



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE TEXTILES**

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA TEXTIL

**TEMA:**

“INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL OZONO EN LA VARIACIÓN DEL COLOR DE  
UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN TINTURADO CON COLORANTE DIRECTO”

**ELABORADO POR:**

STEPHANIE MARICELA CHIRÁN MONTENEGRO

**DIRECTOR:**

MSc. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

**IBARRA-ECUADOR**

**2023**



# 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 el 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 a la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	172476248-7
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Chirán Montenegro Stephanie Maricela
<b>DIRECCIÓN:</b>	Quito- Tumbaco, Oswaldo Guayasamín y Villa Vega.
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:smchiranm@utn.edu.ec">smchiranm@utn.edu.ec</a>
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0984976178

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“Influencia de la aplicación del ozono en la variación del color de un tejido jersey 100% algodón tinturado con colorante directo”
<b>AUTOR (ES):</b>	Chirán Montenegro Stephanie Maricela
<b>FECHA:</b>	09 de mayo del 2023
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado
<b>TITULO POR EL QUE SE OPTA:</b>	Ingeniera textil
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, mayo 09 del 2023

**LA AUTORA:**



**CHIRÁN MONTENEGRO STEPHANIE MARICELA**

C.I.: 172476248-7



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

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por la egresada Stephanie Maricela Chirán Montenegro, para optar el título de INGENIERÍA TEXTIL, cuyo tema es “Influencia de la aplicación del ozono en la variación del color de un tejido jersey 100% algodón tinturado con colorante directo”, 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, mayo 01 del 2023



**MSC. WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### DEDICATORIA

*Dedico mi tesis a mi familia por ser un impulso para terminar mis estudios con su apoyo incondicional, ahora permitiéndose ser parte de mis logros.*

*Pero de manera especial a mi padre Richard Chirán que siempre está presente y orgulloso sin importar nuestras diferencias de opiniones y a mi madre Maribel Montenegro que es una bendición.*

*Deseo expresar que son mis pilares para seguir adelante, por formarme con valores, responsabilidades y ganas de superación que me permiten avanzar, por ser mi gran motivación al alentarme y llenarme de confianza cada vez que se presenta una dificultad para cumplir mis metas.*

*A mis hermanos que sus expectativas eran magnas pude demostrar que, con dedicación, esfuerzo y haciendo frente a las decisiones tomadas lograr lo que uno se propone.*

*Stephanie Maricela Chirán Montenegro*



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### AGRADECIMIENTO

*Quiero agradecer a la Universidad Técnica del Norte por abrir sus puertas y darme una oportunidad para formar parte de la Carrera de Textiles, durante todo mi trayecto académico me permitió adquirir nuevos conocimientos y a desarrollarme de manera profesional.*

*A mis docentes por su dedicación, paciencia y guía continua; en especial MSc. Willam Esparza por la ayuda brindada para la elaboración del trabajo de grado, ya que es un pilar fundamental al compartir sus valiosos conocimientos acumulados en su trayectoria.*

*A mi padre y madre que a pesar de las dificultades presentadas han sabido demostrar que juntos podemos salir adelante, por ello con toda sinceridad quiero decirles que son mi inspiración y que gracias sus sacrificios puede culminar mis estudios volviéndose un logro más.*

*Finalmente, a todas las personas que fui conociendo a lo largo de mi carrera universitaria que se convirtieron en mis amigos formando parte de mi vida, quiero decirles gracias por compartir muchos momentos, experiencias y extender su mano en las situaciones difíciles.*

*Stephanie Maricela Chirán Montenegro*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	i
CONSTANCIAS.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
Capítulo I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del tema.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Importancia del estudio.....	3
1.4. Objetivo general.....	3
1.5. Objetivos específicos.....	3
1.6. Características del sitio del proyecto.....	4
Capítulo II.....	5
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1. Estudios previos.....	5

2.1.1.	Ozono .....	5
2.1.2.	Dióxido de carbono CO <sub>2</sub> .....	7
2.1.3.	Formaldehido (HCHO) .....	8
2.1.4.	Algodón.....	10
2.1.5.	Colorantes directos .....	11
2.1.6.	Tintura de algodón .....	12
2.2.	Marco legal .....	14
2.2.1.	Constitución de la República del Ecuador .....	14
2.2.2.	Líneas de investigación .....	15
2.2.3.	Tulsma.....	15
2.3.	Marco Conceptual.....	15
2.3.1.	Ozono (O <sub>3</sub> ).....	15
2.3.2.	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	16
2.3.3.	Formaldehido (HCHO) .....	16
2.3.4.	Algodón.....	17
2.3.5.	Colorantes directos .....	18
2.3.6.	Tintura de algodón .....	18
Capítulo III	.....	19
3.	METODOLOGÍA .....	19
3.1.	Tipos de investigación .....	19
3.1.1.	Investigación analítica.....	19
3.1.2.	Investigación experimental.....	19
3.1.3.	Investigación causal .....	19
3.1.4.	Investigación comparativa.....	20
3.2.	Metodología.....	20



3.2.1.	Flujograma general.....	20
3.2.2.	Flujograma muestral.....	21
3.2.3.	Curva de proceso de tintura.....	23
3.2.4.	Fichas técnicas.....	23
3.3.	Equipos y materiales.....	24
3.3.1.	Autoclave .....	25
3.3.2.	Espectrofotómetro .....	25
3.3.3.	Cámara de ozono.....	26
3.3.4.	Medidor de calidad del aire (VOC).....	26
3.3.5.	Equipo de lavado y secado .....	28
3.3.6.	Muestras de tejido de punto jersey .....	29
3.4.	Normas y pruebas de laboratorio a aplicar .....	29
3.4.1.	Norma ISO 105 A06 .....	30
3.4.2.	Norma AATCC 109 .....	30
3.4.3.	Norma ISO 6330 .....	31
Capítulo IV	.....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	32
4.1.	Resultados.....	32
4.1.1.	Tabla de resultados coordenadas en dCIELab .....	32
4.1.2.	Tabla de resultado de VOC .....	34
4.1.3.	Tabla de resultados de variación de color .....	35
4.1.4.	Tabla general de resultados VOC, CO <sub>2</sub> , HCHO, variación de color y de solidez al lavado	37
4.1.5.	Análisis de la varianza.....	38
4.1.6.	Normalidad de los datos .....	39

4.2. Discusión de resultados .....	39
4.2.1. Análisis e interpretación de los resultados .....	39
Capítulo V .....	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
5.2. Conclusiones .....	43
5.3. Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
ANEXOS.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carrera Textiles.....	4
Figura 2. Tiempo de exposición Co a plasma de ozono.....	5
Figura 3. Opciones de blanqueado .....	7
Figura 4. Residuos de HCHO.....	9
Figura 5. Reacción química O <sub>3</sub> y CH <sub>2</sub> O. ....	9
Figura 6. Curva de tintura con colorante directo.....	13
Figura 7. Método de TUDO y Ozono. ....	14
Figura 8. obtención de O <sub>3</sub> .....	15
Figura 9. Dióxido de carbono.....	16
Figura 10. Formaldehído.....	17
Figura 11. Flujograma general- proceso.....	21
Figura 12. Flujograma muestral. ....	22
Figura 13. Curva de procesos de tintura.....	23
Figura 14. Autoclave cerrado. ....	25
Figura 15. Espectrofotómetro.....	26
Figura 16. Detector de calidad de aire modelo JSM- 131 SC. ....	27
Figura 17. Equipo de lavado y secado.....	28
Figura 18. Gráfica general Matrix Plot de VOC, C O <sub>2</sub> , CH <sub>2</sub> O, cambio de color. ....	40
Figura 19. Gráfica general de similitud Hierarchical clustering. ....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos para obtención de ozono.....	6
Tabla 2. Cantidad de $CH_2O$ en prendas textiles.....	10
Tabla 3. Eficiencia de remoción de color.....	11
Tabla 4. Composición algodón.....	17
Tabla 5. Fichas técnicas.....	24
Tabla 6. Materiales manipulados en laboratorio.....	24
Tabla 7. Referencia de nivel de contaminación de la calidad de aire.....	27
Tabla 8. Datos técnicos tejido de punto.....	29
Tabla 9. Muestras y tiempos.....	30
Tabla 10. Norma ISO 6330.....	31
Tabla 11. Coordenadas dCIELab.....	33
Tabla 12. Medidor de calidad de aire – después $O_3$ .....	34
Tabla 13. Probetas sin ser expuestas al $O_3$ .....	35
Tabla 14. Resultado de variación de color.....	35
Tabla 15. Resultados a la solidez al lavado.....	36
Tabla 16. Tabla general de resultados, VOC, $CO_2$ , HCHO, variación de color y solidez al lavado.....	37
Tabla 17. Análisis de varianza.....	38
Tabla 18. Normalidad de datos.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de laboratorio.....	51
Anexo 2. Receta de tintura. ....	52
Anexo 3. Muestras en diferentes tonalidades.....	53
Anexo 4. Ficha técnica de los colorantes. ....	53
Anexo 5. Ficha técnica de plasma de ozono. ....	54
Anexo 6. Ficha técnica autoclave y espectrofotómetro.....	55
Anexo 7. Ficha técnica de cámara de ozono y medidor de calidad de aire.....	55
Anexo 8. Wascator. ....	55
Anexo 9. Gramaje. ....	56
Anexo 10. Método de exposición a muestras en cámara de ozono en un tiempo determinado. ...	56
Anexo 11. Medición de VOC después de la exposición de ozono. ....	57
Anexo 12. Muestras colocadas en el Wascator bajo la norma ISO 6330.....	59
Anexo 13. Medición de VOC posterior al lavado y secado doméstico.....	59

## RESUMEN

Los materiales textiles tienen un sin fin de acabados, con el propósito de mejorar aquellas características que generen un valor agregado, entre ellos mantener o mejorar su tonalidad. Por tal motivo, la presente investigación se fundamentó en la influencia de la aplicación del ozono en la variación del color de un tejido jersey 100% algodón tinturado con colorante directo.

El procedimiento se realizó a escala de laboratorio, en el cual, se subdividió en dos grupos. Determinada por el método de exposición, estableciendo como principal parámetro el tiempo en los periodos (1, 10 ,20, 30) min; además, el tamaño de muestras se realizó con base en las normas AATCC 109. Para la prueba de intensidad de color se utilizó la Norma ISO 105 A06 calificada en escalas de grises y delta (E), posterior se realizó la prueba de lavado y de secado domésticos ISO 6330 y se obtuvo con el equipo de medidor de calidad de aire JSM – 131 SC, las ppm tomadas pre y post tratamiento para su comparación.

Con el fin de evaluar el cambio de color desde la tinción de las muestras en sus tonalidades (azul, amarillo, rojo). Para el análisis se utilizó el programa software Past 4, al demostrar que los valores obtenidos tienen asimetría, además de señalar una distribución normal, cumpliendo el valor p mayor a 0,05 con una confiabilidad del 95%. Concluyendo como el mejor resultado las muestras de color azul y rojo, que tuvieron ligera variación de tonalidad, adquiriendo un valor de 4,5 en escala de grises, aún tiempo de 10 min de plasma de  $O_3$ .

**Palabras Clave:** Plasma de ozono, Cambio de color, Espectrofotómetro, Cámara de ozono, Tejido jersey, VOC.

## ABSTRACT

Textile materials have an endless number of finishes, with the purpose of improving those characteristics that generate added value, among them maintaining or improving their tonality. In this sense, this research was based on the influence of the ozone application on the color variation of a 100%-cotton jersey fabric dyed with direct colorant.

The procedure was carried out on a laboratory scale, which was subdivided into two groups. It was determined by the exposure method, establishing as the main parameter the time in the periods (1, 10, 20, 30) min; in addition, the sample size was made based on the AATCC 109

standards. For the color intensity test, the ISO 105 A06 Standard was used, qualified in gray and delta (E) scales; then the washing and drying domestic ISO 6330 test was performed and the ppm taken pre- and post-treatment were obtained with the JSM - 131 SC air quality meter equipment for comparison.

In order to evaluate the color change from the dyeing of the samples in their shades (blue, yellow, red). For the data analysis, the software program Past 4 was used, demonstrating that the values obtained have asymmetry; in addition to indicating a normal distribution, fulfilling the p-value greater than 0.05 with a reliability of 95%. Concluding as the best result the blue and red samples, which had a slight tonality variation, acquiring a value of 4.5 in gray scale, even with a time of 10 min of O<sub>3</sub> plasma.

**Keywords:** Ozone plasma, Color change, Spectrophotometer, Ozone chamber, Jersey fabric, VOC.

LUIS ALFONSO  
PASPUEZAN  
SOTO



Firmado digitalmente  
por LUIS ALFONSO  
PASPUEZAN SOTO  
Fecha: 2023.03.23  
09:56:26 -05'00'

Reviewed by:

# Capítulo I

## 1. INTRODUCCIÓN

Los colorantes textiles son elementos fundamental para el área de tintorería, será por ello que mantener su solidez del color o identificar qué tipos de productos textiles puedan generar una variación en sus tonalidades, por esta razón ocasionan un gran problema afectando la calidad y provocando insatisfacción en los consumidores; pero gracias a las innovaciones se consigue reutilizar o cambiar el curso de varios productos contaminantes, de esa manera el plasma de ozono es posible obtener con diferentes métodos mediante la oxidación, electrólisis u otros, que pueden aplicarse considerando sus propiedades y proporcionando un nuevo enfoque a su uso, sin embargo, su manipulación se debe mantener en una cámara para generarlo, puesto que el ozono tiende a ser inestable y se va descomponiendo en oxígeno.

### 1.1. Descripción del tema

Esta investigación tiene como finalidad aplicar ozono al tejido Jersey 100% algodón posterior a su tintura con colorante directo en sus colores primarios: amarillo, rojo y azul; los cuales tendrán los mismos parámetros y curva de tintura que no afecte el resultado final; por consiguiente, se obtiene muestras que son aplicadas con plasma con la variable tiempo en la cámara de ozono bajo la norma AATCC 109.

Como subsiguiente, aquellas muestras son colocadas en el medidor de calidad del aire (VOC) que determine su ppm, prosiguiendo hacia el espectrofotómetro con la norma ISO 105 A06, continuando con el procedimiento de lavado y de secado domésticos ISO 6330 y nuevamente ser enviadas al VOC y espectrofotómetro en la norma antes señalada.

Finalmente, los datos alcanzados son ingresadas al software estadístico Past4, los cuales se interpretan y comparan entre su tonalidad amarilla, rojo y azul; con el fin de evaluar el cambio del color del tejido teñido mediante la aplicación de plasma.



## 1.2. Antecedentes

Si bien es claro actualmente se considera a diferentes productos que son polutivos a darles un enfoque hacia un nuevo uso, generando un beneficio en la industria textil, en este caso particular es el ozono que pertenece a la clasificación de los gases contaminantes. En estudios similares la aportación que destacan en la aplicación de plasma de ozono abarca en los tratamientos residuales que contienen colorante en el cual Lu et al. (2009) mencionan: “La secuencia de oxidación química mediante ozono y la implementación de filtros biológicos aireados de flujo ascendente, puede alcanzar eficiencia de remoción de color” (p.4). Siendo su finalidad la reducción en las concentraciones en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), de esa manera aprovechar el agua tratada.

Si bien el plasma es denominado un agente oxidante que tiene gran eficacia como un medio de limpieza que se encarga de disolver mugre, gérmenes y más. Por esa razón es enfocado hacia la lavandería, de este modo se aplica para mejorar en las cualidades de los tejidos alcanzando “un superior nivel de detergencia e higienización con dosificaciones muy inferiores, considerando que según tipo de tejidos y nivel de suciedad” (INTEL, 2018, p.2). Dando paso a reducir ciclos de lavado, brindando un ahorro en agua, evitando el deterioro de prendas y mejorando su suavidad.

Mientras en el blanqueamiento de un tejido busca eliminar a través de la destrucción por oxidación el color del material textil evitando el uso del peróxido de hidrógeno.

