



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

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

**TEMA:**

**“APLICACIÓN DE UN ACABADO FOTOLUMINISCENTE USANDO POLVOS  
DE ALUMINATO DE ESTRONCIO EN TELA 100% ALGODÓN.”**

**AUTOR: GABRIELA NATALLY URRESTA MEJIA**

**DIRECTOR: MSC. FERNANDO FIERRO**

**IBARRA – ECUADOR**

**2020**



# 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 DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040189611-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Urresta Mejia Gabriela Natally	
DIRECCIÓN:	Calle Chontahuasi y AV. Enrique Arboleda, Mira - Carchi	
EMAIL:	<a href="mailto:gnurrestam@utn.edu.ec">gnurrestam@utn.edu.ec</a>	
TELÉFONO FIJO:	2770196	TELÉFONO MÓVIL: 0991977188

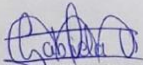
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Aplicación de un acabado fotoluminiscente usando polvos de aluminato de estroncio en tela 100% algodón
AUTOR (ES):	Urresta Mejia Gabriela Natally
FECHA:	10/12/2020
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Textil
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Fierro Ramos Fernando Javier

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) 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 (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de Diciembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma)   
Nombre: Gabriela Urresta



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por la egresada **Gabriela Natally Urresta Mejia**, para optar el título de INGENIERIA TEXTIL, cuyo tema es “**Aplicación de un acabado fotoluminiscente usando polvos de aluminato de estroncio en tela 100% algodón.**”, 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, 10 de Diciembre del 2020



Firmado electrónicamente por:  
**FERNANDO  
JAVIER FIERRO  
RAMOS**

**Msc. Fernando Fierro**

Director del trabajo de grado

## **AGRADECIMIENTO**

Terminado esta investigación quiero agradecer principalmente a mis padres, Galo Urresta y Nira Mejia, por su confianza consejos y constante apoyo a lo largo de mi trayecto por la Universidad Técnica del Norte.

Agradezco a mis hermanas, que son mi motor de vida y el pilar más fuerte que tengo para continuar en todo lo que me propongo, quienes me recuerdan que cada día es un nuevo comienzo para intentar nuevas cosas e insistir en mis objetivos.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, a mi tutor de tesis Msc. Fernando Fierro, y al personal docente que fueron parte de mi camino durante esta etapa, así como también a amigos y compañeros de quienes he aprendido en conjunto.

## **DEDICATORIA**

Les dedico esto a mi familia en especial a mis padres por su constante apoyo y esfuerzo en favor de mi bienestar, por su confianza y su fe puesta en mí, y por haberme forjado como la persona que soy.

A mis hermanas, inspiración y motor de vida, quienes son mi principal motivación para seguir cumpliendo metas superándome cada día, quienes me recuerdan siempre, la importancia del esfuerzo y el trabajo constante; y a quienes deseo hacer sentir orgullosas cada día.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Descripción del tema .....	13
1.2. Problema: .....	14
1.3. Alcance .....	14
1.4. Justificación.....	14
1.5. Importancia del estudio. ....	15
1.6. Objetivo general. ....	16
1.7. Objetivos específicos a alcanzar.....	16
1.8. Características del sitio del proyecto. ....	16
CAPITULO II:.....	17
2. ESTADO DEL ARTE .....	17
2.1. Estudios previos: .....	17
2.1.1. Luminiscencia: .....	17
2.1.2. Fotoluminiscencia.....	19
2.1.3. Acabados textiles con aluminato de estroncio:.....	20
2.1.4. La nanotecnología y textiles fotoluminiscentes.....	21
2.1.5. Prendas de seguridad .....	23

2.1.6.	Camisetas fotoluminiscentes: .....	24
2.1.7.	Ropa deportiva:.....	25
2.2.	Marco Conceptual.....	26
2.2.1.	Algodón .....	26
2.2.2.	Lustre del algodón .....	28
2.2.3.	Proceso de mercerizado .....	28
2.2.4.	Aluminato de Estroncio .....	30
2.2.5.	Fotoluminiscencia y seguridad .....	32
2.2.6.	Acabados textiles .....	34
CAPITULO III:.....		41
3.	METODOLOGÍA .....	41
3.1.	Métodos: .....	41
3.1.1.	Proceso de tintura por agotamiento.....	42
3.1.2.	Técnica: .....	42
3.2.	Diagrama general.....	43
3.2.1.	Descripción de las actividades: .....	44
3.3.	Flujograma muestral: .....	45
3.4.	Curva de proceso: .....	47
3.5.	Equipos y materiales .....	47
3.5.1.	Variables: .....	47

3.5.2. Materia prima .....	48
3.5.3. Materiales: .....	49
3.6. Procedimiento de aplicación del acabado .....	49
3.6.1. Preparación de las muestras: .....	49
3.7. Practicas realizadas: .....	51
CAPITULO IV: .....	62
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	62
4.1. Resultados y análisis .....	62
4.1.1. Resultados: .....	62
4.2. Discusión de los resultados: .....	68
5. Conclusiones .....	71
6. Recomendaciones: .....	72
Bibliografía .....	73

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Clasificación de la luminiscencia .....	18
Tabla 2 Composición química del algodón .....	27
Tabla 3 Operación y productos de acabados semipermanentes.....	36
Tabla 4 Algunos acabados permanentes .....	37
Tabla 5 Calidades en la norma UNE 23035 .....	43
Tabla 6 Porcentajes de pigmento fotoluminiscente (aluminato de estroncio) .....	48



Tabla 7 Materiales para la preparación y aplicación del acabado .....	49
Tabla 8 Aplicación de acabado muestra 1 .....	52
Tabla 9 Aplicación de acabado muestra 2 .....	52
Tabla 10 Aplicación de acabado muestra 3 .....	53
Tabla 11 Aplicación de acabado muestra 4 .....	54
Tabla 12 Aplicación de acabado muestra 5 .....	55
Tabla 13 Aplicación del acabado muestra 6 .....	56
Tabla 14 Aplicación del acabado muestra 7 .....	57
Tabla 15 Aplicación del acabado muestra 8 .....	58
Tabla 16 Aplicación del acabado muestra 9 .....	59
Tabla 17 Delta E de las muestras vs el patron .....	62
Tabla 18 Tiempo de luminancia previo lavado .....	63
Tabla 19 Tiempo de luminancia, previo lavado vs lavado .....	64
Tabla 20 Muestras antes de lavado y despues de lavado .....	65
Tabla 21 Recopilación general de datos .....	68

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Luminiscencia en el mar .....	17
Figura 2: Efecto fotoluminiscente.....	19
Figura 3: Desexcitación del material fotoluminiscente .....	20
Figura 4: Prenda luminiscente .....	21
Figura 5: Ropa y casco de seguridad fotoluminiscente .....	23
Figura 6: Ropa de visibilidad.....	25
Figura 7: Ropa deportiva fotoluminiscente .....	25
Figura 8: Fibra de algodón.....	27

Figura 9: Lustre.....	28
Figura 10: Algodón no mercerizado y algodón mercerizado .....	30
Figura 11: Materiales con aluminatos de estroncio .....	31
Figura 12: Aluminato de estroncio .....	31
Figura 13: Aluminato de estroncio/ polvo fotoluminiscente .....	32
Figura 14 Ejemplo de textil inteligente.....	39
Figura 15 diagrama general .....	44
figura 16 Flujograma muestral.....	46
figura 17 Curva de proceso.....	47
figura 18 Grafico de interpretación de datos .....	69

### **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 DE obtenido del espectrofotometro .....	77
Anexo 2 Corte y pesaje de las muestras .....	77
Anexo 3 Aplicacion del acabado a las muestras.....	78
Anexo 4 Pesaje de pigmento fotoluminiscente.....	78
Anexo 5 Muestras con acabado expuestas a la luz .....	78
Anexo 6 Fotometro .....	79
Anexo 7 Muestras acabadas y su fotoluminiscencia .....	79
Anexo 8 Vasos de autoclave.....	79
Anexo 9 Codificación de las muestras.....	80
Anexo 10 Pesaje y elaboración de solución.....	80
Anexo 11 Autoclave .....	80
Anexo 12 Espectrofotómetro.....	81
Anexo 13 Secado de muestras .....	81

## Resumen

La investigación a continuación se basa en la elaboración de un acabado fotoluminiscente aplicado a una tela 100% algodón, esto con la finalidad de plantear un método para conseguir una tela con características fotoluminiscente; para así, lograr posteriormente elaborar prendas con esta misma característica que aporten a la seguridad de peatones y personas que utilizan vehículos de movilidad personal, especialmente en horas o ambientes de escasa luz, así como también buscar formas de aprovechar materiales con características llamativas para elaborar prendas novedosas y modernas.

Esta investigación propone un método para aplicar el acabado con ayuda de ligante en proceso de agotamiento, elaborando varias muestras con diferente concentración del pigmento fotoluminiscente (aluminato de estroncio), variando del 20% hasta el 100%, y así encontrar el más conveniente y duradero que por medio de posteriores pruebas a la intensidad de luminiscencia emitida por cada una de las muestras y su solides frente al lavado mediante la norma AATCC 61.

Finalmente se han obteniendo datos que tras ser analizados, demuestran que aunque no se llegó a los valores de intensidad de luminiscencia que exige la norma UNE 23035 de seguridad contra incendios/ señalización fotoluminiscente , la muestra 7 con 80% de concentración de pigmento, es la más conveniente tanto en durabilidad al lavado, de la luminiscencia, como en su intensidad, pues sus duración de luz emitida visible casi no varía con respecto a las muestras con 90% y 100% de pigmento según los datos, en los cuales prácticamente existe un desperdicio del pigmento fotoluminiscente al momento de elaborar el acabado.



## ABSTRACT

This research is based on the elaboration of a photoluminescent textile finishing applied to a 100% cotton fabric, to propose a method to achieve a fabric with photoluminescent characteristics. To be able to produce clothing with this characteristic that contributes to the safety of pedestrians and people who use personal mobility vehicles, especially in low light hours, as well as innovate in the use of materials with special features and characteristics that allow us to make new and modern clothes.

This research proposes a method to apply the textile finishing with the help of a textile binder in the exhaustion process, preparing several samples with different concentrations of the photoluminescent pigment (strontium aluminate), it varies from 20% to 100%, and with that we can find the most convenient and durable with the help of luminescence intensity tests emitted by each one of the samples and the colorfastness to laundry, test AATCC 61.

Finally, the data shows that although the luminescence intensity values required by the UNE 23035 fire safety / photoluminescent signaling standard, were unreachd. Sample 7 with 80% pigment concentration, is the most convenient in the durability of the luminescence and its intensity, as its duration of visible emitted light almost does not vary with the results in samples with 90% and 100% pigment according to the data, in which there is practically have a waste of photoluminescent pigment when the finishing was made.



*Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri*

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción del tema

El presente trabajo plantea dar a conocer, el uso alternativo que se le puede otorgar a los polvos de aluminato de estroncio siendo aplicado a una tela, en este caso de algodón 100% para posterior elaboración de prendas con esta característica fotoluminiscente; logrando así obtener una futura prenda de seguridad que beneficiaría frente a ciertas condiciones del día a día, debido a la preocupación frente a peatones y sus seguridades o a la misma innovación en futuras prendas llamativas. Esta investigación se la ha dividido en los siguientes capítulos.

Capitulo I. Este capítulo se enfoca en exponer de manera general de que se trata el tema a desarrollar en forma general, se conocerá también ciertos antecedentes del aluminato de estroncio en el campo textil, sus beneficios en seguridad, así como también la problemática que se busca dar solución y los objetivos que se han trazado, su justificación y problema.

Capitulo II. Se detalla más a profundidad el principio de la característica del aluminato de estroncio, la fotoluminiscencia, así como también su papel importante en la seguridad industrial y su extensión a la industria textil, conociendo ciertas aplicaciones ya realizadas con la finalidad de proteger a peatones, ciclistas y de más. Se estudiará así mismo los beneficios de la fibra del algodón a la hora de realizar este acabado.

Capitulo III. Este capítulo trata sobre la parte experimental, los métodos que se usaran para la aplicación del acabado, así como también las pruebas a las que será sometido el textil una vez se haya aplicado los polvos de aluminato de estroncio.

Capitulo IV: Los resultados obtenidos de la experimentación y su evaluación, para posteriormente detallar conclusiones y recomendaciones en el Capítulo V.

## **1.2. Problema:**

La seguridad tanto de peatones como de usuarios de vehículos de movilidad personal, especialmente en momentos donde la visibilidad es limitada, es un pendiente social importante. Pues en un medio con poca visibilidad y mucho movimiento vehicular, estos son los más vulnerables a la hora de propiciarse un accidente.

Se conocen ciertos elementos de protección que tratan de apoyar a esta situación, como son chalecos reflectantes, cascos, y demás.

El aportar con una prenda con un acabado fotoluminiscente apoya a reducir esta problemática, sumando con más elementos cuya utilidad es la protección de estos usuarios, en este caso con la ayuda del aprovechamiento de la característica fotoluminiscente del aluminato de estroncio; creando una prenda que brinda seguridad y visibilidad.

