



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL**

TEMA:

**“Evaluación del acabado antimicrobiano con extracto de menta (Mentha)
en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación”**



AUTOR: Pineda Yamberla Diana Ñusta

DIRECTOR: MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

IBARRA – ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DEL AUTOR	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pineda Yamberla Diana Ñusta

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del acabado antimicrobiano con extracto de menta (Mentha) en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación.
AUTOR:	Pineda Yamberla Diana Ñusta
FECHA:	20 de julio del 2026

SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA	☒ Grado ☐ Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniera textil
DIRECTOR	MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días, del mes de julio de 2026.

LA AUTORA:

Firma: -----

Nombre: Pineda Yamberla Diana Ñusta

C.I:100449950-3

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 20 días, del mes de julio de 2026

MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f): -----

Director

MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

C.C. 040090045-2

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité certificado del Trabajo de Integración Curricular “Evaluación del acabado antimicrobiano con extracto de menta (Mentha) en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación” elaborado por la Srta. Pineda Yamberla Diana Ñusta, previa a la obtención del título de ingeniera textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): -----

Director

MSc. Mora Muñoz Elsa Sulay

C.C. 040090045-2

(f): -----

Asesor

MSc. Godoy Collaguazo Omar Vinicio

C.C. 100308393-6

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a Dios y a la Virgencita del Quinche por sostenerme y por darme fe en los momentos de mayor oscuridad.

Me dedico también este logro a mí misma, por haber seguido adelante aun cuando el miedo intentó detenerme. Esto significó un logro académico y una victoria personal.

A mis padres, quienes, con sus aciertos y errores, forjaron la persona que soy hoy, su esfuerzo, sacrificio y enseñanzas fueron el cimiento de este logro y me enseñaron a no renunciar a mis sueños.

A mis hermanas Nelly y Gladys, por sus palabras, su apoyo y su presencia constante. En especial a Nelly, quien fue un pilar esencial en mi proceso de sanación, regalándome un nuevo comienzo y sosteniéndome sin saber que con su amor me estaba salvando.

A mis sobrinos Tamia, Dereck, Liam y Zaid, quienes iluminaron mi camino y se convirtieron en mi mayor motivo para continuar. De manera especial a Zaid, cuyos ojitos me enseñaron que la vida puede ser hermosa y me dieron fuerza para luchar por este logro.

A Jonathan, por caminar a mi lado en cada etapa de este proceso, en las buenas y en las malas, por su apoyo incondicional y por creer en mí y no dejarme sola.

A mis amigos Fernanda, Liz y John, por estar presentes en los momentos más difíciles, por sus palabras de aliento y por no dejarme sola cuando más lo necesité.

Finalmente, a mis mascotas, especialmente a Ámbar y a aquellas que me acompañaron con su amor silencioso y por recordarme que el amor incondicional también sana.

Diana Pineda

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios y a la Virgencita del Quinche por la fortaleza, la fe y la esperanza que me acompañaron durante todo este proceso.

A la Universidad Técnica del Norte y a la Carrera de Textiles, por brindarme el espacio académico, los recursos y la formación necesarios para culminar esta etapa.

A los docentes de la Carrera de Textiles y a mi asesor, por su compromiso y orientación que contribuyeron en mi desarrollo académico y profesional,

Agradezco especialmente a mi tutora de tesis, MSc. Elsa Mora, por su orientación, sus conocimientos y su acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

Expreso mi sincero agradecimiento a mis padres, por el esfuerzo, los valores y las enseñanzas que han marcado mi formación personal y académica, siendo un soporte esencial a lo largo de este camino.

A mi hermana Nelly, por su apoyo constante durante esta etapa, por brindarme estabilidad, respaldo y ánimo para culminar mis estudios cuando más lo necesitaba.

A mi familia, en especial a mis hermanos y sobrinos, cuyo cariño y presencia fueron una fuente de motivación para seguir adelante.

A Jonathan, por creer en mí cuando más lo necesité y por acompañarme en cada paso de este camino y por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles

A mis amigos, por su compañía, consejos y apoyo constante a lo largo de mi formación académica. Finalmente, agradezco a todas las personas que directa o indirectamente, formaron parte de este proceso y contribuyeron a la elaboración de este trabajo.

Diana Pineda

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular, titulado "Evaluación del acabado antimicrobiano con extracto de menta (*Mentha*) en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación ", tuvo como objetivo principal evaluar la viabilidad técnica y la eficacia de un acabado funcional de origen natural. La metodología se desarrolló en varias fases. Inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica para identificar las propiedades de la *Mentha piperita* y definir los parámetros de extracción y aplicación. Posteriormente, se extrajeron los compuestos bioactivos mediante el método Soxhlet utilizando etanol como disolvente. El acabado se aplicó sobre un tejido de algodón 100% previamente descrudado y blanqueado, utilizando el método de impregnación (foulard) con cuatro formulaciones distintas que combinaron dos concentraciones de extracto de menta (100 y 500 mL/L) y dos concentraciones de un ligante (2 y 5 g/L).

Para la evaluación, se utilizó un medidor de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) como indicador indirecto de la liberación de los compuestos activos del extracto, asumiendo que una mayor liberación se relaciona con una mayor actividad antimicrobiana. Las muestras fueron expuestas a transpiración humana durante 45 minutos y se dejaron reposar 48 horas para permitir la colonización bacteriana. Posteriormente, se evaluó la durabilidad del acabado mediante la norma ISO 6330:2012 (lavado doméstico). Los resultados se analizaron estadísticamente con ANOVA en el software Statgraphics Centurion.

Los resultados demostraron que todas las formulaciones con extracto de menta generaron valores de VOC superiores a la muestra sin tratamiento ($0,099 \mu\text{g}/\text{m}^3$), evidenciando una incorporación efectiva del extracto. El análisis estadístico realizado mediante análisis de varianza (ANOVA) reveló que tanto la concentración del extracto como la del ligante, así como su interacción, tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la variable de respuesta antes y después del lavado, indicando que las diferencias entre las formulaciones fueron reales y no producto del azar. La formulación con (500 mL/L) y (5 g/L) de ligante presentó los valores más altos antes del lavado ($0,299 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y una pérdida aproximada del 48% tras el lavado, lo que evidencia una durabilidad parcial respecto al resto de formulaciones. En conclusión, el método de impregnación resultó viable, y el extracto de menta demostró ser un agente antimicrobiano prometedor.

Palabras clave: Antimicrobiano, extracto de menta, impregnación, pick up, Soxhlet

ABSTRACT

The main objective of this curricular integration project, entitled 'Evaluation of an antimicrobial finish derived from peppermint extract on 100% cotton fabric applied using the impregnation method', was to assess the technical feasibility and efficacy of a naturally derived functional finish. The methodology was carried out in several phases. Initially, a literature review was conducted to identify the properties of *Mentha piperita* and define the extraction and application parameters. Subsequently, the bioactive compounds were extracted using the Soxhlet method with ethanol as the solvent. The finish was applied to a 100% cotton fabric that had been previously scoured and bleached, using the impregnation (foulard) method with four different formulations combining two concentrations of mint extract (100 and 500 mL/L) and two concentrations of a binder (2 and 5 g/L).

For the evaluation, a Volatile Organic Compounds (VOC) analyser was used as an indirect indicator of the release of active compounds from the extract, on the assumption that greater release is associated with greater antimicrobial activity. The samples were exposed to human perspiration for 45 minutes and left to stand for 48 hours to allow bacterial colonisation. Subsequently, the durability of the finish was assessed in accordance with ISO 6330:2012 (domestic washing). The results were statistically analysed using ANOVA in Statgraphics Centurion software.

The results showed that all formulations containing mint extract produced higher VOC values than the untreated sample ($0.099 \mu\text{g}/\text{m}^3$), indicating that the extract had been effectively incorporated. Statistical analysis revealed that both the concentration of the extract and that of the ligand, as well as their interaction, had a significant effect ($p < 0.05$) on the response variable before and after washing. The formulation containing (500 mL/L) and (5 g/L) of binder showed the highest values before washing ($0.299 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and an approximate loss of 48% after washing, indicating partial durability compared to the other formulations. In conclusion, the impregnation method proved viable, and peppermint extract demonstrated itself to be a promising antimicrobial agent for textile applications.

Keywords: Antimicrobial, impregnation, pick up, min extract, Soxhlet

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AATCC: Asociación Estadounidense de Químicos y Coloristas Textiles

CO₂: Dióxido de carbono

CTEX: Carrera de Textiles

FICA: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

FTIR: Transformada de Fourier por infrarrojo

ISO: Organización Internacional de Normalización

MAE: Extracción asistida por microondas

UTN: Universidad Técnica del Norte

VOC: Compuesto orgánicos volátiles

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento de investigación.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Alcance y delimitación.....	2
1.4. Justificación.....	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Estudios previos.....	7
2.2.1. Menta.....	8
2.2.1.1. Mentha piperita	8
2.3. Marco legal	9
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador	9
2.3.2. Líneas de investigación la UTN	10
2.4. Marco conceptual	11
2.4.1. Textiles antimicrobianos	11
2.4.2. Agentes antimicrobianos	11
2.4.3. Propiedades de la menta piperita.....	12
2.4.4. Métodos para obtener el extracto de menta.....	13
2.4.4.1. Extracción por Soxhlet.....	13
2.4.4.2. Hidrodestilación.....	14
2.4.4.3. Extracción con dióxido de carbono supercrítico.....	14
2.4.4.4. Extracción asistida por microondas (MAE).....	15
2.4.5. Método de impregnación.....	15

2.4.5.1. Equipo de impregnación	16
2.4.5.2. Pick up	17
2.4.6. Transpiración.....	18
CAPÍTULO III.....	19
METODOLOGÍA	19
3.1. Enfoque de la investigación.....	19
3.2. Tipo de investigación.....	19
3.2.1. Investigación Experimental.....	19
3.2.2. Investigación analítica.....	20
3.3. Flujogramas	20
3.3.1. Flujograma general.....	20
3.3.2. Flujograma muestral.....	21
3.4. Equipos y materiales de laboratorio	22
3.4.1. Tejido plano algodón 100%	22
3.4.4. Foulard.....	24
3.4.5. Túnel de secado.....	24
3.4.6. Medidor VOC ZN-MT25	25
3.4.7. Wascator FOM 71 CLS.....	26
3.4.8. Instrumentos de laboratorio.....	27
3.5. Procedimiento para la obtención del agente antimicrobiano	27
3.5.1. Preparación del tejido (descrude y blanqueo químico)	27
3.5.2. Obtención del extracto de menta	29
3.5.3. Proceso de impregnación	30
3.5.4. Pruebas de laboratorio.....	32
3.5.4.1. Medidor de VOC	32
3.5.4.2. Prueba de solidez al lavado norma ISO 6330 2012	33
CAPÍTULO IV.....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35

