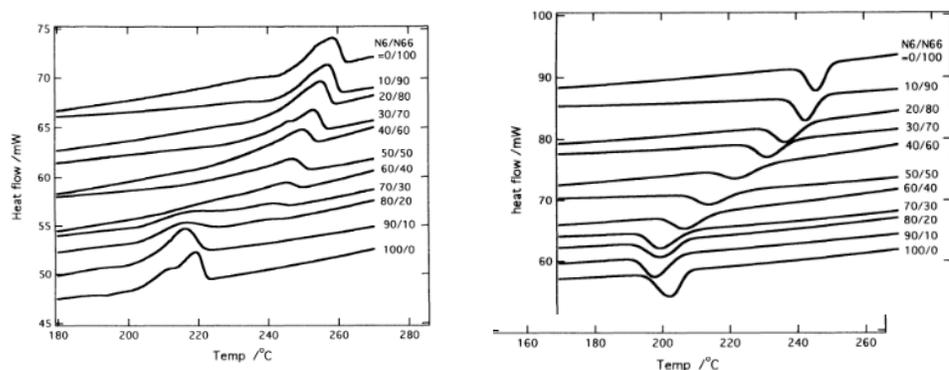


Figura 63. Puntos de fusión (izquierda) y cristalización (derecha) para diferentes mezclas de Nylon 6 y Nylon 6,6 (Masuda, Shimomura, & Hiramí, 1999)

De los cambios de fase mencionados, se sabe que los correspondientes a fusiones corresponden a cambios endotérmicos pues tienen como requisito que se proporcione el calor latente de fusión respectivo por lo que consistirán en un descenso en el flujo de calor y un máximo local en la curva azul. Las transiciones correspondientes a cristalizaciones, por otro lado, son procesos en los que los polímeros liberan calor para disponerse en estructuras más ordenadas. Esto causa que el equipo tenga que proporcionar menos calor y el flujo dibujado se reduzca. Lo anterior resulta en un descenso en la curva verde y, más notablemente, en un máximo local en la curva azul. Todo esto quiere decir que las transiciones que ocurren a las fusiones del nylon y del spandex son aquellas presentes a los 221 y 257 grados mientras que sus cristalizaciones ocurren a los 212 y 248 grados. Como se observa en la Figura 63, la única manera en la que el nylon se pudiera fundir a 221 grados es si su identidad fuera la del nylon 6 (según la parte izquierda de la Figura 63) y si fuese nylon 6, su cristalización se daría antes de los 200 grados, donde no se encuentra ningún punto. Por lo tanto, ese no puede ser el punto de fusión del nylon y, más bien, se trata de la fusión del elastano.

La fusión del nylon se da entonces a los 258 grados. Esto quiere decir, según la Figura 63, que se está trabajando con nylon 6,6 y que su punto de cristalización, según la misma Figura, debería rondar los 245 grados por lo que corresponde al punto observado a los 248 grados. La cristalización del spandex se dio, entonces, a los 212 grados y su fusión ocurrió a los 221. Los picos restantes observados en la curva corresponden a ebulliciones de las fibras y de los pigmentos incluidos pero su descripción resulta más sencilla a partir de la curva termogravimétrica que se presentará más adelante.

Ahora conviene presentar las curvas de calorimetría diferencial para el resto de las muestras y comparar las observaciones realizadas a partir de cada una entre sí. En la Figura 64, correspondiente a la muestra de Taubert color coñac, se observa el mismo comportamiento descrito anteriormente para temperaturas menores a los 300 grados con pequeñas desviaciones en las temperaturas a las

que ocurre cada fenómeno. En temperaturas mayores, también se observa comportamientos equivalentes y con pocas incongruentes. Una de ellas ocurre a los 374 grados donde en la muestra color coñac se da un fenómeno que en la de color negro no ocurre.

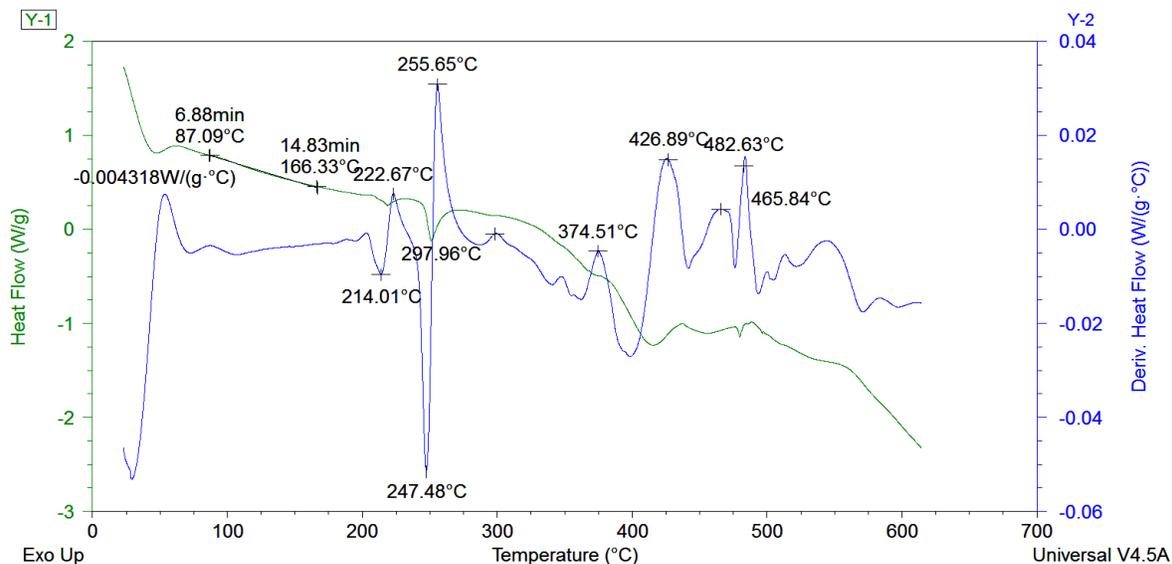


Figura 64 Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Taubert color coñac

En las Figuras 65 y 66, correspondientes al escaneo diferencial de calorimetría de las probetas de Darlington, también se observa los cuatro fenómenos observados anteriormente. Las áreas bajo cada pico, sin embargo, sí difieren significativamente y eso podrá indicar diferencias en los grados de cristalinidad, polimerización o en el contenido de cada sustancia entre los dos proveedores. No obstante, debido a que varios de estos fenómenos están superpuestos, resulta muy complicado cuantificar esta observación. El comportamiento después de los 300 grados es muy diferente al de las muestras de Taubert. Esto no se debe al nylon ni al elastano ya que éstos se comportaron de la misma manera en temperaturas bajas. Esto quiere decir que los colorantes y otros aditivos utilizados por Darlington son diferentes a los que utiliza Taubert. Entre las dos probetas de Darlington, también se observa diferencias en el comportamiento a temperaturas pirométricas. Esto no solamente se debe a que los pigmentos en sí puedan volatilizarse a temperaturas distintas, sino que también puede deberse a que éstos también pueden actuar como retardantes de la volatilización de las telas como se observó en las pruebas de combustión.

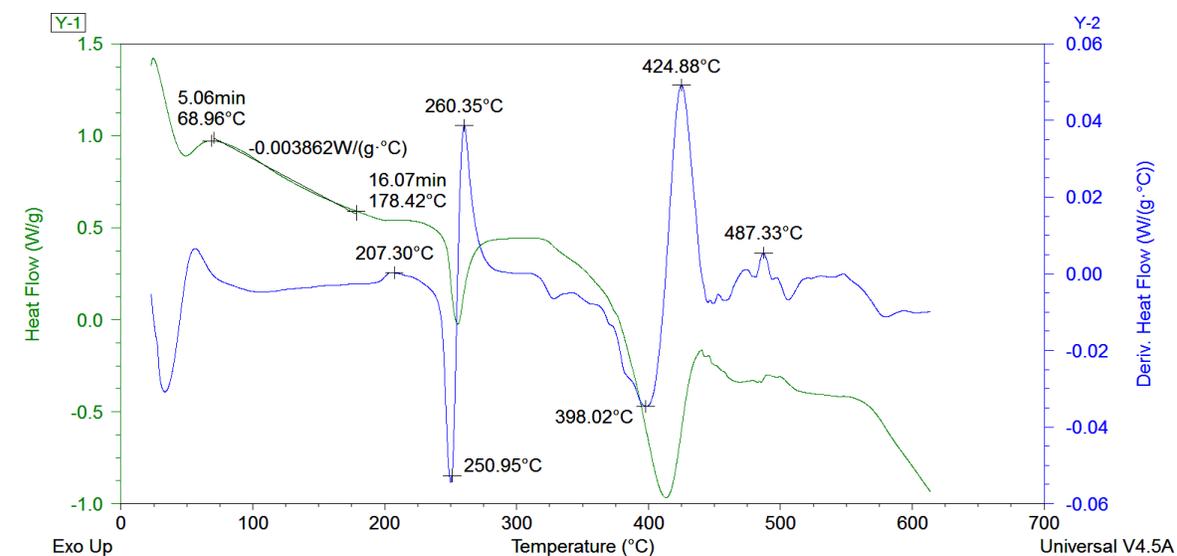


Figura 65 Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Darlington color negro

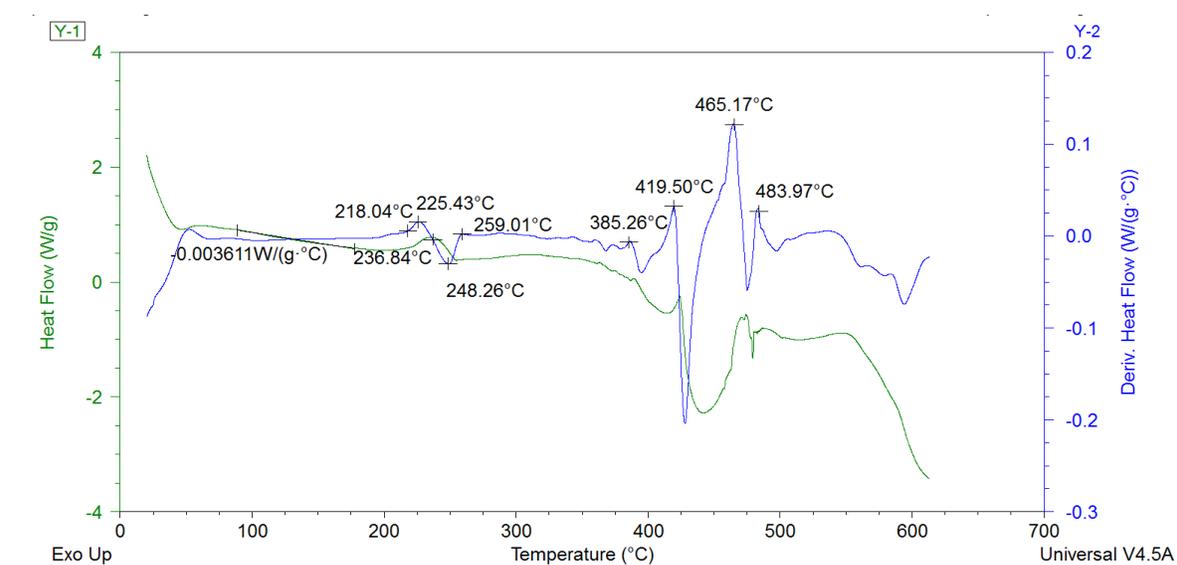


Figura 66 Curva de calorimetría diferencial de barrido de una muestra de tela Darlington color coñac

En la Tabla 13, se muestra los calores específicos calculados para cada probeta en el rango de los 20 a 70 grados Celsius, así como los de otras sustancias para ser utilizados como referencias. No se nota diferencia alguna entre el calor específico de los proveedores. En las probetas color coñac el calor específico es el mismo, mientras que en el negro sí hay una pequeña variación pero ésta no parece deberse a los constituyentes principales, sino a los aditivos que parecen estar en mayor cantidad en las muestras de color negro.

Tabla 13 Calor específico de las muestras y de algunas sustancias a temperatura ambiente

Muestra	Calor Específico (J/g/K)
Darlington negro	2552
Darlington coñac	2332
Taubert negro	2723
Taubert coñac	2331
Algodón	1356
Nylon puro	1760
Elastano puro	4600
Mezcla 14 % elastano, 86% Nylon (Darlington)	1936
Mezcla 23 % elastano, 77 % Nylon (Taubert)	2235

El calor específico representa la cantidad de energía necesaria para modificar la temperatura de un material. En piezas de vestuario, conviene que esta cantidad sea elevada para incrementar el confort térmico de los usuarios. En la Tabla 13, se observa que el calor específico de ambas telas es bastante superior al del algodón. Por lo tanto, se concluye que las telas son lo suficientemente adecuadas desde punto de vista ya que el algodón ha sido aceptado como material textil desde hace ya muchos años.

De nuevo, se observa que los pigmentos negros incrementaron la capacidad calorífica de las sustancias. Esto ocurre en ambos proveedores y es una nueva indicación de lo que se ha notado desde las pruebas de combustión sobre cómo los pigmentos presentes en las telas negras parecen estar retardando la transferencia de calor en la tela y, por lo tanto, retardando la combustión en las pruebas de combustión y el aumento de la temperatura en el cálculo del calor específico.

Las capacidades caloríficas de las muestras corresponden a valores intermedios entre los calores específicos de sus dos componentes principales: el nylon y el elastano. Como se observa en la Tabla 13, el calor específico del nylon es de 1760 mientras que el del elastano es de 4600. Si se pondera estas cantidades con las composiciones reportadas de las muestras, se obtiene los valores de 1900 para la tela de Darlington y 2200 para la tela Taubert. Estos valores son levemente superados por las muestras verdaderas debido a que las muestras no son completamente sólidas, sino que contienen algo de aire dentro de ellas. El aire retenido dentro de las muestras, sin embargo, no es suficiente para justificar las variaciones. Éstas también tienen que estar siendo afectadas por la presencia de pigmentos que están dificultando la transferencia de calor en todas las muestras.