## **1.3. Alcance**

Con este proyecto se busca, recaudar información, y trabajar con las muestras a utilizar en tela de algodón 100%, experimentando en la aplicación de polvos de aluminato de estroncio, hasta obtener un acabado fotoluminiscente adecuado.

La aplicación de este acabado se hará en varios porcentajes de aluminato de estroncio sobre tejido de algodón, por medio del método de agotamiento.

Posteriormente este acabado debe ser sometido a pruebas físicas de lavado, y a lecturas en fotómetro para obtener datos que serán analizados planteando conclusiones y recomendaciones.

## **1.4. Justificación**

La seguridad a la hora de transitar por las vías, tanto peatones, ciclistas y motociclistas es algo de importancia en la actualidad, ya que el uso de la bicicleta es algo que se frecuenta y

que se promueve, y las motocicletas también son un medio de transporte muy usado, así como otros vehículos de movilidad personal. Es importante apoyar en la seguridad a estos usuarios, es por eso que desarrollar géneros textiles con características luminiscentes ayuda a este sector a hacerse notar en espacios de poca visibilidad o poca luz para hacer más seguro su trayecto. Ya que el aluminato de estroncio posee cualidades fotoluminiscentes que incluso son usadas en la industria para marcas de seguridad en el piso y carteles. Puede ser utilizado así mismo para ofrecer un acabado con estas características en prenda y dar seguridad a usuarios.

Sumando a eso, por el lado estético, con este acabado resulta en una prenda llamativa y vistosa, que se hace notar y otorga bienestar al usuario. Así como también seguridad.

### **1.5. Importancia del estudio.**

La seguridad a la hora de transitar por las vías, tanto para peatones, ciclistas y motociclistas es algo de importancia en la actualidad, ya que el uso de la bicicleta es algo que se frecuente y que se promueve, y las motocicletas también son un medio de transporte muy usado, así como otros vehículos de movilidad personal. Es importante apoyar en la seguridad a estos usuarios, es por eso que desarrollar géneros textiles con características luminiscentes que ayuda a este sector a hacerse notar en espacios de poca visibilidad o poca luz para hacer más seguro su trayecto. Ya que el aluminato de estroncio posee cualidades fotoluminiscentes que incluso son usadas en la industria para marcas de seguridad en el piso y carteles. Puede ser utilizado así mismo para ofrecer un acabado con estas características en prenda y dar seguridad a usuarios.

Sumando a eso, por el lado estético, con este acabado resulta en una prenda llamativa y vistosa, que se hace notar y otorga bienestar al usuario. Así como también seguridad.

### **1.6. Objetivo general.**

- Aplicar un acabado fotoluminiscente usando polvos de aluminato de estroncio en tela 100% algodón

### **1.7. Objetivos específicos a alcanzar.**

- Investigar mediante la selección de bibliografía relacionada y experimentación, el método más efectivo para la aplicación de los polvos de aluminato de estroncio en tela 100% algodón con la finalidad de obtener una apariencia lumínica.
- Aplicar el aluminato de estroncio en la tela de algodón 100% mediante los métodos experimentales con diferentes porcentajes de concentración, detallando el proceso.
- Someter el textil con el acabado a pruebas de lavado y posterior evaluación con el uso del fotómetro para comprobar así su resistencia y obtener datos para ser analizados y definir las respectivas conclusiones y recomendaciones.

### **1.8. Características del sitio del proyecto.**

La presente investigación del proyecto que es en sí, es la aplicación del acabado en la tela de algodón, se realizó en la ciudad de Ibarra, específicamente en las instalaciones de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, ya que cuentan con todo lo necesario y está equipada con la mejor tecnología de manera adecuada para poder desarrollar esta práctica en cuanto a laboratorios, adicional se ha trabajado en la ciudad de Mira, Carchi, en parte práctica de la elaboración de este acabado.



## CAPITULO II:

### 2. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. Estudios previos:

##### 2.1.1. Luminiscencia:

Al hablar de fotoluminiscencia se debe partir de la base, es decir la luminiscencia, como lo muestra

A través de la historia, aquellos elementos que generan luz han estado presentes, así como también han sido protagonista de leyendas dada su naturaleza poco común, podemos hablar de luminiscencia al mencionar a las luciérnagas, y ciertos gusanos (animales que cuentan con esta característica), así como también las orillas de los mares tropicales (figura 1). “Desde tiempos inmemorables se conocían sustancias y animales que resplandecían en las sombras, por lo que despertaban la curiosidad y las supersticiones, también el avistamiento de luminosidad en los mares tropicales dio lugar a extrañas leyendas” (García, Pérez y Tapia, 2004, pág. 5).



**Figura 1: Luminiscencia en el mar**

Fuente: (Pellini, 2014)

“La luminiscencia es el proceso por el cual un material genera radiación no térmica dependiendo de las características del tipo de material” (García et al., 2004, pág 6).

La luminiscencia se puede definir como la capacidad que tienen ciertos materiales de emitir luz; “La luminiscencia se produce cuando los átomos del material luminiscente absorben la energía proveniente de una fuente externa y, posteriormente, la liberan en forma de luz” (San Juan, 2019, p. 263). Es así como se reconoce la presencia de la luminiscencia, sin embargo, esta misma se divide dependiendo si la fuente de luz emite o no calor, es o no natural y propio de los elementos, así como su duración y demás factores, como se aprecia en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**  
*Clasificación de la luminiscencia*

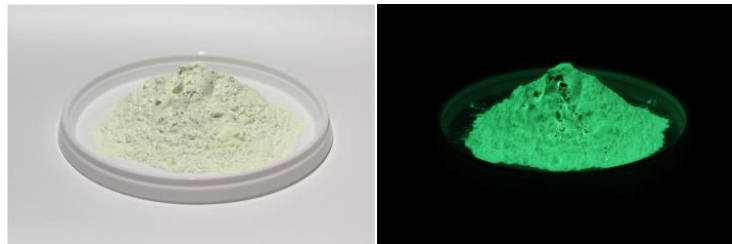
<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Quimioluminiscencia</b>	Aquella que es el resultado de reacciones químicas.
<b>Bioluminiscencia</b>	Aquella emisión de luz dada por organismos vivientes con esta capacidad.
<b>Roentgenluminiscencia</b>	Es producida por rayos x de alta energía
<b>Triboluminiscencia</b>	Resulta del rompimiento, rascado o despedazado de ciertos materiales
<b>Electroluminiscencia</b>	Debida a la excitación por electrones. Tiene lugar cuando ocurren descargas eléctricas
<b>Ionoluminiscencia</b>	Corresponden a la luminiscencia en ánodos
<b>Fotoluminiscencia</b>	Es la emisión de luz producida por ciertos materiales que son irradiados por luz ultravioleta.
<b>Sonoliminiscencia</b>	Es la luminiscencia producida por ondas sonoras de ultra altas frecuencias o ultrasonidos.

**Nota:** Fuente (García, y otros, 2011)

### 2.1.2. Fotoluminiscencia

“La Fotoluminiscencia es un tipo de luminiscencia producida por la energía electromagnética (rayos ultravioleta, rayos X o rayos catódicos).” (San Juan, 2019, p. 263)

Para obtener luminiscencia de estos materiales, es decir aquellos fotoluminiscentes basta con exponerlos por determinado tiempo a la presencia de luz natural o artificial dentro el rango necesario, para lograr excitarlos y de esta manera se dé el fenómeno de fotoluminiscencia, como cita (Rodríguez, 2007, pág. 14) “La luminiscencia en sólidos es el fenómeno en el cual los estados electrónicos de un sólido son excitados por alguna fuente de energía externa (...). Cuando esta energía proviene de luz de longitud de onda corta, generalmente luz UV (200 - 400 nm), el fenómeno es llamado fotoluminiscencia.” **Figura 2**



**Figura 2: Efecto fotoluminiscente**

Fuente: (Sinalux, 2020)

Dentro del estudio del efecto de fotoluminiscencia, se reconocen principalmente dos partes, conocidas como la excitación del material, y la desexcitación del mismo, que es en este donde se aprecia visiblemente la luminiscencia en condiciones de poca luz; así lo detalla (Rodríguez, 2007, pág. 46)

En la excitación a través de la irradiación de luz UV los electrones en el material se promueven a estados excitados permitidos. En la relajación los electrones regresan a sus estados de equilibrio, el exceso de energía se disipa en forma de luz (proceso radiativo) aunado a procesos no radiativas (producción de fonones), que son vibraciones en la red del material. La energía de la luz emitida está relacionada por la diferencia de energía

entre los niveles implicados en el proceso de transición, que se lleva a cabo entre los estados excitados y los estados en equilibrio.

Con esto se entiende que para lograr la excitación en el material con la característica fotoluminiscente, es necesario la exposición de este a una fuente de luz dentro del rango señalado, es así como la presencia del sol es lo que juega un papel importante, pues es el sol la principal fuente de luz UV comprendida en este intervalo, la cual generalmente es la más usada para la excitación del material fotoluminiscente. (Figura 3)

(Rojas B. K., 2019, pág. 29)

El espectro de excitación se obtiene al variar la longitud de onda de excitación sobre la muestra, manteniendo fija la longitud de onda de emisión. Se detecta la intensidad de la luz emitida correspondiente sólo a la longitud de onda previamente establecida. La información que se obtiene de este análisis es la posición de los estados excitados, que resultan en emisión radiativa, fenómeno observado en la **Figura 3**.



**Figura 3: Desexcitación del material fotoluminiscente**  
Fuente (Graficamente, 2015)

### **2.1.3. Acabados textiles con aluminato de estroncio:**

Dentro de la industria textil, se conocen varias aplicaciones ya dadas de los acabados fotoluminiscentes o con el uso de aluminato de estroncio a textiles, algunos de ellos son los que se les ha plasmado a manera de estampado en prendas, con diseños llamativos que como ya se conoce estos se cargan y emiten luminiscencia notoria en un ambiente sin esta, y

actualmente son un camino a tomar al momento de innovar en nuevas tendencias para la moda por lo llamativo de su efecto. **Figura 4**



**Figura 4: Prenda luminiscente**  
Fuente: (López, 2013)

#### **2.1.4. La nanotecnología y textiles fotoluminiscentes**

A medida que las investigaciones con forme a las innovaciones tanto científicas como tecnológicas avanzan; nos dan una muestra de cómo aprovecharlas en la búsqueda de formas de innovar con prendas que procuran llevar este plus de brindar seguridad. Sea esto por medio de chips adaptados a la necesidad o campo de seguridad que busca cubrir, detección de temperaturas, geolocalización, detección de ciertos factores, entre otros; o aplicación de materiales y minerales con características especiales que llegan incluso a transformar la forma de vestir en la actualidad, con presentaciones novedosas como es la misma fotoluminiscencia en prendas.

El buscar aplicar estas tecnologías concentrándose en un campo específico como es la seguridad, ayuda a grupos de beneficiarios a incluso reducir riesgos y peligros, sean estos profesionales o del diario vivir, en sus trabajos y actividades comunes.

Una de estas aplicaciones novedosas es lo que ha venido trabajando la compañía de tejidos Textil Santanderina, que como (Clemente, 2016) lo explica:

La compañía de tejidos Textil Santanderina se ha lanzado de lleno a la aplicación de las nuevas tecnologías en tejidos con dicho fin: protección y seguridad en el trabajo. Su última patente es un tejido modificado mediante nanotecnología para conseguir luminiscencia en situaciones de oscuridad. Lo llaman Wondrous. «Lo que hemos hecho es desarrollar unas partículas, meterlas en unas [minúsculas] cápsulas de cerámica e introducirlas dentro del tejido», explica Juan Parés, CEO de la compañía, «estas cápsulas lo que hacen es retener el calor, para que cuando oscurezca la luz se desprenda del tejido».

Así, consiguen prendas de ropa que emiten fosforescencia de larga duración por ellas mismas. Está pensado, sobre todo, para la seguridad de distintos agentes forestales.

El ejemplo más claro es el de un bombero perdido en un bosque en el transcurso de un incendio. Hasta ahora, con el tejido fluorescente o reflectante que llevan, éstos deben ser enfocados con una fuente de luz para ser vistos. Con el tejido de Textil Santanderina se les ve sin dicha necesidad. «Le pones este tejido a cualquiera, le sueltas en medio del desierto y ya no hace falta que se le ilumine para encontrarlo, él va iluminado solo», matiza Parés, «la persona tiene tres horas en que cualquiera que le busque le va a encontrar». A partir de ahí, cada cliente puede hacer con esta tecnología lo que quiera. Comentan, desde la empresa, que ya hay quien ha valorado usar la misma opción en las letras de los camiones. (...)

«Un tejido se puede convertir en algo que te proteja del frío, del calor, que puede absorber los líquidos del cuerpo, transmitir las constantes vitales... porque a un tejido le puedes aplicar todas las tecnologías que se van desarrollando». Microchips, férulas de comunicación, sistemas integrados de información... Todo ello podría desembocar en prendas de ropa que permitan cargar los smartphones o tabletas o que incluso cuenten con geoposicionamiento.

«El problema es que en este momento los dispositivos móviles están tan desarrollados que es más sencillo poner el aparato en el bolsillo y que te haga todas las opciones a introducirlo en el propio tejido», reflexiona Parés, «pero todo esto hoy es posible».