Aunque en el caso del “tejidos de yute en crudo con ozono en fase gas, obteniéndose como condiciones óptimas un contenido en agua del 60%” (Perincek et al., 2007, p.30), si bien hace mención que los tiempos de tratamiento dependen de la concentración del plasma y su grado de blanco solicitado. Pero existe una contra parte que hace referencia a su implementación para incrementar la velocidad de tintura y del rendimiento tintóreo, realizado en tejidos de poliamida 6 o poliéster. En su estudio afirma que los colorantes directos considerando su estructura es lineal lo cual influye en su fácil eliminación mediante el lavado en comparación a otros colorantes que tienen estructura no lineal (Iqbal et al., 2020).

Si bien existe en diferentes áreas de aplicación de  $O_3$  pues es necesario destacar que en la mayoría se menciona que el plasma de ozono al estar en forma de gas se debe transferir al material textil como medio en presencia de un espacio líquida en la mayoría de los casos es el agua. Sin embargo, en el presente proyecto su tratamiento es directo al tejido jersey 100% Co en la cámara de ozono mediante el método de exposición.

### **1.3. Importancia del estudio**

El presente tema de investigación se realizó para determinar la influencia de la aplicación del ozono en la variación del color de un tejido jersey 100% algodón tinturado con colorante directo. Ya que se puede evidenciar que el plasma de ozono mejora la hidrofiliadad, fuerza de ruptura y el grado de blanco del tejido (S. Perincek et al., 2009), pero no se ha considerado si las tonalidades son afectadas o pueden generarse un cambio de color que no se aprecie a simple vista, por ello evaluar en base a la escala de grises.

Por ende, el presente trabajo permite ampliar una nueva línea de investigación con respecto a la influencia del plasma de ozono; por consiguiente al efectuar las respectivas pruebas en el laboratorio bajo las normas establecidas para aclarar diferentes hipótesis que abarca la posible pérdida de color en el tejido o, por lo contrario, al no estar en reacción con otras sustancias químicas no afecte realmente a las muestras, manteniendo o beneficiando el grado de color; y en adelante ampliando nuevas oportunidades en su aplicación como un posible blanqueador para las telas teñidas de manera irregular evitando la utilización de productos químicos contaminantes lo decoloren, o actúe como un fijador de color o que no proporcione ningún cambio y que permita comprender si es fundamental tomar en cuenta a los diferentes tiempos de exposición a lo anterior mencionado, y con ello evidenciando si el grado de color mejora o, por otra parte, surge pérdida cuanto mayor o menor es su tratamiento, permitiendo interpretar en que aspecto su aplicación beneficiará o perjudicará en la solidez del color al lavado.

### **1.4. Objetivo general**

Determinar la influencia de la aplicación del ozono en la variación del color de un tejido jersey 100% algodón tinturado con colorante directo.

### **1.5. Objetivos específicos**

- Investigar documentación bibliográfica relevante a base de libros, revistas, artículos científicos, entre otros; sobre el proceso de aplicación de plasma de ozono.
- Establecer el parámetro tiempo al tejido jersey 100% algodón mediante la exposición de plasma en la cámara de ozono implementando diferentes períodos.

- Realizar el procedimiento de lavado y de secado domésticos ISO 6330 a las muestras de tejido de jersey tinturadas ya aplicadas con ozono mediante equipos de laboratorio normalizados para el análisis de cambio de color a través de la escala de grises.
- Interpretar los resultados obtenidos de los ensayos al tejido por medio de gráficas estadísticas empleando software estadístico Past4 diferenciando su variación de intensidad de color con el proceso de ozono.

### 1.6. Características del sitio del proyecto

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura, Ciudad Ibarra, en las coordenadas  $0^{\circ}22'45.0''N$   $78^{\circ}07'19.4''W$  en el área de Ingeniería Textiles CTEX pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte, que contiene los equipos de laboratorio normalizados de última tecnología para la realización de la correspondiente tesis que requiere el autoclave para la tintura del sustrato textil, espectrofotómetro que mide y evalúa el color de la muestra, cámara de ozono que se aplica al sustrato mediante el método de exposición, medidor de calidad del aire (VOC) de los compuestos orgánicos volátiles y el equipo de lavado y secado. A continuación, se observa en la figura 1.



**Figura 1.** Carrera Textiles

*Fuente: (Google, 2022)*

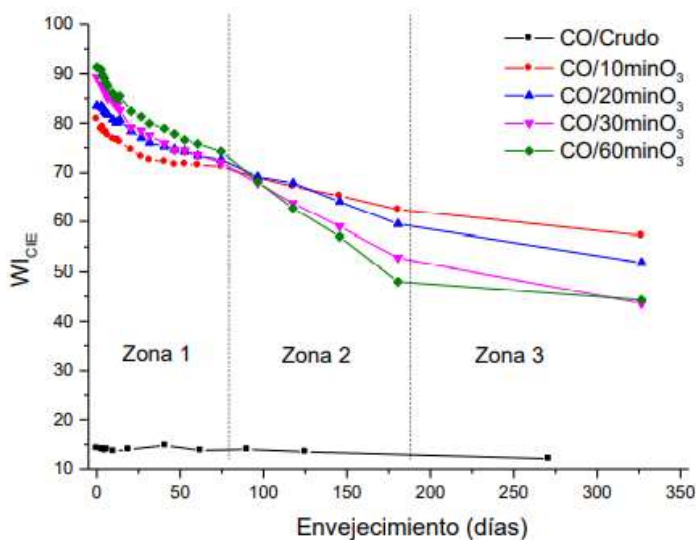
## Capítulo II

### 2. ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. Estudios previos

##### 2.1.1. Ozono

Perincek et al. (2007) afirma que: “El ozono se propuso por primera vez como agente blanqueador de madera en 1871. En la actualidad, un número cada vez mayor de fábricas lo utiliza para producir madera dura totalmente blanqueada” (p.325). Mientras Bautista (2012) hace referencia en la figura 2 que al aplicar ozono al tejido de algodón se obtiene un buen grado de blanco inicial, pero con el tiempo también sufre mayor pérdida siendo proporcional con el envejecimiento del tejido.



**Figura 2.** Tiempo de exposición Co a plasma de ozono.

Fuente: (Bautista, 2012)

Se puede observar que mientras más amplio es el tiempo de ozonización de exposición a las muestras de algodón, el tejido genera mayor envejecimiento y su grado de blanco va disminuyendo principalmente en la zona 3.

Para la generación de plasma de ozono debe ser in situ, porque no se puede transportar por ser muy reactivo. A continuación, Tabla 1 se presenta cuatro métodos para su obtención.

**Tabla 1.**

*Métodos para obtención de ozono.*

<b>Generador de ozono</b>	<b>Observación</b>
Fotoquímico	Formados por la fotodisociación del oxígeno por la radiación UV reaccionan con las moléculas de oxígeno para formar ozono.
Electrolítico	Convierte el oxígeno del agua en ozono al pasar el agua a través de superficies cargadas positiva y negativamente.
Radioquímico	Es la irradiación de alta energía de gases o líquidos.
Por descarga corona	El oxígeno o aire se convierte en ozono por la descarga eléctrica. Los átomos reactivos pueden reaccionar entre sí.

*Adaptada de: (Körlü, 2018,p. 5)*

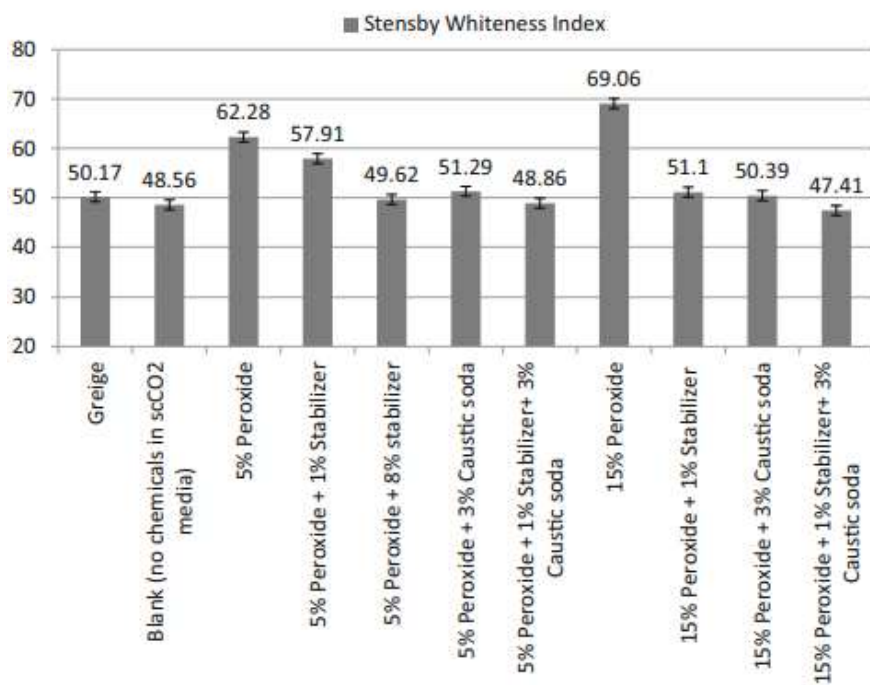
En la industria textil Körlü (2018) menciona que se presenta dos formas de aplicación:

- Fase gaseosa que al colocar los sustratos porosos tienen más capacidad de absorber, debe ser realizada en un equipo hermético para salvaguardar la salud. Puede ser afectado por la luz, materia orgánica, entre otros.
- Fase acuosa que hace referencia a un proceso en húmedo, ya que el ozono tiene mayor solubilidad que el oxígeno. La vida del ozono es menos en comparación a O<sub>3</sub> gaseoso.

Actualmente por los diferentes virus y bacterias que la sociedad se encuentra expuesta en determinados lugares públicos y privados, han optado como opción la colocación de armarios o arcos automáticos con generador de ozono para la desinfección de ropa y zapatos. Además, el sobrante de ozono al ser más pesado que el aire se deposita gradualmente en el fondo y al final el ozono desacoplado es oxígeno evitando daño al ambiente.(Chen, 2012)

### 2.1.2. Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

De forma constante en la industria textil se ha implementado métodos alternativos con la finalidad de reducir la cantidad de agua empleada para cada proceso, pues bien, Eren et al. (2018) en su investigación se ha enfocado en el blanqueo del tejido de punto de algodón con fluido de dióxido de carbono sin utilizar agua, para ello sus parámetros presenta una temperatura de 80 °C por 20 min, los resultados fueron excelentes comparados a los métodos convencionales, por otra parte, se evidenció que la morfología de la fibra tuvo un efecto perjudicial.



**Figura 3.** Opciones de blanqueado

Fuente: (Eren et al., 2018)

En la figura 3 se observa 11 métodos para la realización de un blanqueo de tejido de algodón, bajos los parámetros señalados en el anterior párrafo, permitiendo interpretar que el peróxido de hidrógeno tiene mayor beneficio al lograr un 69,06%, mientras que el 47,41 % es el menor valor

y además de que se aplica tres productos. No obstante, es de consideración que la nueva alternativa presentada es lucrativa al ahorrar de agua y reducción de procesos.

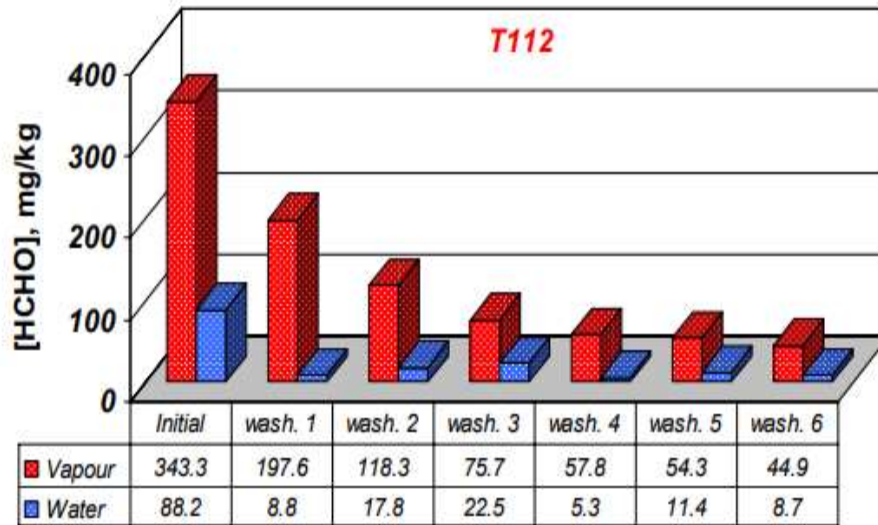
En esa misma línea, en Hong Kong existe un instituto de investigación textil que desarrolla procesos químicos, Hkrita (2022) “ Se ha desarrollado un hilo celulósico, funcionalizado con moléculas que contienen aminos, para capturar el CO<sub>2</sub> del aire circundante” (párr. 1). Es decir que se enfocaron en la absorción del CO<sub>2</sub>, para ello crearon una solución con aminos para tratar a los tejidos de algodón; su objetivo es que atraiga y lo absorba, para estabilizarlo en la superficie del material textil. Posterior a ello, el sustrato textil es calentado a 40 °C para que libere lo almacenado y alimentar a un invernadero para que las plantas completen el ciclo de fotosíntesis. De modo que se presentan nuevas opciones para la aplicación de CO<sub>2</sub> con el propósito de ayudar al ambiente.

### **2.1.3. Formaldehído (HCHO)**

Las prendas de vestir se encuentran expuestas a una variedad de productos químicos que pueden ser potencialmente peligrosos para la salud, una de ellas es el formaldehído, ante tal situación es esencial reducir y mantenerlos en los límites de seguridad, por ello se surge lavar las prendas antes de su primer uso, para evitar efectos adversos como alergias, dermatitis y sensibilización. Por consiguiente, Piccinini et al. (2007) afirma que:

El formaldehído es uno de los productos químicos más utilizados en el mundo. Se encuentra en una variedad de productos de consumo, como muebles, pegamentos, adhesivos, aislamientos, revestimientos de papel, desinfectantes, tabaco, cosméticos y textiles. Se introdujo en la industria textil para aumentar la resistencia de los tejidos (por ejemplo, algodón y poliéster) a las arrugas durante el uso y el lavado. (p. 13)

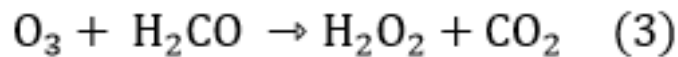
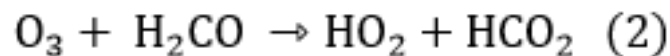
En la investigación realiza ensayos en prendas de bebé, camisetas de algodón, fundas de almohada, ropa de cama y cojines. Los resultados se evidenciaron que el material textil que tendrá contacto con la piel no excede el  $300 \frac{mg}{Kg}$ . En la Figura 4 se interpreta que al realizar más ciclos de lavados se reduce el HCHO, es decir la poción de lavado 4 con agua es el sugerido.



**Figura 4.** Residuos de HCHO.

*Fuente: (Piccinini et al., 2007)*

El formaldehído es considerado un aditivo, conduce una gran acumulación de aire y a la contaminación, por ello ha causado una gran preocupación ambiental y a la salud de las personas, ante tal situación Wang et al. (2010) promueve el uso de ozono “como un medio para reducir la concentración de contaminantes en interiores” (p. 1). En un espacio cerrado puede generar la siguiente reacción química:



**Figura 5.** Reacción química O<sub>3</sub> y CH<sub>2</sub>O.

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

*Nota:* En la figura anterior se presenta 3 tipos de reacciones químicas, para el estudio se considerará la opción tres. Al generar al textil libre de formaldehído que se lleva a cabo a través de la aplicación del ozono.