El mecanismo por el que los pigmentos dificultan el flujo calorífico posiblemente es multifactorial. Por un lado, los pigmentos representan un

obstáculo más, como el aire, con su propia conductividad térmica que el calor debe atravesar. Además, los pigmentos son moléculas sumamente pequeñas en comparación con las largas cadenas de las fibras. Por esta razón, éstos se sitúan entre fibra y fibra pero no a lo largo de toda la fibra y así causan que el espacio vacío entre fibras también se vea incrementado. Este efecto es mayor en las probetas negras simplemente porque éstas son las que incluyen una mayor cantidad de colorantes.

Las diferencias entre las capacidades caloríficas determinadas no parecen ser significativas prácticamente pues todas las muestras son lo suficientemente adecuadas y de poco sirve que una tenga una capacidad calorífica 200 unidades mayor cuando ya se han superado los 2000 Joules por gramo Kelvin.

A continuación, en la Tabla 14, se presenta los cuatro fenómenos de cambio de fase presentados en las cuatro pruebas y la temperatura a la que cada una ocurrió.

Tabla 14. Temperaturas de transición observadas en las curvas de DSC de las diferentes muestras

Probeta	Cristalización del elastano (grados C)	Fusión del elastano (grados C)	Cristalización del nylon (grados C)	Fundición del nylon (grados C)
Darlington Coñac	225	236	248	259
Darlington Negro	207	225	251	260
Taubert Coñac	212	221	248	258
Taubert Negro	214	222	247	256

En todas las muestras, se observa coincidencia en los puntos de cristalización y fusión del nylon 6,6. En el elastano, esta coincidencia también se presenta, pero no es tan evidente en la probeta de Darlington color coñac. Esto se puede deber a que el elastano está contenido en las muestras en menor cantidad y, por lo tanto, es mucho más sensible a variaciones pequeñas. De cualquier manera, las curvas permitieron identificar a la composición de las muestras como combinaciones de elastano, nylon 6,6 y aditivos.

Para la cuantificación de estas fibras, se utilizará curvas termogravimétricas como la mostrada en la Figura 67. Éste corresponde a la muestra de Taubert color negro y presenta una pérdida de masa inicial cerca de los 100 grados Celsius de 2,54%. La pérdida de masa se observa en la curva verde de la Figura 67 mientras que su derivada se muestra en azul. Esta pérdida del 2,54% al agua contenida por la probeta y es una medida del grado de absorción y retención de humedad del ambiente que poseen las muestras. Luego de esto, la masa se mantiene estable hasta los 250 grados Celsius con la excepción una pequeña

ganancia de masa que se da a los 210 °C. Esto es inusual pues se esperaría que la masa se pierda a medida que se va calentando y volatilizando componentes. Sin embargo, en este caso, ocurre un leve ascenso que se debe a que uno de los componentes de la tela reaccionó con el medio (de nitrógeno) e integró a parte de este gas dentro de su estructura. Ni el nylon 6,6 ni el spandex son capaces de llevar a cabo estas reacciones por lo que se atribuye este comportamiento a uno de los pigmentos. Ésta información sería muy útil para la identificación de los pigmentos, sin embargo, debido a escasez de tiempo para realizar el análisis más completo, no se logrará identificar a cada componente.

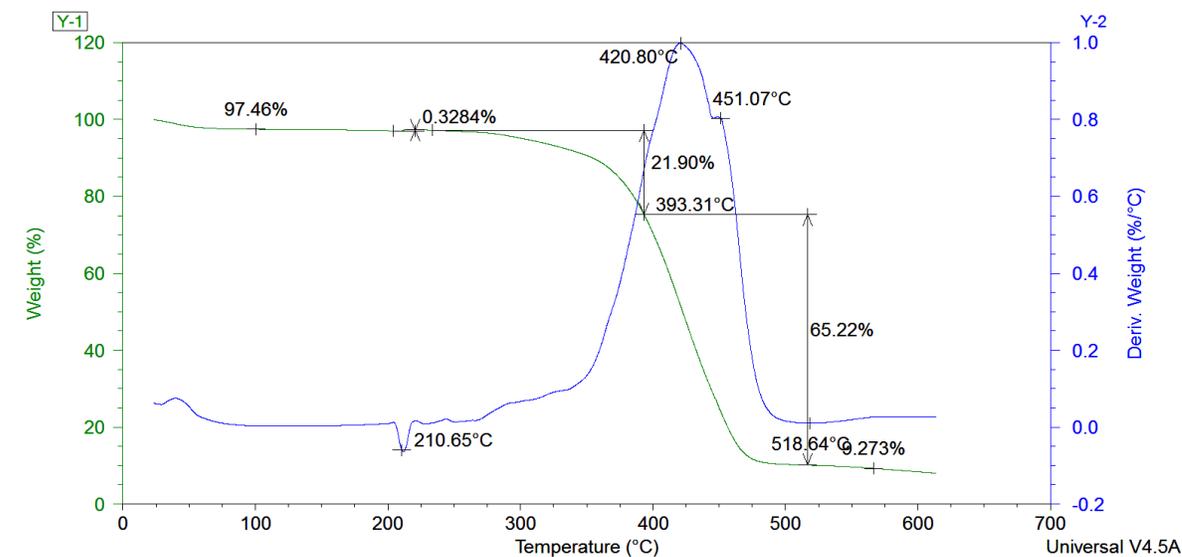


Figura 67 Curva termogravimétrica de una muestra de tela Taubert color negro

A partir de los 270 grados Celsius, inicia un fenómeno de pérdida de masa que en realidad corresponde a la ebullición del nylon y el elastano que constituyen a la muestra. Como se observa en la curva azul de la Figura 67, correspondiente a la derivada de la pérdida de masa, la pérdida de masa sí se da debido a dos fenómenos separados que se superponen por las temperaturas a las que ocurren. Esto es evidenciado por la presencia de dos picos en la tasa de cambio de la señal de peso; es decir, dos picos en la curva azul. En la curva verde de la Figura 67, esto también puede ser observado, aunque requiere de un mayor nivel de atención. Inicialmente, se observa que el descenso es lineal debido a que sólo uno de los componentes se está volatilizando. Seguidamente, se pasa a una región pequeña en la que la pérdida de masa de los dos componentes está superpuesta y, por tanto, la curva no es lineal. Al seguir calentando la muestra, el primer componente se termina de ebullicir y se pasa a solo perder al segundo material por lo que la curva vuelve a ser de carácter lineal.

Debido a esa zona de superposición, que se pudo haber reducido mucho si se hubiera seguido las instrucciones dadas para la realización de las pruebas, existe cierta incertidumbre a la hora de determinar cuánta masa corresponde al compuesto que se volatiliza primero y cuánta al que se ebulle después, pues para hablar con exactitud se necesitaría precisar el momento justo en el que un componente ha terminado de ebulir y el otro comienza a hacerlo. En este caso, no existe un momento justo, sino que es un pequeño rango de no linealidad en la curva. Para esta muestra, éste se da, como lo muestra la Figura 67 entre los 380 y 393 grados Celsius. En este punto, se ha perdido un 21,9 % de la muestra. Por lo tanto, se puede concluir que la cantidad de elastano presente en esta muestra es levemente menor a ese valor. Como ajuste se definirá una cantidad de 1,4% como lo que se debe deducir. Por lo que el análisis arroja un contenido de elastano de 20,5% por parte de la tela Darlington color negro. El nylon 6,6 es el componente que se evapora más tarde. Al final de esta segunda evaporación, queda un 10,4 % de la muestra. Por lo tanto, el porcentaje de nylon 6,6 contenido es de 65,22 más el 0,4 que se dedujo del elastano, es decir 66,6. Otra información que resultaría de utilidad para identificar a los pigmentos es el hecho de que éstos permanecen en estado líquido después de los 600 grados Celsius.

La composición de la tela, determinada a través de TGA se muestra finalmente en la Tabla 15.

Tabla 15 Composición de la tela de Taubert color negro determinada a través de TGA

Componente	Porcentaje másico
Agua	2.5
Nylon 6,6	66.6
Elastano	20.5
Pigmentos	10.4

En la probeta de Taubert color coñac, se encontró una situación similar y, por tanto, se efectuó el mismo análisis cuyos resultados se reportan en la Tabla 16 y la Figura 68.

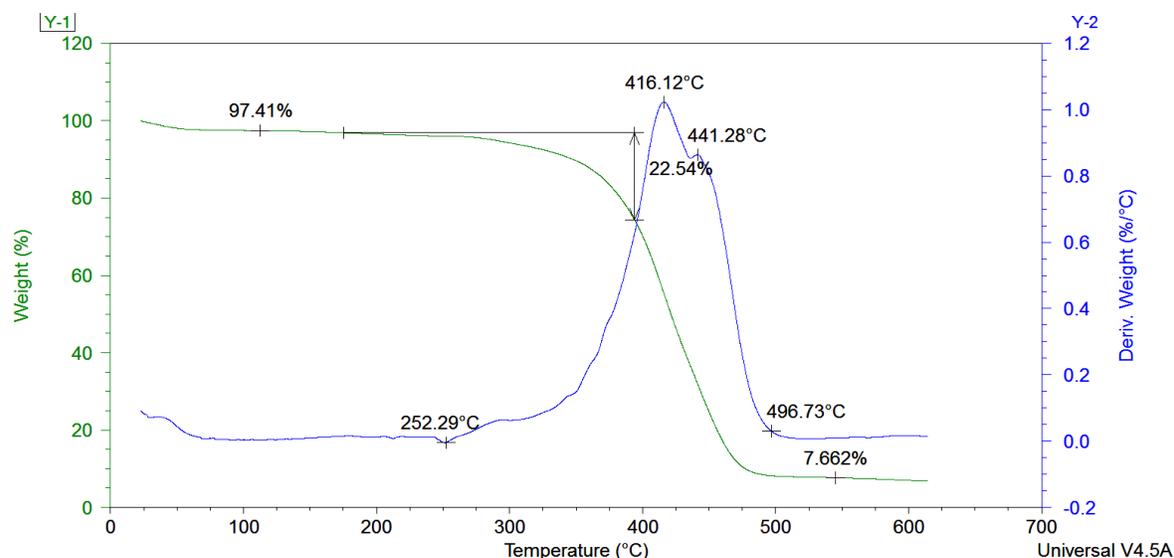


Figura 68 Curva termogravimétrica de una muestra de tela Taubert color coñac

Tabla 16 Composición de la tela de Taubert color coñac determinada a través de TGA

Componente	Porcentaje másico
Agua	2.6
Nylon 6,6	68.2
Elastano	21.5
Pigmentos	7.7

Al comparar los resultados de las Tablas 15 y 16, resulta sencillo observar que la composición de la muestra color coñac es similar a la de color negro. La principal diferencia entre ellas está en que la muestra de color negro contiene una mayor cantidad de pigmentos (aproximadamente 3% más) y, por tanto, menos elastano y nylon que la color coñac. Esto concuerda con lo observado en varias de las pruebas ya descritas y con los resultados de gramaje que serán reportados más adelante, pero que, básicamente, señalan que las piezas negras son más pesadas. Otra diferencia observada es la que se presenta al comparar las curvas termogravimétricas que corresponden a las Figuras 68 y 69.

Lo cierto es que en la probeta color negro, la de la Figura 68, no se presenta el fenómeno de ganancia de masa que se evidenció en la probeta negra, Figura 67. Esto confirma la noción de que dicho fenómeno no está relacionado con los constituyentes principales de la tela sino con sus pigmentos y que se debe pigmento que solamente está presente en la tonalidad negra y no en la coñac.

En la ficha técnica de la tela de Taubert, se reporta a la composición de la tela como de 23% elastano y 77 % Taubert. La composición real determinada es similar a la de la ficha técnica pero no exactamente igual. Esto es de esperarse debido a que en la ficha técnica no se hace ninguna consideración respecto a

los pigmentos ni al agua retenida, sino que se les cataloga básicamente como si fuesen nylon. Esto parece indicar que la composición de la ficha técnica fue determinada por pruebas como la de solubilidad en la que se removió todo el nylon, junto a los pigmentos y agua, y se nombró a todo lo que quedaba como spandex y a todo lo que se había removido como nylon. Por esta razón, la ficha es más acertada en el contenido de spandex pero presenta un contenido de nylon mayor al real. Los resultados de las pruebas de solubilidad concuerdan más con los de las fichas técnicas porque fueron determinados por métodos similares. Sin embargo, éstos son solo aproximaciones y los datos reales están más cercanos a los reportados en las Tablas 15, 16, 17 y 18. Si se ignora la presencia de agua y de pigmentos en la tela color coñac, por ejemplo, y se trabaja con 89,7 % de su masa que corresponde a las fibras como el 100% de la masa, se tendría que el 21,5% de elastano representaría un 24% y el nylon un 76%. Estos resultados sí concuerdan con la ficha técnica.

Algo similar ocurre con todas las muestras, como se muestra en la Tabla 19. Por lo tanto, se puede decir que la composición de las telas sí concuerda, mayoritariamente, con lo especificado. Y la discrepancia se basa en que la información especificada en fichas técnicas está incompleta pero no incorrecta. Lo mismo ocurre con el proveedor Darlington.

