



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA:

“CARACTERIZACIÓN DE UN TEJIDO MEZCLA POLIÉSTER/
ALGODÓN APLICANDO GRAFENO MEDIANTE EL PROCESO DE
ADSORCIÓN”

ELABORADO POR:

SAMI HUAYTA CARVAJAL TAMBACO

DIRECTOR:

MSc. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

IBARRA-ECUADOR

2020-2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100430874-6
APELLIDOS Y NOMBRES:	Carvajal Tambaco Sami Huayta
DIRECCIÓN:	Cotacachi- Imantag, Gonzáles Suarez y Bolívar.
EMAIL:	shcarvajalt@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0986003239

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“CARACTERIZACIÓN DE UN TEJIDO MEZCLA POLIÉSTER/ ALGODÓN APLICANDO GRAFENO MEDIANTE EL PROCESO DE ADSORCIÓN”
AUTOR (ES):	Carvajal Tambaco Sami Huayta
FECHA:	09 de diciembre del 2020
PROGRAMA:	Pregrado
TITULO POR EL QUE SE OPTA:	Ingeniería textil
ASESOR/DIRECTOR:	MSc. Willam Esparza

2. Constancia

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

Ibarra, 9 de diciembre del 2020

EL AUTOR:

Firma:



Nombre Sami Huayta Carvajal Tambaco

C.I. 1004308746



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por el egresado **Sami Huayta Carvajal Tambaco**, para optar el título de INGENIERIA TEXTIL, cuyo tema es **“Caracterización de un tejido mezcla poliéster/ algodón aplicando grafeno mediante el proceso de adsorción”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 20 de noviembre del 2020

MSc. Willam Esparza

Director del trabajo de Grado

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a cada una de las personas que me apoyaron incondicionalmente durante todo este proceso de formación académica, en especial a mis padres que siempre estuvieron al pendiente de todo lo que me haga falta y no dejarme sola cuando los necesitaba.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron a pesar de duras pruebas que se presentaron en el camino, ya que siempre estuvieron junto a mí, y buscaron la manera de sacarme adelante.

De igual manera a mi tutor de tesis, Magister Willam Esparza, por guiarme en todo el desarrollo de la tesis y paciencia que tuvo siempre que algún tema no lo comprendía.

A cada uno de mis docentes, quienes me dejaron grandes enseñanzas no solo para el campo profesional, sino también como ser humano, con valores, y compartiendo experiencias propias.

Agradezco a las personas que conocí durante todo este periodo de formación, por cada una de las enseñanzas que me brindaron, a cada uno de mis amigos y amigas que a pesar de altos y bajos siempre nos apoyamos y permanecemos unidos.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE TABLAS	xii
ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del tema	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Importancia	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Características del sitio del proyecto	4
CAPÍTULO II	5
2. ESTUDIO DEL ARTE	5
2.1 Estudios previos	5
2.1.1 Grafeno	5
2.1.2 Propiedades y aplicaciones con grafeno	5
2.1.3 Tejidos poliéster/ algodón aplicado grafeno	7
2.1.4 Ligante	7
2.1.5 Catalizador	8
2.2 Marco conceptual	8
2.2.1 Tejido de punto	8

2.2.2	Tejido de punto por trama	8
2.2.3	Tejido de punto por urdimbre	9
2.2.4	Poliéster	10
2.2.5	Algodón	10
2.2.6	Composición química	10
2.2.7	Grafeno	11
2.2.8	Óxido de grafeno	12
2.2.9	Óxido de grafeno reducido	12
2.2.10	Ligante	13
2.2.11	Catalizador	14
2.2.12	Fijador	15
2.2.13	Acabado textil	15
2.2.14	Requerimientos para un acabado químico	15
2.2.15	Adsorción	16
<i>CAPITULO III</i>		17
3.	METODOLOGÍA	17
3.1	Métodos	17
3.1.1	Método experimental	17
3.1.2	Método analítico	17
3.2	Normas técnicas aplicadas	18
3.3	Flujograma general del proceso	19
3.4	Diseño muestral	19
3.4.1	Selección de muestras	20
3.4.2	Nanopartículas de grafeno XF021 3-10 nm	20
3.5	Flujograma muestral del proceso	21
3.6	Metodología de campo	22
3.6.1	Material y equipos de laboratorio	23
3.6.2	Curva aplicada	23
3.6.3	Pretratamiento con ácido fórmico del sustrato textil	24
3.6.4	Proceso de adsorción y secado del sustrato textil	27

3.6.5	Muestras aplicación del 1% de grafeno	32
3.6.6	Muestras aplicación del 2% de grafeno	34
3.6.7	Muestras aplicación del 3% de grafeno	36
3.7	Pruebas de laboratorio	38
3.7.1	Prueba de resistencia del color al frote	38
3.7.2	Prueba de solidez al lavado	39
3.7.3	Prueba de resistencia a la abrasión	39
3.7.4	Prueba de formación de pilling en el textil	40
CAPITULO IV		41
4.	RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	41
4.1	Resultados	41
4.1.1	Resultados prueba de resistencia del color al frote	41
4.1.2	Resultados prueba de solidez al lavado	42
4.1.3	Resultados prueba de resistencia a la abrasión	42
4.1.4	Resultados prueba de formación del pilling en el tejido	44
4.2	Discusión de resultados	44
4.2.1	Resumen general de datos	44
4.3	Análisis de datos	47
4.3.1	Análisis de la varianza	47
4.4	Normalidad de datos	49
4.5	Análisis resultados	49
4.5.1	Graph	49
4.5.2	Box plot	50
4.5.3	Matrix plot	51
CAPITULO V		53
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1	CONCLUSIONES	53
5.2	RECOMENDACIONES	54
CAPÍTULO VI		55

6. BIBLIOGRAFÍA	55
<i>CAPÍTULO VII</i>	60
7. ANEXOS	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tejido de punto por trama	9
Figura 2. Tejido de punto por urdimbre	10
Figura 3. a) Grafito b) Grafeno el grafeno a partir del grafito, obtenemos una capa del grafito	11
Figura 4. Proceso de obtención desde el grafito hasta el óxido de grafeno reducido (rGO)	12
Figura 5. Estructura general del copolímero acrilato	13
Figura 6. Flujograma general del proceso	19
Figura 7. Flujograma muestral del proceso	22
Figura 8. Curva del proceso de adsorción, incluido el pretratamiento aplicado al 3%	24
Figura 9. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 1	32
Figura 10. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 2	32
Figura 11. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 3	32
Figura 12. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 4	32
Figura 13. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 5	33
Figura 14. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 6	33
Figura 15. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	34
Figura 16. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 2	34
Figura 17. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 3	34
Figura 18. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 4	34
Figura 19. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 5	35
Figura 20. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 6	35
Figura 21. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	36
Figura 22. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	36
Figura 23. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	36
Figura 24. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	36
Figura 25. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	37
Figura 26. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1	37
Figura 27. Gráfico general de datos	50

Figura 28. Box plot, desviación y error estándar _____	51
Figura 29. Diagrama matriz _____	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades y aplicaciones del grafeno _____	6
Tabla 2. Propiedades y aplicaciones del óxido de grafeno _____	6
Tabla 3. Componentes de la fibra de algodón _____	11
Tabla 4. Propiedades que deben poseer los ligantes _____	14
Tabla 5. Propiedades Nanopartículas de grafeno _____	20
Tabla 6. Materiales y equipos de laboratorio utilizados durante todo el proceso práctico	23
Tabla 7. Cantidad de solución utilizada según el peso de la muestra _____	25
Tabla 8. Datos proceso de pretratamiento con ácido fórmico _____	26
Tabla 9 Productos utilizados para la aplicación del 1% de grafeno _____	28
Tabla 10 Productos utilizados para la aplicación del 2% de grafeno _____	29
Tabla 11 Productos utilizados para la aplicación del 3% de grafeno _____	30
Tabla 12. Parámetros utilizados para realizar la prueba de solidez al lavado _____	39
Tabla 13. Medición de transferencia de color a escala de grises mediante el uso del equipo espectrofotómetro _____	41
Tabla 14. Datos obtenidos mediante la medición a escala de grises en el equipo espectrofotómetro _____	42
Tabla 15. Ensayo de resistencia a la abrasión- Equipo Martindale _____	43
Tabla 16. Valores considerados equivalentes a estado del tejido luego de los ciclos aplicados _____	43
Tabla 17. Resultados análisis de formación de pilling en el tejido _____	44
Tabla 18. Resumen datos obtenidos _____	45
Tabla 19. Siglas equivalentes a las pruebas realizadas _____	46
Tabla 20. Análisis de varianza- datos obtenidos _____	47
Tabla 21. Normalidad de datos Test For normal distribución _____	49

ANEXOS

Anexo 1. Sustrato textil utilizado para el proceso _____	60
Anexo 2. Nanopartículas de grafeno XF021 3-10 nm _____	60
Anexo 3. Pesaje del sustrato textil _____	60
Anexo 4. Solución con ácido fórmico _____	60
Anexo 5. Medición del pH- pretratamiento del tejido _____	61
Anexo 6. Preparación de los vasos para ingresar a la maquina Autoclave _____	61
Anexo 7. Lavados luego del proceso _____	61
Anexo 8. Tejido preparado para el proceso de adsorción _____	61
Anexo 9. Medición del pH- Proceso adsorción _____	62
Anexo 10. Vasos ya preparados con grafeno, tejido y mL de agua _____	62
Anexo 11. Muestras ya añadidas ligante _____	62
Anexo 12. Sacado de muestras para el proceso de secado _____	62
Anexo 13. Muestra residuo del baño _____	62
Anexo 14. Proceso de secado probetas _____	62
Anexo 15. Prueba determinación del color al frote: A) Colocación de probeta y espécimen en el Crockmeter, B) Frote espécimen y probeta, C) Columna izquierda frote en seco, columna derecha frote en húmedo, D) Análisis a escala de grises- Espectrofotómetro. _____	63
Anexo 16. Prueba de solidez al lavado: A) Izquierda detergente líquido, derecha detergente en polvo, B) Probetas de 5cm x 15cm, ingreso de vasos al equipo autoclave, D) Análisis de las probetas bajo la escala de grises. _____	63
Anexo 17. Prueba tendencia de formación de Pilling: A) obtención probetas, B) Pesaje probetas, C) Incorporación de piezas y probetas en el equipo, D) Proceso de análisis. _____	63
Anexo 18. Prueba resistencia del tejido a la abrasión: A) Obtención de probetas, B) Pesaje probetas, C) Preparación de piezas con probetas, D) Incorporación de piezas e inicio del proceso de abrasión _____	63
Anexo 19. A) ASTM D 3512 No. 1 – Pilling muy severo, B) ASTM D 3512 No. 2 – Pilling severo, c) ASTM D 3512 No. 3 – Pilling moderado, C) ASTM D 3512 No. 4 –Pilling leve, E) ASTM D 3512 No. 5 – Nada de pilling. _____	64

Anexo 20. Prueba formación de pilling, aplicado 5000 ciclos de frote: A) 0% de grafeno, B) 1% de grafeno, C) 2% de grafeno, D) 3% de grafeno. _____	65
Anexo 21. Prueba resistencia a la abrasión, aplicado 50000 ciclos: A) 0% de grafeno, B) 1% de grafeno, C) 2% de grafeno, D) 3% de grafeno. _____	66
Anexo 22. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 1% de grafeno _____	67
Anexo 23. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 2% de grafeno _____	67
Anexo 24. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 3% de grafeno _____	68
Anexo 25. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 1% de grafeno _____	68
Anexo 26. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 2% de grafeno _____	69
Anexo 27. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 3% de grafeno _____	69
Anexo 28. Resultados prueba solidez al lavado 1% de grafeno _____	70
Anexo 29. Resultados prueba solidez al lavado 2% de grafeno _____	70
Anexo 30. Resultados prueba solidez al lavado 3% de grafeno _____	71

RESUMEN

La presente investigación se basó en dar a conocer la caracterización de un tejido poliéster/ algodón aplicando grafeno, mediante el proceso de adsorción. La aplicación de grafeno en un tejido se llevó a cabo con la intención de mejorar las características. Se realizaron varios pasos dentro de la investigación, con porcentajes de grafeno de 1%, 2%, 3%, utilizando catalizador, fijador y ligante, se realizó el pretratamiento del tejido empleando ácido fórmico debido a que se utilizó un tejido con acabado de suavizado siliconado el cual se eliminó al iniciar el proceso, al aplicar el proceso de adsorción del grafeno, se tomó en cuenta la temperatura y el valor pH, hasta llegar al análisis de datos y gráficos estadísticos, para lo cual se utilizó el programa estadístico Past 4, indicando que los datos obtenidos fueron con una confiabilidad del 95% ($p > 0.05$), por lo tanto los datos encontrados fueron normales.

Concluyendo que el mejor resultado obtenido en forma general de cada una de las pruebas realizadas fue el tejido con aplicación del 2% de grafeno y utilizando los auxiliares: catalizador 5%, fijador 5% y ligante 4%.

Palabras clave: Grafeno, adsorción



ABSTRACT

This research was based on revealing the characterization of a polyester/cotton fabric applying graphene, through the adsorption process. Graphene was applied to a piece of fabric to improve its characteristics. Several steps were carried out with graphene percentages of 1%, 2%, 3%, employing a catalyst, fixative, and binder. The pretreatment of the fabric used formic acid because a fabric with a smoothing finish was used Siliconized, which was eliminated at the beginning of the process when applying the graphene adsorption process. The temperature and the pH value were taken into account until reaching the data analysis and statistical graphics, with the statistical program Past 4, with data reliability of 95% ($p > 0.05$), therefore the data were normal.

In conclusion, the best result from each of the tests carried out was from the fabric with the application of 2% graphene and using the auxiliaries: catalyst 5%, fixative 5%, and binder 4%.

Keywords: Graphene, adsorption



Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las empresas textiles se dedican a la producción de textiles solo con el fin de cumplir con las acciones básicas de un tejido (en este caso destinados a prendas de vestir) como es proteger, cubrir el cuerpo del ser humano, marcar tendencias, etc. Sin embargo, con el paso de los años se ha buscado ir mejorando esta materia prima, ya sea por nuevos procesos, el aditamento de nuevos productos en el sustrato textil, entre otros, con el fin de proporcionarle nuevas funcionalidades o como en este caso proporcionándole nuevas o mejores características.

Con el paso de los años el hombre ha buscado la innovación y transformación en los diferentes campos, dentro del sector textil no es la excepción, ya que siempre se busca la mejora de productos realizados, ya sea con la optimización de procesos, materias primas utilizadas y los demás productos que se puedan añadir para la obtención de mejores resultados finales.

La utilización del grafeno dentro de esta investigación es con el fin de dar a conocer que este producto no solo puede ser utilizado dentro de la industria automovilística, alimentaria, electrónica, informática, etc., ya que dentro de la industria textil puedes ser aprovecha al máximo por las características que este producto posee y puede aportar a los textiles en los que se aplicarán.

1.1 Descripción del tema

Mediante la presente investigación se pretendió dar a conocer el proceso y el resultado final, de la caracterización del tejido poliéster/ algodón aplicando grafeno mediante el método de adsorción.