### **2.1.5. Prendas de seguridad**

En el tema de seguridad, se han desarrollado textiles, y materiales para equipos de protección personal, que cubran necesidades de este entorno, es así como conforme al tema, existen tecnologías que utilizan la capacidad luminiscente de materiales para este fin, como detalla (Uniforma, s.f.):

La tecnología Glowtex añade a las prendas unas bandas luminiscentes de carga solar.

Que dura hasta 6 horas antes de descargarse por completo, lo que añade un plus de seguridad en condiciones de baja nula o escasa iluminación.

Triple tecnología.

- Vestuario fabricado en tejidos fluorescentes para mayor visibilidad con luz diurna.
- Cinta retro-reflectante para mayor visibilidad en condiciones de poca luz.
- Cinta emisora de luz Glowtex que brilla en la oscuridad.



**Figura 5: Ropa y casco de seguridad fotoluminiscente**

Fuente: (Uniforma, s.f.)

### **2.1.6. Camisetas fotoluminiscentes:**

Las camisetas fotoluminiscentes, aprovechan la característica de materiales que cuentan con esta cualidad, para plasmar diseños e ideas en prendas, las cuales emitirán luminiscencia una vez la luz sea escasa o nula. Los materiales fotoluminiscentes son como tales materiales inteligentes por lo tanto existen normativas que los regulan como Seguridad contra incendios, dentro de lo que es señalización fotoluminiscente, UNE 23035.

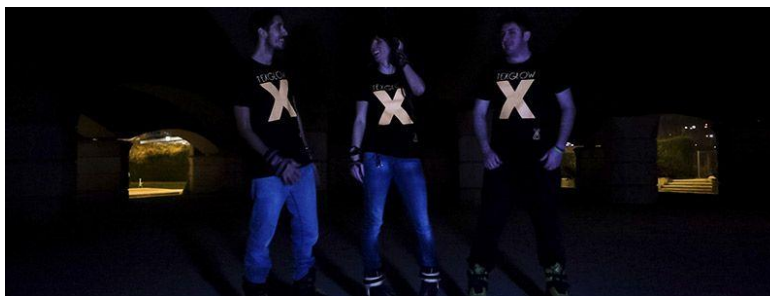
Se entiende por ropa de visibilidad urbana a, aquellas prendas textiles con un diseño y estilo urbano, lifestyle o casual que llevan incorporados elementos fotoluminiscentes, que brillan en la oscuridad, o bien tienen elementos reflectantes con la finalidad de hacer más visibles a personas en sus desplazamientos urbanos en zonas de oscuridad o poco iluminadas.

Por tanto, es así que como marca (T3XGLOW, 2019) expone:

La marca Texglow acaba de lanzar al mercado una línea de camisetas unisex y junior fotoluminiscentes con la finalidad de aumentar la visibilidad de los peatones, niños y niñas en sus desplazamientos urbanos por la noche. Estos desplazamientos pueden ser:

- 1) Andando o bien
- 2) Utilizando los llamados vehículos de movilidad personal o VMP (bicicletas, patinetes, patines y otras plataformas eléctricas) y por lo tanto hace que sus desplazamientos por las noches sean más seguros al ser más visibles para el resto de conductores.





**Figura 6: ropa de visibilidad**  
Fuente: (T3XGLOW, 2019)

### **2.1.7. Ropa deportiva:**

Dentro de la innovación en prendas deportivas con fotoluminiscencia (Lucedentro, 2013) nos menciona:

En la feria de bicicletas más importante del mundo, Eurobike 2013, Outwet , conocido fabricante italiano de ropa para ciclismo, presenta sus chaquetas y chalecos de estreno mundial fabricados con nuevos tejidos fotoluminiscentes resultado de la investigación y el desarrollo de LUCEDENTRO y su socio técnico. AKKOTEX.

El contenido de investigación e innovación en telas fotoluminiscentes de LUCEDENTRO ha despertado un gran interés en los operadores del sector, que han apreciado más que nada el nivel de seguridad pasiva, debido a la característica de las telas de iluminarse en la oscuridad después de cargar la luz solar.



**Figura 7: Ropa deportiva fotoluminiscente**  
Fuente (Lucedentro, 2013)

Como podemos apreciar entonces, el tema de las prendas luminiscentes, es algo que ya se lleva trabajando y que por lo visto continuará generando interés válido dentro de la industria textil así como otras, puesto que el lograr crear prendas y equipos que bajo condiciones de poca luz logren dar al usuario esa sensación de seguridad sea como peatón, como conductor de vehículos de movilidad personal, o como trabajador dentro de la industria; es una apuesta segura en el innovar en textiles, más aun conociendo que dentro de la industria se maneja la aplicación de polvos de aluminato de estroncio con fines propios de seguridad y señalización de emergencia.

Adicional al tema de seguridad, desde un enfoque de la moda es algo muy innovador la presentación de prendas que se iluminan, le da esa característica única que puede ser aprovechada para crear colecciones llamativas con fines de imponer tendencias.

## **2.2. Marco Conceptual**

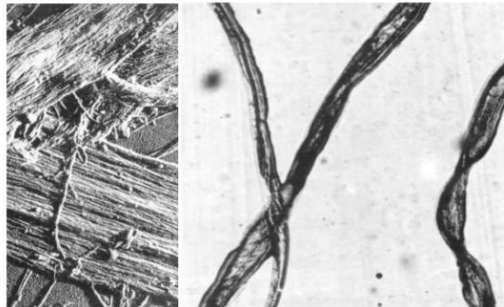
### **2.2.1. Algodón**

Una de las principales fibras en la industria textil, y como nos menciona (Alonso, 2015):

Las fibras de algodón proceden de la semilla del algodónero (*Gossypium*), del género de las malváceas. Los diferentes tipos de algodón cultivados son el *Gossypium hirsutum* (87%) o algodón americano, *Gossypium barbadense* (8%) o algodón egipcio y el *Gossypium herbaceum* (5%). Aproximadamente la mitad del tiempo necesario para el desarrollo de la fibra es ocupada en el crecimiento longitudinal y la otra mitad en el crecimiento interno (espesor). Mientras crece longitudinalmente, la fibra consiste en un tubo de paredes finas (pared primaria) ocupada por el protoplasma. La pared secundaria se forma a medida que aumenta el espesor de la fibra al depositarse capas de celulosa desde el interior de la pared primaria. La pared secundaria no se desarrolla

uniformemente en todas las fibras de una misma semilla (Figura 8). Según su espesor se distinguen:

- a) Fibras maduras, que se han desarrollado completamente y que presentan paredes gruesas y repliegues o vueltas de torsión.
- b) Fibras inmaduras, cuya pared secundaria no se ha desarrollado totalmente. Su pared celular es fina.
- c) Fibras muertas, que han muerto antes de que se haya iniciado el desarrollo del crecimiento de la pared celular. Solo poseen pared primaria y después del secado se presentan como aplastadas.



**Figura 8: Fibra de algodón**

Fuente: (Alonso, 2015)

Los contenidos totales están separados en los siguientes componentes:

**Tabla 2**

*Composición química del algodón*

<b>Materia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Celulosa</b>	80 - 90
<b>Agua</b>	6 - 8
<b>Cera y grasas</b>	0,5 - 1
<b>Proteínas</b>	0 - 0,5
<b>Pectinas</b>	4 - 6
<b>Cenizas</b>	1 - 1,8

**Nota:** Fuente (Alonso, 2015)

### 2.2.2. Lustre del algodón

El lustre como tal es una propiedad física de las fibras, también se le conoce como el brillo, es en sí la capacidad con la que cuentan las fibras de reflejar luz, y como lo explica (Lockuán, 2013):

La estructura química y física inherente y la forma de la fibra pueden afectar su brillo relativo.

En las fibras naturales el lustre depende de la forma que la naturaleza da a la fibra, puede cambiarse por medios químicos y/o tratamientos físicos (como la mercerización del algodón, por ejemplo).

El lustre del algodón en si se considera bajo, es por esto que se necesitan tratamientos o acabados con el fin de que este sea mayor, como menciona (Casillas, 2016) “Esto es, en parte, consecuencias de los rizos naturales del algodón y su consecuente superficie irregular, que rompe y dispersa los rayos de luz reflejados en su superficie”



**Figura 9: Lustre**  
Fuente: (Victory, 2017)

### 2.2.3. Proceso de mercerizado

La fibra de algodón una vez llega a la fábrica, sin previo tratamiento y al natural, contiene en si cantidades de cera, grasas, proteínas y colorantes por el medio en el que se obtuvo. Estos

necesitan ser removidos y eliminados para preparar la fibra, esto se logra con la aplicación de tratamientos químicos como puede ser el mercerizado, para conocer más sobre este proceso, (Bermudez & Morales, 2007), menciona:

Cerca de 1850 John Merce descubrió que al tratar la fibra de algodón con una solución de sosa caustica concentrada la fibra adquiriría un aspecto lustrado, brillante, sedoso, absorbente y más afín para proceso posteriores de teñido y acabado, cualidad que fue aprovechada por la industria para ofrecer productos de mejor apariencia y calidad.

El mercerizado es un proceso en el que la fibra de algodón se impregna con una solución álcali (soda caustica), luego se aplica tensión a la vez que se realizan enjuagues para eliminar la soda caustica.

Este proceso cuenta entonces con dos claras etapas que son:

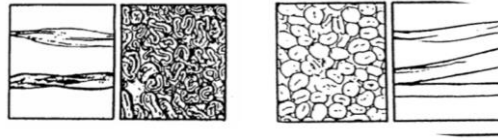
Impregnación, consiste en sumergir la fibra de algodón en soda caustica de manera rápida y completa de manera que se pueda obtener un encogimiento y tensión uniformes, aspectos importantes para futuros procesos, y;

Lavado, con el fin de lograr un desarrollo del brillo y controlar el conocimiento es importante realizar enjuagues a la fibra, en caliente y luego en frío.

Otras propiedades de la fibra son mejoradas logrando cambios considerables como:

- Aumento de la resistencia a la rotura
- Mejoramiento de la sensación al tacto
- Aumento de la reactividad de la fibra hacia productos químicos
- Incremento en la afinidad de la fibra por los colorantes y el cubrimiento uniforme de la fibra después del teñido
- Incremento en la velocidad de absorción
- Mayor resistencia a la luz y a la intemperie

- Mejoramiento de la estabilidad dimensional de la fibra. (Bermudez & Morales, 2007)



**Figura 10: Algodón no mercerizado y algodón mercerizado**  
Fuente: (Bermudez & Morales, 2007)

#### **2.2.4. Aluminato de Estroncio**

Desde su descubrimiento en 1996, su estudio siempre ha generado interés, más allá de su característica fotoluminiscente que destaca a los aluminatos de estroncio (SrAl), es su durabilidad e intensidad de luminiscencia color verde naturalmente lo que los hace el material fotoluminiscente más popular en la actualidad, tanto así que lo logramos encontrar actualmente en la industria al momento de señalar salidas de emergencia, guías y sistemas de seguridad, si también con el paso del tiempo se le han integrado nuevas formas de utilizarlo, en elementos como cascos y actualmente se ve con más frecuencia en prendas, ya sea para seguridad, o por sus innovadoras formas en la moda.

“Tienen un efecto muy duradero, hasta 12 horas, con solo estar expuesto 10 -20 minutos a la luz visible. Se presentan en amarillo claro, amarillo verde y blanco y cuyos colores de luminancia incluyen; Verde amarillo, azul-verde, azul, y púrpura” (Cetisa, s.f.)



**Figura 11: Materiales con aluminatos de estroncio**

Fuente: (García, y otros, 2011)

“Las propiedades ópticas del recubrimiento obtenido se analizaron con métodos de luminiscencia. Usado clásicamente para estudios de luminóforos. El rendimiento del recubrimiento se comparó con polvo de aluminato de estroncio disponible comercialmente” (Coating, 2018, pág. 1).



**Figura 12: Aluminato de estroncio**

Fuente (China, s.f.)

El pigmento es de aluminato de estroncio de muy alta potencia lumínica que permite gran cantidad de usos distintos con un único pigmento para fabricar y adicionar a lo que se prefiera. **Figura 12**

El Aluminato de Estroncio sólo necesita de una exposición a la luz de unos minutos para emitir luz durante 12 horas.

Esencialmente, se trata de la aplicación de líquidos, barnices, resinas, esmaltes, o similares, transparentes o semitransparentes, en conjunción con partículas lumínicas, luminiscentes o fotoluminiscentes, no tóxicas ni radiactivas, como pueden ser, por ejemplo, los provenientes de tierras raras como el aluminato de estroncio.

Además, y teniendo en cuenta la gran importancia que están adquiriendo todas las medidas que se llevan a cabo en pro del respeto hacia el medio ambiente, podría convertirse en un ejemplo Internacional de ahorro energético sostenible. Y si como partícula luminiscente se utiliza el aluminato de estroncio, no tóxico, no radiactivo, proveniente de tierras raras, el cual es diez veces más potente lumínicamente que otros materiales luminiscentes como por ejemplo el fósforo y cuya duración lumínica es mayor a 20 años, aún nos implicaríamos más con respecto a la causa medioambiental. (Perez, s.f.)