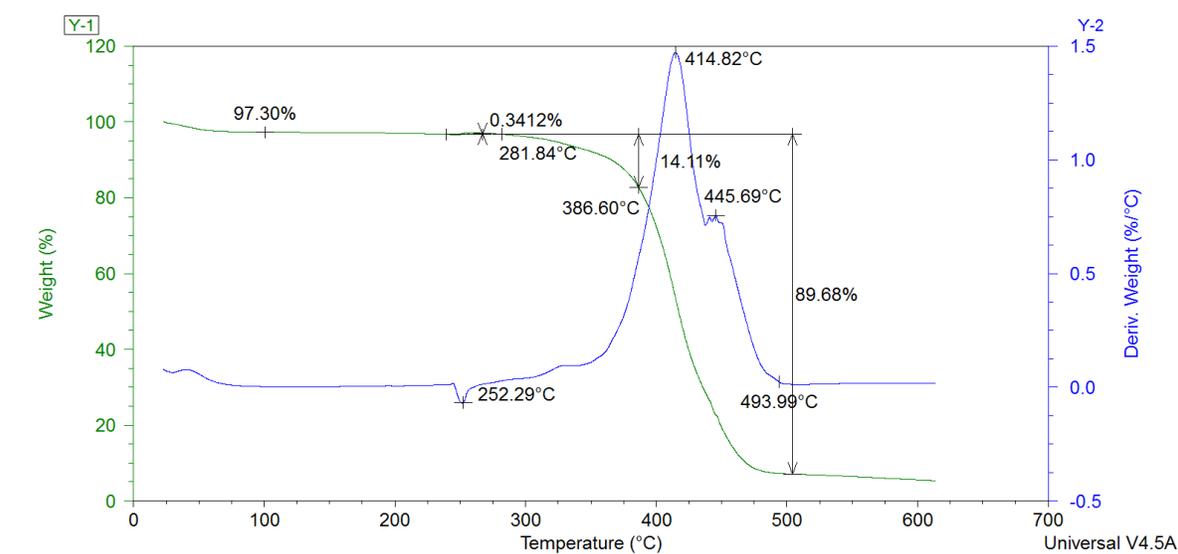


Figura 69. Curva termogravimétrica de una muestra de tela Darlington color negro

Tabla 17. Composición de la tela de Darlington color negro determinada a través de TGA

Componente	Porcentaje másico
Agua	2.7
Nylon 6,6	77
Elastano	12,7
Pigmentos	7.6

Al analizar las telas del proveedor Darlington, en las Figuras 70 y 71 y las Tablas 18 y 19, se encuentra exactamente el mismo comportamiento. Los porcentajes de cada componente cambian similarmente a como está señalado en las fichas técnicas, pero se repite la tendencia de que la tela negra contiene una mayor cantidad de colorantes que la coñac y que presenta un pico de ganancia de masa, esta vez a los 252 grados que no se da en la variación color coñac de la tela. Esto vuelve a señalar que los pigmentos negros son más pesados y que tienen al menos un componente adicional que es el responsable de dicha reacción.

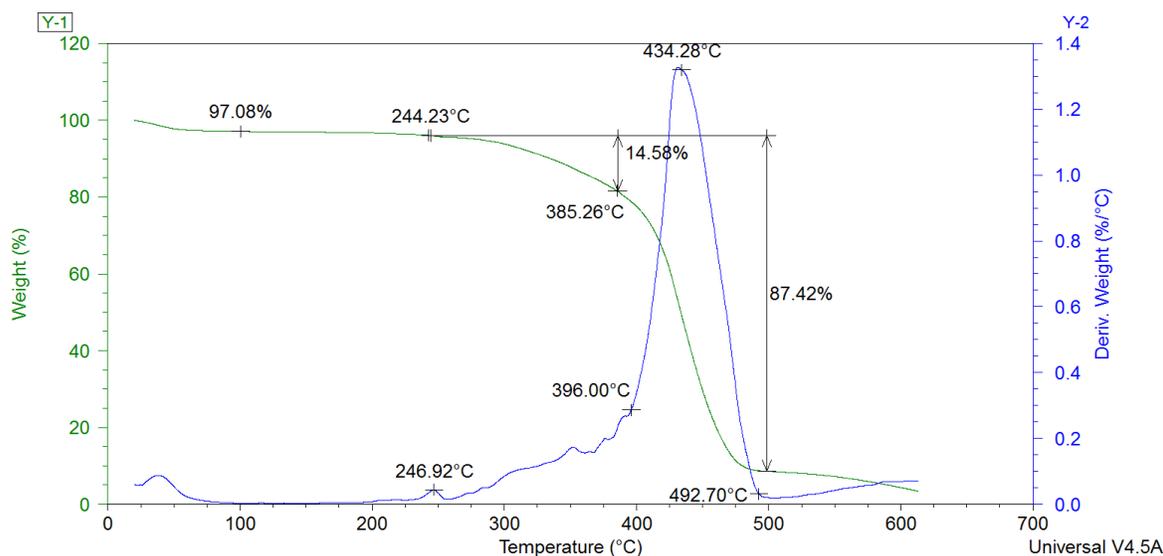


Figura 70 Curva termogravimétrica de una muestra de tela Darlington color coñac

Tabla 18 Composición de la tela de Darlington color coñac determinada a través de TGA

Componente	Porcentaje másico
Agua	2.9
Nylon 6,6	74.2
Elastano	13.2
Pigmentos	9.7

Como se mencionó anteriormente, en la Tabla 19, se muestra las composiciones de las muestras ignorando la presencia de agua y colorantes simplemente para comparar con las fichas técnicas. Las composiciones concuerdan en todos los casos por lo que se puede decir que los cuatro materiales están cumpliendo la especificación que se les da, siempre mencionando que esa especificación podría ser de mejor calidad pues no incluye toda la información de composición de la tela.

Tabla 19. Composición de las telas determinada a través de TGA ignorando la presencia de pigmentos y agua

Muestra	Elastano	Nylon
Darlington coñac	14	86
Darlington negro	15	85
Darlington especificación	14	86
Taubert coñac	24	76
Taubert negro	24	76
Taubert especificación	23	77

9. Decoloración por agua destilada.

Como se observó en las pruebas de decoloración por fricción, la transferencia de color de la tela hacia otras prendas con las que entre en contacto es una situación que debe tomarse en cuenta en la selección de las telas. Este efecto es en gran parte regulado por el medio en el que se dé el contacto. El medio generalmente es aire húmedo y esto se simuló en las pruebas de decoloración por fricción. Sin embargo, en situaciones particulares que ocurren con cierta frecuencia, es posible que este medio sea diferente. Es común, por ejemplo, que las prendas se mojen con agua ya sea durante su lavado o durante su uso común.

En esta prueba se busca simular esas situaciones en las que la mujer se moja por alguna razón y su brassiere puede transferir el color a las prendas que están por encima de él. Se utiliza agua destilada para tener control sobre sus propiedades y trabajar con un material uniforme, ya que el agua de grifo puede presentar variaciones en diferentes partes del mundo y, por tanto, los resultados no serían tan aptos para su comparación.

Las prendas con las que los brassieres y, particularmente, sus copas están en frecuente contacto son vestidos, blusas, camisas y abrigos. Existe bastante variedad en los materiales con los que se confecciona estas prendas. Por lo tanto, simplemente realizar la prueba con algodón, como se hizo en la decoloración por fricción no sería un análisis completo. Para resolver esto, se utilizó la configuración de fibras mostrada en la Figura 71. A esta configuración de fibras, a partir de ahora, se le designará como multifibra ya que, como se ve en la Figura 71, está compuesta por regiones de los seis tipos de fibra más utilizados en la confección ropaje externo. Éstos son la lana, los tejidos acrílicos, el algodón, el acetato, el nylon y el poliéster. Su distribución dentro de la multifibra también se muestra en la Figura 71.

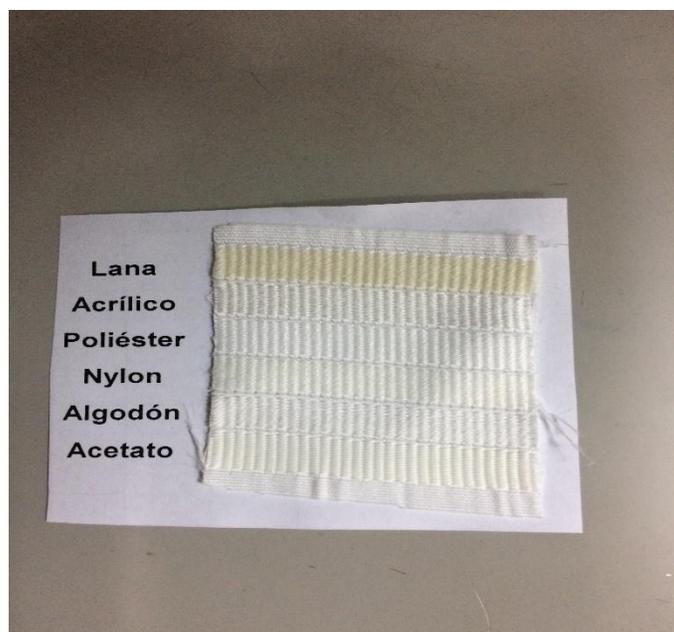


Figura 71. Multifibra utilizada para las pruebas de decoloración y sus componentes.

La prueba consiste en poner a la multifibra en contacto con la tela bajo estudio y con el medio seleccionado y hacer al conjunto atravesar una serie de condiciones cíclicas de presión y temperatura que acelerar el proceso de transferencia de color. Luego del último ciclo, se evalúa el cambio de color producido en los segmentos de la multifibra tal como se hizo en la prueba de decoloración por fricción. La evaluación se debe hacer con luz localizada en un cuarto negro para evitar errores de interpretación. Bajo condiciones más iluminadas, las muestras lucían de la manera mostrada en la Figura 72 después de finalizadas las pruebas. En esta figura, sí se logra apreciar cierta diferencia entre la coloración de la multifibra inalterada (en el centro) y aquellas que sufrieron los cambios debido a las pruebas con las muestras de Taubert. Esta imagen, sin embargo, se muestra solamente con fines ilustrativos pues la toma de los datos reportados en la Tabla 20 se realizó bajo las condiciones anteriormente especificadas.



Figura 72. Muestras de Taubert color coñac (izquierda) y negro (derecha) después de las pruebas de decoloración por agua destilada alrededor de la multifibra inalterada.

Tela/ Fibra	Lana	Acrílico	Poliéster	Nylon	Algodón	Acetato
Taubert coñac	1	2	0,5	2	1	0
Taubert negro	1	2	1	1,5	1,5	0
Darlington coñac	0,5	1,5	1	1,5	1,5	0,5
Darlington negro	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5

Tabla 20. Resultados de la prueba de decoloración por agua destilada

Los resultados de la Tabla 20 se grafican en la forma de barras en la Figura 73 para facilitar su comparación. En ella se muestra que, de manera generalizada, las probetas de Taubert causaron una decoloración levemente mayor que las de Darlington y que el efecto de las telas parece ser mayormente independiente de su coloración: sólo depende del proveedor. Además, se nota que el acetato y la lana fueron las fibras menos afectadas, probablemente por su naturaleza hidrofóbica mientras que los más afectados fueron los tejidos acrílicos y de nylon. La alta afectación del nylon se puede explicar por su alta afinidad con la tela que compone a las muestras. Esto causa que los pigmentos, que de por sí fueron diseñados para colorear al nylon de las muestras, migren con facilidad hacia otras fibras de nylon debido a que les resulta igual de conveniente unirse a un nylon u al otro. De hecho, gran parte de la migración de pigmentos se da por difusión a favor del gradiente de concentración y en busca del equilibrio en el contenido de pigmentos de ambas telas. Esto es aún más evidente cuando los dos materiales son químicamente iguales pues no existe una barrera o discontinuidades en la capacidad del pigmento de difundirse por una frontera.

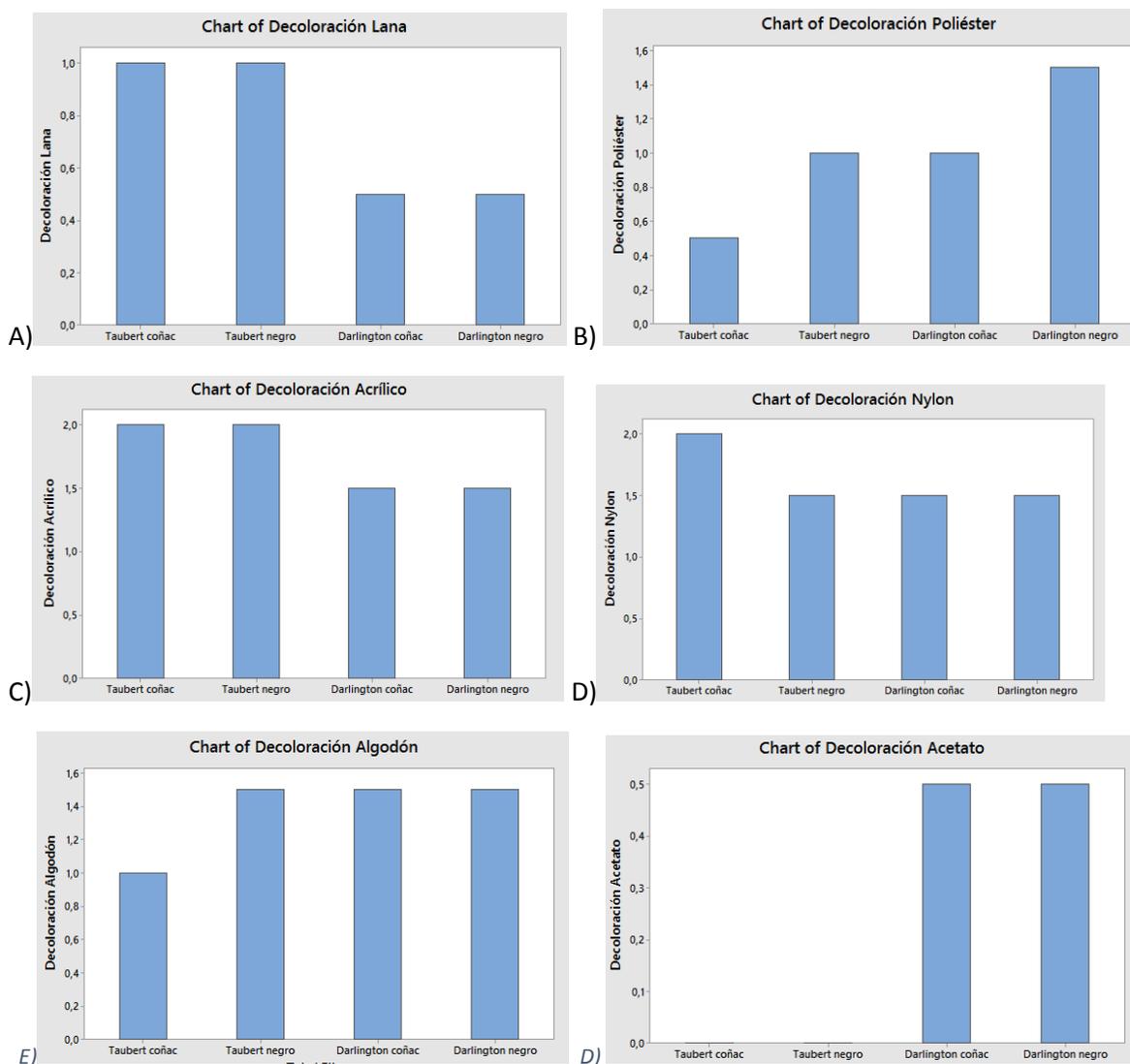


Figura 73. Gráficos de barra para la decoloración por agua destilada en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F)