4.1.	Resultados de las pruebas	35
4.1.1.	Calificación TVOC	37
4.2.	Discusión de resultados	38
4.2.1.	Análisis de la varianza antes del lavado.....	38
4.2.2.	Análisis de la varianza después del lavado	44
CAPÍTULO V		49
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1.	Conclusiones.....	49
5.2.	Recomendaciones	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Líneas de Investigación.....	10
Tabla 2 Tipos de agentes antimicrobianos	12
Tabla 3 Procedimiento del proceso de impregnación	16
Tabla 4 Características técnicas del tejido	23
Tabla 5 Parámetros generales del proceso de impregnación.....	24
Tabla 6 Clasificación de la calidad del aire	26
Tabla 7 Instrumentos de laboratorio	27
Tabla 8 Receta del proceso de descrude	28
Tabla 9 Extracto obtenido en el proceso	30
Tabla 10 Concentración del extracto de menta	30
Tabla 11 Formulaciones obtenidas de Statgraphics Centurion	31
Tabla 12 Exposición de las muestras a la transpiración.....	33
Tabla 13 Factores de estudio.....	35
Tabla 14 Resultados experimental	36
Tabla 15 Valor óptimo del VOC antes del lavado	36
Tabla 16 Valor óptimo del VOC después del lavado.....	37
Tabla 17 Calificación de la calidad del aire	37
Tabla 18 Análisis de la varianza del VOC antes del lavado	39
Tabla 19 Coeficiente de regresión para VOC (antes lavado).....	40
Tabla 20 Análisis de varianza después del lavado	44
Tabla 21 Coeficiente de regresión para VOC (después del lavado)	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Planta Académica Textil	3
Figura 2 Mentha Piperita	9
Figura 3 Equipo de foulardado para laboratorio	17
Figura 4 Flujograma general del proceso	21
Figura 5 Flujograma muestral del proceso	21
Figura 6 Túnel de secado	25
Figura 7 Equipo de lavado Wascator FOM 71 CLS	26
Figura 8 Curva de proceso de descrude	28
Figura 9 Diagrama de Pareto Estandarizado para VOC (antes del lavado).	42
Figura 10 Superficie de respuesta estimada antes del lavado	43
Figura 11 Diagrama de Pareto estandarizada para VOC después del lavado	47
Figura 12 Superficie de respuesta estimada.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de uso de laboratorio	58
Anexo 2 Ficha técnica TAMPÓN.....	59
Anexo 3 Proceso de extracción de la menta	61
Anexo 4 Preparación de la solución para la impregnación.....	62
Anexo 5 Proceso de impregnación	63
Anexo 6 Pruebas de Laboratorio	64

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento de investigación

Actualmente, los tejidos elaborados con algodón 100%, una fibra natural ampliamente utilizada en la industria textil por sus características de suavidad, transpirabilidad y su capacidad de absorción, estas propiedades favorecen la retención de humedad. Durante el uso diario, pueden proliferar hongos y bacterias debido a la transpiración de la piel. Esta acumulación microbiana consigue generar problemas higiénicos como malos olores, pérdida de resistencia del tejido y manchas, debido a la liberación de compuestos orgánicos volátiles (Catovic et al., 2022).

La piel humana, al ser un órgano delicado, incrementa las infecciones por bacterias, especialmente en la zona axilar, la misma que carece de ventilación y baja exposición al ambiente; esto por los tejidos naturales, como es el caso del algodón, que favorecen la transpiración y aumentan el riesgo de propiciar el crecimiento de microorganismos en el tejido. Según Haertl et al. (2023), la axila es una de las zonas corporales donde existe mayor cantidad bacteriana ya que la humedad y temperatura ayudan a la proliferación de microorganismos como *Staphylococcus haminis* y *Corynebacterium*, los mismos que son causantes del mal olor e irritaciones cutáneas.

Los acabados antimicrobianos empleados en la industria textil buscan evitar esta problemática mediante compuestos bioactivos que se fijan en la superficie del tejido a través de enlaces químicos que actúan cuando entran en contacto con los microorganismos, limitando su actividad sobre el sustrato. Sin embargo, muchos de estos agentes son compuestos inorgánicos basados en metales pesados como el cobalto, plata, cobre, entre otros. Las nanopartículas de plata son las más usadas, por ello, se han realizado estudios donde se recopilaban datos que indican que estos compuestos pueden ser peligrosos inclusive al estar en exposición dérmica, causando daños en el organismo. Además, tiene la capacidad de pasar desapercibido en controles de elaboración y aplicación, provocando riesgos nocivos en el medio ambiente (Maya Serna et al., 2017).

Ante esta problemática, la presente investigación propone el uso de compuestos naturales como agentes antimicrobianos que permitan reducir los riesgos toxicológicos asociados al empleo de materiales pesados en los acabados textiles. Además, se busca contribuir a la reducción de la contaminación en las aguas residuales por el uso de compuestos inorgánicos, ofreciendo una alternativa segura, sostenible y ecológica para la obtención de tejidos higiénicos.

1.2.Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el acabado antimicrobiano del extracto de menta en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación.

Objetivo específico

- Investigar en fuentes bibliográficas las propiedades del acabado antimicrobiano del extracto de menta para determinar los parámetros de aplicación
- Realizar la aplicación del extracto de menta en el tejido 100% algodón por el método de impregnación.
- Realizar las pruebas a nivel de laboratorio con el medidor de compuestos orgánicos volátiles para evaluar la propiedad antimicrobiana del extracto de menta y la solidez al lavado doméstico mediante la norma ISO 6330 2012.
- Analizar los resultados obtenidos mediante el uso de un software estadístico de los compuestos orgánicos volátiles.

1.3.Alcance y delimitación

El presente proyecto consta de la elaboración y evaluación de un acabado antimicrobiano natural aplicado a un tejido plano de algodón 100%, mediante la incorporación de extracto de menta (*Mentha piperita*). El proceso experimental se llevará a cabo en los laboratorios de la Carrera de Textiles (CTEX), la misma que pertenece a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte en Ecuador (UTN).

Las etapas principales del proceso incluirán el descruce del material textil, seguido de la aplicación del extracto de menta a distintas concentraciones, utilizando un ligante mediante el método de impregnación. Posteriormente, las muestras serán sometidas a pruebas de transpiración y solidez al lavado tomando como referencia la norma (ISO 6330:2012) y medición de compuestos orgánicos volátiles (VOC), con el fin de determinar la eficacia y durabilidad del acabado aplicado. Finalmente, se presentarán los resultados obtenidos de cada una de las muestras.

La investigación tuvo lugar en los laboratorios de la Planta Académica Textil de la UTN. Su ubicación, como se muestra en la **Figura 1**, está en la ciudad de Ibarra, sector de Azaya, en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago.

Figura 1
Ubicación de la Planta Académica Textil



Fuente: (Google Maps, 2026).

1.4. Justificación

El presente estudio se enfoca en concederles un acabado antimicrobiano a tejidos de algodón mediante el uso de extracto de menta (*Mentha piperita*). Este compuesto se caracteriza por su acción frente a diversos microorganismos como bacterias y hongos; el mismo actúa como bactericida, fungicida, entre otros. Su incorporación a los textiles permite el control de la infestación de microbios e impide el metabolismo de los mismos, con la finalidad de reducir cualquier tipo de olor y, de esta manera, proteger a aquellos productos textiles más vulnerables

de manchas y deterioración de la calidad de los mismos, los productos usados para realizar el acabado. Además, los agentes empleados en este tipo de acabados deben poseer ciertas características específicas, como no ser tóxicos, no emitir ningún tipo de olor desagradable en el producto y no tener efectos que sean dañinos en el tejido causados por los químicos, ya que pueden alterar la resistencia, si este es usado por un tiempo prolongado (Textiles Panamericanos, 2011).

Las fibras celulósicas, como el algodón, son muy susceptibles al ataque microbiano debido a su naturaleza hidrofílica y su alta capacidad de absorción. Por esta razón, en la actualidad se han enfocado en la creación de nuevos acabados antimicrobianos, los cuales deben poseer mayor durabilidad a los lavados y al uso para mejorar la calidad de aquellos textiles tales como prendas de vestir. Las propiedades químicas del algodón, como la presencia de grupos hidroxilo y la habilidad para la producción de varias uniones de sales, permiten incorporar eficazmente estos agentes sobre la superficie de la fibra (Quintar y Rodríguez, 2017).

En este contexto, la presente investigación busca evaluar la eficacia del extracto de menta como agente antimicrobiano natural aplicado a tejidos de algodón, contribuyendo al desarrollo de alternativas más sostenibles para la industria textil. En el ensayo del presente estudio, se analizarán diferentes concentraciones de extracto de menta con el objetivo de determinar una formulación óptima. Posteriormente, se efectuará una evaluación mediante la medición de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y la determinación de la solidez al lavado, con el fin de identificar la receta que proporcione los mejores resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El algodón (*Gossypium spp.*) pertenece a la familia malváceas y cuenta con más de 40 variedades. Esta planta tiene particularidades que contribuyen a la protección de las semillas, ya que posee una cápsula que, al estar madura, se abre y libera la fibra conocida como algodón. Sus propiedades, como la resistencia a la rotura y la suavidad, la hacen adecuada para la elaboración de tejidos, puesto que puede ser sometida a productos químicos y ser tratada a temperaturas considerablemente altas. Por ello, en los últimos años, el algodón ha sido empleado como material de esterilización en hospitales (Méndez, 2019). Esta fibra, por sus múltiples beneficios, se ha convertido en un material esencial en el uso cotidiano del ser humano.