Se busca libera los textiles del CH<sub>2</sub>O, Zapata et al. (2018) durante una investigación de la Unión Europea cuantificó el producto químico en muestras que son normalmente comercializadas, en la cual evidenció lo siguiente:

**Tabla 2.**

*Cantidad de CH<sub>2</sub>O en prendas textiles.*

Descripción	Cantidad	CH <sub>2</sub> O
Muestras destinadas al contacto directo con la piel.	20 de las 183 muestras	Superan 30 $\frac{mg}{Kg}$
Prendas de vestir para bebés menores de dos años.	5 de 46 muestras	Superior a 20 $\frac{mg}{Kg}$

*Adaptada de: (Zapata et al., 2018, p. 3)*

*Nota:* Se evidenció que el 10% del total, es decir, de 23 de 221 muestras liberan mayor de 30  $\frac{mg}{Kg}$  y sus valor máximo fue de 162,5  $\frac{mg}{Kg}$ .

#### 2.1.4. Algodón

Bahtiyari & Benli (2016) mencionan que: “el ozono se puede utilizar para el blanqueo de tejidos de algodón e incluso cuando no se aplicó mordiente; Se obtuvieron buenos colores con suficientes solidez de las telas de algodón teñidas con cáscaras de nuez verde” (párr.1). Generando como conclusión que dependiendo el pretratamiento que se le asigne al tejido y sus concentraciones de colorante. Además, un punto fundamental se basa en el proceso de ozonización considerando el parámetro tiempo, siendo relevante en la resistencia del tejido, ya que entre más se prolongue la exposición provoca un aumento en las pérdidas de fuerza. (Bahtiyari & Benli, 2016)

Por otra parte, la tesis elaborada por Aguirre (2022) sobre la aplicación de ozono a un tejido plano 100% algodón para otorgar resistencia a la tracción- elongación y abrasión, como única variable el tiempo (5, 15, 20, 25, 35, 50, 65 min) expuestas a O<sub>3</sub>; determinó que las muestras sometidas a la prueba de urdimbre y trama en estado seco después de ser aplicadas 15 min de O<sub>3</sub> aumenta su porcentaje de elongación, mientras que en estado húmedo la gabardina sufre mayor

degradación ante mayor tiempo de exposición; con respecto a la abrasión tuvo 18419 ciclos a un tiempo de 65 min de ozono con resultado óptimo.

### 2.1.5. Colorantes directos

Se busca una solución correspondiente a la eliminación del color en los tratamientos en los efluentes de tintura; es importante reconocer que diferentes investigaciones hacen referencia al plasma de ozono al aplicar a las aguas residuales mediante un generador, con el propósito de la remoción de los colorantes y pigmentos, haciendo énfasis a “Las combinaciones de tecnologías a partir de ozono y ultrasonido, permitieron remover más del 98 % del color directo presente en las muestras estudiadas, durante 1 minuto de operación” (Barrios-Ziolo et al., 2015, p.123). Como se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Eficiencia de remoción de color.*

Tipo de colorante	Tipo de tratamiento	Características % RC
Directo	Físico-Químico	95-100%
Ácido	Físico-Químico	90-100%
Disperso	Físico-Químico	100%
Reactivo	Físico-Químico	99%

*Adaptada de: (Barrios-Ziolo et al., 2015, p.122)*

El resultado de la Tabla 3 muestra la aplicación de dos métodos que permite la remoción del color (RC) en los diferentes tipos de colorantes en un determinado tiempo y como resultado se elimina en gran porcentaje, pero es de consideración que también puede ser influenciado el resultado por la aplicación de otros productos químicos que permiten su reacción.

En la investigación de Sevimli & Sarikaya (2002, citado en Perincek. 2016, p.82) señala que:

El proceso de ozonización, se cree que los colorantes se vuelven incoloros por la escisión oxidativa de los cromóforos. La ruptura de los dobles enlaces -C=C- y otros

grupos funcionales desplazará el espectro de absorción de la molécula fuera de la región visible.

En la cual realiza muestras con blanqueador óptico de tipo directo, se aplicó “con tres concentraciones diferentes (0,1-0,3-0,5%), al tejido de algodón y luego las muestras se ozonizaron durante 15, 30 y 60 minutos” (Perincek, 2016, p.76). Demostrando que a mayor tiempo de exposición mayor eficiencia, pero también pérdida de resistencia del tejido.

Para lo mencionado anteriormente Keraani et al. (2021) explica que los colorantes directos depende su difusión en el material celulósicos por:

- las características de la tela.
- Estructura del tejido depende de su a tortuosidad.
- Ángulo de contacto para llenar los espacios entre los hilos (macrocanales) Cuando el ángulo de contacto entre la tela y el líquido se vuelve bajo, el efecto del peso disminuye. Como consecuencia, este comportamiento conduce a un incremento en el coeficiente de difusión.
- Tiene gran importancia por la estructura química del colorante puede ser limitada su difusión.
- La composición del baño involucra mayor concentración inicial de colorante mejorará el proceso de difusión.

#### **2.1.6. Tintura de algodón**

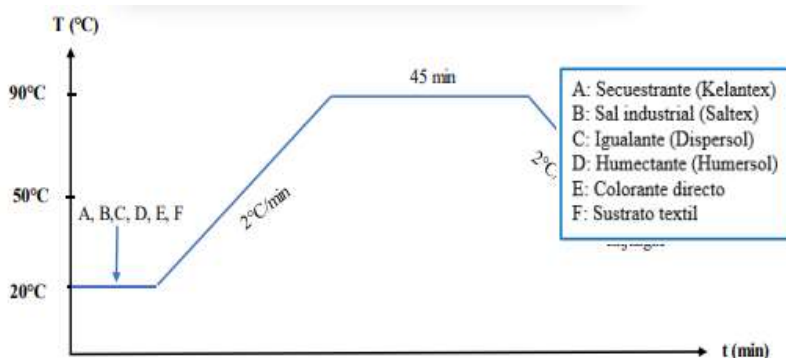
La aplicación de suavizantes textiles en algodón a través de la investigación tiene como fin teñir con colorantes directos para la evaluación de reflectancia y solidez, que posterior a ello fueron medidos en el espectrofotómetro bajo las normas respectivas. Los resultados demostraron que las muestras aplicadas con suavizante no iónico género alteración en el color con un sangrado provocando la disminución del tinte en la superficie de la muestra, mientras que el suavizante aniónico la alteración fue ligera.

(Parvinzadeh & Najafi, 2008) indica cómo fue teñido:

Las soluciones de tintura se prepararon mediante la adición de colorantes directos (2% sobre el peso de la fibra), nivelador (1% p/p) y sal (20 g/l). El pH inicial del baño de tintura fue de 7. El proceso de tintura se inició a los 40 °C y la temperatura

elevada a 85 °C durante 20 min y luego se mantuvo a esa temperatura durante 1 h. (p.14)

Estacio (2020) en la investigación del análisis comparativo de afinidad tintórea de tres tipos de fibras ( algodón, bambú, acetato de celulosa), detalla que utilizó 8 gr peso de fibra en una R:B 1:10, se empleó colorantes directos en diferentes concentraciones (3%, 1% 0,5%) y marcas, aunque aplicando la misma curva de tintura, auxiliares y 80 ml de solución para cada muestra. En la Figura 6 se presenta la curva de tintura. En respuesta se determinó que el bambú tiene mayor intensidad, menor degradación y mayor trasferencia de color. Por su parte, el colorante directo azul en concentración al 1% tiene mayor afinidad tintórea.

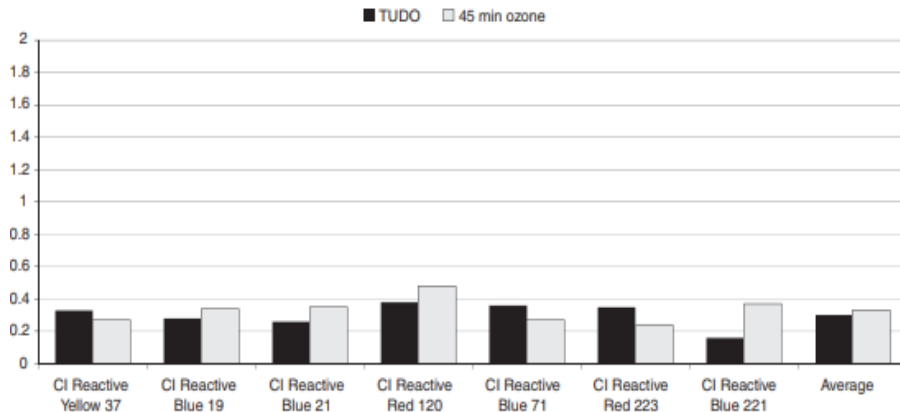


**Figura 6.** Curva de tintura con colorante directo.

(Estacio, 2020)

Eren et al. (2016) llevó a cabo una investigación de la eficiencia de los tratamientos con ozono en los tejidos de algodón para su decoloración por el método acuoso, en el cual afirmó lo siguiente:

Se aplicó el decolorante reductor convencional como tratamiento de control, y el tratamiento con ozono se aplicó durante tres tiempos diferentes de aplicación (15, 30 y 45 minutos). Se realizaron ensayos con siete tintes reactivos seleccionados que tenían varios cromóforos y grupos reactivos. Los resultados indican que el tratamiento con ozono de 45 minutos produjo los mejores resultados de decoloración entre los tres tiempos de aplicación. (párr. 1)



**Figura 7. Método de TUDO y Ozono.**

*Fuente:*(Eren et al., 2016)

En la Figura 7 se observa dos métodos para descolorizar al tejido de algodón, el método TUDO convencional y el método de tratamiento con ozono; se interpreta que no existe mucha diferencia en sus valores en la diferencia del color, ya que generan de una descolonización del 90% de manera uniforme, además mediante el  $O_3$  se consigue una reducción de la demanda química de oxígeno de 94%.

## 2.2. Marco legal

### 2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo a la Constitución del Ecuador sustenta a base de los siguientes artículos (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

Art. 83 literal 4 indica que: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 395 literal 1 menciona:

El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. ( pp.62-177)

### 2.2.2. Líneas de investigación

El presente trabajo se encuentra relacionado con las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte de la Carrera de Textiles enfocado hacia:

- Producción Industrial y Tecnología Sostenible
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socio-económico (CUICYT, s.f.)

### 2.2.3. Tulsma

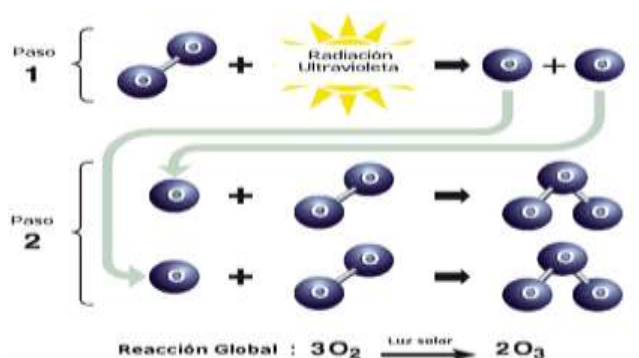
Con base al Tulsma abarca normas en relación asuntos ambientales, hace mención a:

“La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ( $100 \text{ mg/m}_3$ ), más de una vez en un año” (TULSMA, 2013, p.313). Con respecto al dióxido de carbono al “aire ambiente” contiene el 1%

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. Ozono ( $\text{O}_3$ )

Perincek et al. (2007) afirma que: “El ozono, compuesto por tres átomos de oxígeno, se puede utilizar para oxidar muchas impurezas orgánicas e inorgánicas. Debido a su alta capacidad oxidante” (p.325). en la Figura 8 se observa que los rayos UV separan los dos átomos que se compone una molécula de oxígeno, y en secuencia se choca contra otra para la formación de ozono.



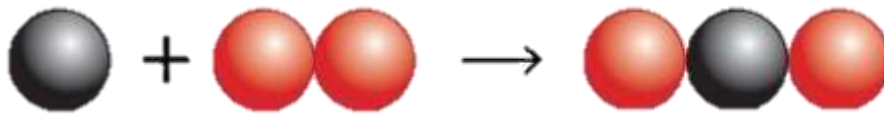
**Figura 8.** obtención de  $\text{O}_3$ .

Fuente: (IDEAM, 2022)

Mientras que Vázquez Zavala (2000) expresa que: “se obtiene como gas inestable de color azul, con un olor irritante muy característico y que licúa a  $-111.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , formando un líquido azul inestable. El aire ozonizado tiene un olor fuerte y desagradable” (p.55).

### 2.3.2. Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

CaDi (2022) se encarga de fabricar equipos generadores de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), por consiguiente, lo define de la siguiente manera “Un gas incoloro con un olor y sabor ligeramente agrio. Densidad en condiciones normales  $1,98\text{ g/l}$ . A presión atmosférica, no existe en estado líquido, pasando directamente de estado sólido a estado gaseoso” (p. 6).



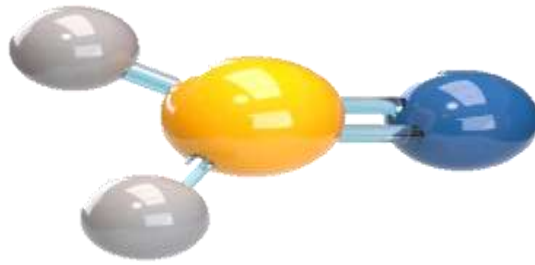
**Figura 9.** Dióxido de carbono.

*Fuente: (González, 2020)*

En la Figura 9 se observa la molécula está compuesta por dos átomos de oxígeno representadas con esferas de color rojo y un átomo de carbono de color plomo. El dióxido de carbono sólido se llama hielo seco utilizado como refrigerante. A presión elevada y temperaturas normales se convierte en líquido.

### 2.3.3. Formaldehido ( $\text{HCHO}$ )

Es formado por la combustión de compuestos de materiales orgánicos, ocurre en la atmósfera por la oxidación de compuestos volátiles naturales, es empleado con fines de desinfección o conservante. Pero es considerada carcinogénica para el ser humano; es una sustancia incolora, soluble en agua, punto de ebullición es de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pH va desde  $2,8 - 4,0$ , su fórmula química es de  $\text{CH}_2\text{O}$  (Peñalver Paolini et al., 2016)



**Figura 10.** *Formaldehído.*

*Fuente: (Costa, 2022)*

*Nota:* Las esferas de color plomo señalan los átomos de hidrógeno conectados por un enlace covalente, mientras que la esfera central representa el átomo de carbono, de modo que se conecta por un doble enlace hacia el azul simboliza al átomo de oxígeno.

#### **2.3.4. Algodón**

En una fibra de origen natural obtenido del fruto de la planta. Reyes menciona que: “El género *Gossypium* comprende 50 especies de las que sólo se cultivan cuatro con fines comerciales en todo el mundo”(Reyes, 2014, p.13), sus componentes son celulosa, agua, sales minerales, proteínas, pectinas, ceras y pigmentos; se caracteriza por tener 8,5% de raigan, tiene poca elasticidad y su tonalidad va desde blanca hasta cremosa (Tirira, 2017). A continuación, Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Composición algodón.*

<b>Constitución</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Celulosa	95
Proteína	1.3
Sustancias pécticas	0.9
Ceniza	1.2
Ceras	0.6
Azúcares	0.3
Ácidos orgánicos	0.8
Pigmento	-
Otros	1.4

*Adaptada de: (Wakelyn, 2006, p.28)*



La fibra de algodón (Co) es utilizada de manera comercial, desde el punto botánico es unos tricomas o pelos cubiertos de semillas. Como se puede observar en la Tabla 4 la composición del (Co) corresponde el 95 % celulosa, proteína 1,3 %, pectina 0,9 %, entre otros. Que dependen del tipo de madurez de la fibra, su variedad y condiciones ambientales. Aunque la degradación molecular es una de las desventajas, ya que genera pérdida de resistencia. Su sistema de clasificación depende de la longitud, fuerza, densidad lineal y grado que abarca: color, basura, apariencia relativa, neps y condiciones especiales (irregularidades).

### **2.3.5. Colorantes directos**

Los colorantes directos se los define de la siguiente manera: “Son colorantes aniónicos, solubles en agua; que tienen sustantividad hacia la celulosa en presencia de electrolitos. Su uso principal es el teñido de algodón y fibras de celulosa regenerada” (Colindres & Reguera, 2010, p.11). Es decir que el agotamiento aumenta.