La Figura 73 permite realizar una serie de observaciones comparativas con bastante facilidad. Por ejemplo, se podría decir que la decoloración de la lana (A) y del acrílico (C) son independientes del color de la tela y mayor en las telas de Taubert que las de Darlington, siendo el doble en la lana y 50 % mayor en el tejido acrílico. Además, se nota que el acetato (F) no sufre decoloración alguna con las probetas de Taubert pero sí lo hace en una pequeña cantidad con las de Darlington. El poliéster (B) es otra tela que sufre de mayor distorsión de color debido al contacto con la tela de Darlington que con la de Taubert. En este caso, sin embargo, sí parece existir una relación de dependencia con el color de la tela ya que el color negro produjo las decoloraciones más altas en ambos proveedores. El algodón, finalmente, sufrió de una distorsión importante en todas las telas, pero el efecto fue levemente menor en la muestra de Taubert color coñac.

Por todo lo anterior, se concluye de esta prueba que realmente ninguna de las telas es superior a la otra según este criterio. Sino que su selección dependería del tipo de tela con la que se entre en contacto. Como ésta puede ser de distintas identidades, y resulta impráctico seleccionar a una tela para cada aplicación, no se nota una diferencia significativa que le dé ventaja a alguno de los proveedores.

10. Destilación por agua de mar.

Se realizó la misma prueba de decoloración sustituyendo al agua destilada por una solución artificial de agua marina. Los resultados obtenidos fueron decoloraciones levemente menores que en el agua destilada, pero se mantuvo la tendencia de que algunas telas sean mejores para algunas aplicaciones mientras que otras resulten más convenientes en situaciones diferentes. Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 21. Con esos datos, se construyó los gráficos que se presenta en la Figura 74. En ella se observa, por ejemplo, que los tejidos de acetato (F) sufren de más transferencia de color cuando se les trata con probetas de Taubert mientras que los de algodón (B) solamente son afectados, y en igual magnitud, por las telas color negro de ambos proveedores. Las demás fibras no presentan una tendencia constante respecto a su color o proveedor y, por tanto, tanto se puede decir que un proveedor sea superior al otro bajo este criterio.

Tabla 21. Resultados de la prueba de decoloración por agua de mar

Tela/ Fibra	Lana	Acrílico	Poliéster	Nylon	Algodón	Acetato
Taubert coñac	0	2	0,5	1	0	2,5
Taubert negro	0,5	2	0,5	0,5	2	2
Darlington coñac	0,5	2	0,5	1	0	2
Darlington negro	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5

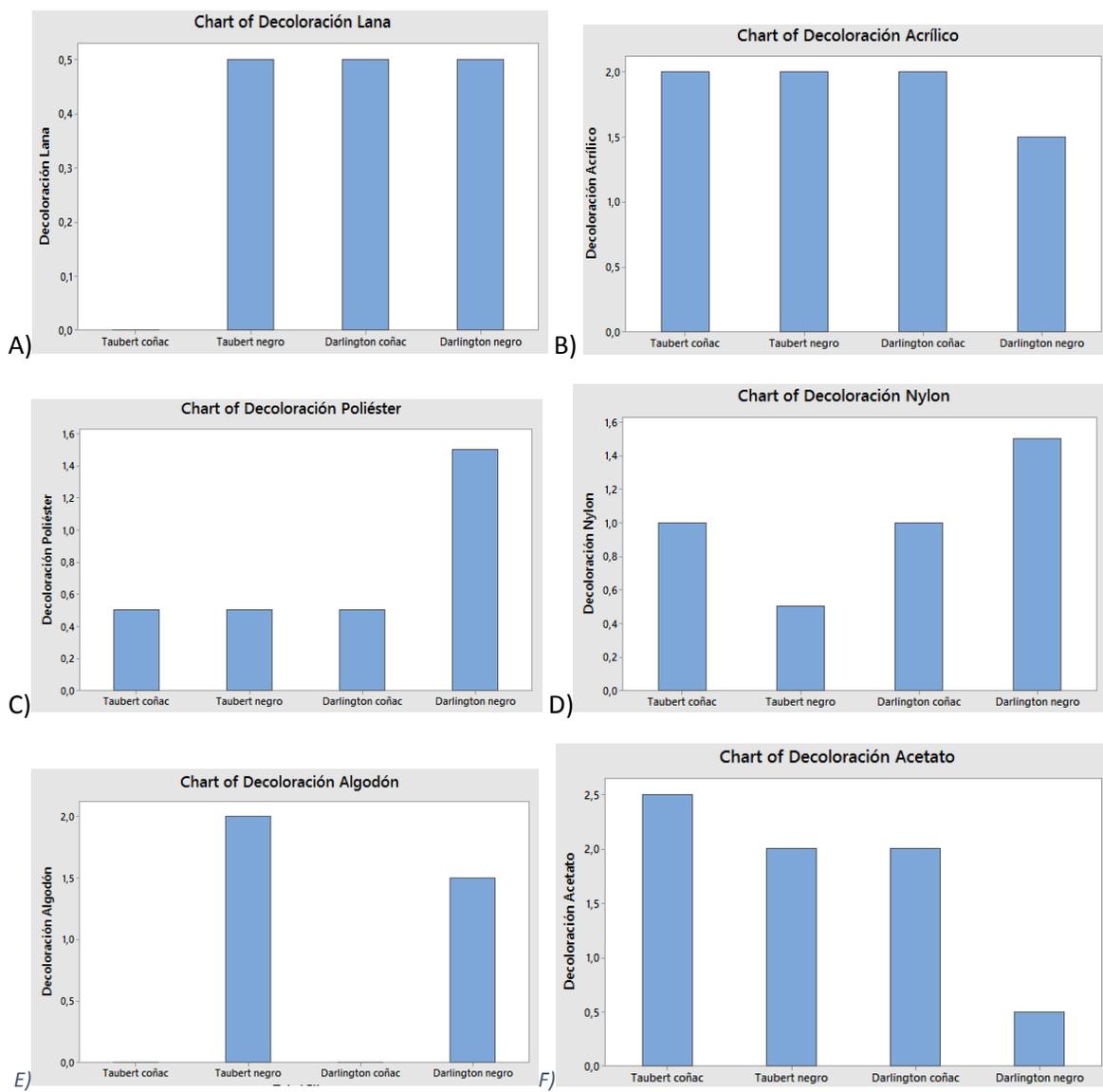


Figura 74. Gráficos de barra para la decoloración por agua de mar en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F)

11. Destilación por transpiración ácida.

Finalmente, se confeccionó una solución de transpiración artificial para simular las situaciones en las que el medio entre las prendas es precisamente esta sustancia que es frecuentemente secretada por el cuerpo del usuario. Este resultó ser la situación más crítica y, por lo tanto, importante para la transferencia de color, pues además es muy frecuente. En la mayoría de los componentes de la multifibra, se registró valores de decoloración sumamente altos.

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 22. Con esos datos, se construyó los gráficos que se presenta en la Figura 75. En esta figura, se observa que en todas las probetas, la decoloración más elevada fue la de la probeta de Taubert color negro. También en casi todas las fibras (con la excepción del acetato), la siguiente probeta con más decoloración fue la Darlington coñac; mientras que las muestras de Taubert coñac y Darlington negro presentaron decoloraciones menores y muy similares entre sí en todos los casos menos ese. Esto da una pequeña ventaja al proveedor Taubert en tonos claros y una ventaja más alta a Darlington en colores oscuros que será, finalmente, la conclusión de estas últimas tres pruebas.

Tabla 22. Resultados de la prueba de decoloración por transpiración ácida.

Tela/ Fibra	Lana	Acrílico	Poliéster	Nylon	Algodón	Acetato
Taubert coñac	0,5	2	1,5	2	2	2
Taubert negro	1	3	3	2,5	3,5	2,5
Darlington coñac	1	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5
Darlington negro	0,5	2	1,5	1,5	1,5	1,5

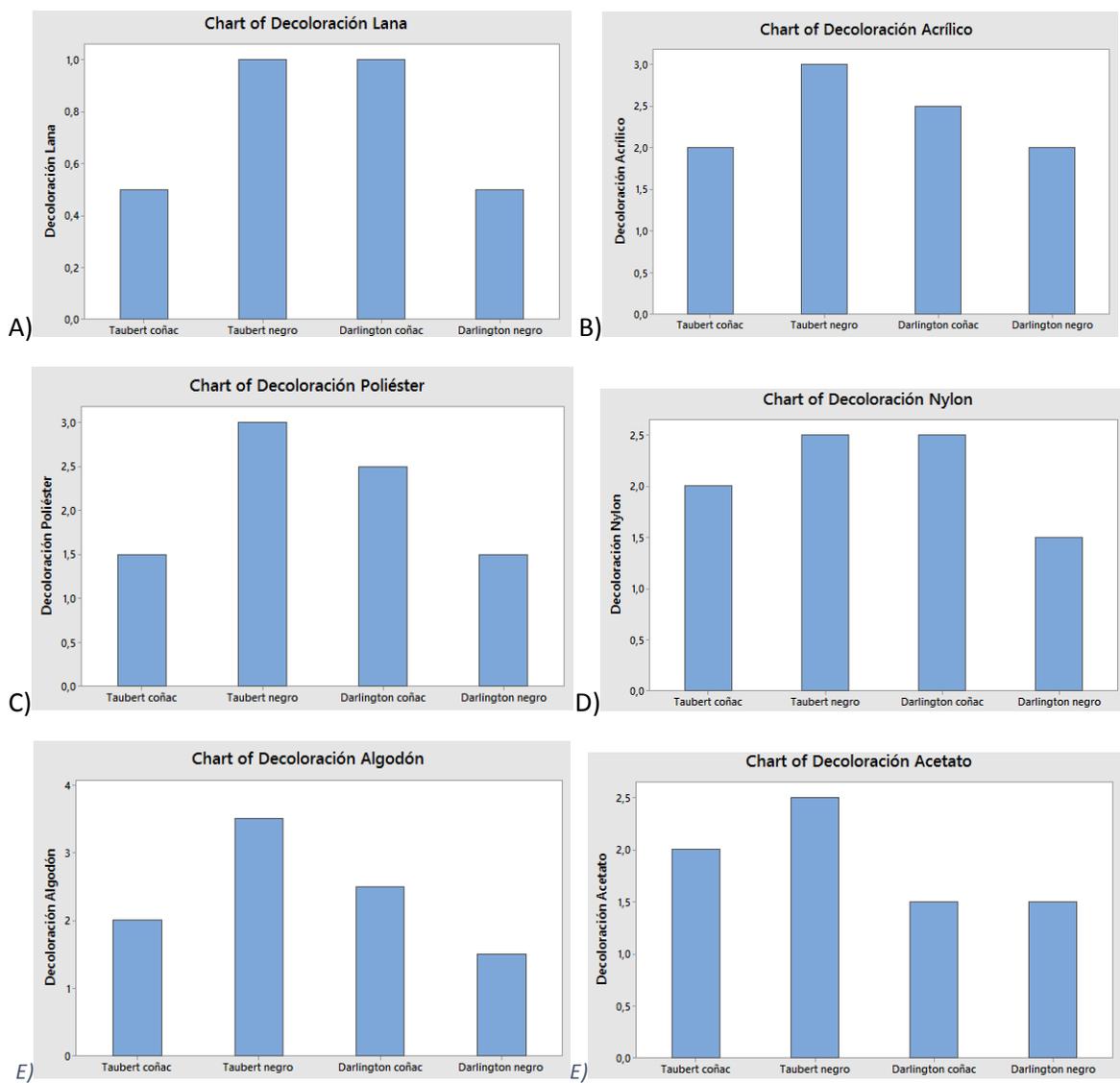


Figura 75. Gráficos de barra para la decoloración por transpiración ácida en lana (A), poliéster (B), acrílico (C), nylon (D), algodón (E) y acetato (F)

12. Resistencia a la formación de pilling

Se conoce como pilling a la presencia de pelotas de diversos tamaños correspondientes a hilos abiertos y entrelazados entre sí sobre la superficie de tela (Needles, 1986). Su aparición no solamente es indeseable debido a razones estéticas sino que también puede comprometer la salud de los usuarios de este tipo de productos. Esto se debe a que la dureza de los “pills” es bastante variable y puede llegar a alcanzar valores bastante altos según el grado de enredamiento y aglomeración, que causa esfuerzos internos, a la temperatura y la cantidad de agua retenida. Es posible, entonces, que los pills sean lo suficientemente duros como para causar lesiones a las zonas con las que entren en contacto. En el caso de los sostenes de Amoena, se presupuesta que estas telas interactúen con partes íntimas parcialmente reconstruidas de mujeres que sufrieron de una enfermedad justamente en esa zona; por lo que ninguna característica de la tela que pueda causar una leve lesión es aceptable. Es por esto que la correcta interpretación de esta prueba se convierte en una sección vital de la selección del material.