Las propiedades que han convertido a esta fibra en una de las más utilizadas en la industria textil incluyen su finura, relacionada con la sensación al tacto, la cual proporciona una textura más suave. Además, posee una resistencia a la abrasión que es considerada aceptable; aunque sus tejidos tienden a arrugarse fácilmente, presentan una buena resistencia a la luz, lo que les permite soportar exposiciones prolongadas. Asimismo, tiene la capacidad de absorber y retener humedad, y estas fibras son altamente transpirables, provocando que la piel pueda respirar y mantenga una sensación fresca y seca al usar prendas de vestir elaboradas con este material (Ochoa y Moncada, 2019).

Los textiles antimicrobianos son conocidos por su capacidad de prevenir la proliferación de microorganismos. Este tipo de material se obtiene mediante tratamientos, aplicados a los tejidos finales, en los cuales se incorporan productos químicos que actúan sobre los microorganismos de diferentes tipos, otorgándoles propiedades como biocidas o biostáticas capaces de destruirlos o inhibir su crecimiento. La efectividad de estos acabados depende del tipo de aplicación y de la concentración utilizada, para lograr obtener finalmente textiles que serán más higiénicos. Los agentes antimicrobianos empleados en este tipo de procesos se clasifican en tres grupos: orgánicos sintéticos, de origen natural e inorgánicos. Cada grupo requiere métodos de aplicación específicos, por lo que es necesario seleccionar la técnica

adecuada según el tipo de sustrato textil. En el caso de las fibras sintéticas, los agentes suelen incorporarse mediante un polímero durante el proceso de extrusión, en cambio, en los tejidos de origen natural se emplea comúnmente el método de impregnación (Muñoz, 2019).

En la actualidad, existen numerosos agentes antimicrobianos naturales utilizados en la industria textil, debido a que son considerados seguros, accesibles y no tóxicos. Entre ellos se encuentran los extractos de animales, plantas y algunos aceites esenciales, los cuales buscan sustituir el uso de compuestos químicos como el aluminio o la nanoplata, los mismos que son considerados perjudiciales para el medio ambiente y de producción costosa. Asimismo, estos productos químicos tienen volatilidad en los productos, poniendo en riesgo áreas de trabajo en plantas de acabado textil, causando enfermedades (Mora & Puente, 2021). En consecuencia, dentro del sector de la salud, los acabados textiles elaborados con agentes naturales han adquirido un alto valor por su carácter ecológico. Algunos agentes que ya han sido usados son extractos de aloe vera, cúrcuma, punicalagina de granada, quitosano, alginato, entre otros (Bibi, 2024).

El uso de estos agentes naturales en el sector de la industria textil ha avanzado significativamente, demostrando eficacia y mayor confort superiores a los obtenidos con compuestos sintéticos. En este contexto, se han elaborado diversas investigaciones que demuestran las propiedades benéficas de los productos naturales. Por ejemplo, el aceite esencial de menta ha sido utilizado en la aplicación de tejidos logrando inhibir el crecimiento microbiano, aunque para lograr este efecto se recurrió a ligantes y técnicas de fijación adecuadas (Rosu et al., 2023).

De igual forma, el romero presenta actividad bactericida, por ello, se han realizado varios estudios que buscan obtener un sistema óptimo de fijación para prolongar la durabilidad del acabado de tal manera que su liberación de activos sea gradual en el textil (Restrepo Álvarez y López Barrios, 2024). Además, el orégano también ha presentado actividad microbiana gracias a sus compuestos, como el timol y carvacrol, capaces de inhibir hongos y bacterias a ser aplicados sobre un tejido (Ortega Lozano, 2018).

La *Mentha piperita* es una planta que puede alcanzar hasta 80 centímetros de altura y se cultiva principalmente en campos y huertos. Su crecimiento no es continuo ni regular, ya

que requiere suelos ricos en humus y que contengan suficiente humedad para su crecimiento óptimo. Los aceites esenciales extraídos de esta especie se utilizan en las industrias alimentaria, perfumería y farmacéutica, debido a sus propiedades antibacterianas e insecticidas. Además, al aplicarse sobre la piel, genera una sensación refrescante, lo que la convierte en un recurso ideal para realizar acabados en tejidos con fines higiénicos (Zuni, 2017).

2.2. Estudios previos

Das et al., (2021) evaluaron la aplicación de un bioextracto de *Mentha piperita* en tejidos de algodón con la finalidad de obtener un acabado antibacteriano de origen natural. La caracterización del extracto se realizó mediante la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, encontrando compuestos químicos con actividad antimicrobiana. Los resultados mostraron que las muestras tratadas presentaron actividad antibacteriana significativa contra las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, presentando mayor eficacia frente a las bacterias gramnegativas (*Escherichia coli*). Además, se reportó que el tratamiento tuvo una proporción considerable de su efecto antibacteriano luego de simular varios ciclos de lavado, asimismo, aportó características aromáticas en los tejidos.

Wendt et al., (2021) analizaron el efecto de aceites esenciales de *Mentha piperita*, *citrus limon*, entre otros, aplicados en un textil de algodón proveniente de un patrimonio cultural. La investigación incluyó un muestreo microbiológico antes y después de la aplicación de los aceites esenciales, en el cual se encontraron mohos y levaduras como *Cladasporium sp*, *Botrytis sp* y *Rhodotorula mucilaginosa*. Luego de la aplicación se registró una reducción en el desarrollo de las especies fúngicas evaluadas, observándose un efecto inhibitorio del aceite esencial de menta sobre la levadura *Rhodotorula mucilaginosa*. El estudio documenta la aplicación de aceites sobre textiles de algodón y su efectividad contra los microorganismos asociados a su deterioro en ambientes de almacenamiento.

Diversos estudios previos han analizado la aplicación de extractos vegetales y aceites esenciales en tejidos de algodón con la finalidad de conferir propiedades antimicrobianas. Parthipan et al., (2020) realizaron un estudio del uso de la menta combinada con dióxido de titanio en tejidos de algodón 100% para evaluar el acabado textil con propiedades

antimicrobianas y repelencia al agua, En este sentido, el tratamiento se realizó por el método de inmersión y secado, además, se aplicó un recubrimiento hidrofóbico a base de agua. La actividad antimicrobiana se evaluó frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* utilizando la norma AATCC 100, por otro lado, la durabilidad al lavado fue analizada mediante la norma ISO C06-2010. Los resultados indicaron la presencia de actividad antimicrobiana en las muestras tratadas antes y después del lavado, documentando el uso de la menta asociado con dióxido de titanio y recubrimiento hidrofóbico sobre tejidos de algodón.

2.2.1. Menta

La menta es una planta herbácea procedente de la cuenca mediterránea cuyo cultivo con el tiempo se ha extendido a nivel global gracias a su rápido crecimiento y fue considerada importante por su valor aromático y medicinal (Llacsahuanga Jiménez, 2025). Estas características han favorecido su empleo en diversos sectores industriales. En este sentido, Wei et al. (2023) señalaron que la menta “se utiliza ampliamente en las industrias alimentarias y de bebidas, cosméticos, agroquímica y fitoterapia debido a la presencia de diversos fitoquímicos” (p. 6).

La menta posee diversas variedades las cuales se diferencian por su composición o aroma, entre las más comunes se encuentran:

- Hierbabuena
- Menta acuática
- Menta poleo
- Menta naranja
- Menta piperita

2.2.1.1. *Mentha piperita*

Es una especie vegetal llamada menta verde, común o inglesa, la misma ha sido usada para mitigar diversas dolencias como gastritis, diarrea, cólicos, entre otras, ya que se ha comprobado que tiene actividades anticancerosas, carminativas y antimicrobianas. La actividad antimicrobiana ha sido verificada con la elaboración de algunos estudios en donde se puede evidenciar que las hojas de la *Mentha piperita* muestran un efecto inhibidor hacia ciertas

bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Es por ello que esta planta es usada en distintos productos para el cuidado de la salud. En la **Figura 2** se muestra la variedad de la planta *Mentha piperita*, caracterizada por sus hojas opuestas de color verde (Ortega y Carretero, 2020).

Figura 2

Mentha Piperita



Fuente: (Kew, 2023).

2.3.Marco legal

En esta sección, se examinan los marcos normativos y regulaciones pertinentes que impactan en la implementación del presente proyecto.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2021) en su Art.350 se menciona.

El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo” (p. 169).

Por otro lado, en la sección octava, la cual hace énfasis en la ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales en el Art. 385 de la Constitución de la República del Ecuador afirma que (2021).

El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir (p. 185).

2.3.2. Líneas de investigación la UTN

En la **Tabla 1** se muestra cómo la UTN desarrolla proyectos de investigación científica que deben estar vinculados con alguna de las 10 líneas de investigación establecidas.

Tabla 1

Líneas de Investigación

Nro.	Líneas de investigación de la UTN
1	Producción Industrial y Tecnología Sostenible
2	Desarrollo Agropecuario y forestal Sostenible
3	Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sostenible
5	Salud y Bienestar integral
6	Gestión calidad de la educación, proceso pedagógicos e idiomas
7	Desarrollo artístico, diseño y publicidad
8	Desarrollo social y del comportamiento humano
9	Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibemética)

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2024).

Por lo cual, en la CTEX los proyectos de investigación se encuentran alineados en las siguientes líneas de investigación:

1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible

9. Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico

En el presente proyecto, la línea de investigación a la que se encuentra sujeta es la 9.

2.4.Marco conceptual

2.4.1. Textiles antimicrobianos

Los textiles antimicrobianos son aquellos que protegen al tejido de los microorganismos que se generan en la superficie. Este tipo de materiales se obtienen mediante tratamientos químicos que tienen como finalidad eliminar o impedir la proliferación microbiana, por ello en la actualidad se han elaborado fórmulas eficaces que logran cubrir las necesidades de aquellos que buscan un estilo de vida mucho más higiénico, cumpliendo ciertas características esenciales como tener niveles bajos de toxicidad, resistencia al lavado y fluidos corporales, no alterar las propiedades del material textil y sobre todo que sean accesibles. Este tipo de acabados ha ganado una amplia aceptación dentro del sector hospitalario debido a que contribuye con la disminución del riesgo de contaminación cruzada y transmisión de agentes patógenos (Rondinone et al., 2023).