### **2.3.6. Tintura de algodón**

Cuando la fibra, hilo u tejido de algodón (Co) es sometido al proceso de tintura, anteriormente suelen estar tratados para aumentar la afinada entre fibra y colorante, para continuar con la tintura. Saavedra (2014) hace referencia al “color debe ser distribuido uniformemente a través de la misma y debe quedar fijado de una manera lo más permanente posible” (p.3).

En el proceso de tintura los factores que destacan son: los colorantes, el material textil y el medio por el cual interactúan, en la mayoría de los casos es el agua (la cantidad de agua se le denomina baño). Es representada por la curva de baño que es un gráfico que permite establecer parámetros como temperatura, tiempo, colorante, pH, auxiliares, material textil y relación de baño.

Además, es de consideración que cada familia de colorantes se diferencia de sus propiedades específicas y procesos de aplicación dependiendo del sustrato. Para la celulosa y el colorante es medido por su afinidad tintórea que se refiere a la capacidad o propiedad del colorante para ser absorbido por la fibra y resistencia a su defeción a los lavados, de igual manera, al utilizar colorantes directos para aumentar el agotamiento es necesario acrecentar la cantidad de electrolitos.

## Capítulo III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipos de investigación

##### 3.1.1. Investigación analítica

Es un modelo que se vuelve un punto de partida con base en el análisis; estableciendo variables que son comparadas en diferentes grupos de estudios y control. Desarrollando el pensamiento crítico, valoración de hechos, además que es un aporte que permite encontrar evidencia, que sustente y apoye la investigación o las hipótesis involucradas, mediante el proceso de entender, criticar a través de diferentes investigaciones, generando un nuevo pensamiento, contrastar (entre lo teórico y lo práctico) e incorporar un nuevo proceso.

Esta investigación se aplicó para el correspondiente análisis de resultados obtenidos, con el proceso de la aplicación de plasma de ozono a las muestras 100% Co tinturadas con colorantes directos.

##### 3.1.2. Investigación experimental

De acuerdo con Ramos (2021) este método se destaca por la manipulación de diferente variable sobre un grupo que interviene, y la observación del impacto sobre las muestras, es decir, como influye en las variables dependientes. Se menciona que tiene un protocolo en las cuales interviene los equipos e instrumentos necesarios que deben medir pre y post-test.

Inició el procedimiento con base a los conceptos obtenidos mediante fuentes bibliográficas, revistas científicas, entre otras. Las cuales fueron un aporte que se empleó para el avance de nueva formulación con la aplicación de plasma de ozono sobre las muestras ya tinturadas con colorantes directos, como única variable independiente presentada es el tiempo de exposición, respetando la dosificación sobre el valor mencionado en el TULSMA.

##### 3.1.3. Investigación causal

Desde la perspectiva de Barco & Carrasco (2018) el método casual tiene un enfoque en la relación de las variables que se presenta y el efecto que puede generar, para ello se ostentan las hipótesis, la parte experimental, sus resultados positivos o negativos; es fundamental reconoce los

parámetros y objetivos, con el fin de realizar la evaluación cualitativa y cuantitativa, con propósito de efectuar la parte estadística.

Con este método se comprobó que el plasma de ozono tiene influencia en las muestras de tejido 100% algodón, en el cual permite determinar qué tiempo de exposición es el óptimo para cada color.

#### **3.1.4. Investigación comparativa**

Según Gray et al. (2012) la investigación comparativa se basa en la recolección de información relevante que involucra la comparación entre los resultados alcanzados de las mismas categorías, reconociendo las similitudes o distinciones, permitiendo corroborar o rebatir hipótesis. También se evidencia las técnicas, análisis de datos y orientación teórica.

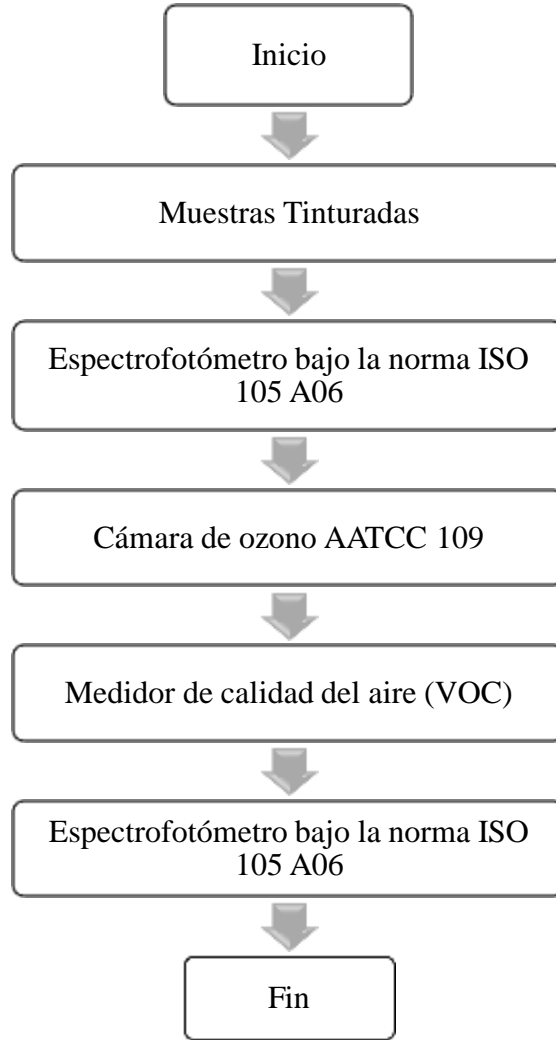
Se comparó los resultados obtenidos bajo las normas de laboratorio, las muestras tinturadas con colorante directo en las tres diferentes tonalidades, fueron analizadas en el espectrofotómetro bajo la norma ISO 105 A06, antes y después de pasar por la cámara de ozono. Diferenciando su variación de intensidad de color.

### **3.2. Metodología**

La metodología abarca varios tipos de investigaciones, técnicas y métodos; tiene una relación entre lo teórico – práctico, pues bien, a continuación, se presenta un flujograma general y muestral, que detalla cada secuencia de los procesos determinados a seguir para la realización de la investigación:

#### **3.2.1. Flujograma general**

En la Figura 11 se especifica el flujo de proceso del desarrollo de la parte práctica durante la aplicación del plasma de ozono en el tejido 100% Co tinturado con colorante directo, con el fin de evaluar el cambio de color. Desde la tintura de las muestras en sus tonalidades (azul, amarillo, rojo), para luego pasar por el espectrofotómetro, cámara de ozono, medidor de aire, la prueba de lavado y secado doméstico; posteriormente a los resultados se realizó el análisis tabulación e interpretación de datos obtenidos.



**Figura 11.** *Flujograma general- proceso.*  
*Fuente: Propia.*

### 3.2.2. Flujograma muestral

El flujograma muestral es sucesión detallada que se representa en la Figura 12, que da a indicar el procedimiento a seguir para cada probeta, el número de muestras utilizadas en total 15, se especifica los grupos que fueron divididos dependiendo su tonalidad y codificación, las pruebas llevadas a cabo definida en cada fase, las normas aplicadas, la tabulación, análisis e interpretación de resultados.

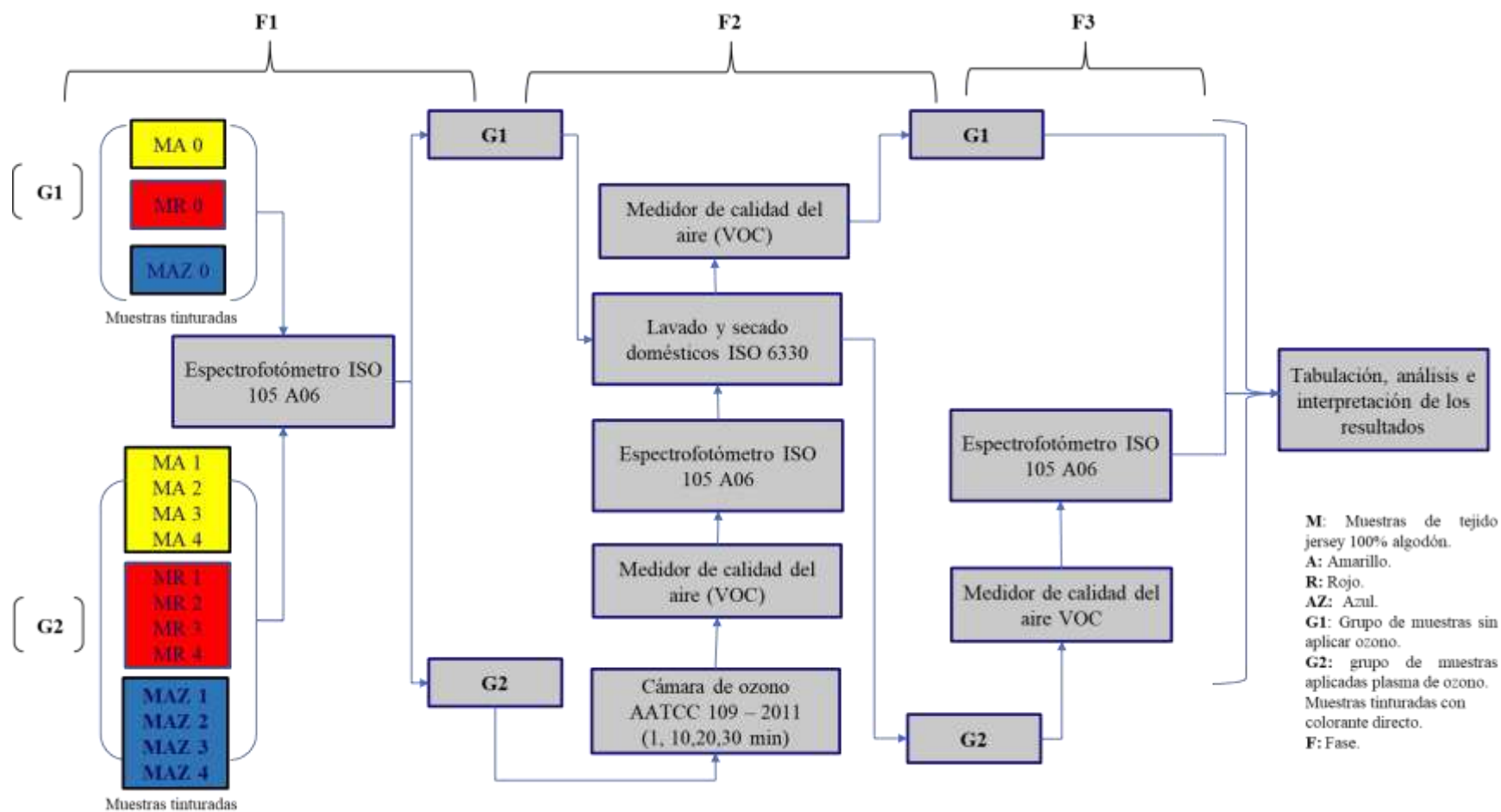
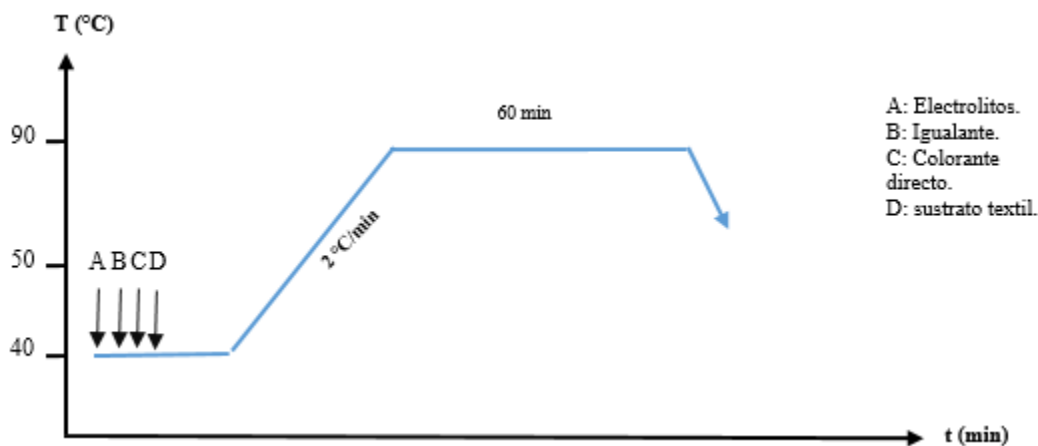


Figura 12. Flujograma muestral.

Fuente: Propia

### 3.2.3. Curva de proceso de tintura

Una vez que el tejido jersey 100%Co se encuentra APT, se aplicó el mismo proceso de curva de tintura como se indica la Figura 13 para los 15 sustratos textiles con colorante directo, además del mismo peso de 5 g y relación de baño R: B de 1:10.



**Figura 13.** Curva de procesos de tintura.

Fuente: Propia.

Se realizó las respectivas recetas para las 15 muestras **Anexo 2**, considerando que:

- Las 5 muestras serán tinturadas de color amarillo.
- Las 5 muestras serán tinturadas de color rojo.
- Las 5 muestras serán tinturadas de color azul.

Se prosigue a la máquina de laboratorio autoclave cerrado, para colocar en cada frasco de acero inoxidable las concentraciones del colorante amarillo, rojo y azul, los auxiliares y las probetas. Como se indica en el [Anexo 3](#) el resultado de las muestras ya tinturadas.

### 3.2.4. Fichas técnicas

En la presente investigación se utilizó diferentes productos y equipos del laboratorio de calidad textil disponibles; en la Tabla 5 se señala el producto, equipo y sus correspondientes fichas técnicas que detallan sus principales características, las cuales se encuentran con su anexo.

**Tabla 5.**  
*Fichas técnicas.*








Producto y Equipo	Ficha técnica
Colorantes	<a href="#">Anexo 4</a>
Ozono	<a href="#">Anexo 5</a>
Autoclave y espectrofotómetro	<a href="#">Anexo 6</a>
Cámara de ozono y medidor de calidad de aire	<a href="#">Anexo 7</a>
Wascator	<a href="#">Anexo 8</a>

*Fuente: propia.*

### 3.3. Equipos y materiales

En la parte práctica se utilizó diferentes materiales que permitieron el desarrollo de la investigación, para ello en la Tabla 6 se detalla los materiales, sus características y su figura.

**Tabla 6.**  
*Materiales manipulados en laboratorio.*

Materiales	Característica	Figura
Vaso de precipitación	Permite la medición de los líquidos y de gramos de diferentes productos químicos.	
Envases de acero inoxidable	Es parte del equipo de autoclave, el cual permite colocar en su interior el baño de tintura y las probetas.	
Balanza analítica	Pesa los diferentes productos textiles en diferentes unidades.	
Barra agitadora	Es una barra de vidrio que permite realizar la agitación para la disolución de los productos.	
Vidrio reloj	Permite colocar los auxiliares y colorantes para su correspondiente pesaje.	
Colorantes	Son productos textil que permiten otorgar color a las probetas.	
Auxiliares	Saltex es un producto que permite que neutralizar la carga de celulosa para que la difusión del colorante pase del baño de tintura hacia la fibra.	

### 3.3.1. Autoclave

La autoclave de circuito cerrado es un equipo que permite realizar descrudes, preblanqueos, blanqueos y tintura de diferentes sustratos textiles; acorde a su programación que permite:

- Diseñar curvas de tintura.
- Establecer la relación de baño.
- Determinar alta o baja temperatura.
- Fijar el cambio de sentido de giro para mayor igualación de color.



**Figura 14.** Autoclave cerrado.

*Fuente: (Carrera de Textiles, 2021)*

Justamente, Akarmak (2014) recalca que contiene “un PLC capaz de controlar las funciones de tiempo, calentamiento, enfriamiento, despresurización inmediata, indicación de receta y pantalla gráfica” (p. 2). El equipo se encuentra ubicado en el laboratorio de la Carrera de Textiles, permitió someter al mismo tiempo a las 15 probetas a la tintura con colorante directo.