Posterior a esto se procedió a realizar varias muestras con diferentes porcentajes de grafeno y manteniendo las cantidades de los demás productos a utilizar, ya que en lo que se centra la investigación es saber la cantidad más adecuada de grafeno para obtener la caracterización del tejido, sin dejar a un lado la posibilidad de ser necesario el aumento o disminución de los demás productos a utilizar. Posterior a esto elegir la mejor muestra después del análisis de propiedades a cada una de las muestras realizadas, y así poder obtener la que mejor se acerca al requerimiento.

Se sabe que el grafeno en la actualidad está sujeto a diversas investigaciones dentro del campo textil, ya que cada vez van apareciendo nuevas, funcionalidades de los tejidos con grafeno, entre la más conocida la conductividad, aparte de eso se ha comprobado que al ser aplicado en un tejido este tiene a regular el calor corporal, entre otras. (Peleg, 2020).

1.2 Antecedentes

A pesar de existir muchas publicaciones de artículos e información centrada en la aplicabilidad del grafeno como medio conductor en los textiles, nuevas investigaciones mencionan que este material proporciona muchas más características. Como lo indica Wilson (2018) en la actualidad muchas de las empresas textiles, muchos de los países desarrollados buscan la aplicabilidad del grafeno en tejidos, hilos, textiles técnicos, entre otros, ya que este producto proporciona cualidades excepcionales a los mismo potencializándolos a gran escala y así buscando el mayor rendimiento de estos.

El grafeno al poseer grandes propiedades por su estructura molecular ayuda a que, mediante su adhesión a los textiles, este le proporcione cualidades ya mencionadas, alterando las cualidades de un tejido (Oliveira, 2018). Lo mencionado anteriormente no puede significar que la alteración de un textil puede simplemente ser perjudicial, al contrario, mediante pruebas en tejido, aplicando grafeno se puede constatar que estos cambios pueden significar un gran paso en el mejoramiento de estos.

1.3 **Importancia**

A lo largo de los años dentro de las industrias textiles se ha buscado obtener productos de muy buena calidad, optando ya sea por mejoramiento de procesos, incorporación de nuevos productos dentro del mismo, siempre enfocados a obtener textiles cada vez con mejores atributos.

Uno de los grandes problemas por así llamarlo que se encuentran en los tejidos poliéster/algodón son la formación de pilling en su superficie dando así un mal aspecto al textil, observándose deteriorado. Con esta investigación lo que se pretende es dar conocer que el grafeno puede dar un paso gigante en cuanto a obtener una mejor caracterización de los tejidos, disminución de efectos que se producen por el uso cotidiano, obteniendo textiles con mejores características.

La investigación, a pesar de no estar enfocado en la producción en masa y costos, se espera que a futuro y con mayor de manda el grafeno tenga una mayor accesibilidad y las empresas podrán optar por utilizarlo en los procesos, ya que otorga grandes beneficios a los textiles.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 **Objetivo general**

- Desarrollar un tejido punto mezcla poliéster/algodón aplicado grafeno mediante el método de adsorción.

1.4.2 **Objetivos específicos**

- Analizar el proceso de grafeno y adsorción mediante la búsqueda de información en artículos científicos, para determinar el proceso más adecuado.
- Determinar el porcentaje adecuado de grafeno mediante varias pruebas para obtener un tejido con mejores características.
- Identificar el método más apropiado mediante el análisis estadístico para determinar si es el óptimo.

1.5 **Características del sitio del proyecto**

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, en los laboratorios de la planta textil perteneciente la Universidad Técnica del Norte, ubicada en el barrio Azaya, calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala. Todo este proceso se llevó a cabo dentro de estas instalaciones ya que cuenta con los equipos requeridos para las pruebas y el desarrollo de la parte práctica de la investigación.

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL ARTE

2.1 Estudios previos

2.1.1 Grafeno

El grafeno es un material estudiando por largos años sus inicios remontan al siglo XIX, donde se buscó encontrar la forma más sencilla del carbono todo esto sin éxito alguno, ya a inicios del siglo XXI y tras varias pruebas fallidas los investigadores de la Universidad de Manchester, Gíem Andre y Novoselv Kostya, lograron obtener grafeno a partir del grafito mediante el empleo de una cinta adhesiva para su separación, en la actualidad existen muchos investigadores que buscan obtener un mayor provecho a este material (Solano, 2015).

Las aplicaciones del grafeno son infinitas (detalladas en el punto 2.1.2), dentro de la industria textil, se vienen haciendo investigaciones de cómo aplicar el grafeno, y los beneficios que este le otorga al tejido aplicado, varios y en su mayoría se centran en la conductividad que este le otorga al tejido. Según Zhou et al. (2020) ya sea grafeno u óxido de grafeno mediante su aplicación en un tejido de algodón, hace que se puedan modificar las funcionalidades y estabilidad del tejido. Abriendo las puertas a obtener un tejido con mejores características de las que ya tiene por naturaleza.

2.1.2 Propiedades y aplicaciones con grafeno

Es necesario conocer propiedades y las posibles aplicaciones que tiene el grafeno dentro de varios campos, hay que tomar en cuenta que para llevarse a cabo y obtener los resultados deseados es necesario realizar por el método correcto y con los demás productos adecuados para ello, en la tabla 1 se mencionan ciertas propiedades y aplicaciones del grafeno.

Tabla 1.

Propiedades y aplicaciones del grafeno

Propiedades	Aplicaciones
Eléctricas	Biomédicas
Permeabilidad con ciertos agentes	Bioquímicas
Mecánicas	Como electrocatalizador
Elasticidad	En sensores
Ligereza	Dispositivos de energía limpia
Capacidad de reacción con otros materiales	Ingeniería
Evita la corrosión del material al que se aplicó.	En textiles: partiendo desde la fibra, hilo,
Soporta la radiación ionizante	tejidos ya sean como conductores,
Térmicas	protección Uv etc.
Electrónicas, etc.	

Fuente:(Ersoy et al., 2015; Marines, 2017; Rodríguez, 2016)

De igual manera se hace mención del óxido de grafeno ya que es un derivado del grafeno ver 2.2.7, este producto por sus características hace que sea al igual que el grafeno para diversas aplicaciones en textiles. En la tabla 2, se pueden observar ciertas propiedades y aplicaciones.

Tabla 2.

Propiedades y aplicaciones del óxido de grafeno

Propiedades	Aplicaciones
- Soluble en agua ya sea por ultrasonido o agitación mecánica.	- En textiles: tejidos con protección ultravioleta
- Facilidad de formación de puentes de hidrogeno	- Electrónica
- Antibacteriano	- Biomédicas, etc.
- Propiedades fluorescentes	
- Anfipático, etc.	

Fuente:(Gullón, 2019; Páez & Rincón, 2019; Tian et al., 2016)

2.1.3 Tejidos poliéster/ algodón aplicado grafeno

La aplicación de grafeno u óxido de grafeno en un tejido ha llamado la atención de varios investigadores, ya que por el hecho de ser un tejido este es un mucho más fácil de manejar en futuras aplicaciones. En esta investigación se pretende la aplicación en una composición de poliéster/ algodón por el hecho de contener una fibra natural dentro de su composición hace que este sea modificable, claro tomando en cuenta el porcentaje de algodón que contenga la composición, en la mayoría de investigaciones se puede observar que la aplicación del grafeno u óxido de grafeno se ha realizado en las telas, hilos o fibra ya sean o solo de poliéster o solo de algodón 100%, por lo cual se pretenderá encontrar un porcentaje más asertivo para obtener los resultados buscados.

Las aplicaciones realizadas, se observa que generalmente son para obtener tejidos conductores o relacionados, protección Uv, entre otros, sin tomar muy en cuenta las características que el tejido adquiere luego de aplicación, según Zhou et al. (2020) un tejido aplicado grafeno, su actividad antibacteriana se mantiene a pesar de someterlos a 20 ciclos lavados, exposición a dos mil frotamientos y mil ciclos de flexión quien quita que las características adquiridas no las pierda luego de este proceso, a más de la conductividad analizada.

Por otra parte, los polímeros aplicados grafeno y óxido de grafeno es también material de investigación como conductor, a pesar de no ser tema de estudio en esta investigación se hace mención, ya que se puede constatar que, si se han realizado aplicaciones previas, con buenos resultados al juntar estos dos materiales (Wang, Di & Li, Dawei & Lv, Pengfei & Wang, & Qingqin, 2018).

2.1.4 Ligante

Uno de los ligantes más utilizados son aquellos compuestos de acrilatos de etilo o butilo copolimerizado, en ciertas investigaciones se menciona que, tras pruebas realizadas la aplicación de este compuesto con determinada cantidad de acrilonitrilo ayudo al tejido a tener una mejor resistencia a la rotura, todas estas pruebas se realizaron en tejidos de algodón ya que el poliéster por ser una fibra lisa y otras características propias de la misma no permite a este producto adherirse fácilmente (Warburton, 1975).

De igual manera se ha demostrado que una película de ligante formada, mediante el teñido, y las condiciones adecuadas, este producto no hace que el tejido sea pegajoso, al

contrario, provee de una suavidad a la tela al igual que buenas propiedades de solidez (Yang, Jie Hu, Yang, & Ming Qi, 2012). Por otra parte se hace mención de la viscosidad del ligante de 0.0042 Pa S=4.1cP, siendo esta baja, y curado con Uv hace que, al ser aplicado en un tejido este tiene un mejor manejo y una excelente solidez (El-Molla, 2007).

2.1.5 Catalizador

El catalizador dentro de la industria textil tiene muchas aplicaciones, desde procesos de tintura, acabados, hasta los procesos de tratamientos de aguas residuales. Hay que tomar en cuenta que para su aplicación se debe saber qué tipo de catalizador utilizar, dentro del tratamiento de aguas se utiliza un heterogéneo, para procesos de acabados uno de tipo alcalino, en caso de aplicar en tejidos de algodón, al ser un producto utilizado como retardante o acelerante de la velocidad de reacción química dentro del proceso aplicado, es necesario saber las cantidades exactas de aplicación ya que este punto es importante ya al tener resultados finales (Lam et al., 2012; Lim & Hudson, 2004; Mahamallik & Pal, 2017) .

Por ejemplo si un catalizador es aplicado para un acabado, tomando en consideración el proceso, cantidades utilizadas, este se puede reutilizar hasta 6 veces, sin que este disminuya su poder catalítico, de igual manera se ha comprobado que este producto posee una buena estabilidad analizado mediante ICP (Feng et al., 2018).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Tejido de punto

Un tejido de punto es el resultado del entrelazamiento de hilos, ya sea de forma manual, o mediante el uso de una máquina, este último recibe el nombre de tricotaje (Lockuán, 2012). El tejido de punto tiene dos subdivisiones:

2.2.2 Tejido de punto por trama

En este tipo de tejido la malla se va formando de manera horizontal con un hilo que pasa por todas las agujas de la máquina, haciendo que un recorrido de hilo de un extremo a otro se denomine pasada, por tanto, el género de punto por trama está formado con un determinado número de pasadas (Danoy, 2014).

Para la formación del tejido de punto por trama se utilizan maquinas rectilíneas, circulares monofontura y doble fontura. En la figura 1 se puede observar la estructura básica del tejido de punto por trama, donde podemos apreciar la forma de cada bucle y en sí la malla.

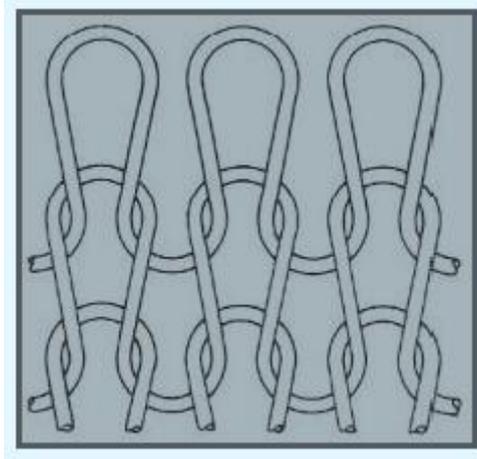


Figura 1. Tejido de punto por trama

Fuente: (Lockuán, 2012)

2.2.3 Tejido de punto por urdimbre

A diferencia del tejido de punto por trama en el tejido de punto por urdimbre el hilo forma bucles de forma vertical, y el número de hilos utilizados es igual a al número de columnas de mallas a realizar para la formación de este género textil, para su elaboración se utilizan maquinas rectilíneas o en circulares de vaivén y milanesas (Lockuán, 2012). En la figura 2 podemos observar la estructura de un tejido de punto por urdimbre.

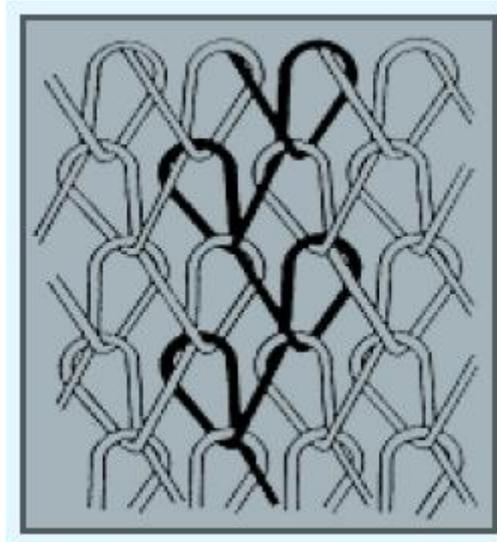


Figura 2. Tejido de punto por urdimbre

Fuente: (Lockuán, 2012)

2.2.4 Poliéster

El poliéster (PES), es un material obtenido mediante una reacción química entre el ácido orgánico con un alcohol, este tipo de material es un derivado del petróleo cuya denominación es politereftalato de etileno o tereftalato (GUZMÁN, 2013). En sus inicios esta materia prima fue utilizado en producción de filmes y dentro de la industria textil donde aún se lo sigue utilizando con diferentes fines.

2.2.5 Algodón

La fibra de algodón es obtenida de la planta con el mismo nombre, esta planta pertenece a la familia Malvaceae, del género *Gossypium*, esta planta cuenta con casi 50 diferentes especies de las cuales solo se cultivan 4 para la producción textil, de estas, la clase que más sobre sale es la Alotetraploide *Gossypium hirsutum* es la se encuentra distribuida por la mayor parte de países productoras de algodón por las características que este posee para su posterior uso, en este caso la hilatura, las demás clases del total de especies las pueden encontrar de manera silvestre (Burbano-Figueroa et al., 2018).

2.2.6 Composición química

Los componentes principales de las fibras de algodón se detallan en la tabla 3, donde se puede observar el componente y el su respectivo porcentaje.

Tabla 3.

Componentes de la fibra de algodón

Componente	Porcentaje
Celulosa ente el	80 al 90%
Agua	6 al 8%
Ceras y grasas	0.5 al 1 %
Proteínas	0 al 1.5 %
Pectinas	4 al 6%
Cenizas	1 al 1.8%

Fuente: (Lockuán Lavado, 2012)

2.2.7 Grafeno

Ortega (2018) afirma: “El grafeno es una forma alotrópica del carbono. Es un material cuya estructura molecular es la de un cristal bidimensional organizado en una red hexagonal (como un panal de abejas), con el espesor de un átomo.” (p. 10). Por ser un producto obtenido del carbono cuenta con muchas características beneficiosas para su aplicación contando con una estabilidad, flexibilidad, ligereza y es un material transparente en su estado más puro, posee una distancia entre átomos de carbono de 0.142 nm, una resistencia propios de un elemento con estructura cristalina (María & Carrizo, 2009; Universidad Miguel Hernández de Elche, 2017, 03:15–05:21). En la figura 3 podemos observar la obtención de grafeno a partir del grafito.