**Figura 13: Aluminato de estroncio/ polvo fotoluminiscente**  
Fuente (Canarias, s.f.)

### **2.2.5. Fotoluminiscencia y seguridad**

La fotoluminiscencia aplicada a prendas son una forma viable de brindar al usuario prendas que brinden seguridad en ciertos campos específicos, es así como marcas se suman



a este camino al momento de innovar en textiles, tema importante en la actualidad tanto en el diario vivir, así como en el ámbito industrial, como lo explica (T3XGLOW, 2019)

El factor visibilidad es fundamental en las ciudades para que los viandantes y personas que se desplazan en vehículos de movilidad personal (VMP) se sientan seguros al ser más visibles en sus desplazamientos nocturnos. Este factor de visibilidad debe ser entendido como un elemento técnico y de rendimiento de las camisetas, al ser diseñadas con una funcionalidad objetivo “el ser vistos en sus desplazamientos.

Por lo que la ropa de visibilidad urbana puede aumentar el factor de seguridad.

El foco principal de la ropa de alta visibilidad es la seguridad. Al hacerse más visible para los conductores, se pueden reducir las posibilidades de accidentes. Independientemente del entorno en el que se esté ejecutando, la alta visibilidad sigue siendo de máxima importancia

El concepto alta visibilidad está claro para ropa deportiva, pero qué pasa con la ropa de diseño casual urbana que no está diseñada para una práctica deportiva concreta. El estilo de vida urbano no debería detenerse sólo porque las noches se están acercando y la temperatura está bajando.

Desplazarse en las ciudades a menudo se realiza en calles oscuras o sin iluminación, en cruces con poca visibilidad o a través de parques poco iluminados. La fotoluminiscencia y la retrorreflexión de las prendas de vestir permite que los conductores y el resto de viandantes te vean más fácilmente, por lo que, mejoran drásticamente la visibilidad para estar seguros y ser vistos.

### **2.2.6. Acabados textiles**

Los acabados textiles también se definen como ennoblecimiento textil, son operaciones que se llevan a cabo en las telas mejorando más aun sus propiedades dándoles más valor optimizando sus características, este proceso textil se lo realiza en géneros realizados con fibras: naturales, sintéticas y artificiales tomando en cuenta los parámetros que influyen en el proceso de acabados; la naturaleza de la fibra y la aplicación final del tejido. (Luckuán, 2012)

Los acabados textiles son todos los procesos que se realiza en la tela luego de abandonar el telar, en donde podemos incluir los procesos de blanqueo y tinción considerándoles como propios de los acabados húmedos, la finalidad del acabado es la de agregar una buena apariencia y utilidades al género textil, teniendo en cuenta factores que son de gran remembranza en este proceso como:

La fibra y su disposición en el hilo del tejido: propiedades físicas de la fibra, particularmente su capacidad de hinchamiento, que determina su comportamiento cuando se aplica presión y fricción, en fases húmedas y a diferentes temperaturas.

Capacidad absorbente del tejido con respecto a diversas preparaciones de acabados.

Susceptibilidad del material a modificaciones químicas: en los acabados textiles es muy obvio que la naturaleza de un tejido quede determinada hasta cierto punto, por las fibras componentes por ejemplo la seda y el lino poseen ciertas propiedades en belleza desde la fibra por lo tanto requiere poca operación de acabado para aumentar su calidad, lo contrario la fibra de lana requiere una complicada serie de procesos para el tejido esto por las propiedades de la fibra como ondulación y escamas que al someterlas indebidamente a fricción y agua se enfieltra, el algodón a menudo se considera su tejido como áspero, tosco y poco atractivo ofrece la oportunidad de desarrollar modernas técnicas apoyándose en

bases científicas como la creación de nuevos productos químicos enfocados en la tintorería y acabados. (Sánchez, 1975)

La mayoría de acabados de textiles están relacionados con efectos de; presión, humedad y calor, pero conociendo perfectamente las propiedades fundamentales de las fibras y la forma de actuar cuando se someten a dichos procesos, se puede determinar, con bastante amplitud, otros efectos satisfactorios y duraderos.

Existen tres tipos de procedimientos para los acabados textiles.

- Acabados no permanentes.
- Acabados semi permanentes.
- Acabados permanentes.

#### **2.2.6.1. Acabados no permanentes**

Los acabados que comprende esta clasificación, como su nombre lo indica son aquellos que no generan como tal una reacción química con el sustrato textil al que está siendo aplicado, por ende, es el menos duradero de los acabados, los productos que utiliza para realizar estos, son:

- Almidones
- Derivados de la celulosa

Estos productos una vez son aplicados, permanecen ubicados en la superficie del tejido, le brinda un tacto mejorado, peso y demás propiedades, sin embargo, con el paso del tiempo y los lavados del sustrato, este ira desapareciendo, como lo explica, (Peñafiel, 2018) “por el linchamiento del tejido durante el lavado o tratamiento con agua estas cargas se “sueltan” de nuevo y solo queda el tejido “empobrecido” en mayor o por menor grado.”

#### **2.2.6.2. Acabados semipermanentes**

En este tipo de acabados por los productos usados los cuales son a base de dispersión, tienden a formar una especie de película sobre el sustrato, pero esta no genera reacciones

químicas con las fibras, por lo tanto, no lo modifica como tal. Así mismo una vez este sustrato sea expuesto a lavados este recubrimiento de ira debilitando, pero la película formada es mucho más resistente que en los acabados no permanentes por lo que tiene mayor duración, entre 3 a 5 lavados.

**Tabla 3**

*Operación y productos de acabados semipermanentes*

---

<b>Mecánicos</b>	Calandrado, sanforizado, gofrado, satinado, y ensanchado
<b>Aprestos</b>	Almidón, goma, sulfato magnésico, arcilla y otros aprestos
<b>Reblandecedores</b>	Aceites, grasas, ceras, jabones, y sustancias reblandecentes, como la glucosa, la glicerina, y el cloruro de magnesio

---

**Nota:** Fuente (Peñañiel, 2018)

Así mismo como lo cita: (Peñañiel, 2018)

Existen también muchos acabados de naturaleza compleja, producidos por precipitación de varias sustancias sobre el tejido, que pueden considerarse como no durables, ya que fácilmente se eliminan por lavado o por “lavado en seco” ejemplo de esto tenemos en los acabados hidrófugos, los cuales utilizan emulsiones cerosas o sales de aluminio para lograr su efecto.

#### **2.2.6.3. Acabados permanentes**

Las características de este tipo de procedimientos es una reacción química de los productos (reticulación intermolecular con los grupos HO de diversas cadenas celulósicas).

Con la cual se obtienen unos efectos de acabado semejantes a lo de la termo fijación de las fibras sintéticas: estabilidad dimensionar y efectos inarrugables. (Peñañiel, 2018)

Los acabados permanentes son los más durables, pues como se explica altera la composición química del sustrato brindando efectos y características especiales a la tela. Se estima que estos acabados dependiendo el tipo y el acabado en si puede llegar a duras más de 8 lavados, siendo los más duraderos.

**Tabla 4**  
*Algunos acabados permanentes*

---

<b>Mecánicos</b>	Batanado de lana, procesos de perchado, y tundido, encogimiento a compresión controlada.
<b>Por deposición</b>	Esteres y éteres celulósicos, resinas sintéticas, ya sean externas o internas, goma látex, unión de tejidos, y laminación de plásticos sobre el tejido
<b>Químicos</b>	Mercerización, sanforizado, tratamientos con óxido de etileno, acabado a base de formaldehido, cloración húmeda, y otros efectos para hacer la lana incorregible, obtención de fibras hidrofóbicas por medio de acabados tipo “velan”, fijado permanente de la lana

---

**Nota:** Fuente (Peñañiel, 2018)

Sin embargo, se deben tomar en cuenta factores a profundidad, pues como menciona (Sánchez, 1975):

A pesar de todo no existen sistemas de clasificación que no pueda ser criticado pues se puede debatir que los perchados no producen efectos permanentes ya que muchos acabados no resisten el agua, pues lavando o mojando no se logra restaurar el acabado original. Es interesante comprender que los acabados permanentes no es un adelanto moderno, excepto en el caso de procesos por deposición, empleados en vez del apresto con almidón y arcilla. El batanado de la lana ya era conocido hace más de cuatro mil años; el mercerizado y sanforizado del algodón, desde 1850; y la coloración de la lana, desde 1900. El fijado permanente es también, en sus formas más sencillas, un proceso antiguo.

#### **2.2.6.4. Acabado textil inteligente:**

Los textiles inteligentes dentro de la industria van tomando más espacio y llamando más la atención, pues cuentan con características especiales, que van más allá de un acabado convencional. Como lo menciona (Company, 2016, pág. 3) “Los textiles inteligentes se definen como textiles que piensan por sí mismo, que pueden detectar y reaccionar a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas.”

Y dentro de este existe su propia clasificación, que se basa principalmente en su actividad funcional, dividiéndose en:

- **Textiles inteligentes pasivos:** constituyen la primera generación de textiles inteligentes, los cuales solamente pueden sentir las condiciones medioambientales o estímulos exteriores.
- **Textiles inteligentes activos:** estos van un paso más allá, ya que tienen la capacidad de reaccionar frente a estímulos o situaciones. Son textiles con memoria de la forma, camaleónicos, termorreguladores, que pueden almacenar calor, absorber el vapor, etc.

- **Textiles ultra inteligentes o muy activos:** esta tercera generación de textiles no solo puede detectar y reaccionar, sino que además se adaptan a las condiciones y estímulos del medio. (Raul, 2018)

Por lo tanto, el acabado desarrollado en esta investigación se puede colocar como textil inteligente de segunda generación, pues cumple con las características que este tipo de textil menciona, tiene memoria.

(Company, 2016, pág. 5)

Los materiales Inteligentes o Funcionales generalmente forman parte de un sistema inteligente que tiene capacidad de detectar el ambiente y sus efectos y, si es de segunda o tercera generación es también capaz de responder a este estímulo externo gracias a un mecanismo activo de control. Los materiales inteligentes y sistemas ocupan ‘un espacio de la tecnología’ que también incluyen las áreas de sensores y de detectores.



**Figura 14: Ejemplo de textil inteligente**  
Fuente (*Espada, 2018*)

## **2.2.6.5. Variables en procesos de acabado:**

### **2.2.6.5.1. Temperatura**

(Criollo, 2018, pág. 45)

En la industria textil la temperatura es una variable de proceso muy necesaria, a razón que depende de esta en sus diferentes áreas, en la tintorería por ejemplo, la

transformación del agua a vapor por medio de un tratamiento termodinámico (caldero) para los procesos de tintorería y ennoblecimientos textiles en la cual está presente este fenómeno del vapor en sus diferentes escalas de temperatura

Al trabajar con el método de agotamiento, este parámetro tiene mucha importancia también; ya que el proceso se rige en seguir determinada curva de tintura recomendada, en la cual existe siempre una variación de temperatura que se debe tener controlada y supervisada.

#### **2.2.6.5.2. pH:**

El pH tiene gran importancia dentro de los datos a tener en cuenta para textiles, más aún si estos están destinados a elaborar prendas, por lo que es necesario que se encuentre neutro, entre 6,5 y 7; esto para evitar posibles alergias en usuario de la futura prenda.

#### **2.2.6.5.3. Relación de baño:**

Se le llama relación de baño a la cantidad de agua utilizada para acabados y ennoblecimientos textiles, que hace relación con el peso del material con que se trabaja, para así tener clara cuánta agua se utilizará cuando conocemos ya la cantidad de material a usar, dato de mucha importancia y cuidado en su proceso.

#### **2.2.6.5.4. Ligante:**

Como cita (Arellano, 2017)

El ligante es un producto acrílico en la mayoría de casos o puede tener mezclas con butadieno. El ligante forma una película transparente, la misma que permite a los pigmentos que dan color a la pasta madre, ser cubiertos y sostenidos en el sustrato (tela); permitiendo una excelente solidez al lavado. (pag. 30)



## **CAPITULO III:**

### **3. METODOLOGÍA**

A lo largo de este capítulo se detalló el proceso seguido para la aplicación del acabado fotoluminiscente con aluminato de estroncio en la tela de algodón, esto mediante métodos de investigación científica, experimental y comparativa en las 9 muestras realizadas, cada una con distintos porcentajes de aluminato de estroncio (pigmento fotoluminiscente), para demostrar su eficacia en tela para prendas de seguridad, basándose en normas de esta misma línea.

#### **3.1. Métodos:**

En la presente investigación se utilizaron los siguientes métodos:

Método científico, con el cual se ha planteado objetivos a alcanzar y el cómo se desarrolló el tema mediante investigación, así como también conceptos y recursos que han sido necesarios para la elaboración de este proyecto

Método experimental con el cual se realizaron las muestras, así como sus pruebas de eficacia y resistencia, con los equipos y auxiliares necesarios para su ejecución, tomando en cuenta la característica variante en cada muestra y sus porcentajes adecuados.

Método comparativo, en este método finalmente se valora y determina la diferencia entre las muestras obtenidas y sus resultados al ser sometidas a prueba de resistencia al lavado y lectura de fotoluminiscencia, logrando así determinar cuál o cuáles son las muestras con el porcentaje más conveniente de aluminato de estroncio, dependiendo del resultado de cada una de ellas.