### 3.3.2. Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es utilizado para determinar la información de color a partir de las propiedades ópticas de los materiales, es manipulado para registrar la reflectancia de espectros de



los colores que contienen. Para cada muestra, los parámetros que se obtienen mediante la medición del color. (Böcekçi & Ylldz, 2017)



**Figura 15.** Espectrofotómetro.

*Fuente: (Carrera de Textiles, 2021)*

Una vez tinturadas las 15 muestras en la primera fase (F1) fueron divididas en dos grupos denominados G1 y G2, luego pasaron al espectrofotómetro bajo la norma ISO 105 A06, que se obtiene en coordenadas de croma, finalmente en la tercera fase (F3) volvieron a ser evaluadas el grupo 2 por el equipo bajo la misma norma para la comparación de resultados.

### **3.3.3. Cámara de ozono**

Es una cámara hermética de vidrio con un volumen de  $0.063\text{m}^3$  que genera debido al método de descarga eléctrica; las muestras deben ser colocadas en las rejillas para ser expuestas al  $\text{O}_3$  de manera directa. (Aguirre, 2022)

En el [Anexo 10](#) se observa la colocación de las probetas del G2 en el interior de la cámara que se expusieron al  $\text{O}_3$  en diferentes tiempos de 1 min, 10 min, 20 min y 30 min.

### **3.3.4. Medidor de calidad del aire (VOC)**

El modelo del equipo de medidor de calidad de aire es de JSM – 131 SC el cual será introdujo en la cámara de vidrio, a lado de cada probeta, para mayor pericia en la interpretación de resultados,

con el fin de medir los compuestos orgánicos volátiles en ppm después de la exposición al plasma de ozono, posterior al lavado y secado domestico; su medición abarca desde VOC, dióxido de carbono y formaldehído, como se observa las tres primeras columnas en las cuales se encuentran los límites de exposición en ppm, en la columna cuatro y cinco son las calificaciones para la comparación de los resultados.

**Tabla 7.**

*Referencia de nivel de contaminación de la calidad de aire.*

TVOC	CO2	HCHO	Químico	Contaminante
0 -0,5	0 – 450	0 - 0,08	Afuera	-
0,501 – 0,6	451 – 1000	0,081 - 0,1	Afuera	-
0,601 – 1,5	1001 – 1500	0,101 - 0,2	Contaminado	-
1,501 – 3	1501 – 2000	0,201 - 0,5	Contaminado	-
3,001 – 6	2001 – 3000	0,501 - 1,0	Fuerte	Uso
6,001 – 12	3001 – 5000	1,001 - 1,999	Fuerte	Uso

*Fuente: Manual JSM- 131 SC.*

Por otro lado, en el manual de instrucciones señala los niveles de contaminación en el instrumento de VOC, como se indica en la Tabla 7, para ello en su manipulación se debe tener en cuenta la estabilidad a largo plazo para un correcto monitoreo.



**Figura 16.** *Detector de calidad de aire modelo JSM- 131 SC.*

*Fuente: propia*

Las probetas del G2 se colocaron dentro de la cámara de vidrio luego de ser expuesto al O<sub>3</sub>, con el fin de evaluar el VOC como se observa en el Anexo 10 y los resultados en la Tabla 16. Mientras que en la fase 3 estuvieron medidos el mismo grupo, después de pasar del lavado y secado doméstico, para posterior comparación.

### 3.3.5. Equipo de lavado y secado

El equipo utilizado fue la lavadora Electrolux Wascator FOM 71 CLS, que controla los parámetros de temperatura, velocidad de giro y nivel de agua. Permite evaluar la calidad de los tejidos textiles, apariencia, cambio dimensional, entre otros.



**Figura 17.** *Equipo de lavado y secado.*

*Fuente: (Carrera de Textiles, 2021)*

En la F2 se introdujo al Wascator para realizar el procedimiento de lavado y secado doméstico, las probetas del G1 después de su evaluación por el espectrofotómetro y el G2 en secuencia del medidor de aire VOC, con la finalidad de diferenciar la variación del color con/sin exposición al ozono.

### 3.3.6. Muestras de tejido de punto jersey

La presente investigación se efectúa acorde al tipo de tejido y composición a emplear, a continuación, en la Tabla 8 se señala los datos técnicos generales de las 15 muestras como el nombre, composición, tipo de ligamento, gramaje y rendimiento.

Para la obtención del gramaje se realizó con la cortadora de 100 cm<sup>2</sup>, bajo la norma ISO 3801 del tejido se obtuvo 5 muestras para realizar su posterior pesaje y obtener su promedio, del mismo modo para obtención del rendimiento se obtuvo mediante la norma ASTM D 3774-18 como se observa en el [Anexo 9](#).

**Tabla 8.**

*Datos técnicos tejido de punto.*

Datos técnicos		
Nombre	Tejido de punto	
Composición	100% Co	
Ligamento	Jersey	
Ancho	1,72 m	
Tejido	Gramaje	Rendimiento
100% Co	145,17 g/m <sup>2</sup>	4,0 m/kg

*Nota:* Es aplicada de forma general.

Igualmente, el corte de probetas se realizó a 15 cm del orillo y de forma escalonada con el fin de abarcar todo el rapport. El tamaño de cada probeta fue de 10 x 15 cm.

### 3.4. Normas y pruebas de laboratorio a aplicar

Las normas brindan una regulación nacional e internacional recurriendo acuerdos multilaterales garantizando que los resultados sean confiables y de buena calidad.

World Standards Cooperation (2018) concluyó que la norma ISO es una organización basada en un consenso, los miembros proponen nuevas normas; a decir verdad son creadas para satisfacer las necesidades de los consumidores, artículos o servicios; se encuentra al alcance para todas las partes interesadas. Al mismo tiempo que la AATCC basada en procedimiento, control de calidad, evaluación cuantitativas o cualitativas y métodos estándares internacionales en la industria textil. (AATCC, 2022)

La investigación se realizó en el laboratorio utilizando las siguientes normas:

### 3.4.1. Norma ISO 105 A06

Esta prueba fue realizada en el laboratorio de la Carrera de Textiles bajo la norma ISO 105 A06 el ensayo de solidez del color para la determinación de la intensidad de color en el espectrofotómetro. Al inicio se realizó la calibración respectiva del equipo, como siguiente paso la colocación de la apertura de medición que fue de 25 mm, con el fin de garantizar la precisión en la reflectancia.

En la Fase uno, las 15 probetas regida a la norma deben medir mayor de 5 mm x 5 mm, de forma individual serán colocadas en la abertura del instrumento, para que lea las coordenadas en el CIELAB (luminosidad, croma y tono) y se registra el resultado.

### 3.4.2. Norma AATCC 109

El método de ensayo determina la resistencia de color a temperatura ambiente en los materiales textiles ante la acción del ozono, si excederse el 67% HR. Es de consideración el ozono puede estar presente en concentraciones de 45+/- 1 ppm durante 4.5 +/-1 h. Esto constituye un ciclo.

**Tabla 9.**

*Muestras y tiempos.*

Muestras	Tiempo de exposición de O <sub>3</sub> (min)	Muestras	Tiempo de exposición de O <sub>3</sub> (min)
MA 1	1	MA 3	20
MR 1	1	MR 3	20
MAZ 1	1	MAZ 3	20
MA 2	10	MA 4	30
MR 2	10	MR 4	30
MAZ 2	10	MAZ 4	30

*Nota:* Al par de la prueba se manipuló un cronómetro, las MA 0, MR 0 y MAZ 0, no serán expuestas al plasma de ozono.

A continuación, el procedimiento se representa en el [Anexo 10](#).

- Dentro de la cámara de ozono se suspende las muestras en el lado pesado del tejido

- establecer el tiempo de exposición en la cámara de ozono acorde a las indicaciones del manual
- al finalizar los ciclos se realiza la evaluación del cambio de color en la escala de grises.

### 3.4.3. Norma ISO 6330

Es un ensayo textil destinada para todo tipo de tejidos o artículos textiles, en el Tabla 10 detalla el procedimiento de lavado y secado domésticos, también el detergente adecuado y contrapesos.

**Tabla 10.**

*Norma ISO 6330*

<b>Datos ISO 6330</b>			
Norma de referencia	ISO 6330		
Equipo	Electrolux Wascator FOM 71 CLS		
Lavadora de referencia	Tipo A - Vertical	Procedimiento	3 G
Temperatura	30 ± 3 °C	Agitación de calentamiento	Suave
Nivel de liquido	130 mm	Tiempo de lavado	45 min
Contrapeso	tipo I - 100% Co	Detergente	20 ±1 g

*Nota:* Se realizó a las probetas secado plano.

El procedimiento se observar en el [Anexo 12](#):

- Se pesó de forma individual las probetas
- Ingresan en la lavadora con su respectivo contrapeso.
- Se añadió el detergente 20±1 g.
- Programación de lavado 3G.
- Inicio – fin de lavado.
- Por último, las probetas fueron colgadas sin doblar en condiciones ambientales.

## Capítulo IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

Los resultados obtenidos durante la investigación de la parte experimental se encuentran plasmadas en las diferentes tablas para su presentación de manera ordenada, que permitirán observar la evolución de cada grupo, destacando las variables más influyentes.

Se presentan los resultados generados en el espectrofotómetro en coordenadas dCIELab, también los valores obtenidos en el equipo medidor de calidad de aire en ppm de VOC, dióxido de carbono y formaldehído, la tabulación de la variación del color calificado (en la escala de grises y delta E), tabla de datos alcanzados posterior a la solidez al lavado y una tabla general de los valores adquiridos para su factible comparación.

##### 4.1.1. Tabla de resultados coordenadas en dCIELab

Las probetas fueron medidas en el espectrofotómetro con el fin de obtener las coordenadas dCIELab, para su fácil identificación fueron codificadas acorde al flujograma muestral:

- “MA” representa muestra color amarillo.
- “MR” representa muestra color rojo.
- “MAZ” representa muestra color azul.

Las probetas fueron evaluadas por el equipo mencionado para evaluar la diferencia de color, son calculadas con las siguientes fórmulas:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2} \quad (4)$$

*Nota:* En sus términos numéricos son representadas con L\* luminosidad, a\* coordenadas rojo/verde, b\* coordenadas amarillo/azul, C\* iluminante y h° tonalidad.

En la siguiente tabla se observa la codificación acorde a “SNO<sub>3</sub>” su significado es Sin plasma de ozono, “CNO<sub>3</sub>” representa Con plasma de O<sub>3</sub> y “PLS” es Posterior al lavado y secado doméstico. Las muestras con valor 0 se refiere que no serán expuestas al tratamiento de O<sub>3</sub>, fueron colocadas en sus casillas con un guion.

Las tres categorías señaladas en la Tabla 11, son fundamentales para una comparación, a fin, de reconocer los cambios registrados entre las muestras iniciales, consecutivo de la cámara de ozono y subsiguiente al lavado y secado doméstico.

**Tabla 11.**

*Coordenadas dCIELab.*

M	SN O <sub>3</sub> L*	CN O <sub>3</sub> L*	PLS L*	SN O <sub>3</sub> a*	CN O <sub>3</sub> a*	PLS a*	SN O <sub>3</sub> b*	CN O <sub>3</sub> b*	PLS b*	SN O <sub>3</sub> C*	CN O <sub>3</sub> C*	PLS C*	SN O <sub>3</sub> h°	CN O <sub>3</sub> h°	PLS h°
MA 0	74,65	-	-	10,92	-	-	52,22	-	-	53,35	-	-	78,19	-	-
MR 0	42,80	-	-	59,27	-	-	32,82	-	-	67,75	-	-	28,97	-	-
MAZ 0	22,95	-	-	2,03	-	-	10,49	-	-	10,68	-	-	280,9	-	-
MA 1	75,04	75,05	73,79	10,85	10,89	12,65	52,06	52,77	52,42	53,18	53,88	53,93	78,22	78,34	76,44
MR 1	43,42	43,09	42,25	59,60	60,27	59,04	32,89	33,91	33,81	68,07	69,16	68,04	28,89	29,36	29,80
MAZ 1	23,25	22,68	22,84	1,94	2,02	2,01	10,65	10,55	10,91	10,83	10,74	11,10	280,3	280,9	280,5
MA 2	75,54	76,42	74,67	11,03	12,52	13,27	52,72	54,30	53,33	53,86	55,72	54,95	78,18	77,02	76,03
MR 2	43,06	43,88	42,33	59,76	60,84	58,48	33,30	34,43	33,14	68,41	69,90	67,22	29,13	29,50	29,54
MAZ 2	22,55	23,31	22,27	2,06	2,03	2,19	10,62	10,60	10,71	10,81	10,79	10,94	280,9	280,8	281,5
MA 3	75,65	76,08	75,48	11,03	11,72	13,50	52,46	52,21	53,64	53,61	53,51	55,31	78,13	77,35	75,87
MR 3	42,67	44,31	42,21	59,52	61,34	58,48	33,03	34,66	33,12	68,07	70,45	67,21	29,02	29,47	29,53
MAZ 3	22,99	23,09	22,87	1,98	2,04	2,28	10,58	10,65	10,85	10,76	10,84	11,08	280,6	280,8	281,9
MA 4	75,91	75,06	74,45	10,72	11,54	12,87	52,09	51,57	52,77	53,18	52,85	54,32	78,38	77,38	76,29
MR 4	43,46	44,47	41,91	59,76	61,17	58,13	33,04	34,04	32,53	68,28	70,01	66,61	28,94	29,09	29,23
MAZ 4	22,62	23,31	23,00	1,98	1,93	2,42	10,51	10,57	10,76	10,70	10,74	11,03	280,7	280,4	282,7

*Nota:* Los valores numéricos representan al grupo de exposición al tiempo en min: el valor 1 representa 1 min, el valor 2 a 10 min, el valor 3 a 20 min y el valor 4 a 30 min (de exposición al plasma de O<sub>3</sub>)



#### 4.1.2. Tabla de resultado de VOC

En la tabla 12 que se muestra a continuación resalta los resultados en ppm acordes al tiempo de exposición aplicadas a cada probeta, adquirida en el equipo de medidor de calidad de aire en sus tres categorías VOC, CO<sub>2</sub>, y HCHO.

**Tabla 12.**

*Medidor de calidad de aire – después O3*

Tiempo de exposición (min)	Muestra	POSTERIOR A LA CÁMARA DE OZONO			POSTERIOR AL LAVADO Y SECADO DOMÉSTICO		
		VOC (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (ppm)	VOC (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (ppm)
1	MA 1	0,167	526	0,022	0,072	499	0,010
1	MR 1	0,257	551	0,036	0,298	561	0,041
1	MAZ 1	0,269	556	0,037	0,181	529	0,025
10	MA 2	0,473	609	0,065	0,123	529	0,017
10	MR 2	0,269	553	0,037	0,269	553	0,037
10	MAZ 2	0,131	515	0,018	0,210	537	0,029
20	MA 3	0,531	625	0,073	0,134	519	0,019
20	MR 3	0,444	601	0,061	0,298	561	0,041
20	MAZ 3	0,283	559	0,038	0,210	537	0,029
30	MA 4	0,236	542	0,033	0,152	521	0,021
30	MR 4	0,209	569	0,029	0,298	561	0,041
30	MAZ 4	0,210	537	0,029	0,239	545	0,033

*Nota:* las probetas fueron expuestas al tiempo determinado de la tabla 9, posterior a ello fueron colocadas a su lado derecho el equipo de medidor de calidad de aire dentro de la cámara de vidrio con sellado hermético. “VOC” representa a los compuestos orgánicos volátiles, mientras que las fórmulas siguientes simbolizan a CO<sub>2</sub> dióxido de carbono y HCHO se refiere al formaldehído.

Precedente a los resultados anteriores se destaca que las muestras MA 0, MR 0 y MAZ 0, pertenecientes al grupo uno, no fueron sometidas al tratamiento de plasma de ozono, puesto que, se consideran las probetas base para la comparación, por tal razón, en la tabla 13 se muestran los resultados medidos.