La prueba se basa en acelerar las condiciones que llevan a la producción de pills y comparar visualmente el efecto producido con fotografías registradas por el ente regulador ASTM. Como ejemplo, a continuación, se muestra una tela encontrada en Internet con un grado de pilling severo y a su derecha se dispone a la fotografía provista por la ASTM para este nivel de resistencia al pilling.

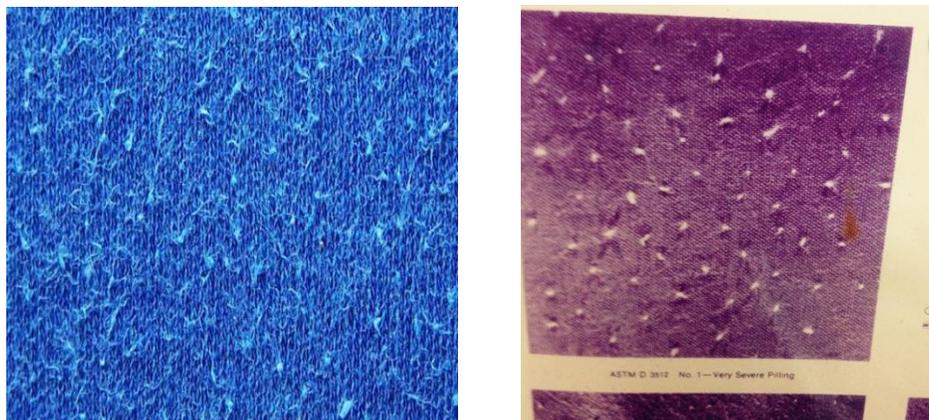


Figura 76. Ejemplo de un caso de pilling muy severo (izquierda) y su identificación correspondiente según la norma ASTM D 3512 (derecha). La imagen de la izquierda fue tomada de: (DABEDAN Tejidos Ignífugos, 2016)

De esta manera, al material observado en la figura 76 (que tiene una resistencia al pilling muy baja) se le asignaría una resistencia al pilling de 1 que corresponde al valor mínimo mientras que el máximo correspondiente a una tela inmune al pilling es un 5. La compañía establece como valor mínimo de aceptación a una resistencia al pilling de 2,5 debido a las razones expuestas previamente.

Según las normas ASTM D 3511 y ASTM TS-008, referentes a este tipo de pruebas, las muestras deben permanecer en el equipo por 30 minutos, tras los

cuales se realizó la valoración reportada en la Tabla 23. La prueba se realizó a seis muestras de cada tela. De ellas, se muestra algunas imágenes en las Figuras 77 y 78 para ejemplificar.

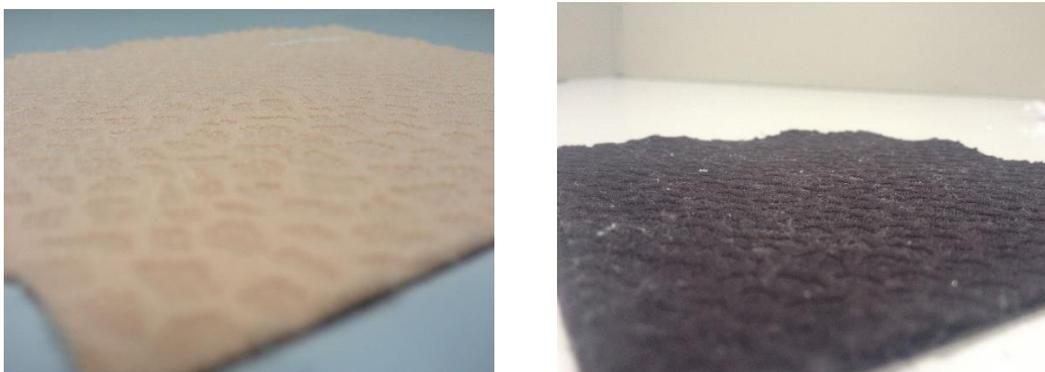


Figura 77. Pilling sufrido por las muestras de la tela de Taubert Brothers negra (derecha) y coñac (izquierda) debido a la prueba ejecutada durante 30 minutos.



Figura 78. Pilling sufrido por las muestras de la tela de Darlington Brothers negra (derecha) y coñac (izquierda) debido a la prueba ejecutada durante 30 minutos

En las figuras anteriores, la 77 y 78, se puede observar cómo la formación de pilling solamente se dio en la muestra de Tauber Brothers color negro. Es importante señalar la diferencia entre el pilling real y la acumulación de algodón sobre la tela que se podría interpretar incorrectamente como pilling. Para esto, a continuación, se describe uno a uno el estado correctamente descrito de cada imagen.

En la imagen de la tela Darlington color coñac, correspondiente a la sección izquierda de la Figura 78, no se observa daño alguno sobre la superficie de tela más que una marca realizada previamente con corrector líquido para numerarla. Por lo tanto, el nivel de pilling sufrido es nulo y a su resistencia se le otorga un valor de 5. En su contraparte en color negro, situada a su derecha, sin embargo, sí se observa cierta acumulación de bolas de hilos sobre la superficie.

No obstante, al observar las muestras más de cerca, es evidente que estos hilos no corresponden en ningún caso a hilos de la tela en sí, si no que son trozos del algodón gris que se hace girar con ellos durante la prueba pero que no pertenece al tejido original. Estas acumulaciones nunca tendrán el tamaño ni la dureza suficiente para ser peligrosos porque no están sujetas al tejido así que, en cuanto, alcancen un tamaño mediano, simplemente se caerán y no serán problema. Por lo tanto, se concluye que esta tela tampoco sufre de pilling y que su resistencia es 5.

En las muestras correspondientes a la tela Taubert Brothers color coñac (a la izquierda de la Figura 77) también se observa la presencia de pequeñas acumulaciones de algodón. Éstas son menos visibles que en caso anterior por el color de la tela. Sin embargo, la evaluación de tela es la misma. Ahora, para la tela Taubert color negro esto no ocurre; pues en ésta sí se observó la presencia de pills sujetos al tejido principal. Al medir la distancia entre cada par de pills, se encontraron valores diferentes de pilling para cada muestra y es el promedio de estos valores el que se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Resistencia al pilling de las muestras de diferentes tipos de tela

Estilo	Color	Valor de Pilling Promedio según la escala de la norma ASTM D 3512
Taubert	Coñac	5
Darlington	Coñac	5
Taubert	Negro	4,33
Darlington	Negro	5

Como se observa la Tabla 23, todas las muestras presentan una resistencia al pilling adecuada según el criterio de la compañía. Sin embargo, cabe señalar que la tela Taubert en color negro sufre de más de este problema que las otras. Adicionalmente a los procedimientos establecidos por las normas mencionadas, se decidió volver a someter a estas muestras a las condiciones de prueba por tres periodos más para observar su respuesta y poder observar diferencias entre ellas. Los resultados de estas pruebas se muestran en la Figura 79.

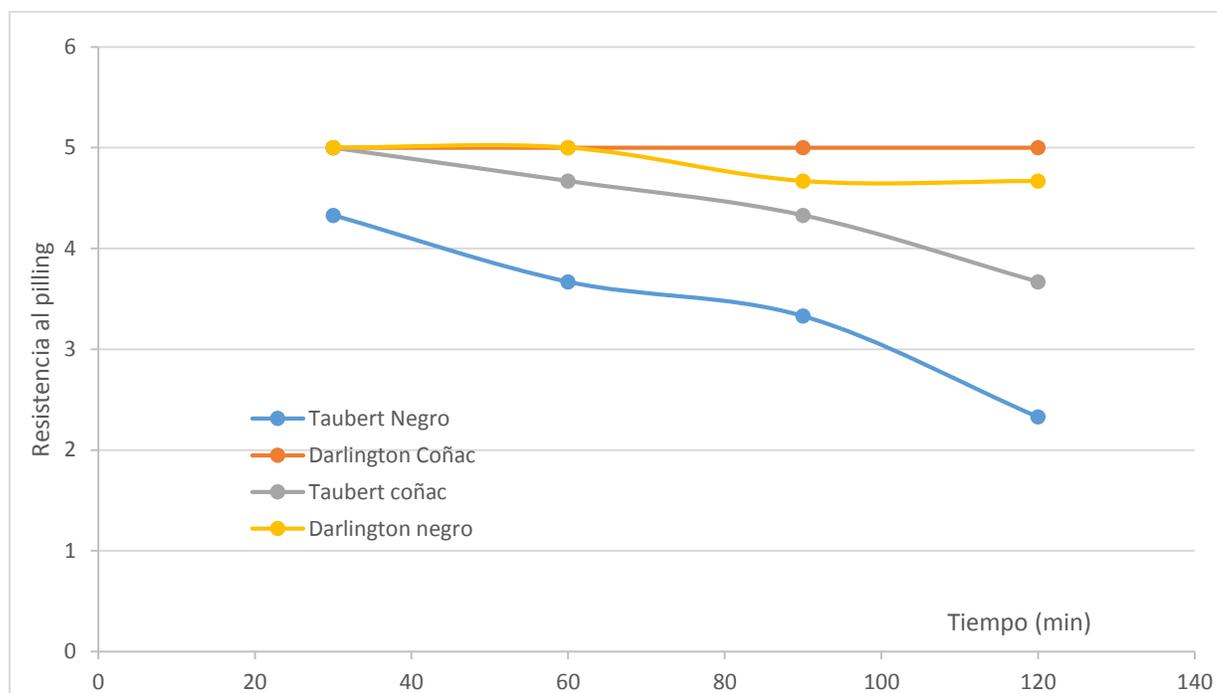


Figura 79. Resistencia promedio al pilling de diferentes telas tras la ampliación de la prueba

Como se observa en la Figura 79, ambos tipos de tela Darlington se mantienen en el rango aceptable durante la totalidad de la prueba. Este no es el caso de las telas del proveedor Taubert Brothers. Para este proveedor el nivel de pilling sufrido por la tela color negro pasa a ser inaceptable a partir del segundo ciclo mientras que el correspondiente a la color coñac lo hace hasta su cuarto ciclo. La norma ASTM empleada está diseñada para simular aproximadamente 6 años de uso de la tela pues es este el periodo normal de uso de un accesorio textil. Por lo tanto, la importancia o futilidad de las diferencias encontradas entre ambos proveedores dependen de la vida útil que Amoena quiera dar a sus productos. Tomando en cuenta que la mayoría de los clientes que adquieren los sostenes de Amoena son mujeres mayores a 55 años y que su expectativa de vida es un poco menor que la de la población general. No resulta descabellado pensar que un sostén de Amoena debe estar diseñado para usarse durante 20 años aproximadamente.

El criterio de calidad en cuanto a la dureza de las partículas inmersas en pilling, sin embargo, no debe mantenerse constante con el tiempo ya que la dureza del pecho de las mujeres no lo hace. Por el contrario, es de esperarse que la piel de la mujer sea cada vez menos resistente a la penetración de partículas conforme ésta envejezca de manera que su tolerancia a elementos duros de pilling también irá decreciendo. Por lo tanto, partir del tercer ciclo de las pruebas de pilling (correspondiente a 18 años), se considerará indeseable para efectos de este documento valores de resistencia menores a 4,5.

Tomando en cuenta esta consideración, ambas tonalidades de la tela de Taubert Brothers son catalogadas como inaceptables después de 18 años de uso. No obstante, de nuevo, esto únicamente es importante si la tela está destinada a usarse por periodos similares a este. Finalmente, en la siguiente Tabla se resume las conclusiones tomadas de la prueba de resistencia a la formación de pilling.

Tabla 24. Conclusiones de las pruebas de resistencia a la formación de pilling

Vida útil	Conclusión
Menor a 5 años	Todas las telas son aceptables. Sin embargo, se observa que la tela del proveedor Taubert Brothers color negro tiene una tendencia mayor a la formación de pilling.
Entre 5 y 15 años	La tela Taubert Brothers color negro es inaceptable mientras que todas las demás son aceptables. Y el desempeño de las telas Darlington es levemente mejor que el de la Taubert Brothers coñac.
Mayor a 15 años	Ambas telas Taubert Brothers son inaceptables y las Darlington las aventajan considerablemente.

También resulta interesante resaltar el hecho de que las telas color negro en ambos proveedores hayan resultado menos resistentes que sus homólogas en color coñac. En general una tela es más susceptible al pilling cuando ésta es altamente cohesiva o densa, pues de otra manera, los hilos sueltos simplemente se desprenderían en vez de quedar sujetos. Esto podría indicar que la pigmentación negra provoca una distribución más densa o que sujeta a la tela de alguna manera. También existe la posibilidad de que el pilling simplemente sea más fácil de observar en la tela negra que en las otras y que las diferencias en los resultados se deban a incongruencias en la interpretación. Sin embargo, esto es muy poco probable debido a que las determinaciones se realizaron varias veces y se corroboró con análisis externos para comprender bien qué era pilling y qué no antes de realizar las observaciones.