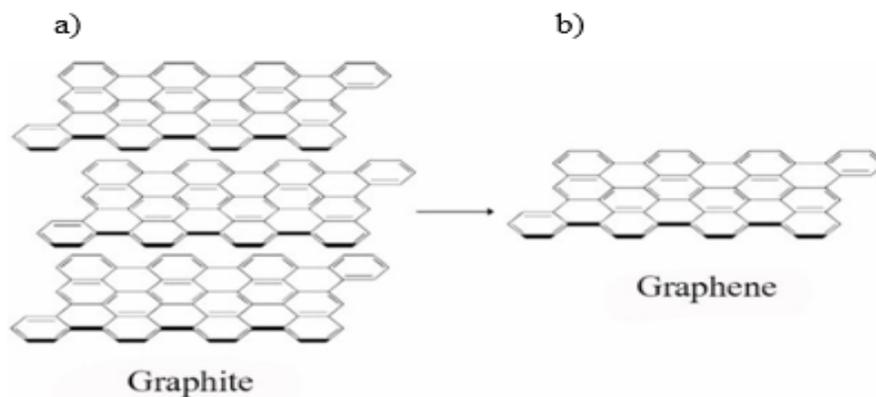


Figura 3. a) Grafito b) Grafeno el grafeno a partir del grafito, obtenemos una capa del grafito

Fuente: (Gomari et al., 2019)

Hay que denotar la diferencia entre óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido ya que estos dos tipos de grafeno no actúan de igual manera al ser aplicados en el campo que sea.

2.2.8 Óxido de grafeno

Se obtiene a partir de la oxidación del grafeno, una de las alternativas que se pueden utilizar para realizarlo es por medio de la oxidación electroquímica ya que se puede obtener un mejor control con respecto a la oxidación (Liu et al., 2018). Otra de las formas de sintetizar el grafeno es por medio de reducción ya sea esta de forma química o térmica (Song et al., 2014). En la figura 4 se indica a partir de que elemento obtenemos el óxido de grafeno, GO, rGO.



Figura 4. Proceso de obtención desde el grafito hasta el óxido de grafeno reducido (rGO)

Fuente:(Marines, 2017)

Mediante investigaciones realizadas hasta la fecha se puede observar que del óxido de grafeno podemos obtener otro producto como es:

2.2.9 Óxido de grafeno reducido

El óxido de grafeno reducido o RGO se obtiene mediante la síntesis del óxido de grafeno, este producto no es más que la disminución de sus oxígenos, esto se puede realizar

mediante diferentes tipos de reducción como puede ser químicas, térmicas, electroquímicas, técnicas verdes, etc. (Wu & Ting, 2013).

2.2.10 Ligante

Es una sustancia compuesta de macromoléculas de cadena larga, la cual es generalmente aplicada en un sustrato textil conjuntamente con un pigmento, este hace que se forme una película sobre el textil, a través del proceso de fijado (Pablo & Pérez, 2008).

Comúnmente los ligantes son a base de acrilatos, butadieno y acetato de vinilo, aunque en estos últimos en menor cantidad, por otra parte, aquellos a base de resina de madera natural, aceite de linaza o aceite de cártamo y quitosano son una nueva opción para obtener impresiones biodegradables, aportando así a la disminución de la contaminación a generar (*Oecotextiles*, 2012). En la siguiente imagen se puede observar la estructura del copolímero de acrilato, base de un ligante. En la figura 5 se puede apreciar mejor la estructura general del copolímero de acrilato.

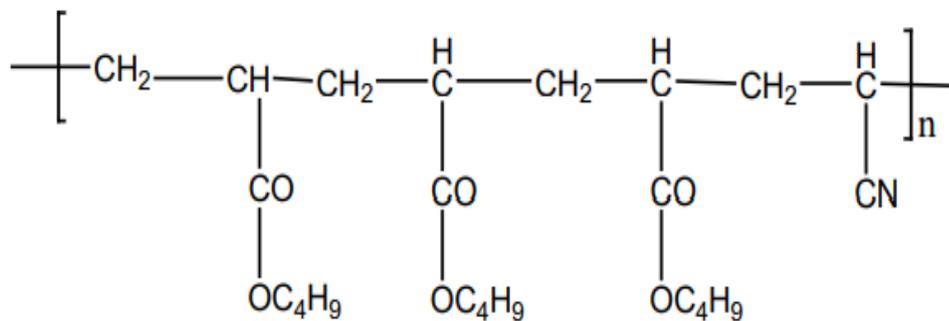


Figura 5. Estructura general del copolímero acrilato

Fuente:(Hossain et al., 2016)

En la tabla 4 se pueden apreciar algunas y las más relevantes propiedades que un ligante debe poseer para ser aplicado en un textil.

Tabla 4.

Propiedades que deben poseer los ligantes

Propiedades
Estabilidad y no degradarse al momento de emplearse o almacenarse
Buena recuperación elástica, incluso si es sometido a tensión
Excelente adhesión, tomando en cuenta el enlace de la fibra
Resistente, poseer firmeza, hidrofóbico, propiedades antimicrobianas
Tensión superficial baja, resistencia al lavado y al ácido
Compatibilidad orgánica, etc.

Fuente: (Miah et al., 2016)

Entre las ventajas que encontramos al aplicar un ligante de acrilato tenemos que este mantiene el color del colorante en la superficie de la tela, no le da opacidad (Miah et al., 2016). Para cualquier proceso es importante tener claro la cantidad de este producto a utilizar ya que es uno de los parámetros para obtener los resultados que se desean.

2.2.11 Catalizador

El catalizador es utilizado para estimular las reacciones químicas, su uso dependerá de las condiciones en las que se aplique como es el pH, temperatura, propiedades mecánicas y dinámicas, tamaño de partícula, entre otros (Lam, Kam, & Yuen, Researchgate, 2009). Esta acción de estímulo hace que varíe la velocidad de reacción ya sea acelerando o desacelerando, proceso denominado catálisis, siempre y cuando se lo realice por medio de un catalizador (Lam, Kan, & Yuen, Emerald insight, 2012). Esta sustancia es muy utilizada dentro de la industria textil, ya sea en proceso de tintura, acabados hasta los tratamientos de efluentes.

Hay que tomar en cuenta la clasificación de los catalizadores para su aplicación ya que tenemos catalizadores homogéneos, heterogéneos y biocatalizadores (Lam, Kam, & Yuen, Researchgate, 2009).

2.2.12 Fijador

Producto utilizado para mejorar la solidez del color, a pesar de estar en un proceso que no cuente con las mejores condiciones, producto sugerido para el proceso de tintura (Zurita, 2014).

2.2.13 Acabado textil

Iheaturu et al. (2019) mencionan que se denomina acabado textil a cada uno de los procesos, métodos u procedimientos a los cuales son sometidas las fibras, hilos y tejidos posterior a su producción, estos acabados influyen en su calidad, mejorando ya sea su apariencia, rendimiento o textura. Algunos métodos utilizados para realizar un acabado textil pueden ser por tratamientos químicos o mecánicos (Iheaturu et al., 2019).

Por una parte los acabados mecánicos son aquellos que buscan alcanzar una textura, tacto o aspecto superficial de la fibra o tejido, para lo cual se utilizan equipos mecánicos ya sean estos calandras, por rodillos o planchas (Joshi & Butola, 2013).

El acabado químico se realiza por medio de aplicación de productos químicos para obtener mejores propiedades, versatilidad y diversas funcionalidades del textil, como puede ser la repelencia al agua, propiedades ignífugas, retardante de llama, etc., este tipo de acabados se lleva a cabo mediante métodos de agotamiento y procesos continuos como es el curado en seco con almohadilla (Iheaturu et al., 2019; Montazer & Harifi, 2018).

2.2.14 Requerimientos para un acabado químico

Entre los productos utilizados para este tipo de acabados tenemos, los naturales que pueden ser las aceites, almidones, colas, artificiales o sintéticos (Textile finishing operations are a part of the fabric ennobling operations, 2019). Dentro de los requerimientos para realizar un acabado químico:

- No sea tóxico
- Permitir que las cualidades del tejido se mantengan, no ocasionando daño
- Afinidad con el tejido, hilo, cual quiera otra forma de textil
- Ser compatible con otros tipos de acabados
- No tener un elevado costo.
- Una distribución uniforme del producto aplicado en el tejido
- Tener una fácil corrección de fallas (Textile Finishing Process: Definition, Classification and Application, 2017).

Según Schindler & Hauser (2004):

El método real de aplicación del acabado depende de los productos químicos y tejidos específicos involucrados y de la maquinaria disponible. (p. 7)

2.2.15 Adsorción

Es un fenómeno en el cual se acumula ya sea un gas, material líquido en moléculas, átomos o iones en una superficie sólida, el cual puede ser un sustancia o en nuestro caso un sustrato textil (Mhemeed, 2018).

La capacidad de una superficie sólida de adsorber dependerá de las características que presente el producto aplicado, como el tamaño de molécula, los grupos funcionales, su polaridad, solubilidad, además de ello hay que tomar en cuenta las propiedades del adsorbente ya que juega un papel importante, como es saber el área de superficie, la estructura del poro, el tamaño de partícula y la química de la superficie (Abbasi, Cseri, Zhany, Ladewing, & Wang, 2020).

Fuera de las condiciones del adsorbato y adsorbente hay que señalar la importancia de las condiciones en las que se realicen los procesos como es el pH de la solución, la fuerza iónica, temperatura y el tiempo de contacto (Abbasi, Cseri, Zhany, Ladewing, & Wang, 2020).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

Para la aplicación de la metodología se realiza mediante etapas tomando como la primera etapa la elaboración de las muestras, aquí cada una de las muestras se realizaran bajo el proceso detallado, como segunda etapa, se procede a realizar el análisis de cada una de las muestras en los equipos de laboratorio de la planta textil, como son el martindale, y el dinamómetro, bajo las normas estandarizadas, para finalizar se procedió a evaluar los resultados y determinar conclusiones y recomendaciones.

3.1 Métodos

Con los métodos utilizados se llegó a obtener los objetivos propuestos, además es necesario conocer cuándo y cómo aplicar cada uno de ellos, a continuación, se indica los métodos utilizados en la investigación.

3.1.1 Método experimental

El método experimental es uno de los más importantes dentro de la investigación ya que sirvió, en este caso para conocer mediante la aplicación del grafeno y con datos reales si un tejido con esta aplicación posee mejores características que un tejido sin este producto, al igual que verificar cual porcentaje aplicado es el más idóneo para obtener la caracterización investigada.

3.1.2 Método analítico

Posterior a obtener los tejidos con grafeno, cada uno de ellos con diferentes porcentajes, se realizó el análisis y comparación de cada una de estas muestras, todo esto plasmado en una tabla donde se visualizó de mejor manera cada uno de los datos obtenidos y realizar una discusión sobre ello.

3.2 Normas técnicas aplicadas

Las normas técnicas utilizadas en la obtención de datos mediante la aplicación de grafeno en el tejido, se realizó en el laboratorio de la planta textil. A continuación, se dará a conocer cada una de ellas.

- **ISO 12945-2**, Determinación de la tendencia a la formación de pilling en el textil.
- **ISO 12947-2**, Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos.
- **ATCC 61**, Determinación de la solidez al lavado
- **ATCC 8**, Determinación de la solidez del colorante al frote.

3.3 Flujograma general del proceso

A continuación, en la figura 6 se da a conocer sobre el proceso general que se realiza partiendo desde la preparación de tejido para la aplicación de grafeno, hasta la obtención de los resultados de los equipos empleados para el análisis de las muestras.

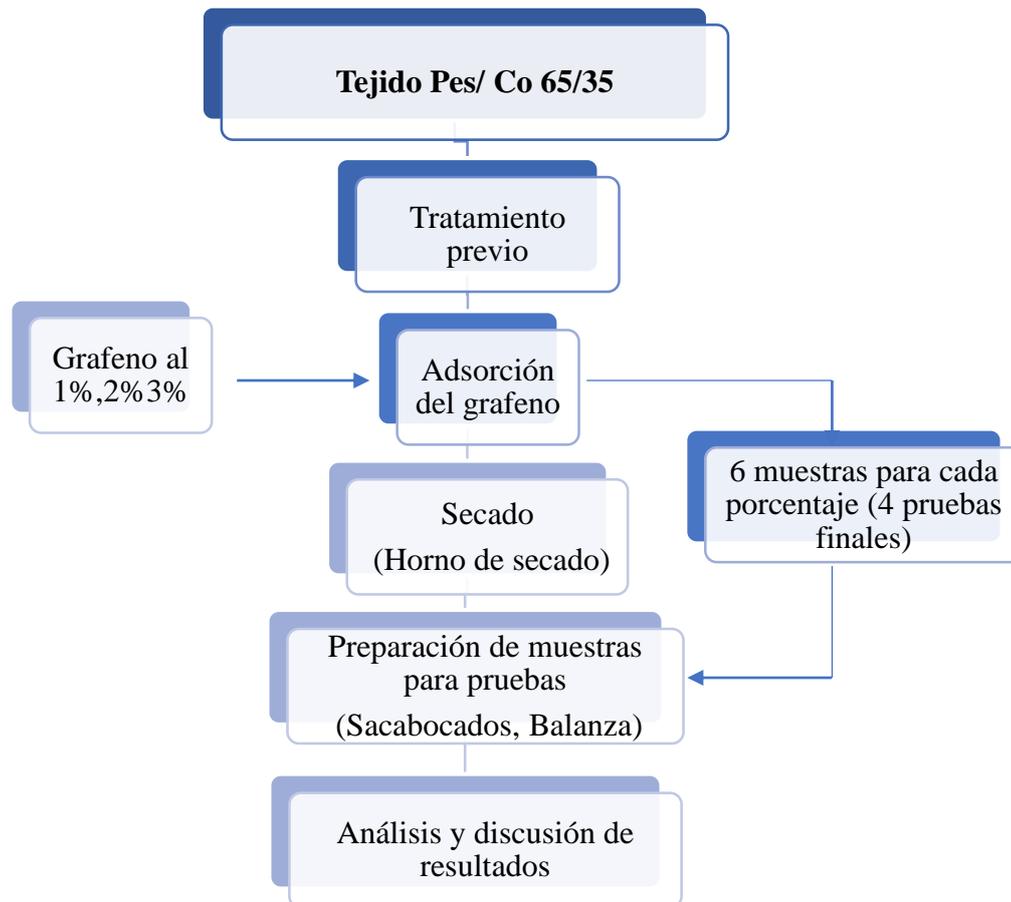


Figura 6. Flujograma general del proceso

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.4 Diseño muestral

La presente investigación se enfocó en dar a conocer las características que un tejido poliéster/algodón obtenía mediante la aplicación de 3 diferentes porcentajes de grafeno, los cuales fueron aplicados mediante el proceso de adsorción, para posteriormente realizar las

pruebas de pilling y resistencia a la abrasión y saber si se obtuvo o no lo que se buscaba con investigación

3.4.1 Selección de muestras

Dentro de la selección de muestras, se detalló el tejido a utilizar, y el grafeno para la posterior aplicación.