**Tabla 13.**

*Probetas sin ser expuestas al O<sub>3</sub>.*

Tiempo de exposición (min)	Muestra	VOC (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO (ppm)
0	MA 0	0,021	510	0,003
0	MR 0	0,071	499	0,01
0	MAZ 0	0,064	520	0,009

*Nota:* En la cámara de vidrio con sellado hermético fueron colocadas las muestras MA 0, MR 0 y MAZ 0 y a su lado derecho el equipo de medidor de calidad de aire.

#### 4.1.3. Tabla de resultados de variación de color

Mediante la Tabla 14 se muestran los resultados de variación de color entre las probetas MA 0, MR 0 y MAZ 0, con las detalladas acorde a su codificación, con la finalidad de obtener el cambio de color en escala de grises valoradas en la calificación máxima 5 y la mínima 1, considerando que delta E es un valor comparativo, medidas en el equipo de espectrofotómetro.

**Tabla 14.**

*Resultado de variación de color.*

VARIACIÓN DE COLOR POSTERIOR AL O <sub>3</sub>			
TE O <sub>3</sub> (min)	Muestras	Cambio de color (EG)	Delta (E)
1	MA 1	5,0	0,21
1	MR 1	5,0	0,12
1	MAZ 1	5,0	0,34
10	MA 2	4,5	0,42
10	MR 2	5,0	0,28
10	MAZ 2	5,0	0,30

VARIACIÓN DE COLOR POSTERIOR AL O <sub>3</sub>			
TE O <sub>3</sub> (min)	Muestras	Cambio de color (EG)	Delta (E)
20	MA 3	4,5	0,30
20	MR 3	4,5	0,55
20	MAZ 3	5,0	0,25
30	MA 4	4,0	1,22
30	MR 4	4,0	1,10
30	MAZ 4	4,5	0,45

*Nota:* Datos obtenidos de las 12 probetas expuestas a la cámara de ozono en diferentes tiempos. “TE” representa tiempo de exposición al plasma de O<sub>3</sub> y “EG” escala de grises.

#### 4.1.3. Tabla general de solidez al lavado

La tabla 15 expresa la derivación de resultados obtenidos al lavado y secado doméstico evaluadas en el espectrofotómetro desde las muestras MA 1 al MAZ 4, comparadas con las muestras MA 0, MR 0 y MAZ 0.

**Tabla 15.**

*Resultados a la solidez al lavado.*

POSTERIOR AL LAVADO Y SECADO DOMÉSTICO			
TE O <sub>3</sub> (min)	Muestras	Cambio de color (EG)	Delta (E)
1	MA 1	3,5	1,29
1	MR 1	4,5	0,75
1	MAZ 1	4,5	0,82
10	MA 2	3,5	1,51
10	MR 2	4,5	0,60
10	MAZ 2	4,5	0,45
20	MA 3	4,5	0,82
20	MR 3	4,5	0,62
20	MAZ 3	4,5	0,42
30	MA 4	4,0	0,89
30	MR 4	4,5	0,95
30	MAZ 4	4,5	0,68

*Nota:* Datos obtenidos de las 12 probetas expuestas a la cámara de ozono en diferentes tiempos y posterior pasada en el equipo Wascator. Las iniciales “TE” representa tiempo de exposición al plasma de O<sub>3</sub> y “EG” escala de grises evaluadas en el espectrofotómetro.

#### 4.1.4. Tabla general de resultados VOC, CO<sub>2</sub>, HCHO, variación de color y de solidez al lavado

En la siguiente tabla 16 se aprecia de forma calificativa la unificación de las tablas mencionadas, para una fácil apreciación de la diferencia de valores. Excluyendo la Tabla 13 que se evaluó las probetas sin exposición al plasma en el medidor de calidad de aire, considerándolas como muestras de contraposición a las muestras con tratamiento.

**Tabla 16.**

*Tabla general de resultados, VOC, CO<sub>2</sub>, HCHO, variación de color y solidez al lavado.*

Muestra	TE O <sub>3</sub> (min)	VOC PCO (ppm)	VOC PLSD (ppm)	CO <sub>2</sub> PCO (ppm)	CO <sub>2</sub> PLSD (ppm)	HCHO PCO (ppm)	HCHO PLSD (ppm)	CC PCO (EG)	CC PLSD (EG)	Delta PCO (E)	Delta PLSD (E)
MA 0	0	0,021	0,021	510	488	0,003	0,003	5	4,5	0	0,44
MR 0	0	0,071	0,072	499	508	0,010	0,010	5	5	0	0,3
MAZ 0	0	0,064	0,047	520	515	0,009	0,019	5	4,5	0	0,42
MA 1	1	0,167	0,072	526	499	0,022	0,010	5	3,5	0,21	1,29
MR 1	1	0,257	0,298	551	561	0,036	0,041	5	4,5	0,12	0,75
MAZ 1	1	0,269	0,181	556	529	0,037	0,025	5	4,5	0,34	0,82
MA 2	10	0,473	0,123	609	529	0,065	0,017	4,5	3,5	0,42	1,51
MR 2	10	0,269	0,269	553	553	0,037	0,037	5	4,5	0,28	0,6
MAZ 2	10	0,131	0,210	515	537	0,018	0,029	5	4,5	0,3	0,45
MA 3	20	0,531	0,134	625	519	0,073	0,019	4,5	4,5	0,3	0,82
MR 3	20	0,444	0,298	601	561	0,061	0,041	4,5	4,5	0,55	0,62
MAZ 3	20	0,283	0,21	559	537	0,038	0,029	5	4,5	0,25	0,42
MA 4	30	0,236	0,152	542	521	0,033	0,021	4	4	1,22	0,89
MR 4	30	0,209	0,298	569	561	0,029	0,041	4	4,5	1,10	0,95
MAZ 4	30	0,210	0,239	537	545	0,029	0,033	4,5	4,5	0,45	0,68

*Nota:* las muestras fueron sometidos a diferentes ensayos bajo las normas señaladas; con el propósito de su identificación, se realizó las diferentes abreviaturas: “TEO<sub>3</sub>” indica el tiempo en minutos de exposición al plasma de ozono, “PCO” se refiere a posterior a la cámara de ozono, “PLSD” señala posterior al lavado y secado doméstico, “VOC” representa a los compuestos orgánicos volátiles medidos en ppm (el plasma de ozono, “CO<sub>2</sub>” simboliza dióxido de carbono (ppm), “HCHO” denota al formaldehído (ppm); mientras que “CC” al cambio de color calificado en “EG” escala de grises (entre 5 a 1) y “Delta E” es la medida para determinar la precisión del color (el cambio en la percepción visual entre dos colores).

#### 4.1.5. Análisis de la varianza

La importancia del análisis de la varianza es la medida de dispersión de los valores como la variabilidad de datos, de modo que involucra la comparación de grupos presentes en Tabla 17, considerando los factores que influyen; por consiguiente, durante la investigación se estableció como única variable o factor independiente el tiempo de tratamiento al plasma de ozono.

**Tabla 17.**

*Análisis de varianza.*

	VOC PCO	VOC PLSD	CO <sub>2</sub> PCO	CO <sub>2</sub> PLSD	HCHO PCO	HCHO PLSD	CC PCO	CC PLSD	Delta PCO	Delta PLSD
N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Min	0,021	0,021	499	488	0,003	0,003	4,0	3,5	0,0	0,300
Max	0,531	0,298	625	561	0,073	0,041	5,0	5,0	1,220	1,510
Sum	3,635	2,624	8272	7963	0,500	0,375	71,0	65,5	5,540	10,960
Mean	0,242	0,175	551,467	530,867	0,033	0,025	4,733	4,367	0,369	0,731
Std. Error	0,038	0,025	9,586	5,921	0,005	0,003	0,096	0,103	0,093	0,087
Variance	0,022	0,009	1378,410	525,838	0,0	0,0	0,138	0,160	0,131	0,113
Stand. Dev	0,149	0,095	37,127	22,931	0,020	0,012	0,372	0,399	0,361	0,336
Median	0,236	0,181	551	529	0,033	0,025	5,0	4,500	0,300	0,680
25 prcntil	0,131	0,072	520	515	0,018	0,017	4,500	4,500	0,120	0,440
75 prcntil	0,283	0,269	569	553	0,038	0,037	5,00	4,500	0,450	0,890
Skewness	0,528	-0,131	0,644	-0,229	0,533	-0,169	-1,074	-1,386	1,464	1,027
Kurtosis	-0,228	-1,299	-0,295	-0,777	-0,230	-0,997	-0,106	1,891	1,837	0,840
Geom. Mean	0,188	0,141	550,325	530,401	0,026	0,021	4,719	4,348	0,0	0,665
Coeff. Var	61,495	54,454	6,732	4,320	61,353	48,920	7,851	9,147	97,856	46,031

*Nota:* A través del Past 4 se generó los datos que se determina el CO<sub>2</sub> posterior a la cámara de ozono, al lavados y secado doméstico, existe una gran diferencia entre las demás categorías, por sus variables en especial la media va de 551, 46 y 530,86; también por su tendencia a variar por encima o debajo de dichos valores de 37,12 y 22,93; por otra parte, el coeficiente de variación demuestra que existe menor dispersión de datos en comparación a las otras condiciones.

#### 4.1.6. Normalidad de los datos

La normalidad de datos es el análisis para determinar cuánto difieren la distribución de valores, la correlación entre ellos y la detección de los errores posibles.

**Tabla 18.**  
*Normalidad de datos.*

	VOC PCO	VOC PLSD	CO <sub>2</sub> PCO	CO <sub>2</sub> PLSD	HCHO PCO	HCHO PLSD	CC PCO	CC PLSD	Delta PCO	Delta PLSD
N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Shapiro-Wilk W	0,9398	0,9311	0,9428	0,9522	0,9371	0,9427	0,7155	0,6751	0,8252	0,9133
p(normal)	0,3799	0,2832	0,4195	0,5598	0,3476	0,4169	0,0003659	0,0001361	0,007897	0,1524
Anderson-Darling A	0,3987	0,3239	0,3487	0,2256	0,4208	0,2845	1,909	2,625	0,9893	0,4755
p(normal)	0,3207	0,4896	0,4264	0,7795	0,2821	0,5781	3,79E-05	5,30E-07	0,009346	0,2039
p(Monte Carlo)	0,3236	0,509	0,4334	0,7908	0,292	0,6085	0,0001	0,0001	0,0103	0,2086
Lilliefors L	0,1925	0,1267	0,1529	0,1056	0,2097	0,1046	0,3635	0,4307	0,2117	0,1313
p(normal)	0,136	0,7385	0,4427	0,9316	0,07148	0,9439	0,0001	0,0001	0,06623	0,6871
p(Monte Carlo)	0,1372	0,7443	0,4414	0,9257	0,0731	0,9281	0,0001	0,0001	0,0666	0,6803
Jarque-Bera JB	0,7396	1,058	1,044	0,6298	0,7505	0,772	2,448	4,417	4,822	2,15
p(normal)	0,6909	0,5891	0,5932	0,7299	0,6871	0,6798	0,2941	0,1099	0,08974	0,3413
p(Monte Carlo)	0,5477	0,3248	0,3408	0,6163	0,5222	0,511	0,0782	0,0306	0,0289	0,0946

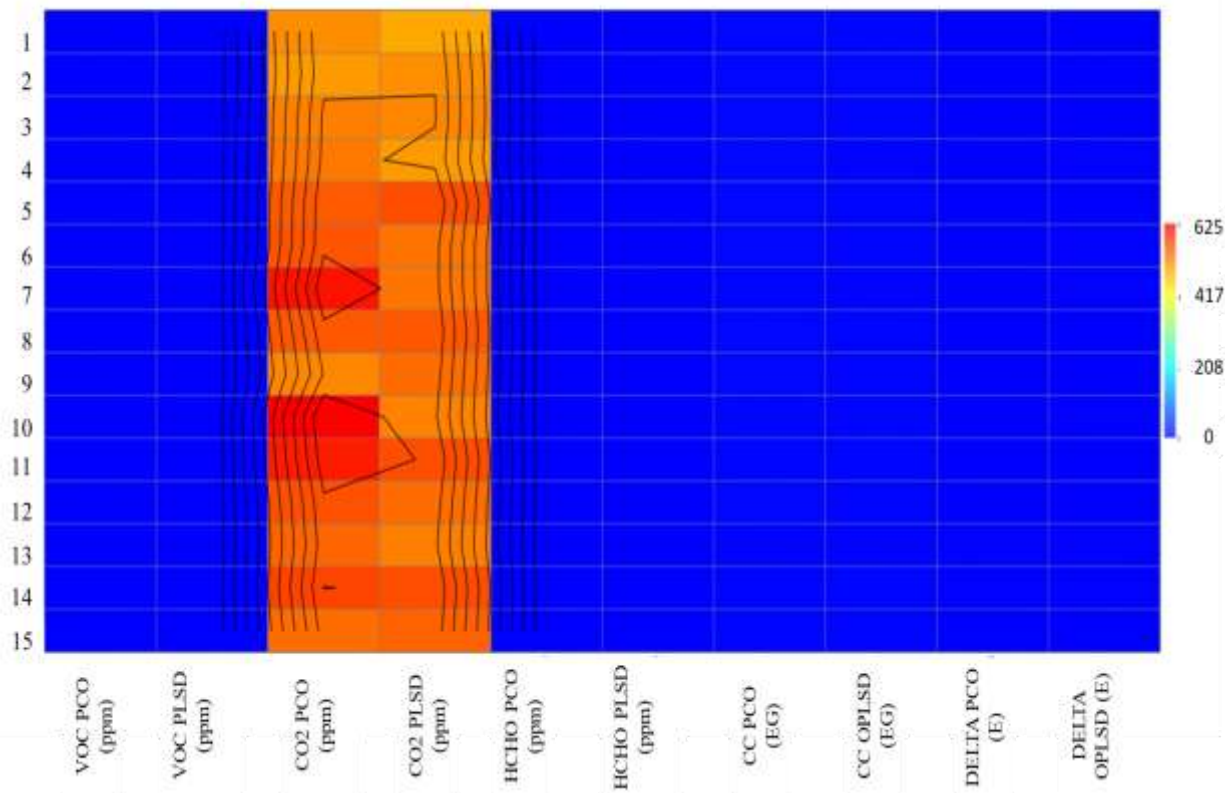
*Nota:* La normalidad de datos se encuentra confiable en Jarque-Bera JB al demostrar que los valores obtenidos tienen asimetría, además de demostrar una distribución normal, cumpliendo el valor p mayor a 0,05.

## 4.2. Discusión de resultados

En la discusión de resultados son expuestos los datos relevantes de los hallazgos del estudio, sus implicaciones para la correspondiente interpretación y comparación, además de afirmar o rechazar las hipótesis planteadas.