13. Gramaje

Se determinó las masas de muestras de todas las bobinas de las telas bajo estudio que ingresaron a la empresa durante dos meses. Los resultados para las muestras de la tela Darlington se muestran en la Tabla 25, mientras que los del proveedor Taubert se disponen en la Tabla 26.

Tabla 25. Masa de las muestras de la tela Darlington

Masa de las probetas de tela Darlington (oz/sq yd)	
Negro	Coñac
6,064343164	5,983485255
6,145201072	5,983485255
6,30691689	5,983485255
6,145201072	6,064343164
6,30691689	5,902627346
6,226058981	5,983485255
6,226058981	5,983485255
6,145201072	5,983485255
6,387774799	5,983485255
6,30691689	5,983485255
6,064343164	5,983485255
5,983485255	6,064343164

Tabla 26 Masa de las muestras de la tela Taubert

Masa de las probetas de tela Taubert (oz/sq yd)	
Taubert Negro	Taubert Coñac
7,924075067	7,519785523
7,924075067	7,600643432
8,085790885	7,519785523
7,843217158	7,438927614
7,762359249	7,600643432
7,924075067	7,519785523
7,924075067	7,600643432
7,924075067	7,600643432
7,843217158	7,519785523
8,085790885	7,600643432
7,843217158	7,438927614
7,924075067	7,438927614

Los cuatro grupos de datos presentados en las tablas 25 y 26 y correspondientes a las telas de ambos proveedores se ajustan adecuadamente a una distribución normal. Esto es típico de datos de masa en los que se espera que las desviaciones sean tan frecuentes hacia abajo como hacia arriba del promedio.

El promedio de las masas de las probetas de Darlington en negro y en coñac se encuentra dentro de especificación con valores de 6,19 y 6 respectivamente. La variabilidad de las muestras más pesadas, las de color negro, es mayor que las de color coñac. Esto, sumado al hecho de que la masa de las muestras negras sea mayor, sugiere que el pigmento negro es más pesado o que se utiliza en mayor cantidad que el que da el color coñac.

En las muestras del proveedor Taubert, mostradas se repite el comportamiento de obtener datos ajustables a una distribución normal y en los que la masa de las muestras negras es algo mayor que la de las coñac. El promedio del peso de las muestras Taubert color negro está por encima de la especificación. Esto las podría hacer inaceptables para la empresa pues el proveedor no está proporcionando lo que está ofreciendo.

La mayoría de las muestras color coñac tienen un peso cerca del promedio de 6,2 onzas por yarda cuadrada que está más hacia el límite superior de 6,4 de la especificación que de 5,8, que es el límite inferior.

Para ayudar con la comparación, en la Figura 80, se muestra la gráfica de valores individuales de las masas de los cuatro tipos de tela. En primera instancia, se observa que la masa de las muestras de Taubert son, todas, más pesadas que las del proveedor Darlington. Esta diferencia es bastante mayor que la variabilidad por lo que se podría afirmar que éstas sí son significativas sin utilizar otra herramienta estadística. Además, se observa que la versión negra es más pesada que la coñac para ambos proveedores. La significancia de estas diferencias no es tan evidente a simple vista, no obstante, sí parece existir. En términos de variabilidad, se observa que las muestras negras son bastante más variables que las muestras coñac. Esto ya había sido indicado por los análisis de capacidades.

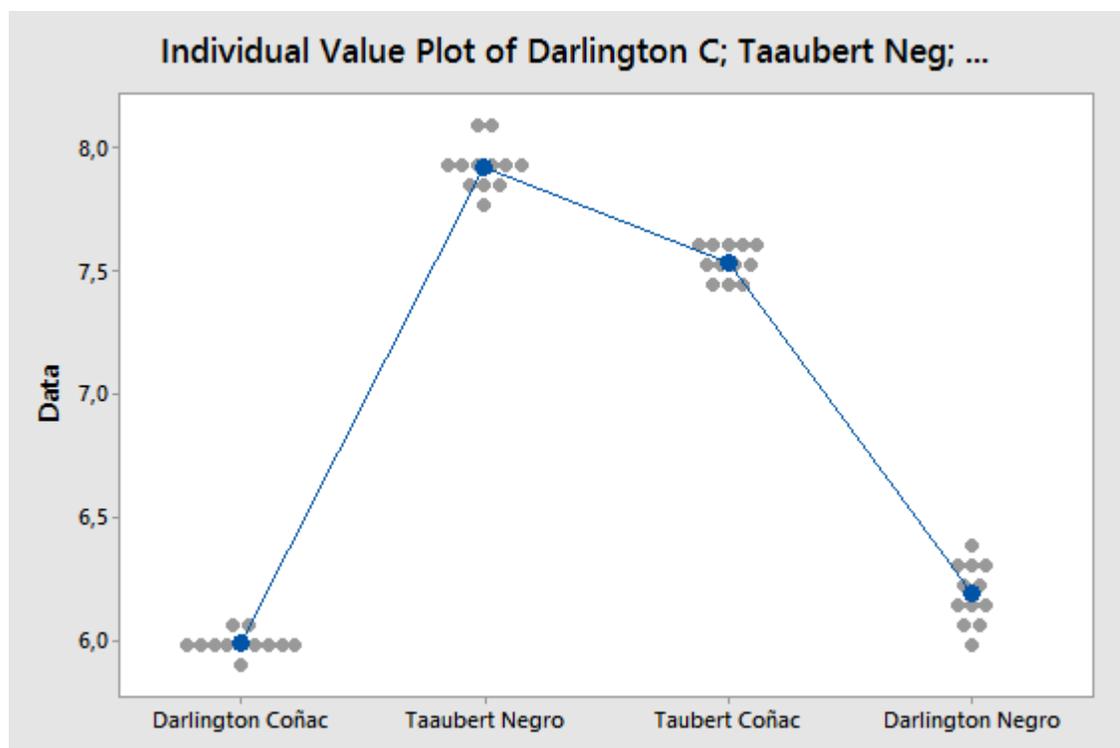


Figura 80 Gráfica de valores individuales para las masas de las probetas de distintos tipos de tela

Por último, se muestra, en la figura 81, el gráfico de diferencias de Tuckey con el fin de confirmar el nivel de significancia estadística de las diferencias entre grupos de muestras. Éste consiste en un gráfico de intervalos para la diferencia entre dos datos cualquiera de los grupos analizados. Así, el punto mínimo del intervalo es la mínima o máxima diferencia entre ese par de puntos. Y el límite restante es el valor complementario. Para que dos muestras sean diferentes, su diferencia no puede ser 0. Por lo tanto, de la gráfica se concluye que todo par de muestras cuyo intervalo de diferencias no incluya al valor de 0 es un par de muestras estadísticamente diferente.

Esto ocurre en todos los pares de muestras por lo que sí se puede decir que todas las muestras son diferentes. El color negro es definitivamente más pesado que el coñac. Esto se debe a que contiene más colorante o a que su colorante es más pesado atómicamente. Esto fue corroborado con TGA. Sin embargo, esta diferencia se da en ambos proveedores por lo que no es un factor para discernir entre los proveedores. Por otro lado, se puede concluir que las muestras de Taubert son bastante más pesadas que las Darlington. El hecho de que dos características sean estadísticamente diferentes no quiere decir que esta diferencia tenga una importancia práctica. Una variación tan pequeña en la masa de dos piezas de tela como la encontrada entre telas de un mismo proveedor sólo será importante si la cantidad de tela tratada es grande. En una sola pieza, se trabaja con volúmenes pequeños y, por tanto, la diferencia es despreciable. Para las operaciones de transporte, empaquetamiento y

procesado de la tela, tanto dentro de la planta como afuera de ella, resulta conveniente contar con telas livianas; ya que, de esta manera, se puede confeccionar bobinas más extensas y, por tanto, incrementar la productividad de la fábrica. De esta manera, se concluye que la tela Darlington aventaja significativamente a la tela Taubert según su gramaje. La ventaja es aún mayor cuando se considera que el proveedor Taubert en su estilo negro está provisionando materiales con masas fuera de especificación.

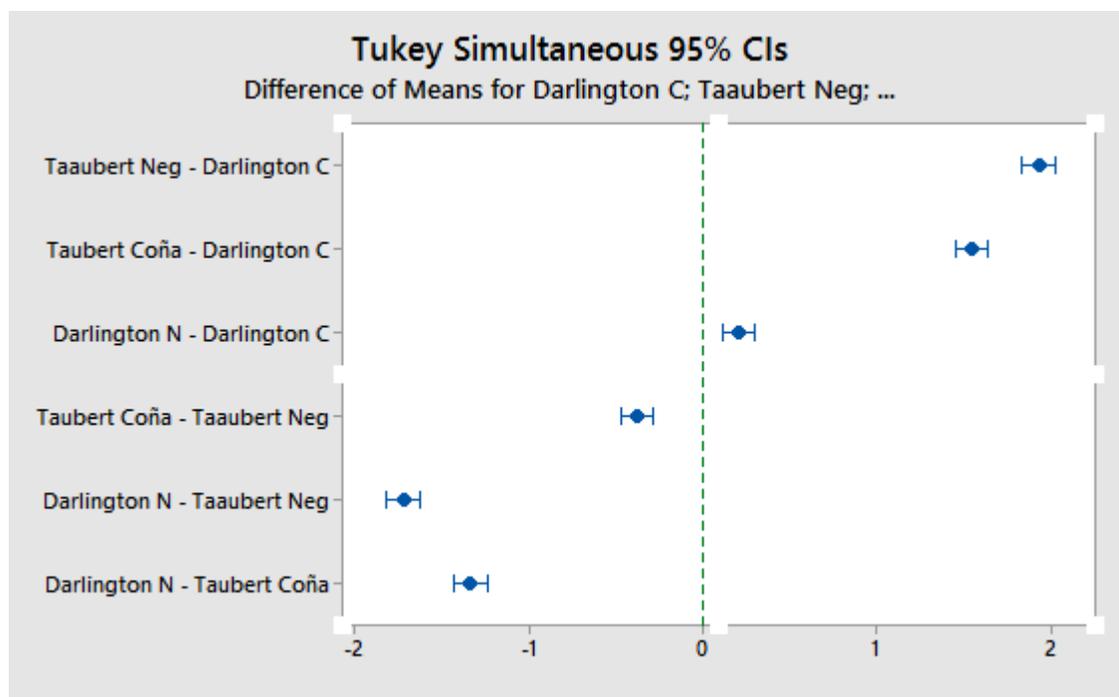


Figura 81 Pruebas de diferencias de Tuckey para las masas de las probetas de Darlington y Tabuert colores negro y coñac

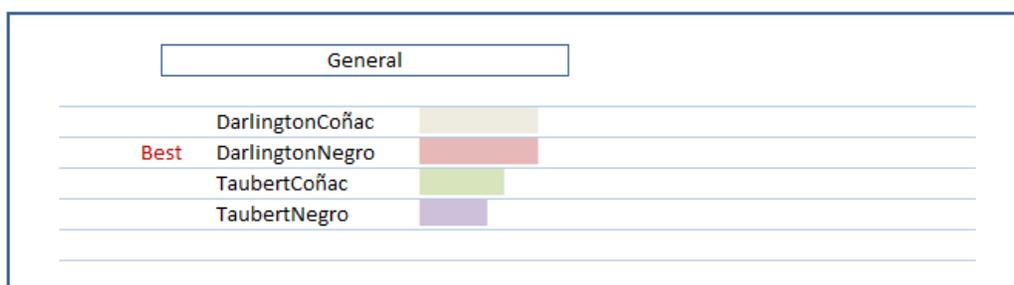
14. Comparación general de las telas.

Durante el transcurso del proyecto, se identificó diferencias y similitudes entre las telas de los proveedores Darlington y Taubert Brothers y en su variación de colores. Se analizó varias propiedades, algunas de mayor importancia que otros y se encontró que la tela de Taubert aventaja a la Darlington en algunas características mientras que el desempeño de la tela de Darlington también es superior al de la Taubert bajo otros criterios.

Por esta razón, se confeccionó la Tabla 27 con el fin de ponderar a los diferentes criterios que dan ventaja a una tela u otra y obtener una cantidad numérica que permita decir cuál es mejor. Como se puede ver en la misma Tabla, a cada característica se le dio un peso diferenciado que tiene que ver con su nivel de importancia en la tela. La concordancia con la especificación en las propiedades ante tensión, por ejemplo, es mucho más importante que la resistencia a la decoloración por agua de mar. Esto se debe a que de la consistencia en las propiedades tensiles depende el que las telas puedan ser moldeadas apropiadamente mientras que la decoloración por agua de mar es un fenómeno que sólo va a ocurrir en algunas de las prendas que se va a confeccionar. De esta manera, tiene que existir alguna diferenciación que le dé más peso al criterio de la consistencia ante la tensión y esto es lo que se muestra en la segunda columna de la Tabla 27.