2.4.2. Agentes antimicrobianos

En el mercado existe una gran variedad de agentes antimicrobianos pero no todos pueden ser usados en productos textiles, pues solo aquellos que cumplen con especificaciones que garanticen su seguridad y efectividad son considerados aptos para la industria textil, estos agentes pueden actuar de dos formas como difusión antimicrobiana en donde el agente activo migra hacia la superficie para formar una barrera que inhibe el desarrollo de bacterias y hongos cuando se encuentra en contacto con el material textil por otro se encuentran los antimicrobianos por contacto no migran porque se mantiene fijo en el sustrato entonces el

microorganismo debe estar en contacto directo con el sustrato para que de esa manera exista el efecto biocida (Igal, 2019).

En la **Tabla 2** se presentan los agentes antimicrobianos más utilizados, organizados según su tipo, los compuestos y las fibras textiles en las que pueden ser usados.

Tabla 2

Tipos de agentes antimicrobianos

Tipos	Agente antimicrobiano	Fibras
Orgánicos naturales	Lignina	Algodón
	Quitosano	Poliéster
		Lana
Orgánicos sintéticos	Compuesto de amonio cuaternario	Algodón
	Triclosán	Poliéster
	N-halaminas	Nylon
	Polihexametilen biguanida	Lana
	Plata	Algodón
	Sales metálicas	Lana
Inorgánicos	Cobre y aleaciones	Poliéster
	Óxido de zinc	Nylon
	Dióxido de titanio	

Fuente: (Quiroga Vergel, 2022).

2.4.3. Propiedades de la menta piperita

Esta planta contiene compuestos bioactivos como el timol, paracimón, mentona y el conocido mentol, los mismos que han sido asociados con el fortalecimiento del sistema inmune debido a que pueden producir óxido nítrico y la actividad de fenol oxidasa, entre otros. Además, tiene la capacidad de estimular los mecanismos del sistema innato logrando combatir algunas bacterias, entre ellas *Staphylococcus aureus* (Mendoza Noblecilla, 2023). En este sentido, las hojas poseen mayor actividad antimicrobiana, mientras que el tallo solo presenta actividad antibacteriana (Herbozo, 2015).

Asimismo, estudios basados en la caracterización química de aceites esenciales de plantas aromáticas señalan que la menta posee compuestos terpenoides y monoterpenos volátiles como: limoneno, linalool y a-terpineno, los mismos que forman parte de los compuestos orgánicos volátiles responsables de su aroma y también de su actividad antimicrobiana observada en plantas aromáticas (Delgadillo et al., 2021).

Anguisaca (2019) afirma que la *Mentha piperita* posee ciertas propiedades que se muestran a continuación.

- Contribuye a la disminución de fiebre
- Favorece en la limpieza del sistema respiratorio
- Reduce molestias gastrointestinales
- Controla el mal aliento
- Disminuye el estrés y ansiedad por su efecto relajante
- Reduce microorganismos causantes del mal olor (Anguisaca Criollo, 2019).

2.4.4. Métodos para obtener el extracto de menta

La obtención de extractos de material natural es un proceso fundamental realizado para obtener aceites esenciales, bioactivos, fenoles, entre otros, los mismos que son los causantes de brindar propiedades aromáticas, antimicrobianas y antioxidantes. Por ello, existen varios métodos de extracción, en donde cada uno brinda ventajas como pureza, rendimiento y sostenibilidad del proceso.

2.4.4.1.Extracción por Soxhlet

Este método es uno de los más comunes, permitiendo separar sustancias como aceites esenciales o compuestos orgánicos de productos naturales como semillas, hojas, entre otros. La **Figura 3** muestra el equipo Soxhlet, el mismo que permite las extracciones continuas, el cual se desarrolla cíclicamente, iniciando con el calentamiento de un disolvente en el matraz esperando su evaporación. Posteriormente, el vapor obtenido debe subir hasta el condensador para convertirse en líquido luego de enfriarse, el mismo cae sobre el material natural que se encuentra dentro del cartucho del extractor con el objetivo de disolver aceites esenciales. Este proceso termina cuando el líquido dentro del extractor llega a un límite donde se vacía mediante

un tubo conocido como sifón. Finalmente, el proceso se repite hasta observar el disolvente transparente y puede durar hasta ocho horas (Kuranjekar et al., 2023).

Figura 3

Equipo Soxhlet



Fuente: (POBEL, 2025).

2.4.4.2.Hidrodestilación

Conocida como destilación por arrastre de vapor, es un método usado para la obtención de aceites esenciales y compuestos volátiles de plantas. Su principio se basa en no formar una mezcla homogénea entre los compuestos orgánicos y el agua, debido a que cada uno de ellos posee un punto de ebullición distinto, de tal manera que al realizar la destilación con el vapor del agua les da la oportunidad de trabajar a una temperatura inferior para evitar que el aceite esencial se degrade por el calor. Durante el proceso, el vapor del agua que se generó en el matraz traspasa el material natural con el que se está trabajando, rompiendo las estructuras que contienen los aceites esenciales. El vapor del agua y los componentes volátiles se evaporan y se transportan hacia un condensador para enfriarse y convertirse nuevamente en líquido; los mismos, se separan en dos fases, agua y aceite, para luego recolectar el aceite y almacenarlo para conservar sus propiedades (Ibrahim et al., 2022).

2.4.4.3.Extracción con dióxido de carbono supercrítico

Esta técnica es moderna y se usa para obtener aceites esenciales en los que el disolvente es el dióxido de carbono (CO_2). El estado supercrítico se da cuando el CO_2 , al encontrarse en contacto con una temperatura superior a 31.1°C y su presión se encuentra por encima de los

73.8 bar, permitiéndole estar en una fase fluida con propiedades de líquido y gas, facilitándole transitar por los materiales naturales y disolverlos. Después, la presión y la temperatura disminuyen para poder separar el CO₂ del extracto, obteniendo finalmente el aceite esencial. El procedimiento es más eficaz si el material vegetal tiene las partículas más pequeñas, mejorando positivamente su rendimiento (Meng, 2023).

2.4.4.4.Extracción asistida por microondas (MAE)

La extracción asistida por microondas es conocida por aprovechar la energía del mismo, ya que tiene la capacidad de calentar de manera rápida y uniforme el compuesto orgánico y el disolvente. Su desarrollo se fundamenta en el uso del microondas con la finalidad de hacer vibrar las moléculas polares para generar calor dentro del material vegetal. La acción antes mencionada genera la ruptura de las paredes celulares para liberar los compuestos volátiles hacia el disolvente. Su procedimiento inicia colocando la muestra vegetal en un recipiente junto con un disolvente, después, se expone a la radiación controlada del microondas. Por ello, esta técnica es conocida como ecológica y versátil por su rápida obtención sin dañar las propiedades de las muestras naturales (García Sarrió et al., 2023).

2.4.5. Método de impregnación

Es un proceso en el cual se aplican productos específicos sobre materiales textiles, donde se sumerge el tejido en un baño por alrededor de 30 segundos, para después aplicar una presión mediante rodillos con la finalidad de exprimir una cantidad de solución controlada, para obtener una aplicación uniforme. Luego, se desarrolla el proceso de secado y curado para lograr la fijación del producto sobre la fibra. Generalmente es usado para pretratamientos textiles debido a que es una técnica eficiente a pesar de que se necesita un control minucioso para garantizar resultados duraderos y uniformes (Omerogullari Basyigit, 2021).

Según lo expresado por Solé (2013), el proceso de impregnación también es conocido como foulardado, este procedimiento se lleva a cabo mediante la impregnación del material textil en un baño, el cual debe estar compuesto por una solución de tintura, acabado, entre otros. A continuación, se realiza un escurrido en los cilindros de presión, si la solución contiene un colorante, este quedará adherido al material textil luego de haber sido sometido a la presión de los cilindros, a pesar de que este no queda fijado al tejido, ya que necesita realizar algunos

procesos para obtener una impregnación correcta. La **Tabla 3** presenta el procedimiento de impregnación de forma secuencial incluyendo ciertos parámetros.

Tabla 3

Procedimiento del proceso de impregnación

Proceso	Detalle	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
Inmersión	Sumergir el material textil en la solución	10	20 °C
Escurrecido/pick up	Eliminación y control del líquido residual	0.1 a 1	20 °C
Secado	Material impregnado pierde exceso de líquido	120	90-110 °C
Curado	Fijación de los componentes en el material	60	110 °C

Fuente: (Igal, 2023).

2.4.5.1. Equipo de impregnación

Es un equipo donde se realizan baños funcionales para tejidos planos y luego, se exprime con la ayuda de los rodillos. El mismo proporciona una aplicación homogénea y medible del tratamiento en tejidos no tricotados (OECD Environment Directorate, 2004).

Lockuán Lavado (2012) sostiene que:

El foulard es una máquina compuesta de tres cilindros para desarrollar algunos procesos como impregnar, pigmentar o escurrir. Este proceso puede ser empleado en tejidos de ancho abierto, los mismos que son considerados sensibles a pliegues y dobleces, es por ello, que el material textil es guiado por tensores con la intención de evitar la creación de arrugas. A continuación, ingresa a tinajas que ya se encuentran con la solución, finalmente, pasa por los rodillos de presión para eliminar el exceso de líquido (p. 64).

En la **Figura 4** se presenta el equipo de foulard empleado en los procesos de impregnación, el mismo que permite aplicar de manera equitativa la solución química en la tela.

Figura 4

Equipo de foulardado para laboratorio



Fuente: Autor

2.4.5.2.Pick up

El porcentaje de retención es un parámetro importante en el proceso de impregnación textil debido a que posibilita medir la cantidad de baño que un material textil es capaz de retener luego de ser presionado por los rodillos del foulard. En consecuencia, el pick up tiene una relación inversamente proporcional con la presión de exprimido ya que, a mayor presión de exprimido, menor será su porcentaje de retención. Este parámetro depende de varios factores como son el tipo de tejido, la viscosidad del baño y, como se mencionó anteriormente, la presión de los rodillos (Lockuán Lavado, 2012).