### 4.2.1. Análisis e interpretación de los resultados

A continuación, se representa de forma gráfica los resultados obtenidos de las tablas general sobre la aplicación de plasma de ozono por el método de exposición al tejido jersey 100% algodón, se observan la comparación entre las tres fases analizadas a continuación:

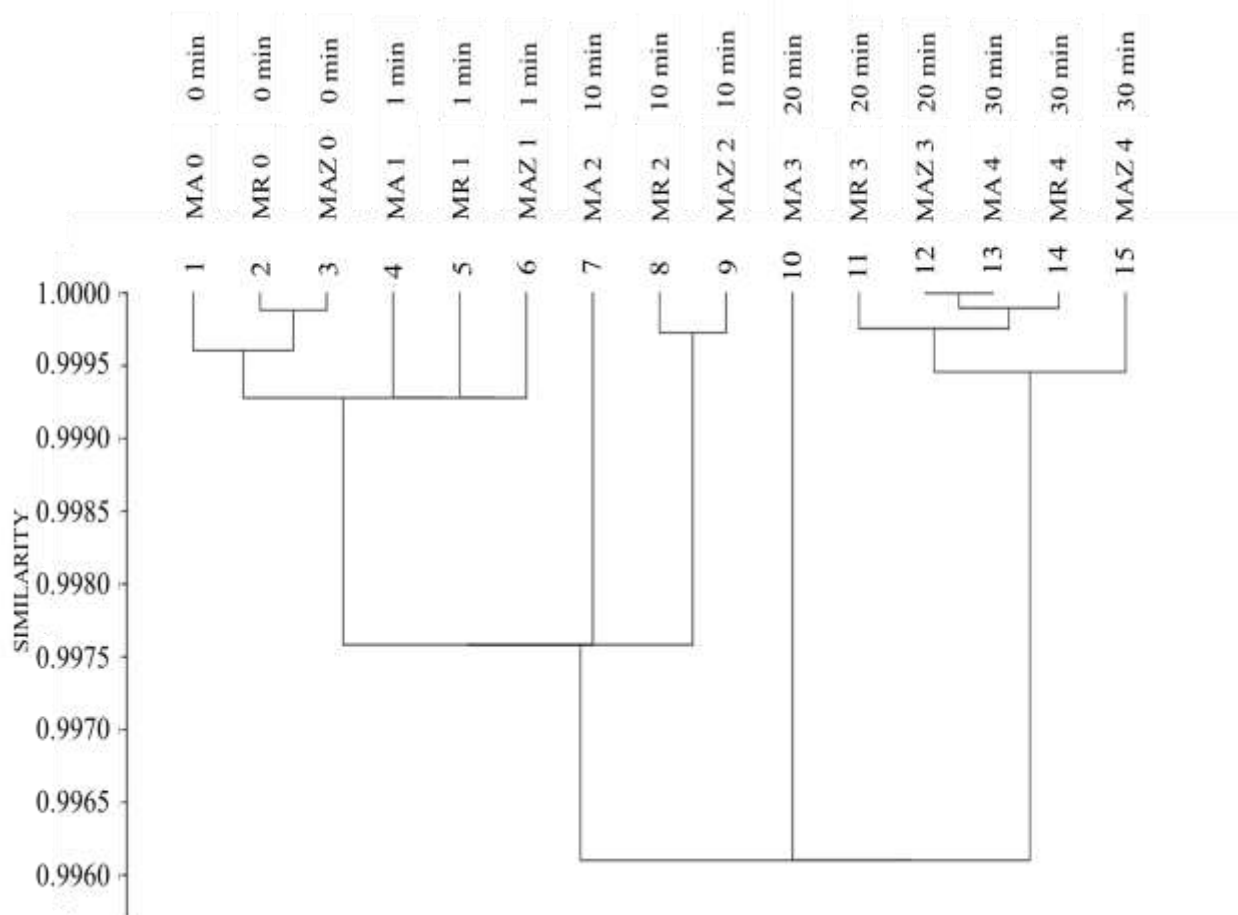


**Figura 18.** Gráfica general Matrix Plot de VOC, CO<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>O, cambio de color.

*Fuente: Propia.*

En el programa Past 4 permite el análisis de resultados a través de Matrix Plot indicada en la Figura 18, señala que las tonalidades del rojo identifican que existe una diferencia entre sus categorías, mientras que las tonalidades que se acercan al color azul tiene mayor similitud, por consiguiente se observa las muestras sin ningún acabado, al aplicar el plasma de ozono y posterior al lavado no se encuentra una variación significativa en el cambio de color entre amarillo, rojo y azul; entre tanto el formaldehído su cambio en valores numéricos es bajo y la representación señala ligera diferencia.

Por otra parte, dentro de la cámara de ozono se identificó el CO<sub>2</sub> un valor bajo de ppm en comparación al post-lavado, en el cual su aumento es significativo entre las 15 probetas totales, destacando las muestras en referencia a la gráfica los valores verticales que constituyen a las probetas: 5 (MR1 con 1min de O<sub>3</sub>), 7 ( MA2 con 10 min de O<sub>3</sub>), 10 (MA3 con 20 min de O<sub>3</sub>), 11 (MR3 con 20 min de O<sub>3</sub>), 14 (MR 4 con 30 min de O<sub>3</sub>).



**Figura 19.** Gráfica general de similitud Hierarchical clustering.

*Fuente: Propia*

La gráfica hierarchical clustering representa a los datos que tienen similitud en las muestras, se encuentran más cerca del enunciado, las cuales se agrupan acorde a sus resultados, caso contrario la línea azul tendrá mayor extensión al representar su diferencia:

Las muestras a la exposición de plasma de ozono a 0 min tienen similitud a las muestras expuestas de 1 min al no tener gran diferencia de resultados de VOC en ppm, escala de grises y delta (E). Aunque se presenta al tiempo de 10 min entre las tres tonalidades la que difiere es MA 2, por la calificación posterior al lavado y secado doméstico de 3,5 en escala de grises y 1,51 en delta (E).



Mientras, en el grupo de 20 min de O<sub>3</sub> resalta entre las tres muestras tienen una leve diferencia, en especial MA 3, ya que la disparidad se presenta al pre y post lavado de las probetas porque sus valores disminuyen en ppm, pero mantienen la misma calificación de cambio de color de 4,5 y tiene variación en el delta (E) pre-lavado de 0,3 y post- lavado de 0,82, no obstante los valores no sobre pasan al 1 de la precisión de color, por ende, se considera imperceptible. Inclusive la muestra MAZ 4 difiere contra su grupo de 30 min de plasma, al tener menor valor de delta (E).

MA3 a 20 min a exposición de plasma de ozono es diferente a las demás muestras, por consiguiente, las probetas con tonalidad amarilla, identificadas como MA, tienden a un ligero cambio de color y aumento de dióxido de carbono. Por ello, se identificó que el textil de algodón emite formaldehído, que posiblemente fue aplicado como un acabado para la eliminación de arrugas, ante lo mencionado, al colocar las muestras post-lavado en la cámara de vidrio para la medición de ppm, genera la siguiente reacción química  $O_3 + H_2CO \rightarrow H_2O_2 + CO_2$ , que se interpretada como: en la parte de reactivos se encuentra el ozono y formaldehído, separando a un oxígeno libre y atrapando el formaldehído ,que reacciona en la parte de productos: agua oxigenada y dióxido de carbono, porque se genera reordenamiento entre los átomos.

Con base en las gráficas se permitió establecer la receta idónea para cada tonalidad, pues bien, por el método de exposición en la cámara de ozono el tiempo óptimo es de 20 minutos y post-lavado se identificó una calificación de 4,5 (GS) para todas las probetas y un delta (E) inferior a 1; manteniendo sus coordenadas colorimétricas con baja variación, por ende, los estándares son aceptables, aunque adquiriendo una leve variación de cambio de color imperceptible. Los valores no permiten realizar un total porcentual, debido a que su calificación es cualitativa.

## Capítulo V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.2. Conclusiones

Luego de haber realizado el proyecto de investigación en la aplicación de plasma de ozono al tejido jersey 100% algodón tinturado, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Mediante los conceptos e investigaciones previas a través de las fuentes bibliográficas se puede determinar los procesos y tiempos de aplicación del plasma de ozono, así como formulaciones y sus posibles reacciones químicas.
- Se estableció el parámetro tiempo implementando diferentes períodos de: 1, 10, 20, 30 min para las muestras de tejido jersey 100% algodón acorde al Tulsma que estipula un límite de exposición de plasma de ozono al ambiente y de consideración la capacidad máxima de exposición de  $60,000 \frac{mg}{h}$  de la cámara de ozono.
- Se determinó el procedimiento de lavado y de secado domésticos bajo la norma ISO 6330: 2000 a las muestras de tejido de jersey tinturadas mediante el equipo de laboratorio Wascator, normalizados para el análisis de cambio de color a través de la escala de grises, en el cual se concluyó que las muestras de color azul y rojo, no tuvieron variación de tonalidad obteniendo un valor de 4,5 en 10 min de exposición, mediciones realizadas en el espectrofotómetro textil X-Rite.
- Se determinó que dentro de la cámara hermética de vidrio después del lavado y secado doméstico, se midió las ppm que fueron aplicadas el plasma de ozono, se identificó que el  $CO_2$  tuvo un aumento, que se debe a la reacción química generada por la descomposición del ozono con la reacción del formaldehído tal como se muestra en la Figura 5, como resultado, se obtiene un incremento de  $CO_2$  y con ello, se genera  $H_2O_2$ , en este sentido, Aleboye et al. (2003) menciona que: “Se encontró que la tasa de decoloración aumenta al aumentar la dosis inicial de  $H_2O_2$  hasta un valor “crítico” en el que es máximo y más allá del cual se inhibe” (párr. 1). Esto permite deducir que al tener contacto el peróxido de hidrógeno con las muestras de 100% algodón tinturadas con colorante directo, en especial las muestras teñidas en color amarillo, tienen un ligero cambio de tonalidad en comparación a las demás probetas analizadas; por otra parte, se estableció que el tiempo recomendable por el método de exposición es de 20 min.

### 5.3. Recomendaciones

Con el fin de dar paso a posteriores investigaciones relacionado con la aplicación de plasma de ozono a partir del método de exposición se recomienda lo siguiente:

- Utilizar los equipos y ropa de seguridad acorde a los ensayos y productos químicos utilizados, en particular equipos de protección respiratoria, debido que, a altas cantidades y periodos prolongados de exposición al ozono, puede generar un deterioro de la función pulmonar, además, la irritación de ojos, nariz y garganta. Para ello, en la cámara de ozono, se debe colocar las muestras antes de encender el equipo y realizar el cerrado hermético.
- En la cámara hermética de vidrio para a la colocación de las muestras |y su medición de compuestos orgánicos volátiles es necesario dejar estabilizar el equipo durante 5 minutos para que la lectura en ppm no sufra ninguna irregularidad y con ello obtener resultados fiables y libres de variación.
- Una vez realizado el lavado doméstico bajo la norma señalada, es necesario realizar el secado de las muestras para la correspondiente medición de cambio de color y ppm.
- Relacionado a la aplicación de plasma de ozono mediante el método de exposición se recomienda realizar nuevas investigaciones a fibras naturales o sintéticas, del mismo modo con diferentes colorantes textiles para posibles comparaciones y desarrollar nuevos estudios en donde se permita establecer la relación existente entre el peróxido de hidrógeno, ozono y variación de tonalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AATCC. (2022). *2022 Manual of International Test Methods and Procedures - AATCC*. AATCC. <https://www.aatcc.org/2022-technical-manual/>
- Aguirre, D. (2022). Proceso de aplicación a escala de laboratorio del ozono para otorgar resistencia a la tracción- elongación y a la abrasión a un tejido plano acabado algodón 100%. *Tesis de pregrado*, 113. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12502/2/04 IT 301 TEXTIL TRABAJO DE GRADO.pdf>
- Akarmak. (2014). *FOOD PROCESSING PHARMACEUTICAL TEXTILE AUTOCLAVE*. <https://www.akarmak.com/public/site/uploads/1f18f4ee03646950141fe46610072b42.pdf>
- Aleboye, A., Aleboye, H., & Moussa, Y. (2003). “Critical” effect of hydrogen peroxide in photochemical oxidative decolorization of dyes: Acid Orange 8, Acid Blue 74 and Methyl Orange. *Dyes and Pigments*, 57(1), 67-75. [https://doi.org/10.1016/S0143-7208\(03\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0143-7208(03)00010-X)
- Bahtiyari, M. İ., & Benli, H. (2016). Ozone bleaching of cotton fabrics with the aid of ultrasonic humidifier. *Cellulose* 2016 23:4, 23(4), 2715-2725. <https://doi.org/10.1007/S10570-016-0978-Y>
- Barco, B., & Carrasco, A. (2018). Causal explanations in the qualitative researches: School selection in Chile. *Magis*, 11(22), 113-124. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m11-22.ecic>
- Barrios-Ziolo, L. F., Gaviria-Restrepo, L. F., Agudelo, E. A., & Cardona-Gallo, S. A. (2015). Technologies for the removal of dyes and pigments present in wastewater. A review. *DYNA*, 82(191), 118-126. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V82N191.42924>
- Bautista, L. (2012). *Tratamientos de tejidos de algodón con ozono: análisis de las variables de proceso, aproximación cinética, estudio del envejecimiento y caracterización superficial*. 398. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94924/TLBP1de1.pdf;jsessionid=0448CC62C59D010787A7DB3FC63A91B5?sequence=1>
- Böcekçi, G., & Yildiz, K. (2017). Hand-held spectrophotometer design for textile fabrics. *AIP*

- Conference Proceedings, 1884*. <https://doi.org/10.1063/1.5002519>
- CaDi. (2022). *catalog Диоксид углерода.pdf*. <https://ca-di.ru/info/catalog.pdf>
- Chen, Z. (2012). *Ozone disinfection clothes cabinet* (Patent N.º CN202933253U).  
<https://patents.google.com/patent/CN202933253U/en?q=202933253>
- Colindres, P., & Reguera, E. (2010). *Tratamiento de Residuales Líquidos Textiles mediante Oxidación con Ozono* [El Instituto Politécnico Nacional Cicata-Legaria].  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9604/190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. 216.  
[https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Costa, D. (2022). *Fórmula molecular de ch<sub>2</sub>o molécula de formaldehído alcohol puro átomos de oxígeno e hidrógeno de carbono / Foto Premium*. [https://www.freepik.es/fotos-premium/formula-molecular-ch2o-molecula-formaldehido-alcohol-puro-atomos-oxigeno-e-hidrogeno-carbono\\_20920581.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/formula-molecular-ch2o-molecula-formaldehido-alcohol-puro-atomos-oxigeno-e-hidrogeno-carbono_20920581.htm)
- CUICYT. (s. f.). *LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN*. Universidad Técnica del Norte. Recuperado 26 de diciembre de 2021, de <https://www.utn.edu.ec/cuicyt/#1638195159181-36625c2c-87c5>
- Eren, S., Avinc, O., Saka, Z., & Eren, H. A. (2018). Waterless bleaching of knitted cotton fabric using supercritical carbon dioxide fluid technology. *Cellulose* 25:10, 25(10), 6247-6267. <https://doi.org/10.1007/S10570-018-2004-Z>
- Eren, S., Gümüs, B., & Eren, H. A. (2016). Colour stripping of reactive-dyed cotton by ozone treatment. *Coloration Technology*, 132(6), 466-471. <https://doi.org/10.1111/COTE.12240>
- Estacio, A. Y. (2020). *Análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes directos amarillo, azul y rojo en fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10682>

- FOM 71 CLS. (2010). *Operating manual Wascator FOM71 CLS*.
- González, S. (2020). *CLASIFICACIÓN DE LAS REACCIONES QUÍMICAS*.  
[https://tomi.digital/en/68970/clasificacion-de-las-reacciones-quimicas?utm\\_source=google&utm\\_medium=seo](https://tomi.digital/en/68970/clasificacion-de-las-reacciones-quimicas?utm_source=google&utm_medium=seo)
- Google. (2022). *Google Maps*. <https://goo.gl/maps/BnyQaod64Y2FgUxg9>
- Gray, P. S., Williamson, J. B., Karp, D. A., & Dalphin, J. R. (2012). Comparative Research Methods. *The Research Imagination*, 325-348.  
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511819391.016>
- Hkrita. (2022). *Carbon Looper: Carbon Dioxide Capturing Cellulosic Materials*.  
<https://www.hkrita.com/en/our-innovation-tech/projects/carbon-looper-carbon-dioxide-capturing-cellulosic-materials>
- IDEAM. (2022). *Formación de ozono*.
- INTEL. (2018). *El ozono en la lavandería industrial*.  
<https://www.itelspain.com/files/pagina/pdf/20180323011722.pdf>
- Iqbal, K., Javid, A., Rehman, A., Rehman, A., Ashraf, M., & Abid, H. A. (2020). Single bath dyeing of modified nylon/cotton blended fabrics using direct/acid dyes. *Pigment and Resin Technology*, 49(3), 165-170. <https://doi.org/10.1108/PRT-09-2019-0084>
- Keraani, B., Jabli, M., Hamdaoui, M., & Fayala, F. (2021). An Insight into the Diffusion of Direct Dyes into Cellulosic Materials: Effect of Fabric Characteristics, Dye Structure, and Bath Composition. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875369>.  
<https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875369>
- Körlü, A. (2018). Use of Ozone in the Textile Industry. *Textile Industry and Environment*.  
<https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.81774>
- Lu, X., Yang, B., Chen, J., & Sun, R. (2009). Treatment of wastewater containing azo dye reactive brilliant red X-3B using sequential ozonation and upflow biological aerated filter

process. *Journal of Hazardous Materials*, 161(1), 241-245.  
<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2008.03.077>

Parvinzadeh, M., & Najafi, H. (2008). Textile softeners on cotton dyed with direct dyes: reflectance and fastness assessments. *Tenside, Surfactants, Detergents*, 45(1), 13-16.  
<https://doi.org/10.3139/113.100357>

Peñalver Paolini, M. A., Mazón Cuadrado, L., Rosado María, M., Sánchez-Cifuentes, M. V., Colino Romay, E., & Berrocal Fernández, P. (2016). ¿Se puede controlar el Formaldehído? *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 25(4), 204-210. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1132-62552016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Perincek, S. (2016). OZONATION: A NEW PATTERNING METHOD FOR OPTICAL BLEACHED FABRICS. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(1), 76-83.  
<https://app.trdizin.gov.tr/makale/TWpJNU5Ea3pNdz09/ozonation-a-new-patterning-method-for-optical-bleached-fabrics>

Perincek, S., Bahtiyari, I., Korlu, A., & Duran, K. (2009). New Techniques in Cotton Finishing. <http://dx.doi.org/10.1177/0040517508092022>, 79(2), 121-128.  
<https://doi.org/10.1177/0040517508092022>

Perincek, S. D., Duran, K., Korlu, A. E., & Bahtiyari, I. M. (2007). An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics. <http://dx.doi.org/10.1080/01919510701509578>, 29(5), 325-333.  
<https://doi.org/10.1080/01919510701509578>

Piccinini, P., Senaldi, C., & Summa, C. (2007). *European survey on the release of formaldehyde from textiles*. <http://www.jrc.cec.eu.int>

Quimicolours S.A. (2022). *Ficha técnicas colorantes directos.pdf*.