El tejido utilizado fue de punto jersey mezcla poliéster/ algodón, 65/35, con un gramaje de 188 g/m², adquirido en de la fábrica Rizzoknit ciudad de Quito- Ecuador.

[Anexo 1](#)

El grafeno aplicado, posee las propiedades mencionadas en la tabla 5, este tipo de grafeno fue adquirido en XFNANO Materials Tech, Co., Ltd.-Ciudad Nanjing, provincia de Jiangu-China. [Anexo 2](#)

3.4.2 Nanopartículas de grafeno XF021 3-10 nm

El grafeno tiene propiedades de partículas esféricas con diámetro de 5-10 μm, y otras formas de partículas con un espesor de 3 a 10 nm (XFNANO, 2018). Ver tabla 5.

Tabla 5.

Propiedades Nanopartículas de grafeno

Nombre	Nanopartículas de grafeno
Diámetro	5-10 μm
Espesor	3-10 nm
Conductividad	500-1000S/cm
Pureza	99.5%
Área superficial	31.657 m ² /g
	0.075 g/cm ³
Densidad aparente	0.050 g/cm ³

Fuente: (XFNANO, 2018)

Luego de la descripción del sustrato textil, y de más productos a utilizar se procedió a la selección de muestras para ello se decidió a la aplicación de tres porcentajes de grafeno diferentes.

- Para las dos pruebas finales se elaboraron 6 muestras con cada porcentaje de grafeno, tomando en consideración lo explicado anteriormente.
- Cada una de las muestras presentaban diferentes porcentajes de grafeno aplicados, no siendo así de los auxiliares, los cuales fueron aplicados al mismo porcentaje.

3.5 Flujograma muestral del proceso

En la figura 7 se da a conocer el flujograma muestral del proceso donde se encuentra el total de muestras utilizadas, todos los materiales y equipos utilizadas en cada una de ellas al igual las concentraciones de grafeno aplicadas, al igual que cada una de las pruebas a las cuales serán sometidas estas muestras de tejido.



Figura 7. Flujograma muestral del proceso

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.6 Metodología de campo

Para la aplicación del grafeno y posteriores pruebas se realizaron un total de 18 muestras, para lo cual el material a utilizar tuvo un pretratamiento:

- El sustrato textil utilizado para el proceso de adsorción pasó por un previo tratamiento con ácido, ya que fue un tejido sometido a un proceso de acabado,

por lo cual se requería eliminar las siliconas y el suavizante contenido, y así lograr que el tejido permita la adsorción del grafeno.

- Posterior a esto se procedió a realizar el proceso de adsorción en cada una de más muestras mencionadas con anterioridad.

3.6.1 Material y equipos de laboratorio

En la tabla 6 se da a conocer los materiales y equipos que se utilizaron en el proceso, tanto de descrude como de adsorción al igual que el equipo utilizado para las pruebas finales.

Tabla 6.

Materiales y equipos de laboratorio utilizados durante todo el proceso práctico

Equipos	Materiales
Balanza analítica	Probetas
Autoclave	Pipetas
Martindale	Vasos de precipitación
Crockmeter	Vidrio reloj
Sacabocados	Agitadores
Horno de secado	
Espectrofotómetro	

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.6.2 Curva aplicada

Para el proceso utilizado, desde el pretratamiento hasta la adsorción se aplicó la curva de la figura 8, donde se da a conocer los productos, temperaturas en grados centígrados, tiempo en minutos, hay que tomar en cuenta que las relaciones de baño son diferentes en el pretratamiento y proceso de adsorción.

para realizar los dos lavados respectivos del tejido para neutralizar el pH, ya que se trabajó con un ácido. [Anexo 7.](#)

Tabla 7.

Cantidad de solución utilizada según el peso de la muestra

Relación de baño		1:30	
N° de muestra	Peso Tejido Pes/Co (gr)	Solución con ácido fórmico (mL)	
1	6,02	180,60	
2	6,29	188,70	
3	6,58	197,40	
4	6,37	191,10	
5	6,46	193,80	
6	6,66	199,80	
7	6,35	190,50	
8	6,51	195,30	
9	6,54	196,20	
10	6,42	192,60	
11	6,63	198,90	
12	6,51	195,30	
13	6,5	195,00	
14	6,57	197,10	
15	6,81	204,30	
16	6,65	199,50	
17	6,91	207,30	
18	6,72	201,60	

Fuente: (Carvajal, 2020)

Tabla 8.

Datos proceso de pretratamiento con ácido fórmico

FICHA GUÍA DEL PROCESO- PRETRATAMIENTO																		
Tipo de tejido: Tejido punto jersey					Composición: 65/35 Pes/Co							Gramaje: 188 g/m ²						
Proceso: Cerrado					R/B: 1:30													
		N°			Auxiliares											Gr/l		
		1			Ácido fórmico											0.3		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
Peso del tejido (g)	6,02	6,29	6,58	6,37	6,46	6,66	6,35	6,51	6,54	6,42	6,63	6,51	6,51	6,57	6,81	6,65	6,91	6,72
Vol. (mL)	180,6	188,7	197,4	191,1	193,8	199,8	190,5	195,3	196,2	192,6	198,9	195,3	195,3	197,1	204,3	199,5	207,3	201,6
Auxiliar (Gramos)																		
Ácido Fórmico	0,054	0,057	0,059	0,057	0,058	0,060	0,057	0,059	0,059	0,058	0,060	0,059	0,059	0,059	0,061	0,060	0,062	0,060

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.6.4 Proceso de adsorción y secado del sustrato textil

El proceso realizado fue un acabado químico, como menciona Schindler & Hauser, (2004) para realizar este tipo de acabados se emplean varios químicos con la intención de lograr cierta propiedad o propiedades en un tejido. Los químicos mencionados anteriormente, deben poseer afinidad con la superficie de las fibras en las que van a ser aplicadas (Schindler & Hauser, 2004a). Este tipo de procedimientos se pueden realizar en máquinas de teñido que trabajen por agotamiento (Schindler & Hauser, 2004a).

Para la aplicación de grafeno en el tejido se tomó en consideración las cantidades del material y productos que involucro el proceso, al igual que la relación de baño, pesos, entre otros, información que se puede observar en las tablas 9,10, 11. A si mismo dentro de este proceso se utilizó la máquina autoclave, considerando lo mencionado anteriormente sobre los acabados químicos.

Tabla 9

Productos utilizados para la aplicación del 1% de grafeno

FICHA GUÍA DEL PROCESO-ADSORCIÓN							
Tipo de tejido: Tejido punto jersey	Composición: 65/35 Pes/Co				Gramaje: 188 g/m ²		
Proceso: Cerrado	R/B: 1:20						
	N°	Auxiliares				%	
	1	Catalizador				5	
	2	Fijador				5	
	3	Grafeno				1	
	4	Ligante				4	
		M1	M2	M3	M4	M5	M6
Peso del tejido (g)		6,02	6,29	6,58	6,37	6,46	6,66
Vol. (mL)		120,4	125,8	131,6	127,4	129,2	133,2
Auxiliares (Gramos)							
Catalizador		0,30	0,31	0,33	0,32	0,32	0,33
Fijador		0,30	0,31	0,33	0,32	0,32	0,33
Grafeno		0,060	0,063	0,066	0,064	0,065	0,067
Ligante		0,24	0,25	0,26	0,25	0,26	0,27

Fuente: (Carvajal, 2020)

Tabla 10

Productos utilizados para la aplicación del 2% de grafeno

FICHA GUÍA DEL PROCESO- ADSORCIÓN						
Tipo de tejido: Tejido punto jersey	Composición: 65/35 Pes/Co					Gramaje: 188 g/m ²
Proceso: Cerrado	R/B: 1:20					
	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Peso del tejido (g)	6,35	6,51	6,54	6,42	6,63	6,51
Vol. (mL)	127	130,2	130,8	128,4	132,6	130,2
	N°	Auxiliares			%	
	1	Catalizador			5	
	2	Fijador			5	
	3	Grafeno			2	
	4	Ligante			4	
Auxiliares (Gramos)						
Catalizador	0,32	0,33	0,33	0,32	0,33	0,33
Fijador	0,32	0,33	0,33	0,32	0,33	0,33
Grafeno	0,127	0,130	0,131	0,128	0,133	0,130
Ligante	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27	0,26

Fuente: (Carvajal, 2020)

Tabla 11

Productos utilizados para la aplicación del 3% de grafeno

FICHA GUÍA DEL PROCESO- ADSORCIÓN						
Tipo de tejido: Tejido punto jersey	Composición: 65/35 Pes/Co					Gramaje: 188 g/m ²
Proceso: Cerrado	R/B: 1:20					
	M13	M14	M15	M16	M17	M18
Peso del tejido (g)	6,51	6,57	6,81	6,65	6,91	6,72
Vol. (mL)	130,2	131,4	136,2	133	138,2	134,4
	N°	Auxiliares			%	
	1	Catalizador			5	
	2	Fijador			5	
	3	Grafeno			3	
	4	Ligante			4	
Auxiliares (Gramos)						
Catalizador	0,33	0,33	0,34	0,33	0,35	0,34
Fijador	0,33	0,33	0,34	0,33	0,35	0,34
Grafeno	0,195	0,197	0,204	0,200	0,207	0,202
Ligante	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,27

Fuente: (Carvajal, 2020)

Luego de establecer las cantidades de productos utilizados se realizaron los siguientes pasos dentro del proceso de adsorción.

- Se preparo 18 vasos para colocar el sustrato textil y los demás productos, seguido de esto se colocó la cantidad de agua calculada en cada uno de los vasos, tomando en consideración el peso del tejido y la relación de baño mencionada anteriormente y por último se añadió el catalizador [Anexo 8](#).
- Cuando la curva llego a 40°C se colocó el fijador y se tomó el pH del baño dando un valor de 7.77, para luego ingresar los vasos nuevamente a la maquina por 20 minutos, una vez en este punto se bajó la temperatura y se botó el baño. [Anexo 9](#).
- Posteriormente se colocó nuevamente la cantidad de agua calculada para cada muestra de tejido, la respectiva cantidad de grafeno, esto dependiendo del peso del tejido y el porcentaje utilizado, y por último se ingresó el tejido en el vaso [Anexo 10](#).
- La gradiente en este caso fue de 5°C/ min hasta llegar a los 70°C, al llegar a esta temperatura se colocó el ligante y se dejó pasar 20 minutos para luego bajar la temperatura y botar el baño. [Anexo 11](#), [Anexo 12](#).
- Por ultimo las muestras fueron ingresadas al horno de secado a una temperatura de 130°C por 20 minutos. Y se recolecto el residuo de los vasos para el posterior análisis. [Anexo13](#), [Anexo 14](#).

3.6.5 Muestras aplicación del 1% de grafeno

Después de realizar todo el proceso de adsorción, se da a conocer cada una de las probetas obtenidas posterior al proceso, en las figuras 9,10,11,12,13,14. Se puede visualizar la aplicación del 1 % de grafeno.



Figura 9. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 10. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 2

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 11. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 3

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 12. Aplicación del 1% de grafeno, muestra 4

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 13. Aplicación del 1% de grafeno,
muestra 5

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 14. Aplicación del 1% de grafeno,
muestra 6

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.6.6 Muestras aplicación del 2% de grafeno

Después de realizar todo el proceso de adsorción, se da a conocer cada una de las probetas obtenidas posterior al proceso, en las figuras 15,16,17,18,19,20. Se puede visualizar la aplicación del 2 % de grafeno.



Figura 15. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 16. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 2

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 17. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 3

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 18. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 4

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 19. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 5

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 20. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 6

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.6.7 Muestras aplicación del 3% de grafeno

Después de realizar todo el proceso de adsorción, se da a conocer cada una de las probetas obtenidas posterior al proceso, en las figuras 21,22,23,24,25,26. Se puede visualizar la aplicación del 3 % de grafeno.



Figura 21. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 22. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 23. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 24. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 25. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)



Figura 26. Aplicación del 2% de grafeno, muestra 1

Fuente: (Carvajal, 2020)

3.7 Pruebas de laboratorio

En este punto se da a conocer los pasos realizados en cada una de las pruebas, dimensiones de probetas, peso en el caso de ser requerido, puesta en máquina, ciclos, entre otros.

3.7.1 Prueba de resistencia del color al frote

Para realizar esta prueba, se utilizó la Norma AATCC 8, donde se indica cada uno de los parámetros a tomar en cuenta para realizar esta prueba, el primer paso que se realizó es el proceso con el equipo Crockmeter, para luego realizar la prueba de escala de grises en el espectrofotómetro y así saber la cantidad de grafeno que se transfiere de la probeta al testigo de algodón. Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- Para realizar el proceso en el Crockmeter se recortó las probetas de 4cm x 20 cm y se utilizó un testigo de algodón el cual se sujetó con una arandela para evitar que este se mueva durante la prueba.
- Posterior a esto la lengüeta hizo un movimiento de adelante hacia atrás 10 veces, equivalentes a 10 segundos.
- Este proceso se realizó tanto en seco como en húmedo. [Anexo 15.](#)
- Para la prueba en escala de grises se tomó la lectura en el espectrofotómetro, del testigo sin el frote previo, versus el testigo con el frote en la probeta con grafeno. y mediante un resultado de 1 a 5, siendo 1 muy mala y 5 muy buena solidez al frote y así saber que solidez al frote tubo el tejido. [Anexo 15.](#)

3.7.2 Prueba de solidez al lavado

Al realizar la prueba de Solidez al lavado se consideró lo mencionado en la tabla 13. Ya que son los parámetros mencionados en la Norma AATCC 61., para la realización de esta prueba, el número de prueba aplicada fue la 3A, siendo apropiada para el tejido utilizado, por sus características, y el destino de este, ya que por lo general es para la elaboración de prendas de vestir de uso diario. [Anexo 16](#). Luego de realizar este proceso se midió bajo la escala de grises cuanto grafeno se fue en el lavo y cuanto grafeno quedo adherido al tejido.

Tabla 12.

Parámetros utilizados para realizar la prueba de solidez al lavado

N° de prueba	Temperatura		Volumen total del líquido (mL)	Condiciones de prueba		N° de bolitas de acero	Tiempo (Min)
	°C (±2)	°F (±4)		Porcentaje de detergente en polvo del volumen total	Porcentaje del detergente liquido del volumen total		
3A	71	160	50	0.15	0.23	100	45

Fuente: (AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMIST AND COLORIST, 2015)

3.7.3 Prueba de resistencia a la abrasión

Para realizar la prueba de resistencia a la abrasión se tomó en consideración a la Norma ISO 12947-2, donde se menciona cada uno de los pasos a seguir para el ensayo correspondiente, dentro de los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Preparación de las probetas, mediante el uso del sacabocados se obtuvieron probetas de 3,8 cm de diámetro, medida tomada también para la esponja porta probeta. De igual manera, se cortó el abrasivo de 14 cm de diámetro. [Anexo 18](#).
- En el equipo Martindale se colocó en la parte superior cada una de las probetas con una pesa de 9KPa, recomendada por la norma ya que el tejido se consideró para el uso diario. En la parte inferior se colocó el filtro y abrasivo. [Anexo 18](#).