A continuación, se muestra la fórmula para conocer el porcentaje de retención de un tejido.

$$\% \text{ pick up} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \cdot 100 \quad (1)$$

2.4.6. Transpiración

La transpiración es un proceso fisiológico que realiza el cuerpo humano, lo que permite la regulación de la temperatura corporal y expulsa sustancias del mismo. Además, el sudor al entrar en contacto directo con las prendas de vestir logra causar sensaciones de confort térmico, la generación de olores y el crecimiento de microorganismos. Tal como los textiles de algodón que poseen la capacidad de absorción del agua, teniendo relación con el sudor, el mismo que puede afectar directamente las propiedades higiénicas. Es por ello, que es importante la elaboración de acabados funcionales para evitar la proliferación de microorganismos (Baker, 2019).

a) Microorganismos presentes en la piel

Los microorganismos tienen mayor presencia en los lugares húmedos del cuerpo humano como lo son la axila, la ingle y las fosas nasales. El *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacterium jeikeium* y *Micrococcus luteus* se encuentran en la piel e inclusive en el cuero cabelludo; los mismos son de las especies más predominantes en el huésped (Skowron et al., 2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.Enfoque de la investigación

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se fundamentó en la evaluación cuantitativa mediante valores numéricos sobre los efectos del acabado antimicrobiano del extracto de menta aplicado sobre un tejido plano 100% de algodón.

De acuerdo con Hernández et al. (2010), el enfoque cuantitativo, es aquel que se basa en un conjunto de procesos que siguen un orden secuencial, en el cual, cada etapa debe ser cumplida para continuar con la siguiente ya que su orden es riguroso. El uso de recolección de datos es esencial en este tipo de enfoque ya que sirve para verificar la validez de la hipótesis con la ayuda de los análisis estadísticos que tienen la capacidad de validar las teorías propuestas.

3.2.Tipo de investigación

La investigación es un proceso que relaciona métodos y procedimientos que son aplicados para conocer un hecho o fenómeno, logrando obtener y buscar nuevos conocimientos con la intención de prevenir problemas y proponer soluciones. En consecuencia, existen diversos tipos de investigación, los cuales se clasifican dependiendo de los factores como el propósito del estudio, el tiempo que se desee invertir en su desarrollo y el alcance de los datos considerados durante la búsqueda de información (Viejo Mora, 2018).

3.2.1. Investigación Experimental

La investigación experimental se encuentra orientada a comprobar la influencia de variables controladas sobre las propiedades finales del tejido que adopta luego de ser tratado con un acabado antimicrobiano a base de extracto de menta. Además, se puede intervenir de manera controlada en determinadas variables, como la concentración del extracto y la dosificación del ligante, con la finalidad de observar cómo afectan este tipo de variaciones a la actividad antimicrobiana y a la durabilidad del acabado.

3.2.2. Investigación analítica

Una vez completado el tratamiento con extracto de menta sobre las muestras de tejido, se procedió a realizar un análisis comparativo de las variables experimentales, como porcentajes del extracto y del ligante. Es por ello, que este análisis busca establecer relaciones entre las variables y determinar qué receta ofrece mayor eficacia, logrando obtener conclusiones fundamentadas y descartar hipótesis no válidas acerca del desempeño del acabado natural aplicado en el tejido de algodón.

3.2.3. Investigación comparativa

El enfoque comparativo también se presenta en esta investigación, debido a que se buscó analizar el comportamiento antimicrobiano en el tejido con el medidor de VOC antes y después de la aplicación del acabado elaborado a base de extracto natural de menta. Es por ello, que este enfoque permitió una evaluación objetiva sobre los compuestos volátiles que se liberaron al aplicar el agente bioactivo. Esta comparación se hizo con tejido sin acabado, tejido con acabado y tejido con acabado expuesto a la transpiración, logrando determinar la efectividad del acabado antimicrobiano.

3.3. Flujogramas

Esta herramienta es de gran utilidad, debido a su disponibilidad para poder ser analizada por las partes interesadas y ser comprendida por aquellas que buscan conocer los procesos (Calderón Umaña, 2009).

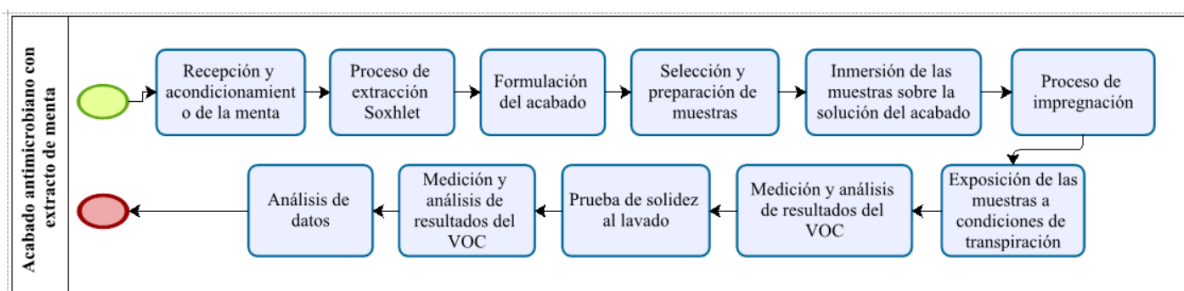
Para la elaboración del acabado antimicrobiano a base de extracto por el proceso de impregnación se establecieron distintos pasos que deben realizarse de manera ordenada.

3.3.1. Flujograma general

En la **Figura 5** se detalla el proceso del acabado, el cual inicia con la recepción y acondicionamiento de las hojas de menta para su extracción, luego se elaborará la formulación del acabado para su posterior inmersión de las muestras y procederá con el proceso de impregnación, finalmente se elaborarán los ensayos necesarios.

Figura 5

Flujograma general del proceso



Fuente: Autor

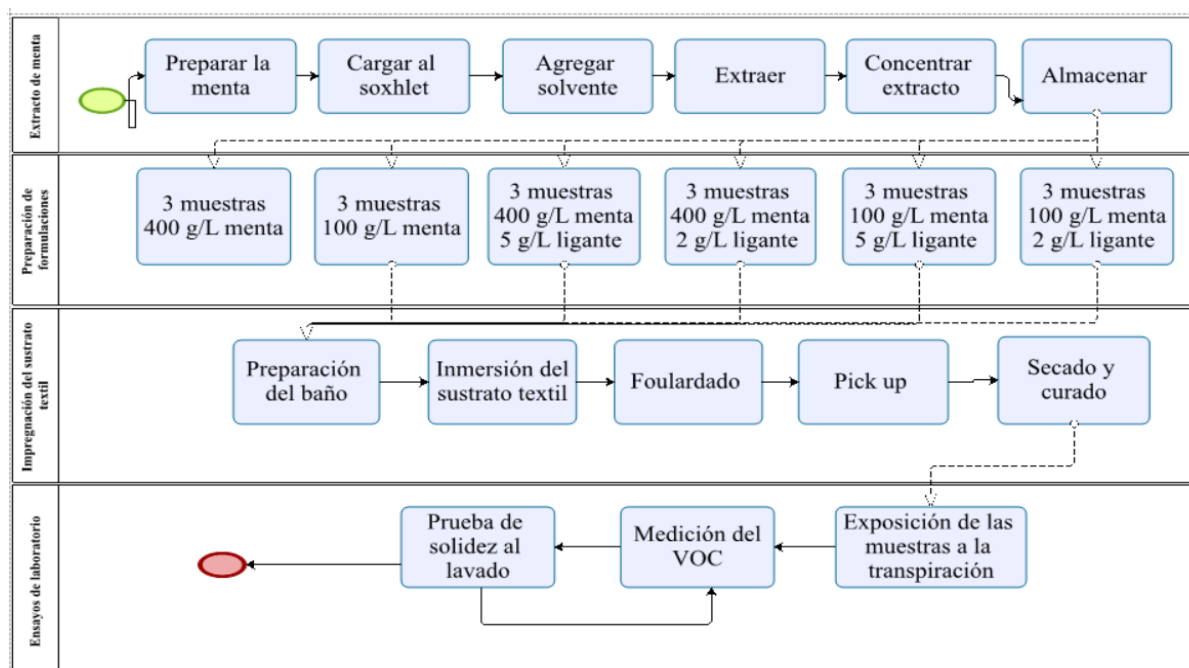
3.3.2. Flujograma muestral

En la

Figura 6, se presenta el flujograma muestral, donde se detallan las etapas principales del proceso, el total de muestras con las que se trabajó y las distintas concentraciones que se utilizaron en el extracto de menta, además de las pruebas de laboratorio.

Figura 6

Flujograma muestral del proceso



Fuente: Autor

3.4. Equipos y materiales de laboratorio

Para realizar el acabado antimicrobiano en el tejido de algodón 100%, se hizo uso de los equipos e instrumentos de laboratorio de la CTEX, los mismos, que aportaron con el desarrollo del presente proyecto.

3.4.1. Tejido plano algodón 100%

El algodón es una fibra celulósica, la más usada en la industria textil por su calidad. Sus características, como la longitud que varía desde 5 a 1.5 cm y con su densidad que alcanza de 1 a 3 dtex, característica que la hace idónea para diversos productos textiles. Los tejidos planos, son aquellos que se encuentran conformados por dos hilos entrelazados, conocidos como trama y urdimbre. Además, se pueden realizar distintos ligamentos como tafetán, sarga y satén (Gandhi, 2019).

3.4.2. Caracterización del tejido

Antes de la aplicación de acabado funcional, se realizó la caracterización del tejido con el fin de conocer su composición y gramaje. Esta información permitió asegurar que el sustrato seleccionado sea idóneo para el proceso. Por ello se desarrollaron ensayos que permitieron conocer lo antes mencionado.

3.4.2.1. Análisis cualitativo de fibras norma AATCC 20:2007

El objetivo principal de este análisis es identificar cualitativamente las fibras textiles que se encuentran presentes en el tejido. En este contexto, se desarrollaron dos métodos: microscopía y combustión para conocer su composición.

a) Método de combustión

Para llevar a cabo este método, se siguieron los pasos detallados a continuación, se inició con la obtención de una muestra de 10x10 cm del tejido, de la cual se extrajo el hilo de urdimbre y de trama. El hilo tuvo que ser sujetado con pinzas metálicas para ser acercado de manera

cuidadosa hacia la flama. Una vez en contacto del hilo con la llama, se observó su reacción y comportamiento durante su combustión inicial tomando en cuenta la velocidad de propagación de la misma.

A continuación, se retiró la muestra del punto de ignición para proceder con la evaluación de proceso, percibiendo el olor distintivo al papel quemado que fue liberado durante la combustión. Además, se analizó el residuo producido, y se obtuvo ceniza suave y de color gris claro los mismos que se dispersaban fácilmente, estas características fueron comparadas con las que se encontraban descritas en la norma confirmando que el material es algodón 100%.

b) Método microscópico

Para el desarrollo de este método se obtuvo un hilo de la tela, el mismo se colocó sobre la muestra, se procedió a realizar una evaluación visual. A continuación, se hizo una observación bajo el aumento de 500x logrando analizar las características como la forma, superficie y el aspecto longitudinal, en el cual se evidenciaron ondulaciones irregulares con apariencia mate, que corresponden a las características del algodón. Los resultados obtenidos fueron analizados basándose en la norma de la AATCC, permitiendo confirmar que la fibra es algodón 100%.