### **3.1.1. Proceso de tintura por agotamiento**

El método de tintura por agotamiento es en sí donde el colorante a utilizar, en este caso fotoluminiscente, se añade en el baño de tintura, en el mismo se agrega también el sustrato textil, y tras cumplir su ciclo determinado por la curva de tintura, la mayor parte del colorante se ha transferido al sustrato, concluyendo así con el proceso. Como menciona (Lavado, 2012)

Este proceso de tintura se puede utilizar para fibras, hilos y tejidos. El tinte disuelto en el baño se adsorbe primero, es decir, el material es teñido sólo en su superficie (el resultado en esta etapa depende del movimiento, sea del baño, del sustrato, o de ambos), luego penetra en el núcleo de la fibra (la difusión del colorante se ve afectada por la temperatura y el tiempo de tintura), y finalmente migra permitiendo así la uniformidad del teñido y su consistencia (esta fase se ve afectada por la temperatura y el tiempo). (p. 31)

### **3.1.2. Evaluación del acabado:**

Una vez obtenidas las muestras con el acabado aplicado, se aplican los ensayos para la evaluación de este acabado en las distintas muestras, siguiendo las siguientes normas:

**AATCC 61:** Solides del color al lavado. Con esta prueba se logra determinar la resistencia que en este caso tendrá el pigmento fotoluminiscente, con la medición de tiempo de luminancia adecuada para comprobar así su solides y resistencia, siguiendo los siguientes pasos:

1. Prepara las muestras cortadas en dimensiones de 50mm x 100mm.
2. Preparación de la solución madre con agua destilada, detergente en polvo y detergente líquido.

3. Colocar en cada vaso de la autoclave la solución y la tela, con los balines de acero de 0,6mm de diámetro.
4. Cargar a la máquina, programar el proceso a seguir
5. Sacar las muestras y secar a ambiente
6. Tomar tiempos de duración de fotoluminiscencia y registrar datos.

**UNE 23035:** Seguridad contra incendios / Señalización fotoluminiscente se establece dos categorías:

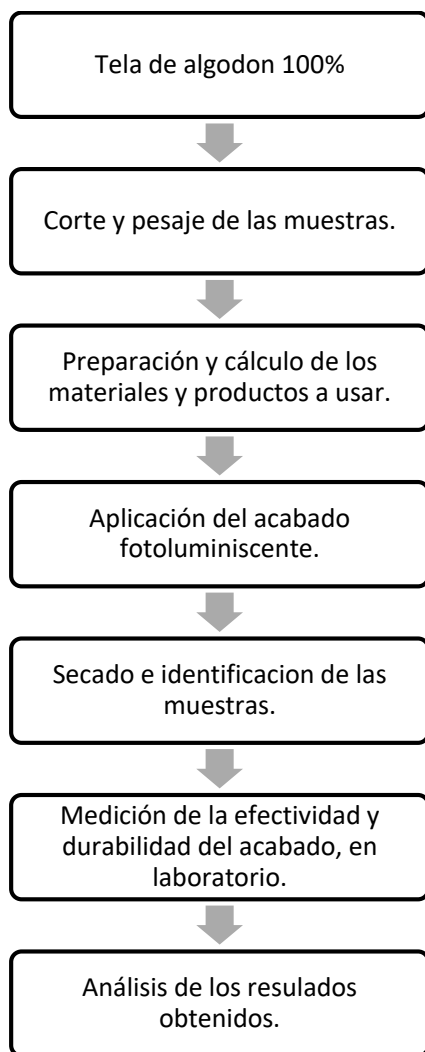
**Tabla 5**  
*Calidades en la norma UNE 23035*

<b>Calidades</b>	<b>A los 10min</b>	<b>A los 60 min</b>	<b>Tiempo</b>
<b>A</b>	> 210 mcd/m <sup>2</sup>	> 29 mcd/m <sup>2</sup>	50 horas
<b>B</b>	> 40 mcd/m <sup>2</sup>	> 5,6 mcd/m <sup>2</sup>	13 horas y 20 minutos

**Nota:** Recuperado de la norma UNE 23035

### **3.2. Diagrama general**

Durante el proceso realizado se partió de contar con la tela 100% algodón y su posterior aplicación de acabado fotoluminiscente para terminar con pruebas de resistencia y efectividad, lo cual arroja los datos necesarios para plantear su análisis. Siguiendo el flujo grama propuesto a continuación:



**Figura 15 diagrama general**

Fuente: Propia

### **3.2.1. Descripción de las actividades:**

**Tela de algodón:** el material seleccionado para la elaboración de este acabado ha sido algodón 100%, en este caso una tela de tejido plano, tafetán.

**Corte y pesaje de las muestras:** Se obtuvieron las muestras cortando y pesando la tela de algodón a la que se le aplicó el acabado, determinándose un peso de 3gr para cada muestra.

**Preparación y cálculos de los materiales y productos a usar:** La preparación da a entender el lavado de las muestras para eliminar impurezas, y se calcularon la cantidad de producto a usar para cada muestra, basándose en los porcentajes presentados en la **Tabla 6**.

**Aplicación del acabado fotoluminiscente:** En base a la curva propuesta para este acabado, se aplica el colorante y auxiliares en sus porcentajes adecuados. Logrando así obtener las muestras con la característica fotoluminiscente.

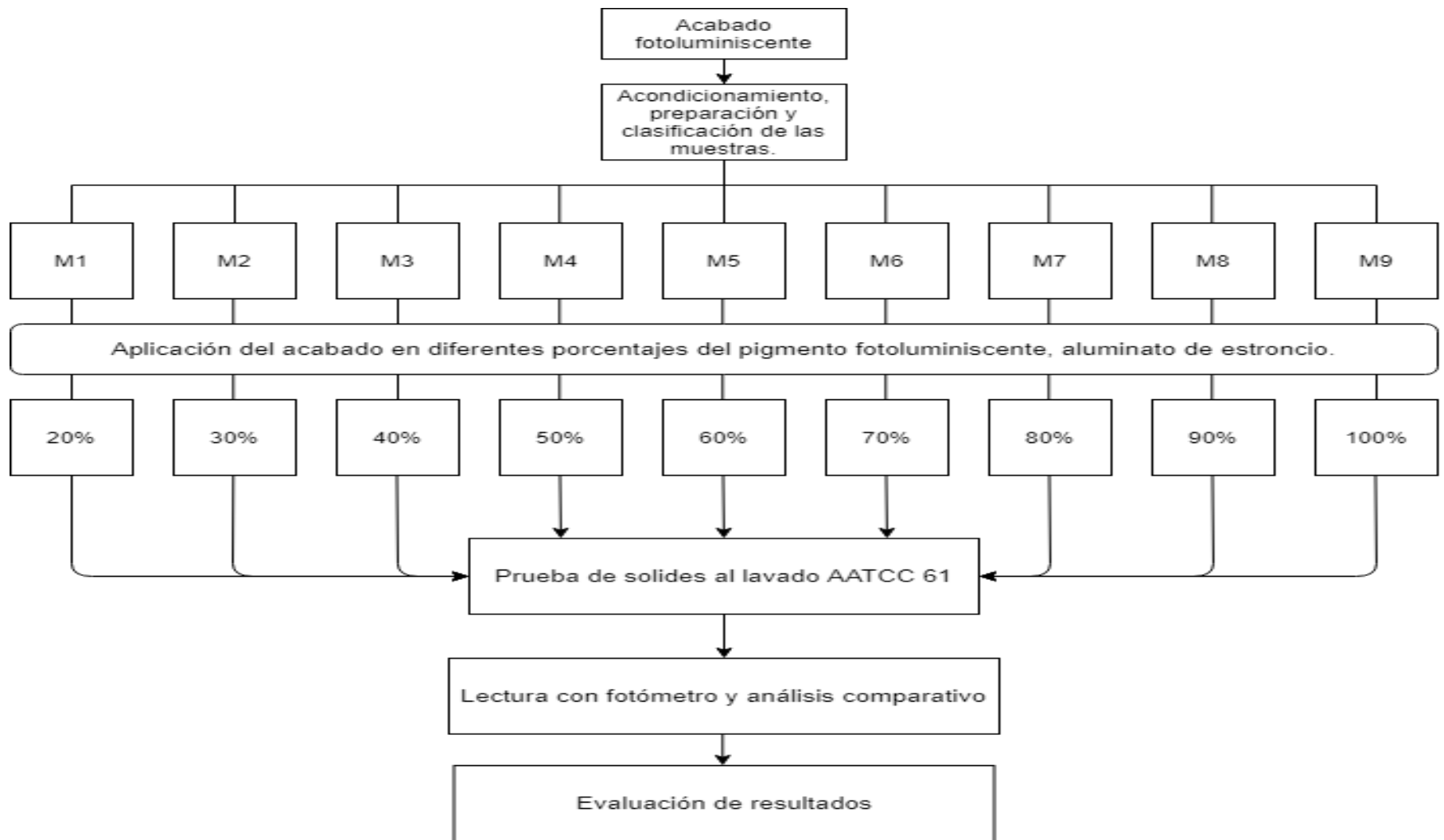
**Secado e identificación de las muestras:** Una vez obtenidas las muestras se procede a secar, e identificarlas con numeración para reconocer a cada una, y llevarla a las pruebas para determinar la mejor opción.

**Medición de la efectividad y durabilidad del acabado, en laboratorio:** Prueba de solides al lavado, medición del tiempo de fotoluminiscencia visible, variación del color de las muestras con el acabado.

**Análisis de los resultados obtenidos:** Una vez obtenidos los datos de las pruebas y evaluaciones hechas, se determina cual porcentaje y método es el más efectivo para futura elaboración de prendas de seguridad y demás.

### **3.3. Flujograma muestral:**

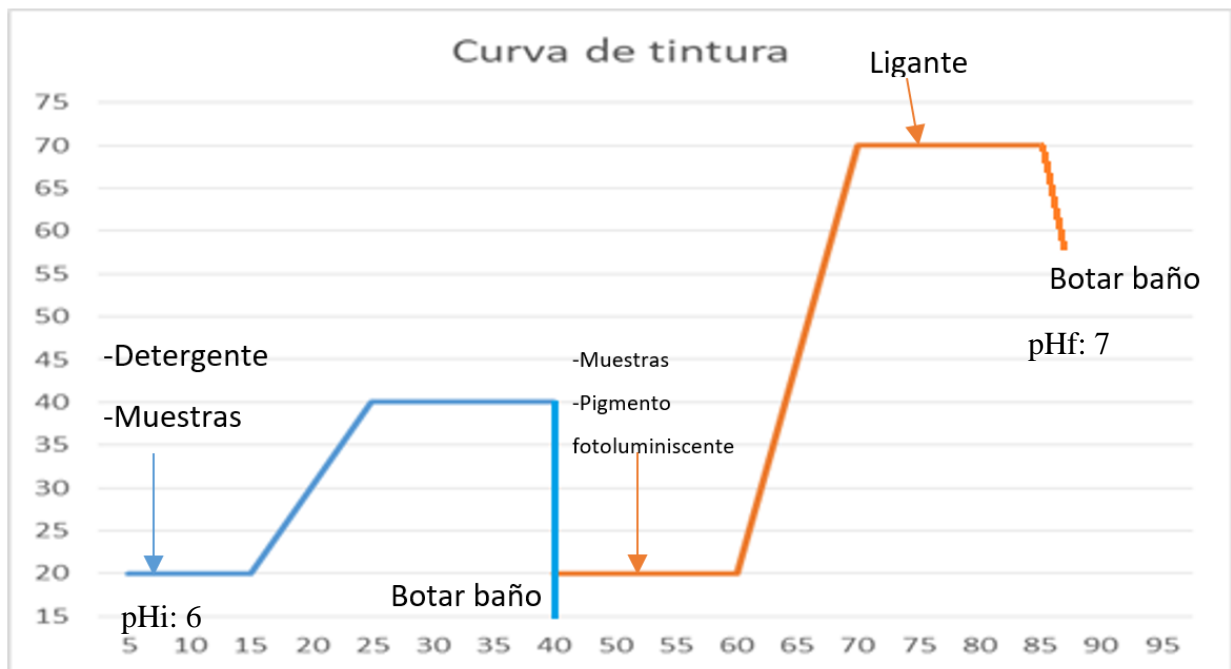
En la investigación realizada se trabajó con 9 muestras, cada una con un distinto porcentaje de aluminato de estroncio (pigmento fotoluminiscente), de 20% hasta 100%, como se observa en la **Figura 16**.



**Figura 16: Flujograma muestral**  
Fuente: Propia

### 3.4. Curva de proceso:

Para lograr determinar la curva de tintura adecuada para este acabado se ha tomado como referencia el proceso usado por (Cachimuel, 2017), así como también la curva que citada por (Vera, 2020) para el proceso de preparación del material, es decir su lavado previo a la aplicación del acabado como se observa en la **Figura 17**.



**Figura 17: Curva de proceso**  
Fuente: Propia

### 3.5. Equipos y materiales

#### 3.5.1. Variables:

La variable principal presente en el proyecto es el pigmento fotoluminiscente de aluminato de estroncio, el encargado de dar el acabado fotoluminiscente a la tela, y se lo ha aplicado en

las diferentes muestras en 9 distintas concentraciones que son: 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, como se muestra en la **Tabla 6**.