- Como siguiente paso se dio inicio al proceso abrasivo. Iniciando con un valor de 3000 ciclos, al llegar los 50.000 ciclos el abrasivo cambió de lado como lo menciona la norma. [Anexo 18.Anexo 21](#)

3.7.4 Prueba de formación de pilling en el textil

Para realizar este ensayo se utilizó la Norma ISO 12945-2, donde se menciona los pasos y las características de las probetas a analizar, a continuación, se dará a conocer los pasos realizados:

- Se preparó las probetas, mediante el uso del sacabocados se cortaron de 14 cm de diámetro cada una de las muestras, es necesario tomar en cuenta que se utilizó tanto en la parte superior e inferior de las posiciones de la maquina el mismo tejido.
- Se colocó el filtro junto con la probeta en cada una de las posiciones del Equipo Martindale, tomando en consideración que la parte derecha de la tela de la parte inferior y superior se rocen.
- Posterior a esto se inició la prueba con 500 ciclos. [Anexos 17.Anexo 20.](#)

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Resultados

En este capítulo se da a conocer los datos obtenidos de las diferentes pruebas realizadas, y así poder determinar si el proceso de adsorción fue correcto, cuál de las probetas analizadas tiene una mejor característica, todo esto mediante tablas de datos ya mencionando anteriormente y los gráficos respectivos.

4.1.1 Resultados prueba de resistencia del color al frote

Luego de realizar el proceso de adsorción y la prueba de resistencia del grafeno al frote, se da a conocer los datos obtenidos posterior a la medición a escala de grises, ver tabla 13, y [Anexo 22](#), [Anexo 23](#), [Anexo 24](#), [Anexo 25](#), [Anexo 26](#), [Anexo 27](#)

Tabla 13.

Medición de transferencia de color a escala de grises mediante el uso del equipo espectrofotómetro

Prueba de resistencia del color al frote		
% de grafeno aplicado	Solidez al frote en seco Valor GS Stain	Solidez al frote en húmedo Valor GS Stain
1	3	1,5
2	3	1,5
3	2,5	1

Fuente:(Carvajal, 2020)

4.1.2 Resultados prueba de solidez al lavado

Para la obtención de resultados, posterior a realizar la prueba de solidez al lavado, los datos obtenidos fueron a escala de grises, haciendo la comparación del tejido sin la prueba y el tejido sometido a prueba, los valores obtenidos se dan a conocer en la tabla 14 y [Anexo 28](#), [Anexo 29](#), [Anexo 30](#)

Tabla 14.

Datos obtenidos mediante la medición a escala de grises en el equipo espectrofotómetro

Prueba de solidez al lavado	
% de grafeno aplicado	Solidez al lavado Valor SG Change
1	3
2	3,5
3	3

Fuente: (Carvajal, 2020)

4.1.3 Resultados prueba de resistencia a la abrasión

En el capítulo anterior se dio a conocer el proceso realizado dentro de esta prueba, aquí se observa resultados obtenidos los cuales fueron en base a los ciclos de frote que el tejido soportó hasta romperse una de sus mallas, al obtener un resultado no numérico se dio una valoración dependiendo del estado del tejido en cada uno de los ciclos. En la tabla 15., se da a conocer cada uno de los porcentajes de grafeno y los ciclos realizados en el equipo para determinar la resistencia a la abrasión de este tejido, y en la tabla 16., y [Anexo 21](#) la equivalencia numérica considerada por el estudiante.

Tabla 15.

Ensayo de resistencia a la abrasión- Equipo Martindale

Prueba de resistencia a la abrasión				
Ciclos	Probeta sin grafeno	1% de grafeno	2% de grafeno	3% de grafeno
3.000	Pilling	Pilling	Pilling	Pilling
10.000	Pilling	Pilling	Pilling	Pilling
15.000	Pilling	Desprendimiento leve Pilling	Desprendimiento leve Pilling	Pilling
20.000	Pilling	Leve rompimiento de hilos	Leve rompimiento de hilos	Pilling
35.000	Desaparición de pilling -	Leve rompimiento de hilos	Leve rompimiento de hilos	Desaparición de pilling
40.000	Desaparición de pilling	Leve rompimiento de hilos	Leve rompimiento de hilos	Desaparición de pilling
50.000	Desaparición de pilling	Leve rompimiento de mallas	Leve rompimiento de mallas	Desaparición de pilling

Fuente: (Carvajal, 2020)

Tabla 16.

Valores considerados equivalentes a estado del tejido luego de los ciclos aplicados

Equivalencia de valores				
1	2	3	4	5
Pilling	Desaparición de pilling	Bajo rompimiento de hilos del tejido	Medio rompimiento de hilos del tejido	Rompimiento hilos del tejido

Fuente: (Carvajal, 2020)

4.1.4 Resultados prueba de formación del pilling en el tejido

La obtención de resultados de la prueba de formación de pilling se basó en ASTM D 3512 Photographic standards [Anexo 19.](#), donde se da a conocer los estados del tejido posteriores a los ciclos de frote, tomando como valoraciones de 1 a 5, siendo el valor 1 severa formación de pilling y 5 nada de pilling. En la tabla 17., se da a conocer los valores obtenidos del tejido analizado.

Tabla 17.

Resultados análisis de formación de pilling en el tejido

Prueba- tendencia de formación de pilling				
Sin % de grafeno	%1 Grafeno	%2 Grafeno	%3 Grafeno	Ciclos
4	4	4	4	500
3	3	3	3	1000
2	2	2	2	2000
1	1	1	1	5000

Fuente: (Carvajal, 2020)

4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Resumen general de datos

En la tabla 18., se da a conocer de forma general los datos obtenidos de todas las pruebas realizadas, aquí se podrá apreciar por cada porcentaje el valor obtenido tanto del equipo espectrofotómetro, ASTM D 3512 Photographic standards, y la valoración equivalente que el estudiante determinó para la prueba de resistencia a la abrasión del tejido.

De igual manera en la tabla 19 se da a conocer lo códigos utilizados para remplazar el nombre de la prueba realizada, de esta manera simplificando de mejor manera la tabla.

Tabla 18.

Resumen datos obtenidos

Resumen pruebas														
%	FP- 500C	FP- 1000C	FP- 2000C	PF- 5000	RA- 3000C	RA- 10000C	RA- 15000C	RA- 20000	RA- 35000	RA- 40000	RA- 50000	RCF- S	RCF- H	PSL
0	4	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	0	0	0
1	4	3	2	1	1	1	2	3	3	4	4	3	1.5	3
2	4	3	2	1	1	1	2	3	3	4	4	3	1.5	3.5
3	4	3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2.5	1	3

Fuente: (Carvajal, 2020)

Tabla 19.

Siglas equivalentes a las pruebas realizadas

Siglas propuestas de las pruebas realizadas			
% de grafeno aplicado	%	Resistencia a la abrasión-20 000 ciclos	RA-20000 C
Formación de Pilling- 500 Ciclos	FP-500C	Resistencia a la abrasión- 35 000 ciclos	RA-35000C
Formación de Pilling- 1000 Ciclos	FP-1000C	Resistencia a la abrasión- 40 000 ciclos	RA-40000 C
Formación de Pilling- 2000 Ciclos	FP-2000C	Resistencia a la abrasión-50 000 ciclos	RA-50000 C
Formación de Pilling- 5000 Ciclos	FP-5000C	Resistencia del color al frote - seco	RCF-S
Resistencia a la abrasión-3000 ciclos	RA-3000C	Resistencia del color al frote - húmedo	RCF-H
Resistencia a la abrasión-10 000 ciclos	RA-10000C	Prueba de solidez al lavado	PSL
Resistencia a la abrasión-15 000 ciclos	RA-15000C		

Fuente: (Carvajal, 2020)

4.3 Análisis de datos

4.3.1 Análisis de la varianza

El análisis de la varianza de las pruebas realizadas se llevó a cabo en el programa estadístico Past 4, y los datos obtenidos se da a conocer en la tabla 20., donde se encuentran cada uno de los porcentajes aplicados, las pruebas realizadas, desde la determinación de formación de pilling hasta la resistencia del color al frote.

Tabla 20.

Análisis de varianza- datos obtenidos

 Univariate statistics

	%	FP-500C	FP-1000C	FP-2000C	FP-5000 C	RA-3000C	RA-10000C	RA-15000C	RA-20000C	RA-35000C	RA-40000 C	RA-50000 C	RCF-S	RCF-H	PSL
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Min	0	4	3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0
Max	3	4	3	2	1	1	1	2	3	3	4	4	3	1.5	3.5
Sum	6	16	12	8	4	4	4	7	9	10	12	12	8.5	4	9.5
Mean	1.5	4	3	2	1	1	1	1.75	2.25	2.5	3	3	2.125	1	2.375
Std. error	0.6454972	0	0	0	0	0	0	0.25	0.4787136	0.2886751	0.5773503	0.5773503	0.7180703	0.3535534	0.8003905
Variance	1.666667	0	0	0	0	0	0	0.25	0.9166667	0.3333333	1.333333	1.333333	2.0625	0.5	2.5625
Stand. dev	1.290994	0	0	0	0	0	0	0.5	0.9574271	0.5773503	1.154701	1.154701	1.436141	0.7071068	1.600781
Median	1.5	4	3	2	1	1	1	2	2.5	2.5	3	3	2.75	1.25	3
25 prntil	0.25	4	3	2	1	1	1	1.25	1.25	2	2	2	0.625	0.25	0.75
75 prntil	2.75	4	3	2	1	1	1	2	3	3	4	4	3	1.5	3.375
Skewness	0	0	0	0	0	0	0	-2	-0.854563	0	0	0	-1.846278	-1.414214	-1.866467
Kurtosis	-1.2	0	0	0	0	0	0	4	-1.289256	-6	-6	-6	3.412305	1.5	3.619274
Geom. mear	0	4	3	2	1	1	1	1.681793	2.059767	2.44949	2.828427	2.828427	0	0	0
Coeff. var	86.0663	0	0	0	0	0	0	28.57143	42.55232	23.09401	38.49002	38.49002	67.58309	70.71068	67.40131

Fuente: (Carvajal, 2020)

- Según el análisis realizado, dentro de la prueba de formación de pilling no existió variación entre los % de grafeno aplicado. Por otra parte, en el análisis de la prueba de resistencia a la abrasión si hubo una variación en cuanto a los ciclos aplicados dando como resultado que el tejido que mejor soporto esta prueba fue la tercera que a pesar de los 50000ciclos este no sufrió cambios como los demás porcentajes aplicados.
- En cuanto a las solides al lavado según el valor máximo en comparación de los porcentajes aplicados tiene una valoración de 3,5. Por su parte las pruebas de resistencia de color al frote tanto en seco como en húmedo, existió una variación muy considerable entre estos dos procesos ya que en el proceso en seco tiene una mejor valoración que el proceso en húmedo.

4.4 Normalidad de datos

El análisis de la normalidad de los datos se realizó con la intención de conocer que tan confiables son los valores obtenidos de cada una de las pruebas realizadas. En la tabla 21., se encuentra el test realizado, el cual nos da a conocer que según Jarque Bera JB- (Pnormal), los valores ($p > 0.05$), dando una confiabilidad de 95% de los datos obtenidos de cada una de las pruebas realizadas. Indicando que los valores son normales.

Tabla 21.

Normalidad de datos Test For normal distribución

Tests for normal distribution

	RA-15000C	RA-20000	RA-35000	RA-40000	RA-50000	PSL-S	PSL-H	RCF
N	4	4	4	4	4	4	4	4
Shapiro-Wilk W	0,6298	0,8634	0,7286	0,7286	0,7286	0,7436	0,8274	0,7527
p(normal)	0,001241	0,2725	0,02386	0,02386	0,02386	0,03357	0,1612	0,04089
Anderson-Darling A	0,8268	0,3497	0,576	0,576	0,576	0,5808	0,4158	0,5983
p(normal)	0,007061	0,2548	0,04675	0,04675	0,04675	0,04509	0,1547	0,03952
p(Monte Carlo)	0,0001	0,3005	0,0446	0,0409	0,0468	0,0437	0,1774	0,0368
Lilliefors L	0,4415	0,2833	0,3068	0,3068	0,3068	0,353	0,2602	0,4019
p(normal)	0,007866	0,3217	0,2139	0,2139	0,2139	0,08188	0,4537	0,0246
p(Monte Carlo)	0,0001	0,3109	0,1839	0,1835	0,1855	0,086	0,4905	0,0177
Jarque-Bera JB	0,963	0,476	0,6667	0,6667	0,6667	0,85	0,6111	0,8599
p(normal)	0,6179	0,7882	0,7165	0,7165	0,7165	0,6538	0,7367	0,6505
p(Monte Carlo)	0,0001	0,4877	0,1582	0,1511	0,1565	0,049	0,2243	0,045

Fuente: (Carvajal,2020)

4.5 Análisis resultados

4.5.1 Graph

En la figura 27., se da a conocer, el estado de los datos en cada una de las pruebas realizadas. Hay que tomar en cuenta que los valores X son corresponden a los porcentajes aplicados siendo: 1= 0% de grafeno, 2=1% de grafeno, 3=2% de grafeno y 4=3% de grafeno aplicado Como se puede observar, en cuanto a la prueba de formación de pilling los valores se mantienen constantes ya que no existió una mejor resistencia a la formación de pilling con el acabado, por otra parte en la prueba de resistencia a la abrasión, como se mencionó anteriormente la valoración de 2 significaba la desaparición de pilling a espera de romperse una malla del tejido, obteniendo así que tanto la muestra sin grafeno y aplicado el 3% de grafeno permanecieron en ese estado a los 50000 ciclos, por otra parte la resistencia del color al frote y

la solidez al lavado, las muestras que tuvieron una mejor valoración fueron la del 1 y 2% de grafeno aplicado.