En la **Tabla 4** se presentan las características del tejido que fue empleado para la elaboración del acabado que se realizó en el proyecto.

Tabla 4

Características técnicas del tejido

Características	Especificación
Tipo de tejido	Tejido plano
Ligamento	Tafetán
Composición	Algodón (Co) 100%
Densidad	129 g/m ²

Fuente: Propia

3.4.3. Extracto de menta (*Mentha piperita*)

El proceso de extracción de compuestos activos de la menta se elaboró por el método Soxhlet, el cual consta de colocar las hojas de la menta en contacto directo con un disolvente durante un determinado tiempo. El método fue elegido debido a que permitió extraer de forma sencilla y a una temperatura de 70 °C los activos presentes en la hoja, sin dañar las propiedades antimicrobianas naturales. Este método proporcionó un extracto para proceder con la aplicación sobre el tejido.

3.4.4. Foulard

Para el desarrollo de la presente investigación se hizo uso del equipo foulard. Su función consiste en eliminar el exceso de líquido y fijar el acabado en el tejido por medio de la presión de los rodillos. Finalmente se cumple el proceso de impregnación obteniendo un sustrato textil con acabado a base de extracto de menta.

En la **Tabla 5**, se muestran los parámetros para realizar el proceso de impregnación en el equipo de foulard. Estos datos se determinaron en la elaboración del proceso, en el cual, se establecieron parámetros para obtener un acabado uniforme y funcional.

Tabla 5

Parámetros generales del proceso de impregnación

Parámetros	Valor
Velocidad	0.10 m /min
Pick up	85% -90%
Presión de los rodillos	3 bar
Temperatura del proceso	21 °C

Fuente: Propia

3.4.5. Túnel de secado

Posterior al foulardado, este equipo se utilizó para eliminar la humedad del tejido. Su funcionamiento consiste en la circulación de aire caliente de forma controlada, con el fin de

lograr una distribución homogénea del acabado, la temperatura y el tiempo empleados dependen del tipo de tejido con el que se esté trabajando, evitando daños en su estructura. Por consiguiente, en esta etapa se inició la polimerización, en la cual las unidades monoméricas del ligante se unieron formando una película polimérica, con la intención de la distribución homogénea del acabado con menta. En la **Figura 7** se observa la máquina que se usó en el proceso de secado y curado.

Figura 7

Túnel de secado



Fuente: Propia

3.4.6. Medidor VOC ZN-MT25

Para la evaluación del comportamiento del acabado, se usó el medidor de compuestos orgánicos volátiles. Este equipo puede detectar la liberación de compuestos volátiles que se encontraron presentes en el tejido, después de haber aplicado el acabado. Su funcionamiento consiste en sensores que reaccionan a las moléculas desprendidas por el extracto de menta, transformándolo en un valor numérico que indica la variación y cantidad de compuestos que fueron detectados. En la **Tabla 6** se muestra la clasificación de la calidad del aire que fue proporcionada por el manual del equipo, la misma que indica los rangos de concentración de VOC y su categoría de calidad.

Tabla 6*Clasificación de la calidad del aire*

TVOC (ug/m ³)	Clasificación
0-0.8	Buena
0.8-1.6	Aceptable
≥1.6	Peligrosa

Fuente: (Air Quality ZN-MT25, 2025).

3.4.7. Wascator FOM 71 CLS

Tras abordar el punto anterior, se utilizó el equipo Wascator, el equipo diseñado para realizar lavados controlados (ver **Figura 8**). Se desarrolló el enjuague estandarizado del acabado, regulando temperatura y tiempo dependiendo del método usado, con la finalidad de evitar variaciones que puedan afectar el comportamiento del extracto. Además, facilitó la comparación de las muestras expuestas a la transpiración con acabado y aquellas sin acabado. Permitiendo evaluar el comportamiento de las muestras bajo condiciones de lavado estandarizadas.

Figura 8*Equipo de lavado Wascator FOM 71 CLS***Fuente:** Propia

3.4.8. Instrumentos de laboratorio

En la metodología del presente proyecto, se utilizaron algunos instrumentos de laboratorio. En la **Tabla 7** se mencionan aquellos que fueron esenciales para llevar a cabo el proceso experimental de la investigación.

Tabla 7

Instrumentos de laboratorio

Instrumento	Descripción
Vaso de precipitación	Recipiente de vidrio usado para disolver sustancias
Balanza	Equipo de precisión para medir masas.
Vidrio reloj	Disco de vidrio usado para pesar pequeñas cantidades de sustancias en el laboratorio.
Pipeta	Permite medir y transferir soluciones
Agitador	Mezcla soluciones de manera homogénea

Fuente: Autor

3.5. Procedimiento para la obtención del agente antimicrobiano

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizaron los procedimientos de descrude y blanqueo del tejido, la obtención del extracto de menta mediante Soxhlet, la impregnación del material en el equipo de foulardado y se sometió a la medición de VOC antes y después del lavado según la norma ISO 6330-2012.

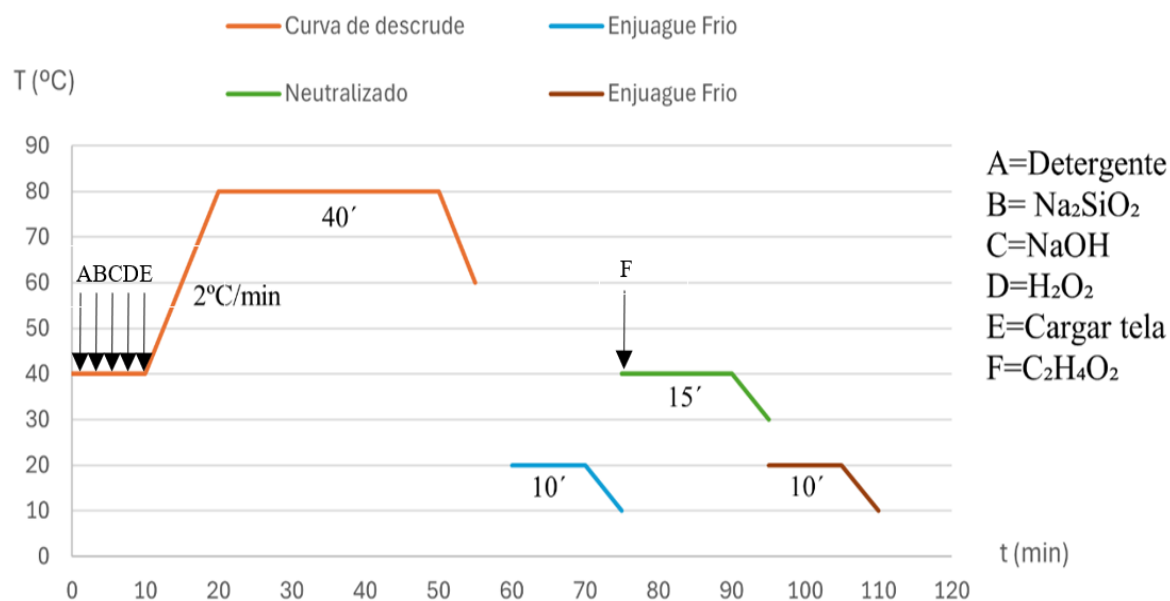
3.5.1. Preparación del tejido (descrude y blanqueo químico)

Previo a la aplicación del acabado antimicrobiano, el tejido de algodón 100% se sometió a un proceso de tratamiento previo con el objetivo de eliminar impurezas del material. Por consiguiente, se preparó una solución con detergente no iónico libre de sulfatos que removió los residuos e impurezas orgánicas del tejido mediante la saponificación de ceras y grasas, estabilizador inorgánico a base de silicato de sodio (Na_2SiO_3), sosa cáustica (NaOH) en escamas como agente alcalino, peróxido de hidrógeno al 50% (H_2O_2) que actúa como agente blanqueador y ácido acético como agente neutralizante. El proceso se realizó a una temperatura

de 80 °C, con una relación de baño de 1:10, en la etapa del descruce se trabajó con un pH de 11, mientras que en el neutralizado se obtuvo un pH de 6,5. A continuación, en la **Figura 9**, se muestra la curva del proceso.

Figura 9

Curva de proceso de descruce



Fuente: Propia

En la **Tabla 8**, se detallan los auxiliares químicos utilizados en el proceso de descruce.

Tabla 8

Receta del proceso de descruce

Productos	Dosificación (g/L)
Detergente no iónico	3
Estabilizador	1
Sosa cáustica	2
Peróxido de hidrógeno	3
Ácido acético	0,5

3.5.2. Obtención del extracto de menta

Para la obtención del agente antimicrobiano natural que se usó en el estudio, se desarrolló el proceso de extracción de compuestos activos de la hoja de menta mediante el método de Soxhlet. El método fue seleccionado, debido a su eficiencia para extraer los bioactivos de las plantas de manera controlada y continua. En este contexto, se describirán los procesos de preparación del material vegetal y su proceso de extracción.

a) Preparación del material vegetal

Se inició con la selección de hojas frescas y que tengan buen aspecto, sin daños visibles. Después, se procedió a realizar un lavado cuidadoso del material con la finalidad de eliminar la suciedad. Posteriormente, se dejó escurrir y secar las hojas seleccionadas a temperatura ambiente, evitando la exposición solar directa que podría degradar sus propiedades. Una vez secas las hojas, se trituraron con el objetivo de disminuir su tamaño, finalmente, se pesaron para colocarlas en un dedal de extracción, tomando en cuenta que el mismo debe ser apto para el equipo de Soxhlet.

b) Extracción por Soxhlet

Para esta etapa, se realizó la preparación del equipo Soxhlet, se ensambló el matraz con 400 ml de disolvente (etanol) al 70%. Posteriormente, se colocaron 78 g de material vegetal en la cámara del extractor, después, su sistema se conectó a un condensador de reflujo. A continuación, se aplicó calor a una temperatura de 78 °C permitiendo que el solvente se evapore y ascienda hasta el condensador.