**Tabla 6**  
*Porcentajes de pigmento fotoluminiscente (aluminato de estroncio)*

<b>Muestra</b>	<b>%</b>	<b>g</b>
1	20	0,6
2	30	0,9
3	40	1,2
4	50	1,5
5	60	1,8
6	70	2,1
7	80	2,4
8	90	2,7
9	100	3

**Nota:** Fuente propia

### **3.5.2. Materia prima**

**Tela 100% de algodón:** En este caso se ha trabajado con una tela de tejido plano, tafetán, y sin acabados previos, a la cual se ha preparado y posteriormente aplicado el acabado en cuestión.

**Pigmento fotoluminiscente (Aluminato de estroncio):** El pigmento encargado de brindar la característica fotoluminiscente una vez se ha aplicado a la tela como acabado.



### 3.5.3. Materiales:

Contando ya con las muestras cortadas y pesadas en medida de lo que se necesitó se procedió a lavarlas y posteriormente a aplicarles el acabado por medio del método de agotamiento, haciendo uso de los siguientes auxiliares detallados en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

*Materiales para la preparación y aplicación del acabado*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Detergente (Preparación)	Autoclave
Ligante	Espectrofotómetro
Tela 100% algodón	Fotómetro
Probeta	Balanza
Termómetro	
Agitador	
Vaso de precipitación	
Aluminato de estroncio (Pigmento fotoluminiscente)	

**Nota:** Fuente propia

## 3.6. Procedimiento de aplicación del acabado

### 3.6.1. Preparación de las muestras:

- Pesar y cortar 10 muestras de 3gr de la tela de algodón 100%, una es la muestra patrón en iguales condiciones, y los 9 restantes aquellas a quienes se le aplicó el acabado.

- En una tabla calcular y tomar registro de los pesos para los auxiliares a usar en el proceso, tomando en cuenta la relación de baño 1:25
- A temperatura ambiente (20°C) en un vaso de precipitación agregar el volumen del baño, las muestras y el detergente
- Con ayuda del fuego aumentar la temperatura hasta 40°C y mantener por unos 15 minutos con movimiento constante.
- Una vez concluido el proceso de lavado, botar el baño.

### **3.6.2. Aplicación del acabado fotoluminiscente:**

- Dada la relación de baño 1:25, en un vaso de precipitación se agrega 75 ml de agua, ya que se ha trabajado con 3gr de tela
- Con temperatura ambiente (20°C), agregar también la muestra de tela, y su porcentaje de pigmento fotoluminiscente de aluminato de estroncio; variando la concentración de 0,6gr (20%) a 3gr (100%).
- Aumentar la temperatura del baño, hasta la temperatura de 70°C, y una vez se encontró en este punto, se agrega el ligante textil, y se mantiene a esta temperatura por alrededor de 15 minutos, logrando así fijar el pigmento fotoluminiscente a la tela.
- Esperar a que se enfríe y botar el baño
- pH inicial 6 y pH final = 7.

### **3.6.3. Criterios de seguridad:**

Dentro de laboratorio, los criterios de seguridad son:


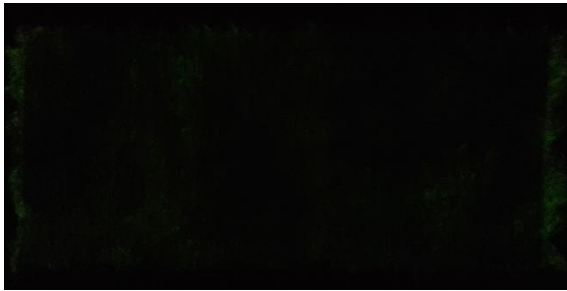
- Cumplir con las medidas de bioseguridad

- Lavado de manos antes de comenzar y después del contacto con cualquier producto químico
- El uso permanente de mascarilla
- Utilizar el mandil para el uso de laboratorio
- Manipulación adecuada y cuidadosa de los materiales
- Especial cuidado al trabajar con altas temperaturas
- Manipulación de las máquinas y equipos bajo supervisión y con el conocimiento adecuado

### **3.7. Prácticas realizadas:**



A continuación se han detallado en sus correspondientes tablas, el cómo se aplicó el acabado y se puede observar la tela con el acabado aplicado, y como luce en luz normal y sin ella.

**Tabla 8**  
*Aplicación de acabado muestral*

<b>MUESTRA 1</b>		
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		0,6 gr (20%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		



**Nota:** Fuente propia

**Tabla 9**  
*Aplicación de acabado muestra 2*

<b>MUESTRA 2</b>		
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		0,9 gr (30%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		


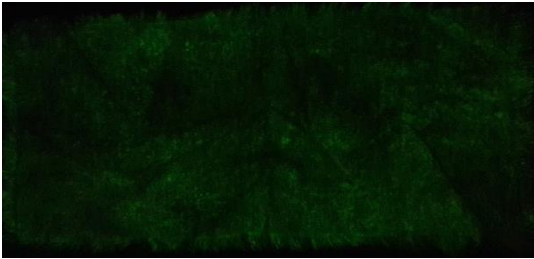
**Nota:** Fuente propia

**Tabla 10**  
*Aplicación de acabado muestra 3*

<b>MUESTRA 3</b>		
<b>Fecha:</b> 25/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		1,2 gr (40%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		


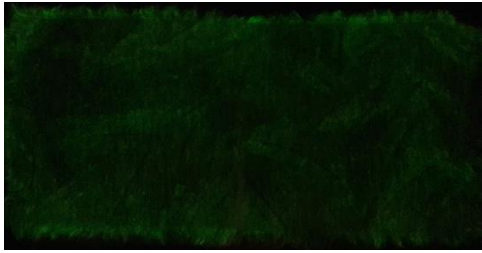
**Nota:** Fuente propia

**Tabla 11**  
*Aplicación de acabado muestra 4*

<b>MUESTRA 4</b>		
<b>Fecha:</b> 26/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		1,5 gr (50%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		

**Nota:** Fuente propia

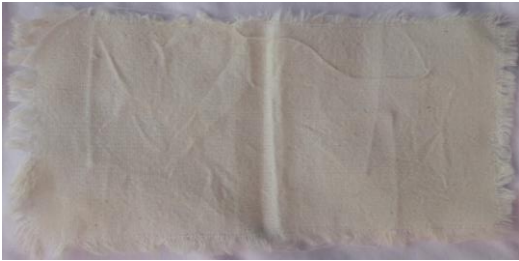
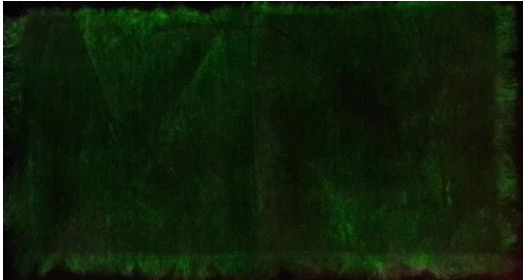
**Tabla 12**  
*Aplicación de acabado muestra 5*

<b>MUESTRA 5</b>		
<b>Fecha:</b> 26/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		1,8 gr (60%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		

**Nota:** Fuente propia


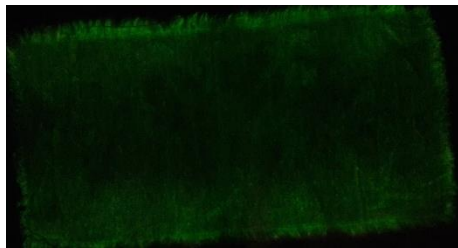


**Tabla 13**  
*Aplicación del acabado muestra 6*

<b>MUESTRA 6</b>		
<b>Fecha:</b> 26/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		2,1 gr (70%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		


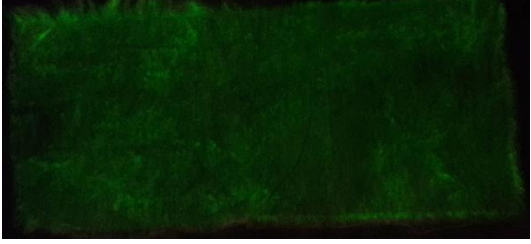
**Nota:** Fuente propia

**Tabla 14**  
*Aplicación del acabado muestra 7*

<b>MUESTRA 7</b>		
<b>Fecha:</b> 26/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		2,4 gr (80%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		


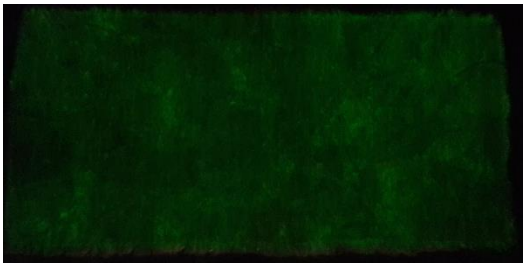
**Nota:** Fuente propia

**Tabla 15**  
*Aplicación del acabado muestra 8*

<b>MUESTRA 8</b>		
<b>Fecha:</b> 27/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		2,7 gr (90%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		

**Nota:** Fuente propia

**Tabla 16**  
*Aplicación del acabado muestra 9*

<b>MUESTRA 9</b>		
<b>Fecha:</b> 27/10/2020	<b>Tipo de prueba:</b> Acabado textil	<b>Tejido:</b> Tafetán 100% Co
<b>Peso del material:</b> 3gr	<b>R/B:</b> 1/25	<b>Proceso:</b> Agotamiento
<b>Productos</b>	<b>ml</b>	<b>gr</b>
Agua	75ml	
Ligante		0,09 gr (3%)
Pigmento fotoluminiscente		3 gr (100%)
<b>Muestra con acabado e iluminación normal</b>		<b>Muestra con acabado y sin luz</b>
		

**Nota:** Fuente propia

### **3.7.1. Aplicación de norma de solidez al lavado**

Se ha aplicado la norma AATCC 61, para así demostrar su solidez al lavado, como en este caso el pigmento no es visible como tal en condiciones de luz normal, se procede a realizar la toma de datos en base a las calidades determinadas en esta norma, con ayuda del fotómetro, así como también con la ayuda de un cronómetro y la observación de la duración de la luminiscencia, antes y después de realizada la prueba.

### **3.7.2. Aplicación de la norma de seguridad contra incendios y señalización fotoluminiscente**

Para esta norma se ha utilizado un fotómetro con la finalidad de comprobar si el acabado aplicado logra entrar en una de las calidades que esta presenta que son A y B, en base a la norma UNE 23035, que especifica que condiciones debe cumplir, **Tabla 5.**

## CAPITULO IV:

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados y análisis

En este capítulo ya concluida la parte práctica experimental y con lo investigado, se ha detallado todos los datos obtenidos con la aplicación de este acabado fotoluminiscente en la tela de algodón, así como también se demuestra cual muestra emite la mejor fotoluminiscencia visible por más tiempo, esto mediante la medición con ayuda de un cronometro, y medición con fotómetro para comprobar si la luminiscencia es suficiente para cumplir con la norma de seguridad industrial UNE 23035; al igual que su solides evaluado con la norma AATCC 61.

Finalmente se desarrolló el análisis estadístico de los datos, y se ha identificado así su resultado correctamente interpretado y analizado.

##### 4.1.1. Resultados:

En la **Tabla 17** se ha expresado el porcentaje de pigmento fotoluminiscente aplicado a cada de las muestras, su determinada variación de color, usando el espectrofotómetro con el que se ha dado lectura a la variación existente de cada muestra con el acabado vs la muestra preparada bajo las mismas condiciones, pero sin el acabado.

**Tabla 17**  
*Delta E de las muestras vs el patrón*

Muestra	Porcentaje (%)	DE de muestra acabada vs sin acabado
---------	----------------	---

<b>M1</b>	20	0,58
<b>M2</b>	30	0,53
<b>M3</b>	40	0,49
<b>M4</b>	50	0,55
<b>M5</b>	60	0,51
<b>M6</b>	70	0,50
<b>M7</b>	80	0,63
<b>M8</b>	90	0,71
<b>M9</b>	100	0,73

**Nota:** Fuente propia

La tabla nos muestra como resultado entonces, que las muestras elaboradas, en presencia de luz, no varían nada, su color aunque cuenten ya con el acabado, pues es entendible ya que el pigmento fotoluminiscente, solo se hace presente en condiciones de escasa luz, y dado que las muestras presentan una medida máxima en DE de 0,73 demostrando que la tela no ha variado su tonalidad, en comparación a una sin el acabado, a pesar de que en condiciones sin luz varia completamente como se observa en el proceso.