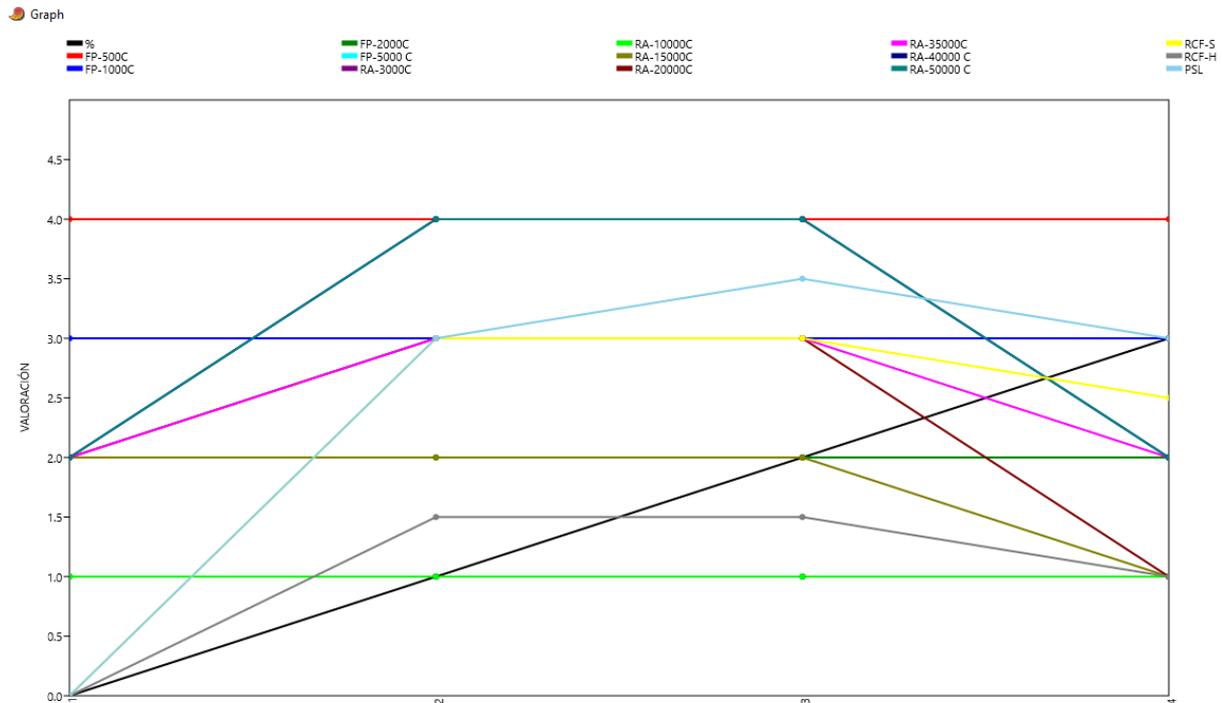


Figura 27. Gráfico general de datos

Fuente: (Carvajal,2020)

4.5.2 Box plot

En la figura 28. Se puede observar cómo los valores de cada una de las pruebas tiene tendencia a subir o bajar, en el caso de la prueba de formación de pilling, de la mejor valoración que es 4 hasta llegar a 1 donde en la superficie del tejido ya se formó el Pilling, por su parte en la prueba de resistencia a la abrasión los valores por ende las barras van en crecimiento ya que desde la formación de pilling a los 3000 ciclos, dos de las pruebas se mantuvieron sin iniciar a romperse como las demás probetas, en el caso de la resistencia del color al frote en seco, como la solidez al lavado mantuvieron valores semejantes, no siendo el caso de la resistencia del color al frote en húmedo que sí tuvo una valoración baja.

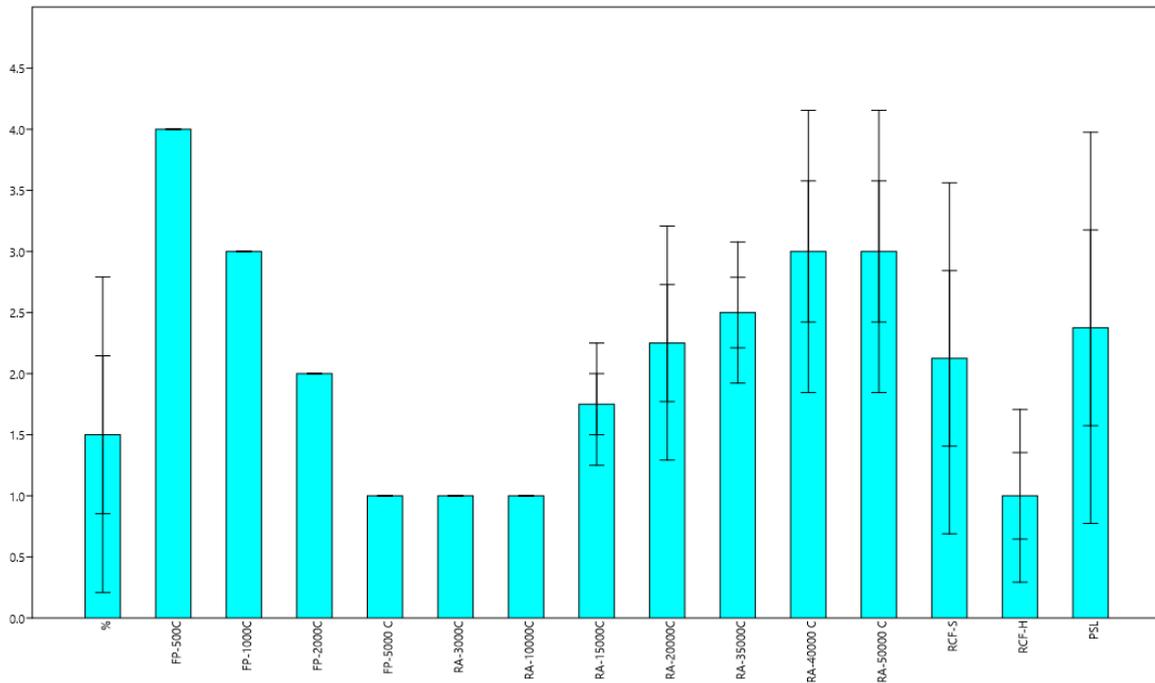


Figura 28. Box plot, desviación y error estándar

Fuente: (Carvajal, 2020)

4.5.3 Matrix plot

En la figura 29, se puede observar cada uno de los porcentajes aplicados, los cuales se encuentran en los valores de Y, siendo 1= sin % de grafeno, 2= 1% de grafeno, 3= 2% de grafeno y 4= 3% de grafeno aplicado, aquí en comparación de los anteriores gráficos explicados de da a conocer en donde se encuentra la mayor variación de datos, y donde permanece constante, como se puede observar en la parte central del gráfico, valores de la prueba de resistencia a la abrasión tiende a permanecer constante, hay que tomar en cuenta que estos valores se encuentran constantes ya que en este rango de ciclos las probetas se encontraban en proceso de formación y eliminación de pilling, tomando en cuenta que desde los 15000 ciclos se va notando una variación desde el 2% de grafeno aplicado.

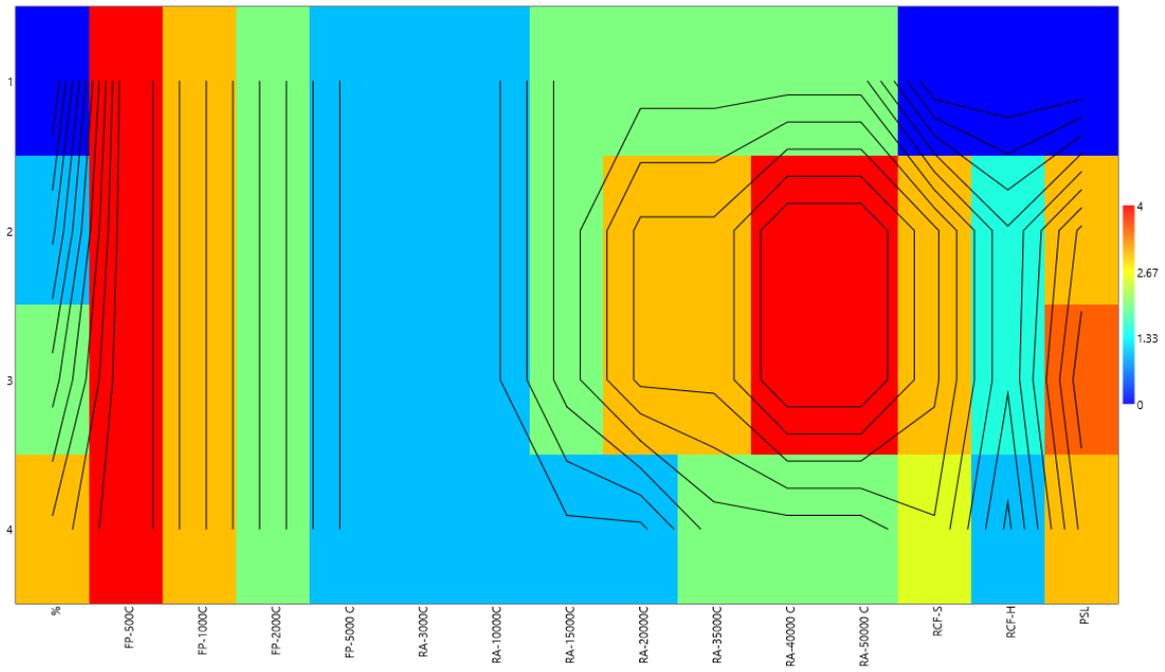


Figura 29. Diagrama matriz

Fuente: (Carvajal, 2020).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El mejor resultado obtenido en forma general de cada una de las pruebas realizadas fue el tejido con aplicación del 2% de grafeno y utilizando los auxiliares: catalizador 5%, fijador 5% y ligante 4%, según los resultados reflejados en la Figura Estadístico Matriz. [Figura 29](#)
- Posterior al análisis de la prueba de solidez del color al frote, mediante los resultados obtenidos a escala de grises las probetas en seco tuvieron una mejor solidez a comparación de las probetas en húmedo, esta diferencia de solidez se debe a que al humedecer el tejido, las fibras se deslizan provocando que las partículas de grafeno que no fueron termofijadas adecuadamente se desprendan, información corroborada por los resultados obtenidos en el espectrofotómetro indicado en la [Tabla 13](#).
- Dentro de la prueba de resistencia a la abrasión se encontraron resultados positivos, con el 3% de grafeno aplicado, demostrando que a mayor concentración de grafeno tiene mayor resistencia por que cubre la superficie del tejido evitando su rotura de fibra, pero perdemos solidez al lavado por la falta de fijación de las partículas de grafeno, por tanto, es necesario encontrar un método más idóneo para mejorar el acabado para el análisis en otras pruebas como la solidez al lavado. [Tabla 14](#)
- Como consecuencia del proceso realizado, el grafeno por este método si fue adsorbido por el tejido, a pesar de no ser uniforme y obtener un tejido con apariencia jaspeada y se podría mejorar hasta tener una adsorción uniforme en el artículo utilizando un tamaño de partícula menor de grafeno inferior a 5 μm .
- En la prueba de pilling se determinó que los tres porcentajes: 1%, 2% y 3% de grafeno utilizados en las muestras, no tuvieron variación hasta los 5000 ciclos,

posteriormente las muestras sufrieron variación en apariencia. Como se puede observar en la [Tabla 17](#).

5.2 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de la parte práctica de la investigación, es recomendable y necesario revisar los equipos a utilizar para el proceso, y en caso de ser necesario, como en la autoclave seleccionar el programa adecuado para iniciar el trabajo, o en caso de no contar con la curva requerida añadir una y luego de tener todo listo para realizar el trabajo.
- Se recomienda continuar con investigación, disminuir el porcentaje del grafeno, ya que los porcentajes utilizados tanto de 2 y 3 generaron mucho residuo en el baño.
- Es importantes es tener muy claro cada una de las normas a aplicar, ya que cada una tiene un procedimiento que se debe seguir estrictamente.
- Se recomienda utilizar un tipo de grafeno con menor diámetro y espesor, para evitar que posterior a la adsorción el tejido tenga una apariencia jaspeada, y no una tonalidad uniforme en todo el tejido.
- De igual manera se recomienda hacer la adsorción en un proceso abierto para tener un control sobre el grafeno, ya que este tiende a no dispersarse en el baño tan fácilmente a comparación de un colorante. O a su vez utilizar un producto que permita la dispersión homogénea en el baño para obtener mejores resultados.
- La aplicación de grafeno de 5 micras, pudo ser un causante de que la adsorción no haya sido uniforme en todo el tejido, por lo cual es necesario continuar investigando, encontrar uno adecuado para este tipo de proceso.
- Posterior al proceso de adsorción, es necesario la termofijación para evitar que el grafeno se desprenda del tejido en los posteriores lavados

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Gullón, J. (2019, 28 mayo). *En defensa del óxido de grafeno*. Applynano Solutions.
<https://applynano.com/en-defensa-del-oxido-de-grafeno/>
- Universidad Miguel Hernández de Elche. (2017, 13 marzo). *GRAFENO Y NANOMATERIALES DE CARBONO. DESDE LA PREPARACIÓN HASTA LAS APLICACIONES EN BIOTECNOLOGÍA* [Vídeo]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=cTXo9xeYdBU>
- Graphene benefits for textiles and composites*. (2018, 27 junio). ITMA 2019.
<https://www.itma.com/media/the-itma-blog/blog-posts/blog/2018/06/27/graphene-benefits-for-textiles-and-composites>
- Oliveira, M. P. (2018, 13 diciembre). *Grafeno cria têxteis mais inteligentes*. Portugal Têxtil.
<https://www.portugaltextil.com/grafeno-cria-texteis-mais-inteligentes/>
- Peleg, R. (2020, 19 junio). *Graphene-enhanced smart textiles developed for heat adaptive clothing*. Graphene-Info. <https://www.graphene-info.com/graphene-enhanced-smart-textiles-developed-heat-adaptive-clothing>
- Danoy, F. (2014, 2 noviembre). *Knitting 101: Yarn Types and Weights*. Aroha Knits.
<https://www.arohaknits.com/journal/2014/10/30/knitting-101-yarn-types-and-weights>

- Burbano-Figueroa, O., Montes-Mercado, K. S., Pastrana-Vargas, I. J., & Cadena-Torres, J. (2018). Introducción y desarrollo de variedades de algodón Upland en el sistema productivo colombiano: Una revisión. *Ciencia y Agricultura*, *15*(1), 29–44. <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n1.2018.7754>
- El-Molla, M. M. (2007). Synthesis of polyurethane acrylate oligomers as aqueous UV-curable binder for inks of ink jet in textile printing and pigment dyeing. *Dyes and Pigments*. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.02.021>
- Ersoy, M. S., Dönmez, U., Yildiz, K., Salan, T., Yazici, M., Tiyek, İ., & Alma, M. H. (2015). Graphene applied textile materials for wearable e-textiles. *5th International Istanbul Textile Congress, May 2016*, 82–86.
- Feng, W., Huang, T., Gao, L., Yang, X., Deng, W., Zhou, R., & Liu, H. (2018). Textile-supported silver nanoparticles as a highly efficient and recyclable heterogeneous catalyst for nitroaromatic reduction at room temperature. *RSC Advances*. <https://doi.org/10.1039/c7ra13257c>
- Gomari, S., Ehsani Namin, P., & Ghasemi, I. (2019). Polymer-Graphene Nanoplatelets Nanocomposites: Properties and Applications. *Iran. J. Polym. Sci. Technol. (Persian)*, *32*(March), 101–121. <https://doi.org/10.22063/JIPST.2019.1647>
- GUZMÁN, O. (ENKADOR-F. sintéticas y textiles). (2013). *Manual de procesos. Junio*.
- Hossain, F., Miah, M. R., Kamruzzaman, Sultana, M., & Asaduzzaman. (2016). *Effects of Binder and Thickeners of Pigment Printing Paste on fastness properties of printed fabric. October*.
- Iheaturu, N. C., Aharanwa, B. C., Chike, K. O., Uchenna, L., Nnorom, O. O., & Chima, C. C. (2019). *Advancements in Textile Finishing. October*. <https://doi.org/10.9790/019X-06052331>
- Joshi, & Butola. (2013). *Application technologies for coating, lamination and finishing of technical textiles*. <https://doi.org/10.1533/9780857097613.2.355>
- Lam, Y. L., Kan, C. W., & Yuen, C. W. M. (2012). Application of Catalyst in Textile Wet Processes. *Research Journal of Textile and Apparel*. <https://doi.org/10.1108/RJTA-16-01-2012-B002>
- Lim, S. H., & Hudson, S. M. (2004). Application of a fiber-reactive chitosan derivative to cotton