Ramos Galarza, C. (2021). Experimental investigation designs. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7.  
<http://cienciamerica.com/index.php/uti/article/view/356>

- Reyes, P. (2014). *EL ALGODÓN PIMA PERUANO: CULTIVO Y MANEJO AGRONÓMICO*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Piura.  
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1139/LibroAlgodon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- RHS - 24. (2012). RHS - 24 Autoclave. *Data Base*, 3304(January), 1-148.
- Saavedra, J. (2014). *Manual para la tintura de fibras naturales*.  
<https://repositorio.artesaniadescolombia.com.co/handle/001/3316>
- Tirira, D. A. (2017). *Influencia de la alta temperatura en la intensidad del color al tinturar 100% algodón, empleando colorantes reactivos de base vinyl sulfónica (everzol)*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7411>
- TULSMA. (2013). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. En *Registro Oficial 320 de 25 de Julio del 2006*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Vázquez Zavala, F. (2000). *Diseño de un generador de ozono para potabilizar agua* [Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey].  
<https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- Wakelyn, P. J. (2006). Cotton Fiber Chemistry and Technology. En *Cotton Fiber Chemistry and Technology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420045888>
- Wang, F., Sun, H., Sun, J., Jia, X., Zhang, Y., Tang, Y., Pan, X., Su, Z., Hao, L., & Wang, R. (2010). Mechanistic and kinetic study of CH<sub>2</sub>O+O<sub>3</sub> reaction. *The journal of physical chemistry. A*, 114(10), 3516-3522. <https://doi.org/10.1021/JP910754B>
- World Standards Cooperation. (2018). *International Standards & trade agreements*.  
[https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/standards/benefits\\_of\\_international\\_standards/WSC\\_International\\_Standards\\_%26\\_trade\\_agreements\\_2018.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/standards/benefits_of_international_standards/WSC_International_Standards_%26_trade_agreements_2018.pdf)
- X-rite. (2013). *Color i5 Espectrofotómetro Manual de instrucciones*.



Zapata, A. C. C., Rave, N. A. G., & Santa, J. A. (2018). Validación de un método analítico mediante espectrofotometría UV/VIS, para la cuantificación de formaldehído libre en textiles y aplicación en el análisis de prendas comercializadas en el mercado colombiano. *Informador Técnico*, 82(1), 50-66. <https://doi.org/10.23850/22565035.938>

## ANEXOS

### Anexo 1. Certificado de laboratorio.



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



Ibarra, 17 de enero del 2023

#### CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

#### CERTIFICO

Que la señorita **CHIRÁN MONTENEGRO STEPHANIE MARICELA**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 172476248-7, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DEL OZONO EN LA VARIACIÓN DEL COLOR DE UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN TINTURADO CON COLORANTE DIRECTO**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- AUTOCLAVE Y HORNO DE SECADO – Tintura de probetas.
- ESPECTROFOTÓMETRO ISO 105 A06: 1995 - Ensayos de solidez del color. parte A06: Determinación instrumental de la intensidad de color normalizada 1/1.
- CÁMARA DE OZONO ISO AATCC 109: 2011 - Método de prueba para la solidez del color al ozono en atmósfera de baja humedad.
- WASCATOR ISO 6330: 2000 – Lavado y secado doméstico procedimientos para pruebas textiles.
- MEDIDOR DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOC) Y BALANZA ELECTRÓNICA.

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

Atentamente:



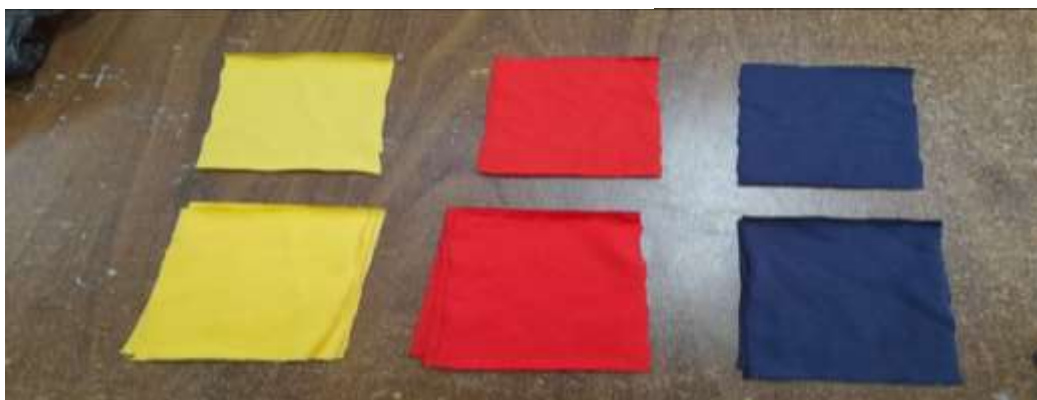
**ING. GUALOTO FAUSTO M.**

**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX**

Anexo 2. Receta de tintura.

<b>Receta de tintura</b>			
Tejido: Punto		R:B 1:10	Muestra: 5 g
Ligamento: Jersey		Volumen: 50 mL	Nº muestras: 15
<b>Colorantes</b>			
Muestra	%	g	Observaciones
MA 0	3	0,15	Everdirect Amarillo RL
MA 1	3	0,15	Everdirect Amarillo RL
MA 2	3	0,15	Everdirect Amarillo RL
MA 3	3	0,15	Everdirect Amarillo RL
MA 4	3	0,15	Everdirect Amarillo RL
MR 0	3	0,15	Everdirect Rojo BWS
MR 1	3	0,15	Everdirect Rojo BWS
MR 2	3	0,15	Everdirect Rojo BWS
MR 3	3	0,15	Everdirect Rojo BWS
MR 4	3	0,15	Everdirect Rojo BWS
MAZ 0	3	0,15	Everdirect Azul BLR
MAZ 1	3	0,15	Everdirect Azul BLR
MAZ 2	3	0,15	Everdirect Azul BLR
MAZ 3	3	0,15	Everdirect Azul BLR
MAZ 4	3	0,15	Everdirect Azul BLR
<b>Auxiliares</b>			
	g/L	g	Observaciones
Igualante - Marvacol ASC	1	0,05	-
Saltex	4	0,2	-

Anexo 3. Muestras en diferentes tonalidades.



En la parte superior pertenecen al Grupo 1  
En la parte inferior pertenecen al Grupo 2

Anexo 4. Ficha técnica de los colorantes.

Evaluación	Detergente	Everdirect Supra Yellow RL							Everdirect Supra Red BWS							Everdirect Supra Blue BRL							
		%	CC	Ca	Co	Pa	Pes	Pac	Wo	CC	Ca	Co	Pa	Pes	Pac	Wo	CC	Ca	Co	Pa	Pes	Pac	Wo
AATCC 61-2A	1	4-5	5	2-3	5	5	5	5	4-5	5	1-2	5	5	5	5	4-5	5	3	5	5	5	5	5
ISO 105-CO2	1	4-5	5	2	5	5	5	5	4-5	5	2-3	5	5	5	5	4	5	4-5	5	5	5	5	5
ISO 105 E01	1	5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5
ISO 105-E04	1	4-5	5	5	5	5	5	5	4R	5	4	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5

*Nota:* CC representa el cambio de color y las fibras mencionadas evaluadas en trasferencia.

*Fuente:* (Quimicolours S.A., 2022,p. 9-10)

*Anexo 5. Ficha técnica de plasma de ozono.*

## FICHA TÉCNICA DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Producto Específico:	Ozono
Nombre Comercial:	Ozono
Código CPC V.2:	34210.02.03
Código CIU 4.0:	C2011.11
Código Arancel 2007:	2804.29.00.00
Código Arancel 2012:	2804.29.00.00
<b>PROPIEDADES GENERALES</b>	
Descripción:	El ozono (O <sub>3</sub> ) es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O <sub>2</sub> ), formando moléculas de Ozono (O <sub>3</sub> ). Hay dos formas de obtener el ozono en la industria. El método más usado consiste en hacer pasar aire a través de unos tubos de vidrio con superficies metalizadas dispuestos de forma concéntrica (ozonizadores) entre los que se hace saltar una descarga de alta diferencia de potencial (unos 15 kV) y alta frecuencia (50 Hz) que actúa sobre las moléculas de dióxigeno (O <sub>2</sub> ) provocando la formación del ozono (trioxígeno). Otra forma de obtención, en concentraciones menores, consiste en irradiar aire con luz ultravioleta. A temperatura y presión ambientales el ozono es un gas de olor acre y generalmente incoloro, pero en grandes concentraciones puede volverse ligeramente azulado. El ozono puede condensarse y, en este estado, se presenta como un líquido de color azul indigo muy inestable. También, si se congela lo podemos observar como un sólido de color negro-violeta. En estos dos estados es una sustancia muy explosiva dado su gran poder oxidante.
Usos:	El ozono tiene varios usos: En el laboratorio se utiliza esta sustancia para ozonizar; en la industria se usa para blanquear o decolorar los aceites, grasas, ceras, fibras sintéticas, papeles, celulosa y textiles; como desinfectante encuentra aplicación en las fábricas de cerveza, cámaras frigoríficas y similares; se utiliza también para el añejamiento artificial de aguardiente y para la purificación del agua potable; como germicida para el agua de piscinas de natación y como desodorante. Otras aplicaciones surgen de la propiedad esterilizante del ozono y se la aprovecha en la preparación, conservación y almacenamiento de alimentos.
Magnitud:	Masa
Unidad de Medida:	7g
Presentación Comercial:	El ozono no se puede almacenar de ninguna manera y tiene que ser generado in-situ mediante un generador de ozono.
<b>PROPIEDADES ESPECÍFICAS</b>	
Origen del Compuesto:	Orgánico
Nombre Químico:	Ozono
Sinónimo de Nombre Químico:	Trioxígeno
Fórmula:	O <sub>3</sub>
Estado:	Gaseoso
Densidad:	2.15 kg/m <sup>3</sup> (0,00215 g/cm <sup>3</sup> )
Composición Química:	El ozono es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno
Vías de Administración:	No aplica

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012)

### Anexo 6. Ficha técnica autoclave y espectrofotómetro.

<b>Ficha Técnica- Autoclave</b>	
Modelo	RHS – 24
Medición de temperatura	000 °C – 153 °C
Control de temperatura	0,1 – 9,9 °C/min
Control termoestática	+ 0,5 °C
Rango de alimentación	CA (180-250) V, 50/60 Hz
Humedad relativa	90%
Consumo de energía	≤ 5W
Interfaz de salida: 1 vía refrigeración, 1 vía de giro positivo, 1 vía giro negativo, 1 vía para alarma y 3 vías de calefacción.	

Fuente: (RHS - 24, 2012)

<b>Ficha Técnica- Espectrofotómetro</b>	
Modelo	X – rite
Repetitibilidad	0,03 RMS
Iluminación	Xenón pulsada D 65 calibrada
Tiempo de medición	< 2,5 segundos
Ciclo de trabajo	480 mediciones por hora
Resolución fotométrica	0,01 % reflectancia
Escala fotométrica	De 0,0 % al 200%
Alimentación	12V
Peso bruto	12 kg

Fuente: (X- rite, 2013)

### Anexo 7. Ficha técnica de cámara de ozono y medidor de calidad de aire.

<b>Ficha Técnica – Cámara de O3</b>	
Modelo	PS – 127
Ruido de trabajo	30 – 50 db
Rango de tiempo	0 – 99 horas
Frecuencia de operación	50 – 60 Hz
Generador de ozono	Descarga eléctrica
Capacidad de generador	60,000 mg/h
Tamaño	42 x 22 x 17,5

Fuente: (Aguirre, 2022)

<b>Ficha Técnica – Medidor de calidad de aire</b>	
Modelo	JSM- 131 SC
Especificación de producto	148 mm x 70 mm x 30 mm
Error de flotación	3% - 30%
Voltaje	5 V
Inicio del precalentamiento	120 segundos
Tiempo de espera	240 – 360 min
Tiempo de carga	4 hrs
Peso Bruto	173 gr

Fuente: (JSM- 131 SC, 2020)

### Anexo 8. Wascator.

<b>Ficha Técnica – Wascator</b>	
Modelo	FOM 71 CLS
Capacidad	5 kg
Consumo	4, 75 Kw
Tiempo	59 min
Velocidad de rotación	220 – 1100 rpm
Voltaje	360 V
Tamaño	720 mm x 690 mm x 1315 mm

Fuente: (FOM 71 CLS, 2010)

*Anexo 9. Gramaje.*



*Anexo 10. Método de exposición a muestras en cámara de ozono en un tiempo determinado.*



MA 1. y MR 1.



MAZ 1.



Tiempo 1 min



MA 2. y MR 2.



MAZ 2.



Tiempo 10 min



MA 3. y MR 3.



MAZ 3.



Tiempo 20 min



MA 4. MR 4. MAZ 4.

Tiempo 30 min

Anexo 11. Medición de VOC

después de la exposición de ozono.



MA 1.



MR 1.



MAZ 1.

1 minuto



MA 2.



MR 2.



MAZ 2.

10 minutos



MA 3.



MR 3.



MAZ 3.

20 minutos



MA 4.



MR 4.



MAZ 4.

30 minutos





Anexo 12. Muestras colocadas en el Wascator bajo la norma ISO 6330.



Detergente (A)



Detergente (A)  
pesaje de 20 gr



Colocación de  
detergente (A)



Cargar muestras y  
contrapeso de  
100% Co  
completar 2 kg



Programación del  
equipo- selección  
de 3G

*Anexo 13. Medición de VOC posterior al lavado y secado doméstico.*



MA 1.



MR 1.



MAZ 1.

1 minuto



MA 2.



MR 2.



MAZ 2.

10 minutos



MA 3.



MR 3.



MAZ 3.

20 minutos



MA 4.



MR 4.



MAZ 4.