#### **Prueba de solidez al lavado.**

Una vez realizada la prueba al lavado, la única forma de comprobar la efectividad de este acabado, ha sido con la lectura por fotómetro de la luminiscencia, y con la toma de tiempos a esta misma. Como se presenta en la **Tabla 18 y 19.**

#### **Tabla 18**

*Tiempo de luminancia previo lavado*

<b>Muestra</b>	<b>T1(s)</b>	<b>T2(s)</b>	<b>T3(s)</b>	<b>T4(s)</b>	<b>T5(s)</b>	<b>Prom</b>
----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

<b>M1</b>	30,64	30,58	32,72	32,35	31,7	31,5
<b>M2</b>	44,64	42,01	44,81	43	45,8	44,1
<b>M3</b>	55,10	55,84	51,60	53,6	56,5	54,5
<b>M4</b>	53,23	45,4	52,4	65,7	70,13	57,3
<b>M5</b>	62,5	56	77,4	80,3	78,12	70,8
<b>M6</b>	88,63	86,74	89,63	85,14	83,63	86,7
<b>M7</b>	67,9	100,54	89,69	95,84	90,43	88,9
<b>M8</b>	81,26	91,12	94,32	89,23	90,3	89
<b>M9</b>	85,76	90,48	82,12	92,13	93,87	88,8

**Nota:** Fuente propia

**Tabla 19**

*Tiempo de luminancia, previo lavado vs lavado*

<b>Muestra</b>	<b>Antes de lavado (s)</b>	<b>Después de lavado (s)</b>	<b>Fotómetro calidad A</b>	<b>Fotómetro calidad B</b>
<b>M1</b>	31,5	30,63	No	No
<b>M2</b>	44,1	45,2	No	No
<b>M3</b>	54,5	53,6	No	No
<b>M4</b>	57,3	55,8	No	No
<b>M5</b>	70,8	70	No	No
<b>M6</b>	86,7	85,8	No	No
<b>M7</b>	88,9	90	No	No
<b>M8</b>	89	89	No	No
<b>M9</b>	88,8	89,2	No	No

**Nota:** Fuente propia



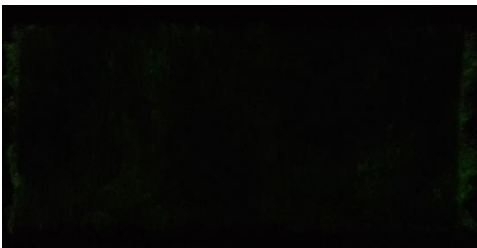

Así pues, se puede apreciar, la fotoluminiscencia efectuada con ayuda de la luz, a la tela antes y después de las pruebas de lavado aplicadas. Se muestra que efectivamente, mientras más pigmento fotoluminiscente tenga esta dura mayor tiempo, pero una vez se agrega al 80% de concentración, este se satura, y ya el tiempo en comparación al 90% y 100% es prácticamente el mismo. También se descarta la posibilidad de alcanzar alguna de las calidades propuesta por la norma UNE 23035, ya que, pasado 10 minutos en los que las muestras no son expuestas a luz, la luminiscencia es casi inexistente, y no logra ser leída por el fotómetro.

Así mismo se observa que las muestras resistieron exitosamente la prueba de solidez al lavado, ya que los tiempos de visibilidad de la luminiscencia es prácticamente la misma que antes de ser sometido a la prueba, por lo que efectivamente es resistente.

En la **Tabla 20**, se puede observar la diferencia de la muestra lavada y la no lavada, al ser tomado una foto al momento en el que se ha expuesto a la luz y enseguida de privar a la muestra de esta.

**Tabla 20**

*Muestras antes de lavado y después de lavado*

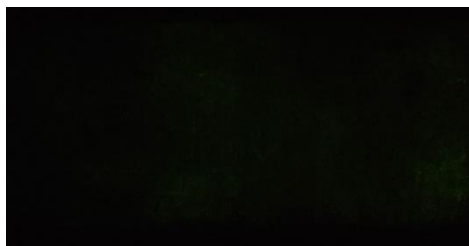
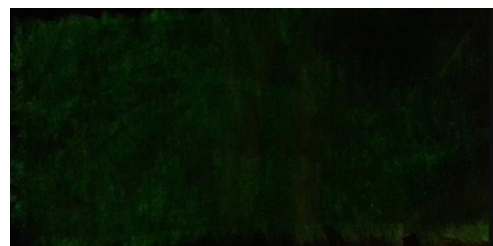
NM	%	Luminiscencia antes de lavado	Luminiscencia después de lavado
M1	20		

---

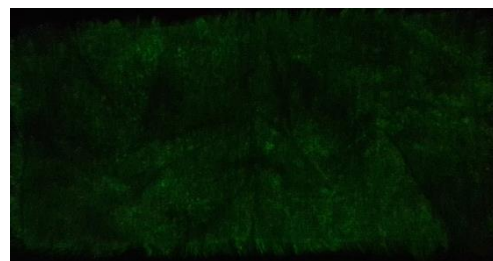
M2 30



M3 40



M4 50

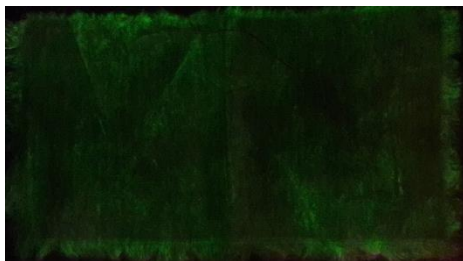


M5 60

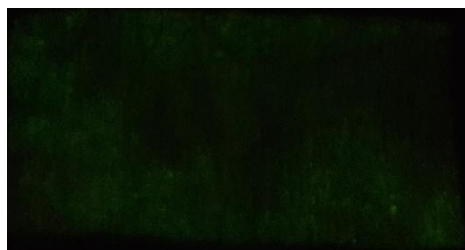
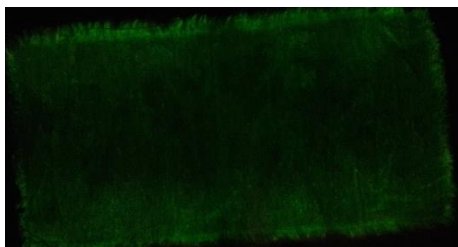


---

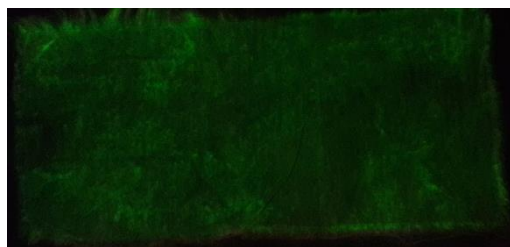
M6 70



M7 80



M8 90



M9 100



---

**Nota:** Fuente propia

#### 4.2. Discusión de los resultados:

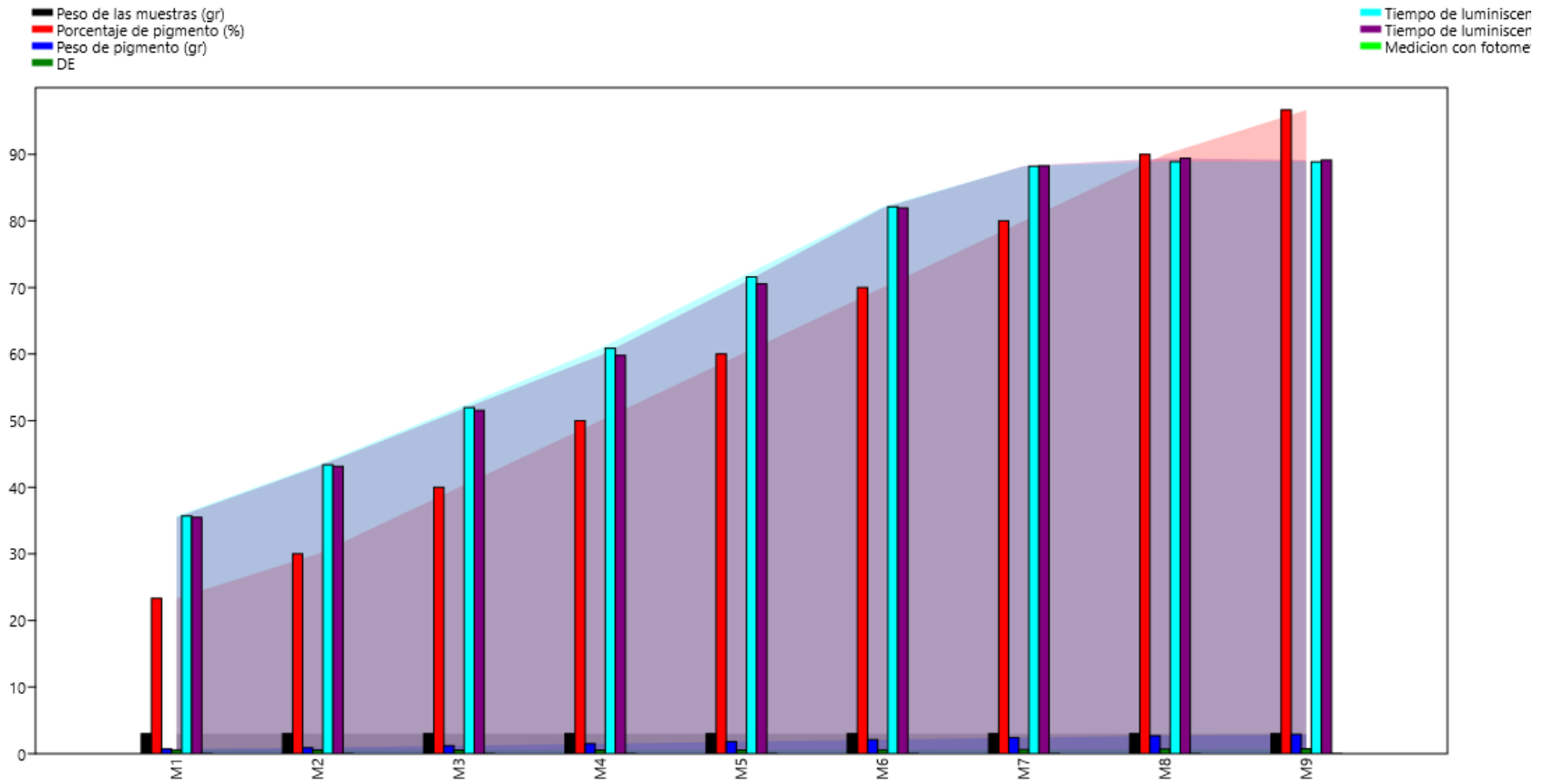
Ya obtenidos los distintos datos, que se ha logrado recopilar a lo largo de la investigación, con sus respectivos análisis comparativos y comparación, se analiza la tabla general de resultados.

**Tabla 21**

*Recopilación general de datos*

Muestras	Peso de las muestras (gr)	Porcentaje de pigmento (%)	Cantidad de pigmento (gr)	DE	Tiempo antes de lavado	Tiempo después de lavado	Calidad UNE 23035
M1	3	20	0,6	0,58	31,5	30,63	0
M2	3	30	0,9	0,53	44,1	45,2	0
M3	3	40	1,2	0,49	54,5	53,6	0
M4	3	50	1,5	0,55	57,3	55,8	0
M5	3	60	1,8	0,51	70,8	70	0
M6	3	70	2,1	0,5	86,7	85,8	0
M7	3	80	2,4	0,63	88,9	90	0
M8	3	90	2,7	0,71	89	89	0
M9	3	100	3	0,73	88,8	89,2	0

**Nota:** Fuente propia



**Figura 18: Grafico de interpretación de datos**  
Fuente: propia

Con todas la pruebas realizadas y con los datos obtenidos que se resumen en las **Tabla 21**, podemos observar que efectivamente la aplicación de este acabado ha resultado en una tela de algodón 100% con características fotoluminiscente; cuya variación de DE es mínima en condiciones normales de luz, por lo que la tonalidad de las muestras acabadas no varían en comparación a la muestra patrón, esto demostrado con ayuda del espectrofotómetro.

Las muestras varían de intensidad lumínica, puesto que se utilizaron diferentes porcentajes del pigmento fotoluminiscente en las 9 diferentes muestras, teniendo el 20% como mínimo y el 100% como máximo en concentración, todo aplicado en las mismas condiciones de ambiente, y como se observa también en la **Figura 18**, la durabilidad de este efecto fotoluminiscente en la tela, si bien no es suficiente como para alcanzar las exigencias de la norma de seguridad contra incendios y señalización fotoluminiscente UNE 23035, logra emitir este efecto de fotoluminiscencia en condiciones de escasa luz; con los datos numéricos se observa que las franjas turquesa y lila muestran la durabilidad de la luminiscencia intensa a la cual se le ha tomado una medición por tiempo y observación, siendo así que a medida que la concentración de pigmento fotoluminiscente de aluminato de estroncio aumenta, la durabilidad también; pero eso ocurre hasta llegar a la concentración de 80% en la M7, pues en conjunto con la M8 y M9, el tiempo de durabilidad determinado ha resultado ser muy semejante, por lo que se considera que la saturación máxima del pigmento se encuentra en 80% de concentración, siendo la que más tiempo resiste y como se observa, la más luminosa.

Demostrando así que es posible lograr conseguir un acabado fotoluminiscente con buena solides al lavado, en tela 100% algodón por medio del proceso de agotamiento y con el uso del ligante, así como también el correcto conocimiento de los parámetros con los que se trabaja.