Tabla 27. Comparación ponderada de proveedores en las propiedades más relevantes

Quality Critical Features	Weights	DarlingtonCoñac	DarlingtonNegro	TaubertCoñac	TaubertNegro
Tasa de defectos aceptable	12%	9	9	7	7
Detección de defectos a través de SEM	11%	10	10	5	5
Cambio de dimensiones debido al lavado	5%	5	5	9	9
Simetría en ese cambio de dimensiones	13%	7	7	1	1
Nivel de esfuerzos residuales presentes	5%	6	6	9	9
Consistencia en pruebas tensiles en el larg	13%	10	10	6	6
Consistencia pruebas tensiles en el ancho	13%	6	10	10	4
Decoloración por fricción seca	9%	9	7	9	7
Decoloración por fricción húmeda	9%	8	6	8	4
Resistencia a la formación de pilling	9%	10	9	7	2
Total Scores:		80	79	71	54
Total Weighted Scores:		8,24	8,30	6,73	4,96
Rank:		2	1	3	4



En la primera columna de la Tabla 27, se escribe cada criterio de comparación. A esto sigue el nivel de importancia que se le da en comparación a los demás que es representado en forma porcentual. Finalmente, a partir de la tercera columna, se tiene a los cuatro tipos de tela analizados. En cada casilla de esas columnas se colocó una puntuación del 1 al 10 según su desempeño en cada uno de los criterios de evaluación. (siendo 1 el peor desempeño posible y 10 el mejor). En la sección inferior, se suma los puntajes obtenidos en forma ponderada y se asigna una calificación final a cada tipo de tela. Estas calificaciones son ranqueadas numéricamente en la última fila de la tabla y de manera gráfica en la sección inferior.

Es importante indicar que muchos de los criterios que se tuvo ideados en un principio para comparar a las telas no están incluidos aquí debido a que no permitieron establecer diferencias. En varias de las pruebas ejecutadas, todas las telas tuvieron un desempeño similar. Sin embargo, esto no se sabía previamente a aplicarlas y, por lo tanto, sí fue importante llevarlas a cabo, ya que, de haber existido diferencias, esto hubiera sido importante.

El primer criterio de comparación utilizado es el observado durante la inspección visual de las telas. En esta prueba, se encontró que todos los tipos de tela demostraban la misma concordancia con el año y el largo

de suministro que era reportado. De manera que esta característica no será incluida en la comparación, ya que no hay diferencias en la misma. Sí las hay, por otro lado, en la tasa de defectos encontrada en las telas. Ésta fue de 0,34 puntos por yarda en la tela de Taubert y 0,26 en la de Darlington. Ambas cantidades son menores que el 0,4 que es el máximo permitido en la tela, por lo que son aceptables. Sin embargo, la tasa de defectos de la tela de Taubert representa un 85 % de este valor mientras que la Darlington solamente un 65. Esto sí representa una ventaja para la tela de Darlington a la que se le asignará un 8 al puntaje de este criterio mientras que a la de Taubert se le da un 6 debido a que la tasa es aceptable pero cercana al límite, por lo que “apenas aprueba” la prueba. La tela de Darlington tiene un mejor desempeño y esto se le compensa con una puntuación de 8.

El siguiente criterio de comparación es el de la detección de defectos a través de Microscopía electrónica. Éste es un valor importante debido a que, durante la prueba, se logró observar hilos sueltos en algunas de las muestras a los que se responsabiliza por problemas de destejido que la compañía sí ha venido sufriendo. Por esta razón, a este criterio se le da un peso mayor. La presencia de hilos sueltos solamente se presentó en la tela de Taubert y lo hizo en una densidad relativamente alta. Por lo tanto, a este proveedor se le da un puntaje de 5 mientras que a Darlington se le asigna un 10.

Este criterio es seguido por los determinados mediante las pruebas de lavado. El primero de ellos es el correspondiente a la simple distorsión de las telas debido al lavado. Se prefiere una tela que se encoja lo menos posible. Ambas telas están por debajo del valor máximo de especificación de 5%, pero el encogimiento de la tela de Taubert es bastante menor que el de la Darlington. Por lo tanto, a Taubert se le da un 9 y a Darlington un 5.

Un criterio más importante que aportan las pruebas de lavado es la simetría en el encogimiento sufrido. Como se explicó en el apartado respectivo, es muy importante que las telas se encojan en cantidades similares en su ancho y en su largo, pues, de lo contrario, las prendas serían muy distorsionados. Es por esta razón que este factor de equidad en los encogimientos en las direcciones de la tela es más importante que el valor del encogimiento promedio en sí. El puntaje asignado en este criterio para la tela de Darlington es de 7 debido a que en esta tela el encogimiento en el ancho y el largo difirieron en un 30%. En la tela de Taubert, esta diferencia, en promedio, fue de casi 60%. Además, se observó casos en la tela de Taubert donde una de las dimensiones se alargaba y la otra se encogía. Por esta razón, se asigna un 1 a la tela Taubert en este criterio.

Los esfuerzos residuales presentes en las telas fueron determinados de manera cualitativa a través de las pruebas de tensión y constituyen el siguiente criterio de comparación. Éste no tiene un peso especialmente grande, pero fue más problemático en las telas de Darlington que en las de Taubert, por lo que a estas últimas se les asigna un 9 mientras que a las primeras un 6.

Los siguientes dos criterios son críticos en el proceso de producción de las copas, por lo que se les asigna un peso importante. Éstos consisten en la consistencia de la respuesta a la tensión de las telas tanto en su ancho como en su largo. Se busca que todas las probetas actúen de la misma manera y que, preferiblemente, esta manera sea la indicada en su especificación.

En las telas de Darlington color coñac se espera que menos de un 1% de los lotes se salga de especificación tanto en su ancho como en su largo debido a la tendencia presentada por las muestras y al nivel de control y capacidad del proceso. Por esto, se le asigna un 10 a esta clase de tela en ambos criterios. Las probetas de proveedor Darlington color negro, por otro lado, presentan un comportamiento similarmente positivo en el ancho, pero muy inferior en el largo (9% de piezas fuera de especificación esperadas). Por lo tanto, sus puntuaciones son de 6 y 10 respectivamente. Exactamente lo opuesto ocurre para las muestras de Taubert color coñac, por lo que su puntaje es de 6 en el largo y 10 en el ancho. La tela color negro del proveedor Taubert, finalmente, presenta tendencias de alta variabilidad en ambos sentidos. Su puntaje debe reflejar esto por lo que se le asigna un 6 en el largo y un 4 en el ancho.

Siguen ahora los criterios de decoloración por fricción en ambientes secos y húmedos. Éstos son de importancia media y su evaluación resulta bastante sencilla a partir de los resultados presentados en las Tablas 11 y 12. En ellas, se observa que el desempeño ante la decoloración por fricción por fricción seca es superior en las telas color coñac e independiente del proveedor. Esto ocurre mientras que se observa que, en húmedo, la tela de Darlington es ligeramente superior.

El resto de las decoloraciones determinadas dependió de otros factores que no son el proveedor y no presentaron una tendencia constante que permita decir que un proveedor sea mejor que otro. Por esta razón, no se les incluirá en este análisis. Tampoco se incluirá los resultados de composición química y calor específico determinados a través de TGA, DSC, SEM y pruebas de solubilidad debido a que éstos resultaron igual de aceptables para todas las telas y, por tanto, no permiten diferenciar entre ellas.

Sí lo hace la resistencia a la formación de pilling que es el siguiente factor analizado. Los resultados, presentados en la Figura 79 y la Tabla 23, demuestran que el desempeño de las telas de Darlington es superior

al de las de Taubert mientras que el de las de color coñac supera al de las negras. Además, se nota que la mayoría de estos comportamientos son aceptables durante los primeros años de uso.

El factor restante a considerar es el de los pesos de las telas. En general se prefiere una tela más liviana porque esto facilita su transporte y aumenta la velocidad de producción de la planta. En los resultados obtenidos, se observó que la variabilidad de las masas de las diferentes muestras es básicamente equivalente, por lo que esto no será un factor. Finalmente, se nota que la tela de Taubert es significativamente más pesada que la de Darlington. No obstante, este es un parámetro que solamente tiene injerencia sobre la facilidad de producción, por lo que solamente será tomado en cuenta si el análisis de los demás factores resulta equitativo. De lo contrario, se le considerará un factor irrelevante.

Como se observa en la Tabla 27, la tela de Darlington supera de manera significativa a la de Taubert cuando se toma en cuenta todos los criterios de calidad a los que se decidió darle relevancia. Esta diferencia es aún más notable cuando se trabaja con colores oscuros como el negro. De esta manera, se establece que, en este momento, la tela del proveedor de Darlington sería una mejor compra. Y que sí es factible realizar el cambio de proveedor.

Cabe señalar que para emitir este criterio, no se tomó en cuenta factores de logística de las empresas ni las relaciones diplomáticas previamente establecidas entre ellas. No se sabe si una de las empresas suele entregar los productos con retraso o si otra ofrece mejores opciones de pago o crédito. Por lo que esta área no ha sido incluida en el análisis que solamente se basó en las propiedades de la materia prima recibida en sí y, por tanto, no es suficiente para tomar la decisión, aunque considero que es el factor más importante.

Tampoco se tomó en cuenta el precio de cada material debido a que la empresa lo solicitó así para no parcializar los resultados. De manera que a quién elaboró este informe se le mantuvo ignorante del precio de cada tela para evitar que los resultados pudieran ser de cierta manera manipulados para justificar la selección del material más barato o caro según el enfoque.

Conclusiones

- En el presente proyecto, se logró diseñar y llevar a cabo procedimientos para evaluar las propiedades relevantes de las materias primas (telas) recibidas por la empresa. Algunos de los procedimientos generados podrían incorporarse a la inspección de rutina de la empresa.
- Los resultados de las pruebas permiten concluir que las telas del proveedor Darlington presentan una combinación de propiedades superior a las del proveedor Taubert, al menos en este momento del tiempo.
- Se observó que esta diferencia es aún mayor cuando se trata del color negro respecto al coñac.
- El cambio de proveedor de Taubert a Darlington, por lo tanto, sería factible desde el punto de vista de propiedades del material de suministro.
- Además, se observó que las ventajas que proporciona la tela de Darlington son aún mayores en las versiones color negro de sus productos.
- No todas las pruebas realizadas permitieron observar diferencias entre los proveedores y darle la ventaja a uno sobre el otro. Éstas, sin embargo, tuvieron la utilidad de establecer la equivalencia de los proveedores en los casos en los que existió. Por lo tanto, todas las pruebas realizadas fueron útiles para realizar la comparación.
- Algunas de las pruebas entregaron resultados más confiables que otras. Por ejemplo, se encontró que la prueba de combustión solamente proporciona un conocimiento aproximado e inexacto de la composición de la tela mientras que un análisis de TGA, DSC es mucho más completo y adecuado.
- La mayoría de los procedimientos implementados no están dentro del proceder rutinario de la empresa, por lo que la documentación de los procedimientos desarrollados podrá ser parte de las políticas de control de calidad utilizadas para evaluar y comparar la viabilidad de utilización de la materia prima recibida en el proceso de producción de sostenes para mujeres con uno u ambos senos amputados.
- Además, se llevó a cabo, como parte del procedimiento del proyecto, a todas las rutinas de control de calidad que sí están incorporadas en la empresa y se observó que éstas se realizan de manera adecuada y apegada a la forma en la que están descrita en la documentación de la empresa.
- Por razones de tiempo, no se elaboró un documento con la descripción paso a paso de todas las pruebas que se recomienda implementar. Sin embargo, las características más importantes de estas pruebas se detallan en la metodología de este trabajo y se piensa confeccionar el documento mencionado en el futuro cercano si la empresa considera que es conveniente.

Recomendaciones

- En primera instancia, se recomienda a la empresa a realizar el cambio de proveedores de manera progresiva: comprando material a ambos proveedores de manera simultánea y aumentando la proporción que se pide a Darlington cada mes hasta llegar al punto en que toda la tela se le compre a Darlington.
- El objetivo de este proceso es que durante ese periodo de transición se siga realizando las pruebas aquí descritas para observar si la compañía Darlington mantiene su superior desempeño con el tiempo y si es capaz de sostener la carga de venta en cuestiones de logística.
- Antes de esto, se recomienda a la empresa que efectúe un análisis en el que se le sume a los resultados de este reporte las consideraciones de costo y de relaciones administrativas con los dos proveedores para tomar la decisión.
- Además, se recomienda incorporar pruebas como las que se realizó en este proyecto de manera regular en los procedimientos de control de calidad de la empresa, al menos cuando se introduzcan materias primas nuevas.
- La utilidad de algunos análisis como la microscopía electrónica fue demostrada ya que se logró identificar la causa de algunos problemas que se presentaba en la empresa. Por lo tanto, se recomienda reevaluar la posibilidad de seguir realizando estas pruebas específicamente de manera preventiva. Y, si no, tomarla como opción en la identificación del origen de problemas que se presente en el futuro
- Respecto a los análisis de TGA y DSC, se piensa que, con más tiempo, se podría obtener una mayor cantidad de información que la que se ha extraído hasta el momento; así que se recomienda dedicar más tiempo y atención para completar el análisis de estos resultados.

Referencias

- Ahora Noticias. (3 de noviembre de 2014). 100 AÑOS DEL SOSTÉN: LA HISTORIA DE LA PRENDA QUE REVOLUCIONÓ EL ROPERO FEMENINO.
- Amoena. (2007). *Políticas de control de calidad*.
- Antron S.A. (2010). *The Difference between Type 6,6 and Type 6 Nylon*. Los Ángeles.
- Basavilvazo, G. (25 de agosto de 2016). *La historia entera del sostén en menos de tres minutos*. Obtenido de Excelsior: <http://www.excelsior.com.mx/global/2015/09/17/1046276>
- Baugh, G. (2010). *Manual de tejidos para diseñadores de moda*. Barcelona: Parramón Media.
- Braun. (2004). *Simple methods for identification of*. USA: Hanser Publishers.
- Brown, Lemay, Bursten, Murphy, & Woodyard. (2014). *Química. La ciencia central*. New York: Pearson.
- DABEDAN Tejidos Ignífugos. (24 de setiembre de 2016). *Pilling, noticias*. Obtenido de <http://www.dabedan.com/pilling.html>
- Forever yours lingerie. (2016). *Getting to know your bra*. Chicago.
- Fredercik International S.A de C.V. (2009). *El Brassier frederick Salud y Belleza*. Madrid.
- Goldstein, J. N. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*. New York: Springer.
- Hernández, M. (2008). *Optimización, Estadística, Seis Sigma y Exce*. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. (2014). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DE LA LUCHA CONTRA EL CÁNCER DE MAMA*. Aguascaliente: INEGI.
- Karthika, M. (2011). *Introduction to Knitting*. Detroit.
- Kast. (1998). *Identification of polymers*. Springer.
- King, R. (1985). *TEXTILE IDENTIFICATION, CONSERVATION, AND PRESERVATION*. New Jersey: Noyes Pubns.
- Masuda, Shimomura, & Hiramí. (1999). *Crystallization and melting of binary mixtures of nylon 6 and nylon 66. A study by DSC*. Tokyo: Polymer Journal.
- Montgomery. (2004). *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD*. Limusa Wiley.
- Naik, A. (1999). *Fundamentos del Microscopio Electrónico y su Aplicación en la Investigación Textil*.
- Needles, H. (1986). *Textile fibers, dyes, finishess, and processes*. New Jersey: Noyes Publications.
- Schwartz, P., Rhodes, T., & Mansour. (1982). *Fabric forming systems*. New Jersey: Noyes Publications.