- fabric as an antimicrobial textile finish. *Carbohydrate Polymers*.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.02.005>
- Liu, Y., Zeng, Z., & Wei, J. (2018). Nanoarchitected electrodes for supercapacitance energy storage. In *Fundamentals of Nanoparticles: Classifications, Synthesis Methods, Properties and Characterization*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-51255-8.00008-2>
- Lockuán, F. E. (2012). *LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD IV. Tejeduría. Noviembre*.
- Lockuán Lavado, F. E. (2012). La industria textil y su control de calidad II. Fibras textiles. *La Industria Textil y Su Control de Calidad.*, 142.
- Mahamallik, P., & Pal, A. (2017). Degradation of textile wastewater by modified photo-Fenton process: Application of Co(II) adsorbed surfactant-modified alumina as heterogeneous catalyst. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.044>
- María, P., & Carrizo, E. (2009). Año Internacional de la Astronomía. *Revista de Enseñanza de La Física*, 22(1), 5–6.
- Marines, L. R. (2017). *Grafeno , el material del futuro Síntesis y propiedades*. 1–7.
- Mhemeed, A. (2018). *A General Overview on the Adsorption A General Overview on the Adsorption. December*.
- Miah, M. R., Hossain, F., & Munna, K. H. (2016). *Eco-friendly Modified Silicone Poly-Acrylate Binder Synthesis and Application of Textiles Pigment Printing*. 4(5), 201–206.
<https://doi.org/10.11648/j.ajac.20160405.17>
- Montazer, M., & Harifi, T. (2018). *Introduction : Textile finishing*. 1–17.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101214-7.00001-7>
- Pablo, C., & Pérez, M. (2008). *Aplicación de la teoría de Kubelka-Munk en la optimización de la estampación pigmentaria Miquel Jordà Linares*.
- Páez, H., & Rincón, L. (2019). *Uso del óxido de grafeno como adsorbente en la remoción de cromo en una matriz acuosa con características de agua residual producto de la actividad de curtido*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/>
- Rodríguez, A. (2016). *Trabajo fin de grado Grafeno : síntesis , propiedades y aplicaciones*. 18.

- Schindler, W. D., & Hauser, P. J. (2004a). Chemical Finishing of Textiles. In *Chemical Finishing of Textiles*. <https://doi.org/10.1533/9781845690373>
- Schindler, W. D., & Hauser, P. J. (2004b). Chemical finishing processes. *Chemical Finishing of Textiles*, 7–28. <https://doi.org/10.1533/9781845690373.7>
- Solano, H. (2015). Grafeno, el material de futuro y sus aplicaciones médicas. *Nature Materials*, 6(3), 183–191. <https://doi.org/10.1038/nmat1849>
- Song, J., Wang, X., & Chang, C. T. (2014). Preparation and characterization of graphene oxide. *Journal of Nanomaterials*. <https://doi.org/10.1155/2014/276143>
- Tian, M., Hu, X., Qu, L., Du, M., Zhu, S., Sun, Y., & Han, G. (2016). Ultraviolet protection cotton fabric achieved via layer-by-layer self-assembly of graphene oxide and chitosan. *Applied Surface Science*. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.03.183>
- Warburton, C. E. (1975). Crockfastness of Polyacrylate Textile Pigment-Printing Binders: Effect Of Binder Mechanical Properties and Adhesion to Fabric. *The Journal of Adhesion*. <https://doi.org/10.1080/00218467508075043>
- Wu, T. T., & Ting, J. M. (2013). Preparation and characteristics of graphene oxide and its thin films. *Surface and Coatings Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.05.066>
- Zhou, J., Luo, Q., Gao, P., & Ma, H. (2020). Assembly of graphene oxide on cotton fiber through dyeing and their properties. *RSC Advances*, 10(20), 11982–11989. <https://doi.org/10.1039/d0ra01588a>
- Lam, Y. L., Kam, C. W., & Yuen, C. (enero de 2009). *Researchgate*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/287746927_Catalysts_in_textile_wet_processing
- Abbasi, Z., Cseri, L., Zhany, X., Ladewing, B. P., & Wang, H. (1 de Enero de 2020). *Science Direct*. Obtenido de Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/adsorption-of-dye>
- AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMIST AND COLORIST. (2015). *TECHNICAL MANUAL of the American Association of Textil Chemist and Colorist* (Vol. 90). (A. Chehna, A. L. Chair , R. Leander, & V. Adam, Edits.)

ASTM International . (s.f.).

Lam, Y. L., Kan, C. W., & Yuen, C. W. (1 de Enero de 2012). *Emeral insight*. Obtenido de Emerald insight: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/RJTA-16-01-2012-B002/full/html?skipTracking=true>

Sayed, A. (Enero de 2019). *Textileapex*. Obtenido de Textileapex: <https://textileapex.blogspot.com/2019/01/textile-finishing-types.html>

Wang, Di & Li, Dawei & Lv, Pengfei & Wang, & Qingqin. (2018). *Research*. Obtenido de Research: https://www.researchgate.net/publication/327294423_Graphene_OxidePolyester_Fabric_Composite_by_Electrostatic_Self-Assembly_as_a_New_Recyclable_Adsorbent_for_the_Removal_of_Methylene_Blue

XFNANO. (1 de agosto de 2018). *XFNANO*. Obtenido de XFNANO: <https://en.xfnano.com/product/pro186.aspx>

Yang, L., Jie Hu, C., Yang, H., & Ming Qi, D. (January de 2012). *Scientific.net*. doi:<https://www.scientific.net/AMR.441.473>

Zurita, L. M. (19 de Marzo de 2014). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2645>

Textile Finishing Process: Definition, Classification and Application. (2017, noviembre). Clothing Industry. <https://clothingindustry.blogspot.com/2017/11/textile-finishing-process.html>

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS



Anexo 1. Sustrato textil utilizado para el proceso

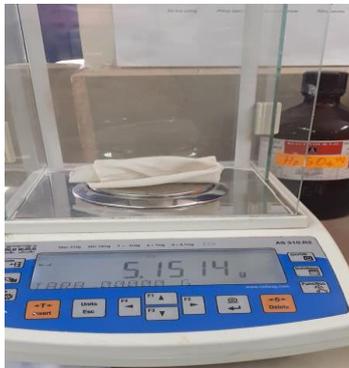
Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 2. Nanopartículas de grafeno XF021

3-10 nm

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 3. Pesaje del sustrato textil

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 4. Solución con ácido fórmico

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 5. Medición del pH- pretratamiento del tejido

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 6. Preparación de los vasos para ingresar a la maquina Autoclave

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 7. Lavados luego del proceso

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 8. Tejido preparado para el proceso de adsorción

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 9. Medición del pH- Proceso adsorción

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 10. Vasos ya preparados con grafeno, tejido y mL de agua

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 11. Muestras ya añadidas ligante

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 12. Sacado de muestras para el proceso de secado

Fuente: (Carvajal, 2020)



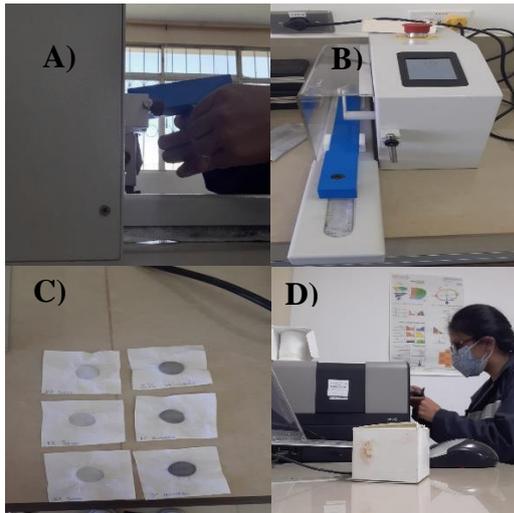
Anexo 13. Muestra residuo del baño

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 14. Proceso de secado probetas

Fuente: (Carvajal, 2020)



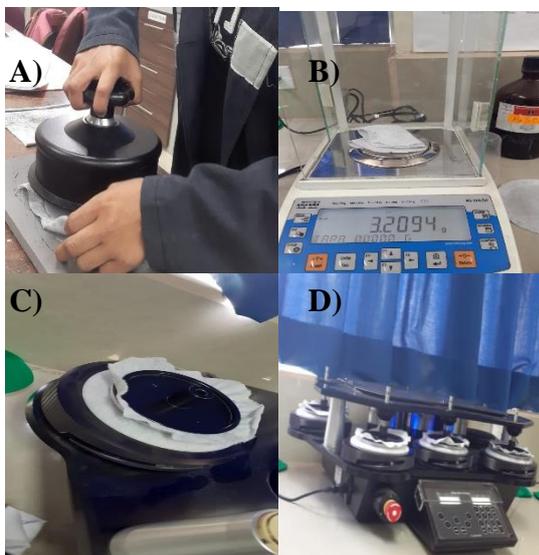
Anexo 15. Prueba determinación del color al frote: **A)** Colocación de probeta y espécimen en el Crockmeter, **B)** Frote espécimen y probeta, **C)** Columna izquierda frote en seco, columna derecha frote en húmedo, **D)** Análisis a escala de grises- Espectrofotómetro.

Fuente: (Carvajal, 2020)



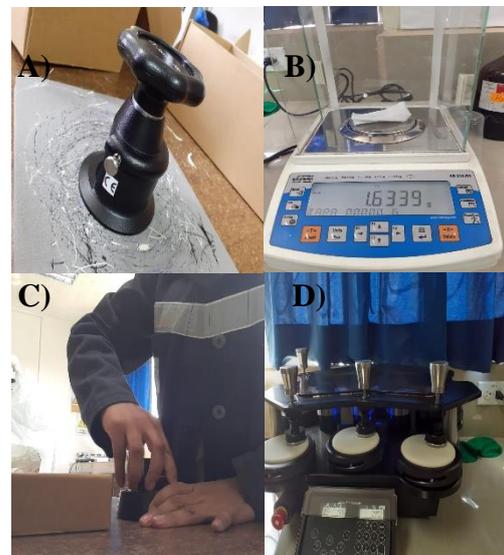
Anexo 16. Prueba de solidez al lavado: **A)** Izquierda detergente líquido, derecha detergente en polvo, **B)** Probetas de 5cm x 15cm, ingreso de vasos al equipo autoclave, **D)** Análisis de las probetas bajo la escala de grises.

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 17. Prueba de tendencia de formación de Pilling: **A)** obtención de probetas, **B)** Pesaje de probetas, **C)** Incorporación de piezas y probetas en el equipo, **D)** Proceso de análisis.

Fuente: (Carvajal, 2020)



Anexo 18. Prueba de resistencia del tejido a la abrasión: **A)** Obtención de probetas, **B)** Pesaje de probetas, **C)** Preparación de piezas con probetas, **D)** Incorporación de piezas e inicio del proceso de abrasión

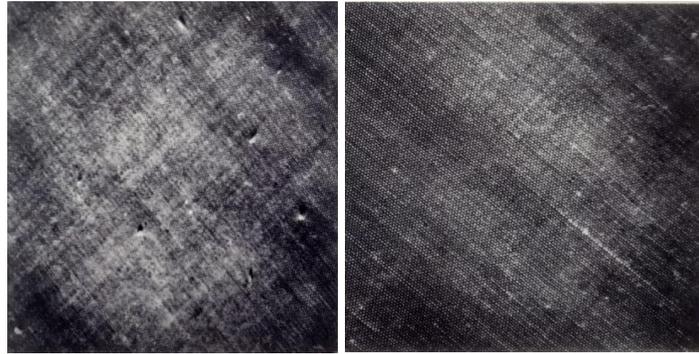
Fuente: (Carvajal, 2020)



A)

B)

C)



D)

E)

Anexo 19. A) ASTM D 3512 No. 1 – Pilling muy severo, B) ASTM D 3512 No. 2 – Pilling severo, c) ASTM D 3512 No. 3 – Pilling moderado, C) ASTM D 3512 No. 4 –Pilling leve, E) ASTM D 3512 No. 5 – Nada de pilling.

Fuente: (ASTM International, s.f.)



A

B

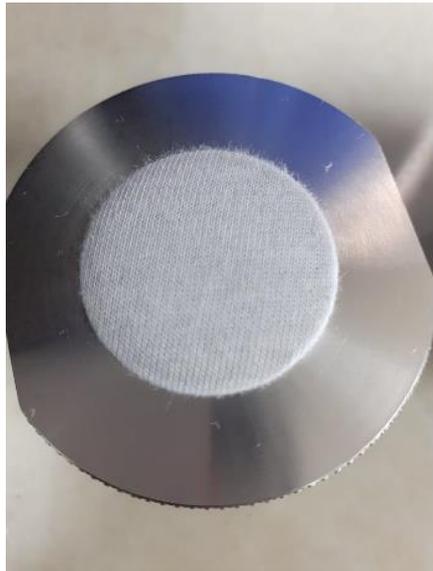
C



D

Anexo 20. Prueba formación de pilling, aplicado 5000 ciclos de frote: **A)** 0% de grafeno, **B)** 1% de grafeno, **C)** 2% de grafeno, **D)** 3% de grafeno.

Fuente: (Carvajal, 2020)



A



B



C



D

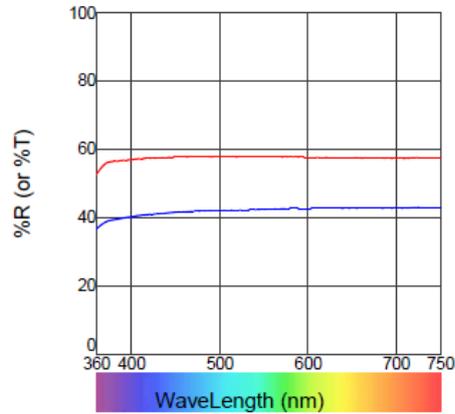
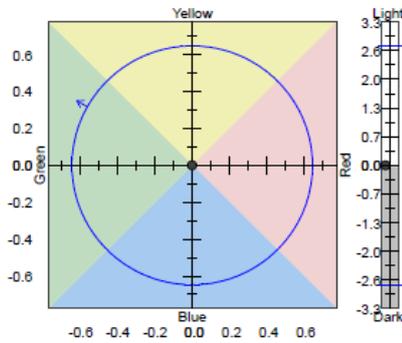
Anexo 21. Prueba resistencia a la abrasión, aplicado 50000 ciclos: **A)** 0% de grafeno, **B)** 1% de grafeno, **C)** 2% de grafeno, **D)** 3% de grafeno.