## 5. Conclusiones

- La investigación realizada demuestra que el proceso por agotamiento es adecuado y viable para la obtención del acabado fotoluminiscente en tela algodón 100%, aplicando los correctos conocimientos textiles y de acabado investigado y aprendido en las aulas.
- El aluminato de estroncio dentro de aplicaciones textiles es viable, por sus características fotoluminiscentes, lo hacen ser un material llamativo la hora de buscar manipularlo dentro del sector textil, buscar formas de darles uso, ya que dentro de la industria ya resuena por sus característica beneficiosas en las señalizaciones de seguridad fotoluminiscentes como señaléticas de incendios y salidas de emergencia, todo esto llama a utilizarlo en diferentes campos como el textil donde a manera de estampados ya se ha logrado usarlo y como se demuestra en este trabajo, impregnándolo en un material textil con algodón 100% también en posible con el método adecuado.
- Se conoce que el aluminato de estroncio como pigmento llega a un punto donde se satura, y se comprobó que este es al 80% de concentración, pues a partir de este punto por más pigmento que se busque impregnar a las muestras, estas ya no presentan gran variabilidad en el tiempo que permanecen con luminiscencia perceptible por lo que buscar agregarle más porcentaje solo resultaría en un desperdicio de este material.
- Este acabado realizado cuenta con una buena solides al lavado, comprobado en la pruebas de laboratorio con la norma AATCC 61, el equivalente a 5 lavados caseros realizados, nos demuestra que el acabado es duradero a más de esos lavados y su

característica fotoluminiscente se ve poco afectada, pues realizada la toma de tiempo una vez realizado el lavado, la fotoluminiscencia se muestra bastante semejante a como lucía previo al lavado.

- Aunque la lectura por fotómetro no haya sido exitosa para lograr alcanzar la norma UNE 23035, la fotoluminiscencia desprendida por la tela con el acabado continúa siendo visible, aunque por poco tiempo frente a la exposición a la luz y la excitación de los fotones, y continúa siendo una opción válida para futura elaboración de prensas de seguridad o simplemente innovadoras y que aprovechan la característica fotoluminiscente.

## **6. Recomendaciones:**

- Se recomienda que durante la aplicación del proceso de agotamiento aplicando el acabado, el baño se encuentre en constante movimiento, para evitar la precipitación del pigmento, y lograr así un mejor aprovechamiento y aplicación de este pigmento fotoluminiscente como acabado.
- Se recomienda continuar con la investigación aplicando este acabado con otros métodos más allá de agotamiento, o variando las materias primas, para ampliar el conocimiento en caso de que existiesen variantes en sus resultados.
- Se recomienda aplicar este acabado con el método por impregnación con el uso del equipo foulard, para observar las variaciones que pudiesen existir en comparación a este método realizado por agotamiento.



- Se recomienda tener especial cuidado al momento de controlar los pesos y volumen del baño para cada muestra, pues son los factores básicos y primordiales más importantes a la hora de realizar un acabado.
- En caso de necesitar secar las muestras, se recomienda hacerlo con el ambiente, mas no con horno secador o equipos de este estilo, pues podrían alterar las características de los materiales utilizados.

## 7. Referencias bibliográficas

Alonso, F. J. (2015). Manual de control de calidad en productos textiles y afines. Madrid.

Bermudez, L. A., & Morales, P. (2007). *Establecer el control de calidad del proceso de mercerizacion para la tintoreria de coats cadena S.A.*

Cachimuel, I. H. (2017). *ACABADO DESODORIZANTE EN CAMISETAS ALGODON/POLIESTER CON CARBÓN ACTIVO DE COCO*. Ibarra.

Canarias, L. (s.f.). *Luminiscente Canarias*. Obtenido de Luminiscente Canarias:

<https://luminiscentecanarias.es/pigmento-luminiscente/>

Casillas, M. E. (2016). *El algodón Capitulo I*.

Cetisa. (s.f.). *Cetisa*. Obtenido de Cetisa: <https://www.cestisa.com/industria-pigmento-fosforescente>

China, M. i. (s.f.). *Made in China*. Obtenido de Made in China: [https://es.made-in-china.com/co\\_colorpigment/product\\_Bulk-Various-Colors-Strontium-Aluminate-Pigment\\_euessyysy.html](https://es.made-in-china.com/co_colorpigment/product_Bulk-Various-Colors-Strontium-Aluminate-Pigment_euessyysy.html)

Clemente, P. (23 de Mayo de 2016). *El Mundo*. Obtenido de El Mundo:

<https://www.elmundo.es/economia/2016/05/23/5742d0aaca474164238b458b.html>

- Coating, N. M. (2018). *Ivita, Bite; Guna, Kriek; Aleksejs, Zolotarjovs; Katrina, Laganovska; Virginija, Liepina; Krisjanis*.
- Company, J. P. (2016). *Caracterizacion de sensores integrados en prendas textiles deportivas para la practica del triatlon*.
- Costura, B. (26 de Enero de 2015). *Betsy Costura*. Obtenido de Betsy Costura:  
<https://www.betsy.es/entendiendo-el-tejido-estructura/>
- Criollo, J. M. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FOULARD AUTOMATIZADO*. Ibarra.
- Espada, M. (2018). *Textiles inteligentes y su aplicación en la indumentaria para los deportes extremos acuaticos en Baños de Agua Santa*. Ambato.
- García, R. J., Roche, R. E., Martinez, E., Almanza, J., Leanl, A., & Munive, G. (22 de Noviembre de 2011). *Redalyc*. Obtenido de Redalyc:  
<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627688012.pdf>
- Graficamente. (27 de Septiembre de 2015). *Graficamente*. Obtenido de Graficamente:  
<http://graficamente.cl/fotoluminiscencia/balizamiento/fotoluminiscencia/hello-world/>
- Lavado, F. E. (2012). *La industria textil y su control de calidad V. Tintoreria*.
- Lockúan, L. F. (2013). *La industria textil y su control de calidad*.
- Lockuán, L. F. (2013). *La industria textil y su control de calidad II Fibras textiles*.
- López, M. (13 de Octubre de 2013). *Periodistas en español*. Obtenido de Periodistas en español: <https://periodistas-es.com/fluorescenciafosforescencia-19634>
- Lucedentro. (12 de Diciembre de 2013). *Lucedentro*. Obtenido de Lucedentro:  
<http://www.lucedentro.com/en/news-en/lucedentro-in-alienskin-eurobike-2013-2/>

Materiales, I. (s.f.). *Inteligentes.org*. Obtenido de *Inteligentes.org*:

[http://www.inteligentes.org/pdf/fotoluminiscencia\\_noimp.pdf](http://www.inteligentes.org/pdf/fotoluminiscencia_noimp.pdf)

Pellini, C. (21 de Noviembre de 2014). *Historia y Biografías*. Obtenido de Historia y

Biografías: <https://historiaybiografias.com/luminiscencia/>

Peñañiel, J. M. (2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FOULARD

AUTOMATIZADO PARA DESARROLLAR PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

. En J. M. Peñañiel, *Peñañiel, Jairo Mauricio* (págs. 5-8). Ibarra.

Perez, P. (s.f.). *meditacionmusica*. Obtenido de *meditacionmusica*:

<https://www.meditacionmusica.com/proyecto-ciudad-luminiscente-arbol->

[luminiscente-aluminato-estroncio-proveniente-tierras-raras/](https://www.meditacionmusica.com/proyecto-ciudad-luminiscente-arbol-luminiscente-aluminato-estroncio-proveniente-tierras-raras/)

Raul, B. (3 de 10 de 2018). *apttperu*. Obtenido de *apttperu*: <http://apttperu.com/textiles->

[inteligentes/](http://apttperu.com/textiles-inteligentes/)

Rodríguez, G. C. (Octubre de 2007). *Estudio de las propiedades luminiscentes del*

*SrTiO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>*. Obtenido de

<http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1016>

Rojas, B. K. (2019). Obtenido de

<http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/2831>

Rojas, r., Rodriguez, M., Rubio, M., & Serrano, A. (2014). *Designing Nanostructured*

*Strontium Aluminates particles for Achieve High Luminescence Properties*. Madrid.

Sinalux. (2020). *Sinalux*. Obtenido de Sinalux: <http://es.sinalux.eu/es/productos/que->

[significa-fotoluminiscente/](http://es.sinalux.eu/es/productos/que-significa-fotoluminiscente/)

T3XGLOW. (31 de Julio de 2019). *T3XGLOW*. Obtenido de T3XGLOW:

<https://texglowco.com/news/diferencias-entre-camisetas-reflectantes-y-camisetas-fotoluminiscentes>

Tapia, F. P. (2004). Conceptos y billiografía sobre la fotoluminiscencia y procesos similares. 5.

Textil, M. (s.f.). *Marina Textil*. Obtenido de Marina Textil:

<https://marinatextil.com/es/tejidos-tecnicos/tejido-de-calada>

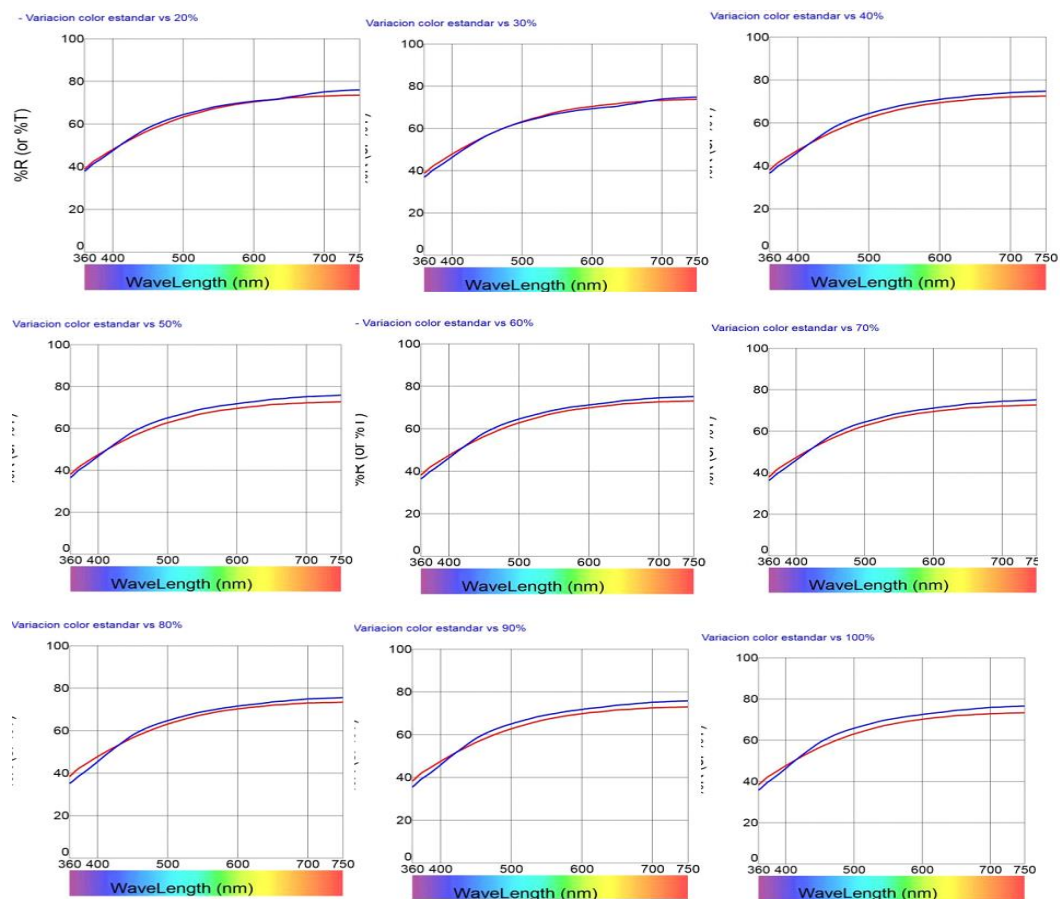
Uniforma. (s.f.). *Uniforma*. Obtenido de Uniforma: <https://www.uniforma.net/blog/ropa-de-trabajo-brilla-oscuridad-glowtex-tecnologia-de-carga-solar/>

Vera, M. (2020). *Aplicacion de un acabado antioxidante en un tejido de algodon utilizando oxido de zinc*. Ibarra.

Victory, M. (1 de Octubre de 2017). *mariettealfa*. Obtenido de mariettealfa:

<https://mariettealfa.wordpress.com/category/historia/fibras-textiles/>

## 8. ANEXOS:



**Anexo 1: DE obtenido del espectrofotómetro muestra patrón vs acabado**  
Fuente: Propia



**Anexo 2: Corte y pesaje de las muestras**  
Fuente: Propia



**Anexo 3 Aplicación del acabado a las muestras**  
Fuente: Propia



**Anexo 4: Pesaje de pigmento fotoluminiscente**  
Fuente: Propia



**Anexo 5: Muestras con acabado expuestas a la luz**  
Fuente: Propia



**Anexo 6: Fotómetro**  
Fuente: Propia



**Anexo 7: Muestras acabadas y su fotoluminiscencia**  
Fuente: Propia



**Anexo 8 Vasos de autoclave**  
Fuente: Propia



**Anexo 9 Codificación de las muestras**  
Fuente: Propia



**Anexo 10 Pesaje y elaboración de solución**  
Fuente: Propia



**Anexo 11: Equipo autoclave**  
Fuente: Propia





**Anexo 12 Espectrofotómetro**  
Fuente: Propia



**Anexo 13 Secado de muestras**  
Fuente: Propia