El vapor generado se enfrió e inició un goteo continuo sobre la menta, generando un líquido, el cual se acumuló alcanzando el nivel del sifón para dirigirse al matraz con los compuestos solubles del material vegetal. Este ciclo se repitió por 4 horas y finalizó retirando el solvente de 400 ml y almacenando el extracto en frascos ámbar para impedir la degradación de los compuestos activos, debido a que ayuda a proteger el extracto de la luz y posteriormente fue refrigerado. El procedimiento de extracción fue realizado cuatro veces con la finalidad de

obtener la cantidad necesaria. En la **Tabla 9** se indican las cantidades del material vegetal y del disolvente usados para la obtención del extracto de menta.

Tabla 9

Extracto obtenido en el proceso

Descripción	Parámetros
Menta seca	312 g
Etanol	1600 mL
Temperatura del proceso	78 °C

Fuente: Propia

Con la finalidad de concentrar el extracto obtenido (menta-etanol), fue sometido al proceso de evaporación del solvente mediante baño María, manteniendo una temperatura inferior a 40 °C para conservar los compuestos activos de la menta. El procedimiento se llevó a cabo hasta obtener una consistencia pastosa y una reducción significativa del etanol. En la **Tabla 10** se presentan los resultados obtenidos de la evaporación realizada para obtener el extracto de menta concentrado.

Tabla 10

Concentración del extracto de menta

Parámetro	Valor
Extracto de menta en etanol	1600 g
Extracto concentrado obtenido	161,05 g
Concentración	9,93 %

Fuente: Propia

3.5.3. Proceso de impregnación

Para la ejecución de esta investigación, se prepararon soluciones de 100 y 500 mL/L de extracto de menta con 2 y 5 g/L de ligante y un pH de 6,5 (Al Malkey et al., 2025). Ver **Anexo**

2. En la **Tabla II**, se presentan el diseño experimental realizado en este estudio, mediante el programa *Statgraphics*,

Tabla 11

Formulaciones obtenidas de Statgraphics Centurion

Formulación	Dosificación de la menta (mL/L)	Dosificación del ligante (g/L)	N ^{ro.} muestras
F1	100	2	3
F2	500	2	3
F3	100	5	3
F4	500	5	3

Para el proceso de impregnación, el porcentaje de pick up de las muestras se mantuvo en un rango de 85% a 90%. El cálculo de este porcentaje se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pick up} = \frac{10,86 \text{ g} - 5,82 \text{ g}}{5,82 \text{ g}} \cdot 100$$

$$\% \text{ pick up} = 86,6 \%$$

Después del foulardado, las muestras se sometieron al proceso de secado a 80 °C y el proceso de curado a 120 °C en el túnel de secado. Una vez completado el ciclo de secado, las muestras tuvieron que enfriarse a temperatura ambiente, después, se almacenaron cuidadosamente para los ensayos posteriores.

Con base en lo expuesto, se enumeran a continuación los pasos realizados para realizar el proceso de foulardado en el laboratorio.

- Cortar y pesar las muestras de tejido.
- Preparar las soluciones con extracto de menta y ligante.
- El tejido se introdujo en las soluciones y se mantuvo durante 10 minutos.
- A continuación, se realizó el foulardado, manteniendo una presión de 3 bar y velocidad de 0,10 m/min.

- e) Se pesaron las muestras en húmedo para calcular el pick up según la fórmula (1).
- f) Finalmente, se procedió a secar los tejidos en el túnel de secado.

3.5.4. Pruebas de laboratorio

Para evaluar el comportamiento del acabado, se realizaron ensayos de laboratorio como: medición del VOC y el ensayo ISO 6330: 2012 de procedimientos de lavado y secado doméstico.

3.5.4.1. Medidor de VOC

Una vez aplicado el acabado, se cuantifica la concentración de los compuestos orgánicos volátiles (VOC). Posteriormente, las muestras se contaminaron con sudor de un sujeto masculino de 29 años y estuvieron en contacto con la piel en la zona axilar durante 45 minutos de actividad física. A continuación, se midió un pH del sudor de 6. Finalmente, las muestras fueron recogidas y selladas en fundas herméticas para su almacenamiento, donde se mantuvieron durante 48 horas para permitir la colonización bacteriana (véase **Anexo 6**).

Cabe mencionar que la medición de VOC se realizó en muestras de control sin acabado y sin exposición al sudor, en muestras sin acabado expuestas a la transpiración y en muestras con acabado antimicrobiano expuestas al sudor. Esto permitió realizar una comparación para evaluar el efecto del tratamiento sobre los niveles de VOC obtenidos. Asimismo, el tiempo de colonización de microorganismos de 48 horas favoreció la proliferación de la microbiota presente en la zona axilar. Según la literatura consultada, la microbiota se encuentra compuesta principalmente por bacterias de los géneros *Staphylococcus* y *Corynebacterium*, los mismos que están asociados al olor corporal (Skowron et al., 2021). Es por ello que, los valores obtenidos se utilizaron para evaluar la eficacia del tratamiento. En la **Tabla 12**, se especifican el número de muestras totales y las dosificaciones del acabado y el tiempo de exposición a la transpiración, el cual se estableció con base a la duración del ejercicio físico.

Tabla 12*Exposición de las muestras a la transpiración*

Nro. Muestra	Extracto de menta (g/L)	Ligante (g/L)	Tiempo de exposición (min)
1	100	2	45
2	100	2	45
3	100	2	45
4	500	2	45
5	500	2	45
6	500	2	45
7	100	5	45
8	100	5	45
9	100	5	45
10	500	5	45
11	500	5	45
12	500	5	45

a. Clasificación de la calidad del aire TVOC

La clasificación se realizó con base en los valores de compuestos orgánicos volátiles obtenidos experimentalmente. En este sentido, dichos valores permitieron interpretar el impacto del proceso de acabado textil y realizar una comparación entre las muestras, analizando el efecto del acabado en relación con la calidad del aire.

En la **Tabla 6** se detallan los rangos de calidad del aire proporcionados por el fabricante del equipo medidor de compuestos orgánicos volátiles, expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.5.4.2. Prueba de solidez al lavado norma ISO 6330 2012

Este ensayo se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 6330 :2012, con el objetivo de evaluar la solidez al lavado doméstico. Las pruebas se realizaron en el equipo Wascator Fom 71 CLS.

Las muestras fueron sometidas al procedimiento tomando como referencia el lavado tipo A, el cual especifica una carga de 2 kg a una temperatura de 50 °C y 4 ciclos de enjuague, empleando un detergente de referencia ECE Formulation Non Phosphate Reference Detergent (A), libre de fosfatos sin blanqueadores ópticos. Este método fue elegido ya que simula condiciones habituales del lavado doméstico permitiendo la evaluación de la durabilidad del acabado antimicrobiano frente a un proceso de lavado estandarizado. Finalizado el lavado, las muestras se secaron en el túnel de secado. Posteriormente se realizó la medición en el VOC para determinar la permanencia del tratamiento aplicado después del proceso de lavado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se indican los resultados obtenidos de las muestras luego de realizar el proceso de impregnación. Posteriormente, se efectuaron las mediciones de compuestos orgánicos volátiles y se llevaron a cabo las pruebas de solidez al lavado. Finalmente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de evaluar la confiabilidad de los resultados del proceso.

4.1. Resultados de las pruebas

Se elaboró un diseño factorial multinivel, el cual constó de 12 corridas experimentales, ejecutadas en tres bloques. El orden de los experimentos se estableció de manera aleatoria, con la finalidad de evitar la influencia de factores externos sobre los resultados. Las variables de estudio fueron la concentración del extracto de menta y del ligante, mientras que la variable de respuesta correspondió a los compuestos orgánicos volátiles, medidos antes y después del lavado. El tejido de algodón 100% fue considerado como la unidad experimental. Para el diseño experimental se realizaron tres repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el software STATGRAPHICS Centurion.

En la **Tabla 13** se presentaron los factores experimentales evaluados en el estudio correspondientes al extracto de menta en niveles de 100 ml y 500 ml, y al ligante en concentraciones de 2 g/L y 5 g/L. Estos niveles se definieron con el propósito de analizar el efecto individual y conjunto de cada factor sobre las variables de respuesta evaluadas.

Tabla 13

Factores de estudio

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Concentración de la menta	100,0	500,0	2	mL
Ligante	2,0	5,0	2	g/L

La **Tabla 14** muestra los resultados obtenidos después de medir los VOC en el sustrato textil. Las muestras fueron sometidas a la transpiración durante 45 minutos; transcurrido ese

tiempo, se procedió a reposar el tejido durante 48 horas, para permitir la colonización bacteriana. Posteriormente, para evaluar la permanencia del acabado, se realizó un lavado conforme a la norma ISO 6330-2012.

Tabla 14

Resultados experimental

Bloque	Nro. Muestra	Concentración extracto menta ml	Ligante Tampón g/L	VOC antes lavado $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VOC después lavado $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	M10	500	5	0,298	0,153
1	M7	100	5	0,133	0,083
1	M1	100	2	0,115	0,090
1	M4	500	2	0,238	0,103
2	M8	100	5	0,136	0,086
2	M2	100	2	0,112	0,087
2	M11	500	5	0,299	0,159
2	M5	500	2	0,243	0,097
3	M9	100	5	0,130	0,080
3	M3	100	2	0,118	0,087
3	M6	500	2	0,252	0,101
3	M12	500	5	0,287	0,146

La **Tabla 15** presenta los resultados de los factores de estudio: concentración de extracto de menta de 500 ml y de ligante de 5 g/L, los cuales indicaron una tendencia hacia los niveles altos de los dos factores, con un valor máximo de TVOC de 0,294667 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 15

Valor óptimo del VOC antes del lavado

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Concentración de menta	100,0	500,0	500,0
Ligante	2,0	5,0	5,0

En la **Tabla 16** se presentan los resultados para los factores de estudio concentración de extracto de menta de 500 ml y ligante 5 g/L indicando la tendencia hacia los niveles altos de los dos factores, con un valor máximo de TVOC de 0,152667 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 16

Valor óptimo del VOC después del lavado

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Concentración de menta	100,0	500,0	500,0
Ligante	2,0	5,0	5,0

4.1.1. Calificación TVOC

Considerando los valores de referencia establecidos, en la **Tabla 17** se observó que todas las muestras presentaron niveles de VOC, lo que sugiere una mayor liberación de compuestos orgánicos volátiles al ambiente. Los valores registrados se encontraron comprendidos entre 0,115 y 0,299 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales se situaron por debajo del límite de 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido como referencia. De acuerdo con la **Tabla 6** previamente definida, estos valores correspondieron al rango de calidad del aire bueno, asociado a la ausencia de contaminación relevante por compuestos orgánicos. No obstante, se observó un incremento en la concentración de TVOC en las muestras M11 y M12, las cuales correspondieron a una mayor dosificación del extracto de menta, lo que podría estar asociado con una mayor disponibilidad de agentes con potencial actividad antimicrobiana.