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name
e-Job1.jbx [database=iTextile.mdb]

dCIELab: D65-10

- Solidez frote seco 1% - Solidez frote seco 1%



Tolerances:	DL* tol	Da* tol	Db* tol	DC* tol	DH* tol	P/F tol	Margin	I:c
D65-10	2.40	0.55	0.55	0.55	0.55	1.00	0.10	2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Solidez frote seco 1	80.58	-0.12	0.07	0.14	150.63

Trial Name	GS Stain	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DEcmc	P/F
Solidez frote seco 1	3	-9.45 D	0.14 R	0.95 Y	0.88 B	-0.39 Y	3.77	Fai

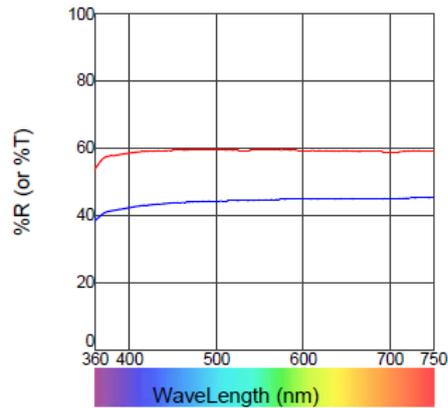
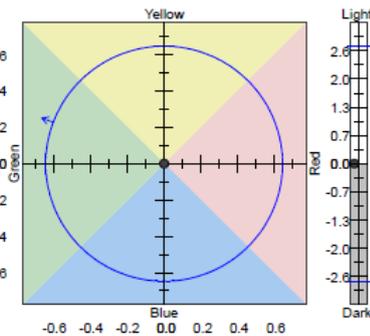
Anexo 22. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 1% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name
e-Job2.jbx [database=iTextile.mdb]

dCIELab: D65-10

- Solidez frote seco 2% - Solidez frote seco 2%



Tolerances:	DL* tol	Da* tol	Db* tol	DC* tol	DH* tol	P/F tol	Margin	I:c
D65-10	2.45	0.55	0.55	0.55	0.55	1.00	0.10	2.00

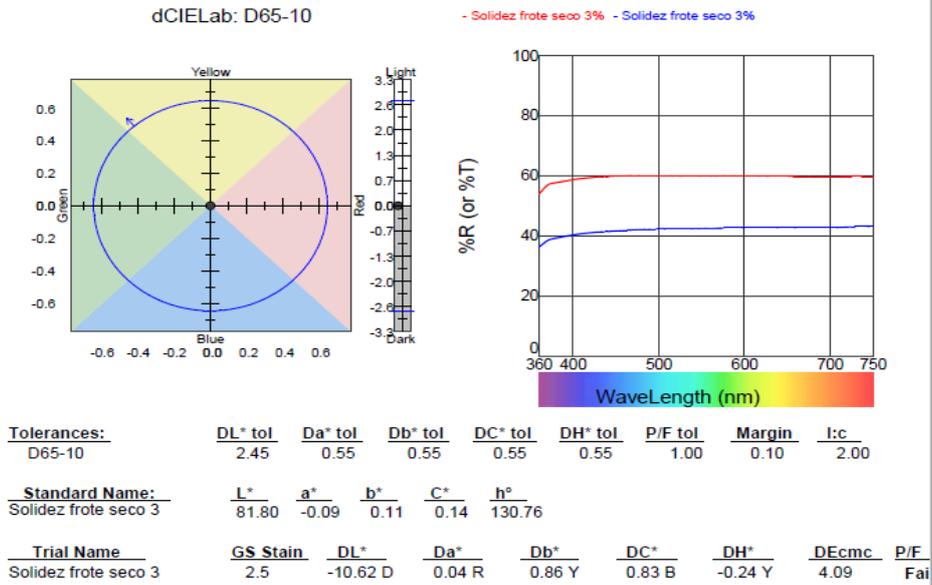
Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Solidez frote seco 2	81.49	-0.14	0.05	0.15	159.41

Trial Name	GS Stain	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DEcmc	P/F
Solidez frote seco 2	3	-8.90 D	0.18 R	0.95 Y	0.85 B	-0.45 Y	3.57	Fai

Anexo 23. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 2% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

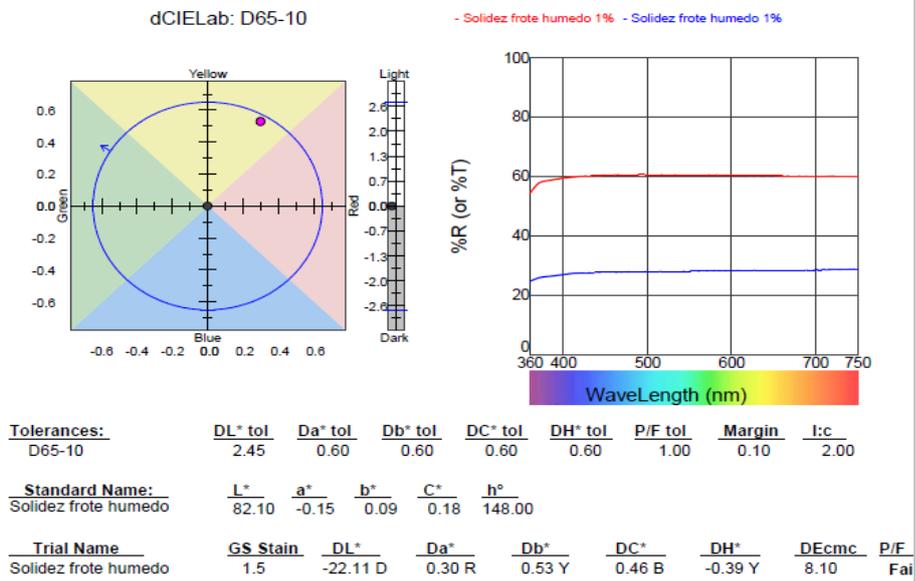
Customer Name
e-Job3.jbx [database=iTextile.mdb]



Anexo 24. Resultados prueba solidez al frote en seco aplicado 31% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

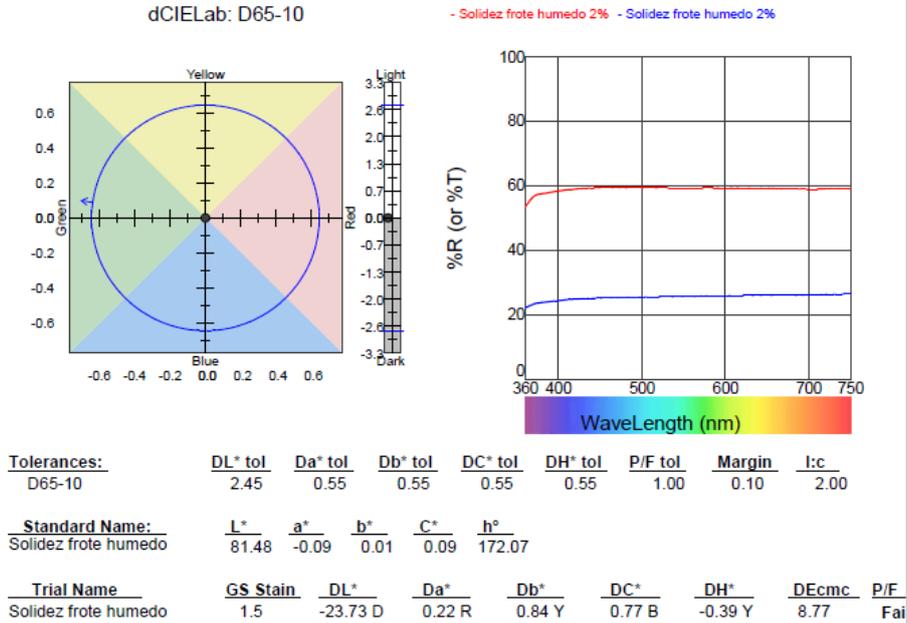
Customer Name
e-Job4.jbx [database=iTextile.mdb]



Anexo 25. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 1% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

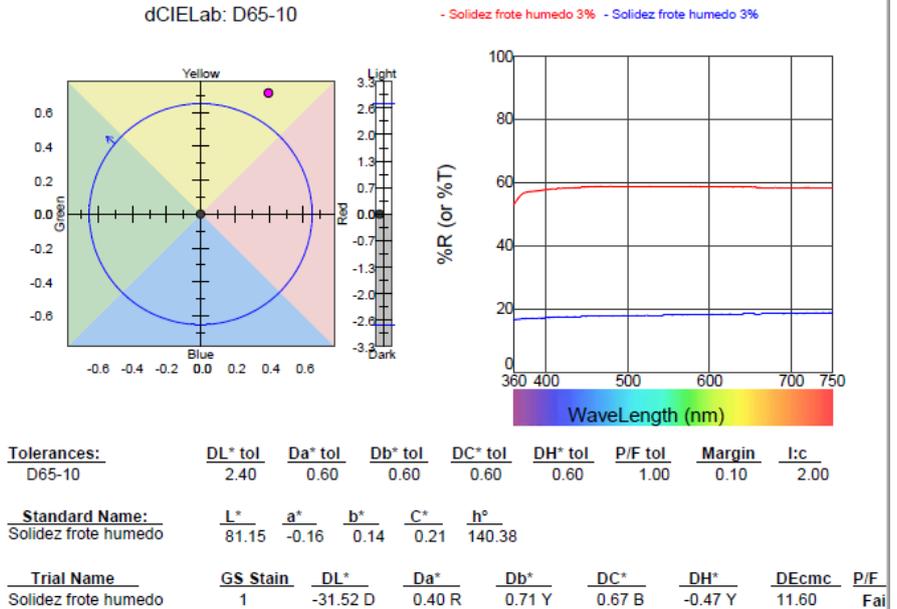
Customer Name
e-Job5.jbx [database=iTextile.mdb]



Anexo 26. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 2% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name
e-Job6.jbx [database=iTextile.mdb]

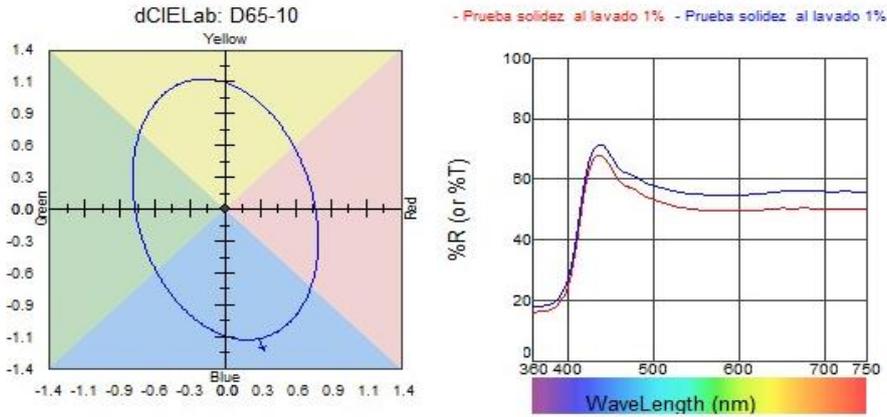


Anexo 27. Resultados prueba solidez al frote en húmedo aplicado 3% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name

Prueba solidez al lavado 1%.ibx [database=iTextile.mdb]



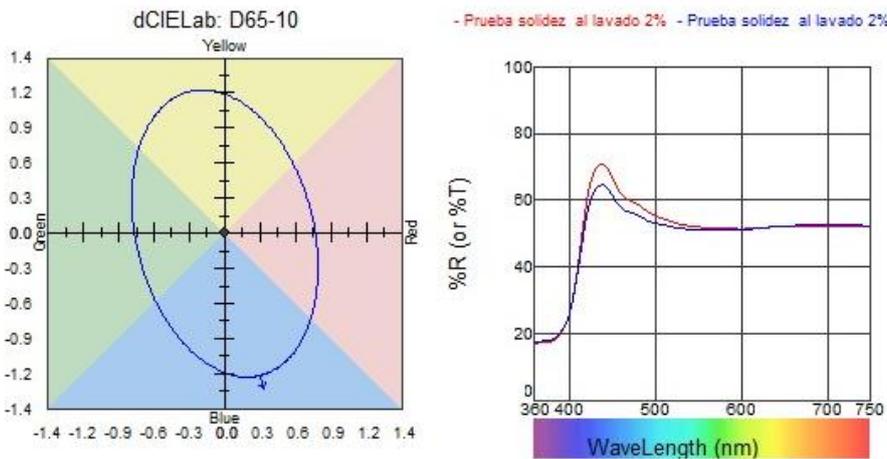
<u>Tolerances:</u>	<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>lc</u>
D65-10	2.35	0.70	1.00	1.05	0.65	1.00	0.10	2.00
<u>Standard Name:</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>			
Prueba solidez all	76.74	2.33	-9.55	9.83	283.71			
<u>Trial Name</u>	<u>GS Change</u>	<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>DEcmc</u>	
Prueba solidez all	3	2.93 L	-0.26 G	1.64 Y	-1.66 D	0.14 R	1.78	

Anexo 28. Resultados prueba solidez al lavado 1% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name

e-Job3.ibx [database=iTextile.mdb]

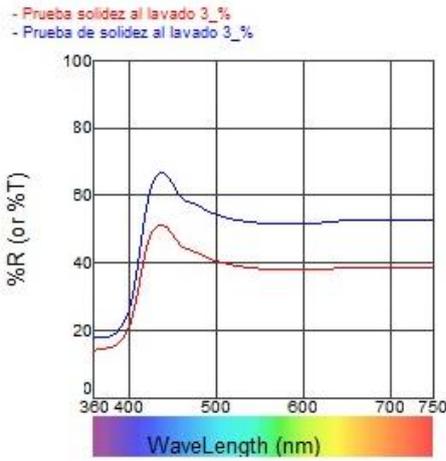
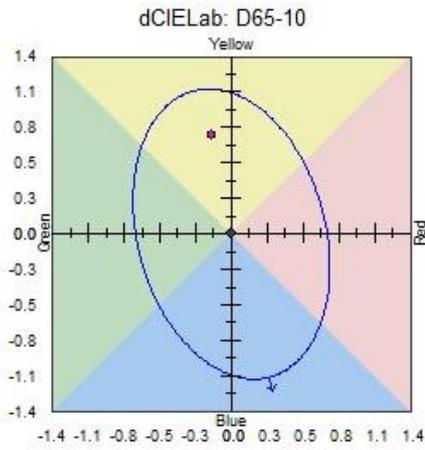


<u>Tolerances:</u>	<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>lc</u>
D65-10	2.40	0.70	1.00	1.05	0.65	1.00	0.10	2.00
<u>Standard Name:</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>			
Prueba solidez all	77.95	2.41	-9.77	10.06	283.87			
<u>Trial Name</u>	<u>GS Change</u>	<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>DEcmc</u>	
Prueba solidez all	3.5	-0.65 D	-0.28 G	3.13 Y	-3.09 D	0.57 R	2.69	

Anexo 29. Resultados prueba solidez al lavado 2% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)

Customer Name
e-Job5 [database=iTextile.mdb]



<u>Tolerances:</u>	<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>l:c</u>
D65-10	2.25	0.70	0.95	1.00	0.65	1.00	0.10	2.00
<u>Standard Name:</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>			
Prueba solidez al la	68.82	2.16	-8.29	8.56	284.64			
<u>Trial Name</u>	<u>GS Change</u>	<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>DEcmc</u>	
Prueba de solidez al	1.5	8.89 L	-0.15 G	0.76 Y	-0.77 D	0.05 R	3.56	

Anexo 30. Resultados prueba solidez al lavado 3% de grafeno

Fuente: (Carvajal, 2020)