- Sedano, M. (7 de Diciembre de 2016). *LA DISTRIBUCIÓN NORMAL*. Obtenido de http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Distrib_Normal.pdf
- Skoog, D. H. (2008). *Principios de análisis instrumental*. México: Cengage Learning Editores.
- Solé, A. (2014). *El pilling en los artículos textiles*. 3C Tecnología.
- Stampler, L. (2014). The 100-Year History of the Modern Bra Is Also the History of Taking Off Bras. *Time*.
- Stilinsky. (2004). *Absorvance study, a review*.
- Textile Learner. (2012). *Anatomy of a Bra*.
- Valencia. (2008). *PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TELAS*. Maracaibo.
- Weaver, J. (1983). *TEXTILE WET PROCESSES: Vol. I. Preparation of Fibers and Fabrics*. Boston.
- Wiley, J. (2008). *Principles and Applications of Thermal Analysis*. NY: Blackwell Publishing.

Anexos

Anexo 1 Prueba de inspección visual

La inspección visual de tela consta de varias etapas de las cuales las más básicas son la verificación del ancho de la tela que se realizó cada 15 yardas con una cinta métrica y la determinación de su largo a través de un lente óptico por el que se hace pasar a la totalidad de la bobina mientras un contador de vueltas estima la distancia desenrollada. Esto solamente tiene el objetivo de comparar el ancho de las telas con el de especificación y verificar que la cantidad recibida sea igual que la solicitada.

Posteriormente, se hace pruebas de elongación manual con una regla graduada para tal fin, se compara el valor medido con el de la ficha técnica y se dispone a la bobina dentro de un sistema de rodillos que la van desenrollando y la sitúan sobre una mesa iluminada en la que se observa con atención a toda la bobina con el fin de detectar cualquier defecto presente en la tela. Según su naturaleza y tamaño, a cada defecto encontrado se le da un puntaje de gravedad cuyo total después es calculado y, a partir de este número, se decide si el lote debe ser aceptado o rechazado. En la empresa, toman como inaceptable a cualquier tela que obtenga un puntaje mayor a los 0.4 puntos por yarda. Sin embargo, para efectos de este trabajo, resulta conveniente no conformarse con revisar si los lotes son aceptados o si no utilizar los puntajes obtenidos para compararlos entre sí aun cuando ambos hayan sido aceptados. Las Tablas con las que se cataloga a los defectos es la mostrada a continuación:

Tabla 28. Sistema de puntaje de los defectos visuales según su tamaño

Valoración	Puntos
Menos de 3 pulgadas	1
Entre 3 y 6 pulgadas	2
Entre 6 y 9 pulgadas	3
Más de 9 pulgadas	4

Tabla 29. Puntos adicionales otorgados a un defecto según su naturaleza

Defecto	Puntos adicionales
Carriles	3
Huecos	2
Tierra	1
Ancho incorrecto	2
Picks	2
Barreos	2

Anexo 2. Pruebas de combustión

El comportamiento ante la llama de la mayoría de los materiales empleados en la confección de telas ya ha sido estudiado. Por lo tanto, exponer a las muestras a la llama y observar sus respuestas puede ser una manera de identificar sus componentes. Las pruebas fueron realizadas utilizando la llama de acetileno del Taller de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica y consistió en simplemente exponer a dos muestras de cada color de cada estilo a la llama mencionada, observar sus respuestas compararlas con lo esperado que se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 30. Comportamiento de algunas fibras ante la combustión

Fibra	Al acercarse a la llama	En la llama	Al retirar de la llama	Cenizas	Olor
Celulósicas	No se funde ni se encoge fácilmente	Arde	Continua ardiendo con brillo	Gris, muy ligera	Papel quemado
Protéicas	Se funde fácilmente y se enrosca alejándose de la llama	Arde	Se apaga	Negra, triturable	Cabello o grasa quemada
Nylon	Se funde fácilmente y se enrosca alejándose de la llama	Arde muy lentamente, fundiéndose	Se apaga	Dura, gris o café	Olor a apio
Poliéster	Se funde fácilmente y se enrosca alejándose de la llama	Arde muy lentamente fundiéndose	Se apaga	Dura, negra	Olor dulce
Spandex	Se funde fácilmente pero no se enrosca alejándose de la llama	Arde fundiéndose	Continúa fundiéndose	Negra y suave	

Anexo 3. Pruebas de solubilidad

Una vez identificados los principales componentes presentes en cada tela, resulta relativamente sencillo cuantificar estos contenidos sustrayéndolos del tejido. Para esto, se debe utilizar solventes que disuelven de manera selectiva a los compuestos, realizar la disolución y luego recuperar el material disuelto para estimar su peso.

Por su solubilidad selectiva en los componentes de tela, las soluciones que se preparó siguiendo procedimientos típicos de laboratorio en los que los instrumentos clave son la balanza analítica y el balón aforado fueron las siguientes:

- 1 Ácido sulfúrico al 60 %
- 2 Ácido clorhídrico al 30 %
- 3 Ácido sulfúrico al 70 %
- 4 Ácido clorhídrico al 20 %
- 5 N,n dimetilformamida pura

Para analizar cada componente de la tela, se seleccionó a la solución adecuada según la siguiente Tabla.

Tabla 31. Método de cuantificación química para cada fibra

	Poliéster	Rayón	Spandex	Nylon
Algodón	2	(1)	(4)	(1) (3)
Nylon	1 3		3	
Poliéster		(1) (2)		
Spandex	4			

En dichas Figuras, los solventes encerrados con paréntesis disuelven a la fibra indicada en la columna mientras que los que no tienen paréntesis disuelven a la indicada en la fila.

Las pruebas de disolución individuales consistieron en cortar muestras de tela de 1 pulgada cuadrada y colocarla en un beaker con la solución respectiva en proporción de 1 g de tela por 100 ml de solución. En este beaker se mantuvo a las soluciones con agitación constante por 3 horas. Tras ese período, se filtró la muestra repetidas veces y se le calentó hasta 110 grados Celsius para asegurarse de perder toda el agua. En este punto, se registró el peso de la tela no disuelta y, por diferencia, el de la porción disuelta.

Anexo 4. Pruebas de lavado

Las pruebas de lavado tienen como objetivo determinar la cantidad de encogimiento u elongación que sufre el material debido a la relajación de esfuerzos que se da con el calentamiento que proporcionan los procesos de lavado y secado. Estas pruebas consisten básicamente en realizar tres ciclos de lavado y secado en condiciones extremas a las telas y determinar los cambios dimensionales que éstas hayan sufrido.

Para esto, se tomó 72 muestras de cada tipo de tela (36 a lo ancho y 36 a lo largo) y, con corrector líquido, se dibujó un par de puntos 5 o 10 pulgadas entre sí. Luego se les agrupó a las muestras en paquetes de 1,8 kilogramos completando el peso con algodón cuando era necesario y cada paquete fue llevado a tres ciclos de lavado sucesivos como se describe a continuación:

En una lavadora convencional marca Whirlpool, se lavó a cada paquete con 20 galones de agua y 73 gramos de detergente Tide a una temperatura de 27 grados Celsius. Seguidamente, se llevó a cada paquete a una secadora donde se realizó el secado completo en una temperatura de 66 grados Celsius.

Una vez terminados los tres ciclos de lavado y secado, se dejó a las muestras acondicionar durante 16 horas tras la cuales se volvió a medir las distancias entre los puntos.

Anexo 5. Pruebas de resistencia a la formación de pills

Se simuló a nivel de laboratorio el proceso de formación de pilling debido a su uso utilizando un equipo especializado llamado pilling tester. Pilling es el término dado a la formación de pelusa que sale de las prendas debido a su roce con diversas superficies. Este es un proceso muy frecuente pero que puede tomar años, por lo que, para estudiarlo, es necesario acelerarlo de alguna manera. En el laboratorio, la manera de generar esta aceleración es poner a la tela a girar a una alta frecuencia a través de un material abrasivo que se encuentra depositado sobre un cilindro de corcho en el interior del pilling tester.

A la muestra de tela se adiciona una pequeña cantidad de fibra de algodón gris para destacar el efecto producido. El grado de pilling al final se determina por comparación con estándares registrados en fotografías de la norma.

Para esto, se tomó 3 muestras por cada tipo de tela con dimensiones de 10,5 cm cuadrados tomadas en ángulo de 45 con los lados de la tela. La prueba se realizó en concordancia con la norma ASTM D 3512 y para ella se utilizó el equipo mostrado en la siguiente imagen.



Figura 82. Equipo utilizado en la determinación de la resistencia a la formación de pilling

Anexo 6. Reporte de la inspección visual de una tela de Darlington color coñac

amoena

Hoja de control de Defectos

Date of Inspection 6-set-2016
 Item 4WF
 Color CO
 Inspector Marlon Gudino S.
 QTY Received 1260

Supplier Darlington
 Style 7047
 PO # 19263
 DYE LOT# 5024
 Qty Inspec. 1260

Valoration	Points
menos a 3"	1
mas de 3" menos a 6"	2
mas de 6" menos a 9"	3
mas a 9"	4

# Roll	Yds	Yds Inspecc	Run	Holes	Soil	Stain	Picks	Barre	Width	More	Puntaje	Points Totals
3	40	38	1	11	11	1	1					16
41	61	62	7	11	11	1						15
2	62	62	1	1	11	1		11				12
11	59	59	1		11	1						14
15	62	61	11	11	1		11					6
16	61	61	1	1				11				28
17	60	60			1							5
24	61	61			11							3
21	62	61	11	1	1			11				35
Total Points											125	

Spec Hand Stretch	# Roll - 17		# Roll - 24		# Roll - 21		# Roll - 16		# Roll - 10		# Roll - 3	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho								
Largo	90	90	90	120	95	110	90	125	90	120	85	130
Ancho	120											

Spec Stretch	# Roll - 41		# Roll - 2		# Roll - 17		# Roll - 10		# Roll - 24		# Roll - 21	
	G/m2	Oz/m2	G/m2	Oz/m2	G/m2	Oz/m2	G/m2	Oz/m2	G/m2	Oz/m2	G/m2	Oz/m2
G/m2	21.1	80	82		83	81	80		80.5			
Oz/m2	2.85											

Spec Width	# Roll - 41	# Roll - 15	# Roll - 3	# Roll - 10	# Roll - 17	# Roll - 24
59"	60	60	59.5	59	60	60

Check List	Sample Laboratory (Test)	Sample Tone (List)
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Comments

Bobina 3:
 1 hueco de 5 pulgadas en la yarda 12
 1 sucia 0.5 pulg yarda 22
 1 pick yarda 26
 1 mancha 1 pte yarda 28

Bobina 24
 La bobina venia arrugada en casi todo su yardaje

Bobina 21
 1 carril 4 pte yarda 42

Lot Acceptable

Lot Rejected

Anexo 8. Reporte de la inspección visual de una tela de Taubert color coñac

amoena

Hoja de control de Defectos

Date of inspection 4-set-2016
 Item 4WP
 Color RK 847
 Inspector Marlon Gudino
 QTY Received 1050

Supplier Taubert
 Style 24560
 PO # 2357
 DYE LOT# 20255
 Qty Inspec. 1050

Valoration	Points
menos a 3"	1
mas de 3" menos a 6"	2
mas de 6" menos a 9"	3
mas a 9"	4

# Roll	Yds	Yds Inspec	Run	Holes	Soil	Stain	Picks	Barre	Width	More	Puntaje	Points Totals
12	66	60	1				11	1				5
10	61	60	11	1	1	1						10
8	50	51	1	11			11	11				17
9	51	50	11		11	1111						15
7	55	55			1		11					3
6	52	52	11	1		1						8
4	50	50	111	11		1	1					12
2	55	56	1	11		1						6
1	54	54	1		1		1					4
Total Points											80	

Spec Hand Stretch	# Roll - 1		# Roll - 2		# Roll - 4		# Roll - 6		# Roll - 7		# Roll - 9	
	Largo	Ancho										
Largo	120	120	140	140	120	140	120	140	125	145	120	135
Ancho	140											

Spec Stretch	# Roll - 1		# Roll - 2		# Roll - 4		# Roll - 6		# Roll - 7		# Roll - 9	
	G/m2	Oz/m2										
G/m2	115	111	116		108		110		112		118	
Oz/m2	4.5											

Spec Width	# Roll - 1	# Roll - 2	# Roll - 4	# Roll - 6	# Roll - 7	# Roll - 9
62	62	62	62	62	61	62

Check List	Sample Laboratory (Test)	Sample Tgne (List)
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Comments

Lot Acceptable

Lot Rejected

Anexo 10. Muestras de tela Taubert