Tabla 17

Calificación de la calidad del aire

Nro. Muestra	VOC AL	Rango calidad del aire
Sin acabado	0,084	Buena
Sin acabado/transpiración	0,099	Buena
M1	0,115	Buena
M2	0,112	Buena
M3	0,118	Buena
M4	0,238	Buena

Tabla 17

(Continuación)

Nro. Muestra	VOC AL	Rango calidad del aire
M5	0,243	Buena
M6	0,252	Buena
M7	0,133	Buena
M8	0,136	Buena
M9	0,130	Buena
M10	0,298	Buena
M11	0,299	Buena
M12	0,287	Buena

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Análisis de la varianza antes del lavado

En el análisis estadístico mediante ANOVA, el valor p permite evaluar si los efectos en la variable respuesta se deben a los efectos estudiados o se atribuyen al azar. Es por ello que, si el valor p es menor que el nivel de significancia de 0.05, se considera que el factor ejerce un efecto estadísticamente significativo. Por otro lado, valores p superiores al nivel antes mencionado indican que las diferencias no son estadísticamente relevantes porque el factor no tiene una influencia determinante sobre la respuesta analizada (Minitab, 2025c).

La **Tabla 18** presenta el análisis de varianza. La suma de cuadrados permitió medir la variabilidad de cada factor hacia la respuesta, mientras que el cuadrado medio muestra cuánto contribuyó cada uno de los factores a los resultados tomando en cuenta los grados de libertad. Asimismo, la razón F mostró si los cambios observados entre los resultados fueron atribuidos al efecto del factor estudiado o si existe variabilidad aleatoria del experimento, donde valores más altos indicaron una mayor influencia en los resultados obtenidos.

Por otra parte, los valores indicaron que la concentración del extracto de menta presentó un valor $p = 0,00001$, lo cual indica un efecto altamente significativo sobre los niveles de TVOC antes del lavado, ya que la variación en su dosificación modificó de manera significativa la emisión de los compuestos orgánicos. El ligante también presentó un valor $p = 0,0001$, lo

que indicó una influencia estadísticamente significativa en el comportamiento del acabado. Asimismo, la interacción entre ambos factores presentó un valor de $p = 0,0036$, lo que evidenció que el efecto del acabado dependió de la acción conjunta de ambos factores. Además, los bloques presentaron un valor de $p = 0,9413$, lo que indicó la ausencia de un efecto significativo asociado a variaciones externas, reforzando la confiabilidad del experimento.

Tabla 18

Análisis de la varianza del VOC antes del lavado

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
A: Concentración Menta	0,0635107	1	0,0635107	1725,58	0,00001
B: Ligante	0,00350208	1	0,00350208	95,15	0,0001
AB	0,000784083	1	0,000784083	21,30	0,0036
Bloques	0,0000045	2	0,00000225	0,06	0,9413
Error total	0,000220833	6	0,0000368056		
Total (corr.)	0,0680223	11			

- R-cuadrada = 99,6754%
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,4048%
- Error estándar del est. = 0,00606676
- Error absoluto medio = 0,00368056
- Estadístico Durbin-Watson = 2,39186 (P=0,5736)
- Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,366761

La confiabilidad del modelo mostró que la variabilidad de los VOC antes del lavado alcanzó un coeficiente de determinación (R^2) de 99,6754%, mostrando que los cambios observados se encuentran relacionados con la concentración del extracto de menta y del ligante. El estadístico R^2 ajustado de 99,404% tuvo un ajuste positivo tomando en cuenta el número de variables analizadas, el mismo es adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes. El error estándar de la estimación de 0,00606676 señaló que las diferencias entre los valores medidos y los valores estimados por el modelo fueron pequeñas. El error

absoluto (MAE) de 0,00368056 dio a conocer que el modelo predijo idóneamente los niveles de VOC.

Asimismo, el estadístico Durbin-Watson presentó un valor de 2,39186 con un valor de $p=0,5736$, lo que indicó que los errores del modelo se distribuyeron de forma aleatoria sin presentar una relación entre sí, puesto que el valor p fue mayor a 5,0%. Este estadístico permite la verificación de errores del modelo comprobando si son independientes entre sí o si poseen algún patrón de comportamiento. Finalmente, la autocorrelación residual fue de 0,366761 indicando que los errores del modelo no se repiten de la misma forma entre una observación y la siguiente, sino que tienden a cambiar de dirección, obteniendo valores alternados entre positivos y negativos.

La **Tabla 19** muestra el coeficiente de regresión, en el cual se estableció una relación matemática entre las variables de concentración del extracto de menta y del ligante. En consecuencia, se evidenció cómo influyeron las variables del acabado antimicrobiano sobre los niveles de VOC antes del lavado, donde el valor constante fue de 0,0761, el cual representó el nivel base de compuestos orgánicos. La concentración del extracto de menta presentó un efecto positivo, lo que indicó que, al aumentar su dosificación, los niveles de VOC se incrementaron ligeramente. Además, el extracto de menta se identificó como el factor con mayor influencia, debido a que su aumento provocó un incremento de los VOC. Asimismo, la interacción entre el extracto de menta y el ligante presentó un efecto conjunto, lo que sugirió que el comportamiento de ambos factores estuvo interrelacionado en el modelo.

Tabla 19

Coeficiente de regresión para VOC (antes lavado)

Coeficiente	Estimado
Constante	0,0760556
A: Concentración de menta	0,000269444
B: Ligante	0,00330556
AB	0,0000269444

El modelo matemático obtenido permite estimar el valor de VOC antes del lavado en función de la dosificación de menta y del ligante. De esta manera, la ecuación tiene como

objetivo predecir el comportamiento del VOC al modificar las dosificaciones de la menta y el ligante, sin necesidad de realizar nuevas pruebas experimentales. En la ecuación, el valor 0,0760556 indica el punto de partida del modelo, mientras que los demás coeficientes muestran cómo la concentración de menta, el ligante y la combinación de ambos influyen en el valor de VOC. Este modelo matemático que ha sido ajustado a los datos es el siguiente:

VOC (antes lavado)

$$= 0,0760556 + 0,000269444 * \text{Concentración menta} + 0,00330556 \\ * \text{Ligante} + 0,0000269444 * \text{Concentración de menta} * \text{Ligante}$$

4.2.1.1. Análisis de resultados antes del lavado

El diagrama de Pareto de efectos estandarizados es una herramienta gráfica que presenta los efectos de los factores mediante valores absolutos, ordenados de manera ascendente, y muestra una línea de referencia o límite crítico para identificar aquellos efectos que son estadísticamente significativos. En este sentido, esta representación es utilizada con la finalidad de determinar la magnitud e importancia de cada efecto dentro del diseño experimental (Minitab, 2025a).

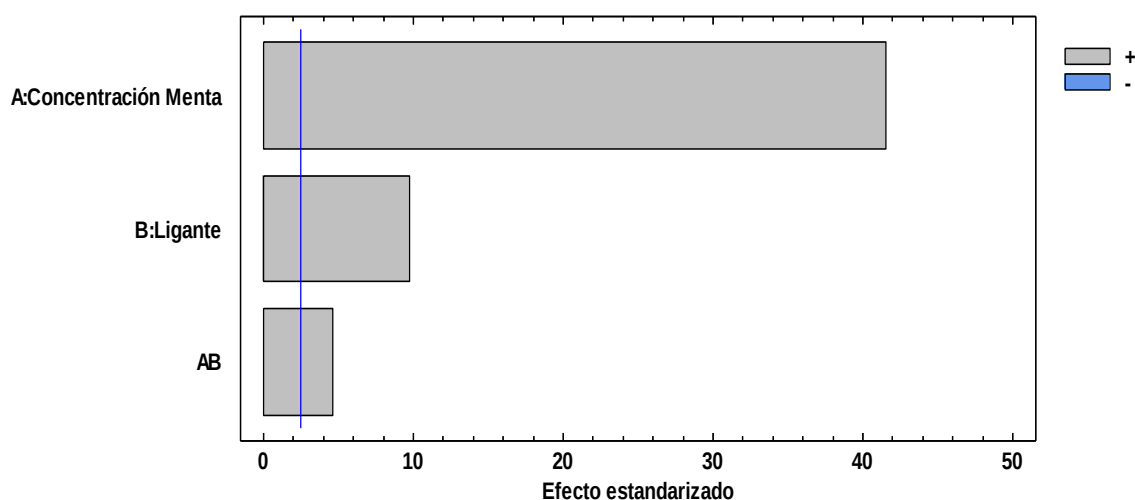
En el caso de la **Figura 10**, el diagrama permitió interpretar la influencia de los factores evaluados en el acabado antimicrobiano. El límite crítico representó el valor de referencia estadística generado por el software Statgraphics Centurion, considerando un nivel de confianza del 95% y la variabilidad del experimento. En este contexto, los factores que superaron la línea de referencia pudieron considerarse estadísticamente significativos, lo que indicó que ejercieron una mayor influencia sobre el comportamiento del acabado antimicrobiano.

Los resultados mostraron que la concentración del extracto de menta (A) fue el factor con mayor efecto, debido a que su barra superó la línea de referencia. En este sentido, se indicó que la dosificación de menta utilizada influyó de manera positiva y estadísticamente significativa en el comportamiento del acabado antimicrobiano aplicado al tejido.

El ligante (B) presentó un efecto menor, a pesar de que contribuyó al acabado, favoreciendo la adhesión del extracto al sustrato textil. No obstante, la interacción entre la concentración del extracto de menta y el ligante (AB) no superó significativamente el límite crítico, lo que permitió inferir que la combinación de ambos factores no provoca un cambio importante en el acabado.

Figura 10

Diagrama de Pareto Estandarizado para VOC (antes del lavado).

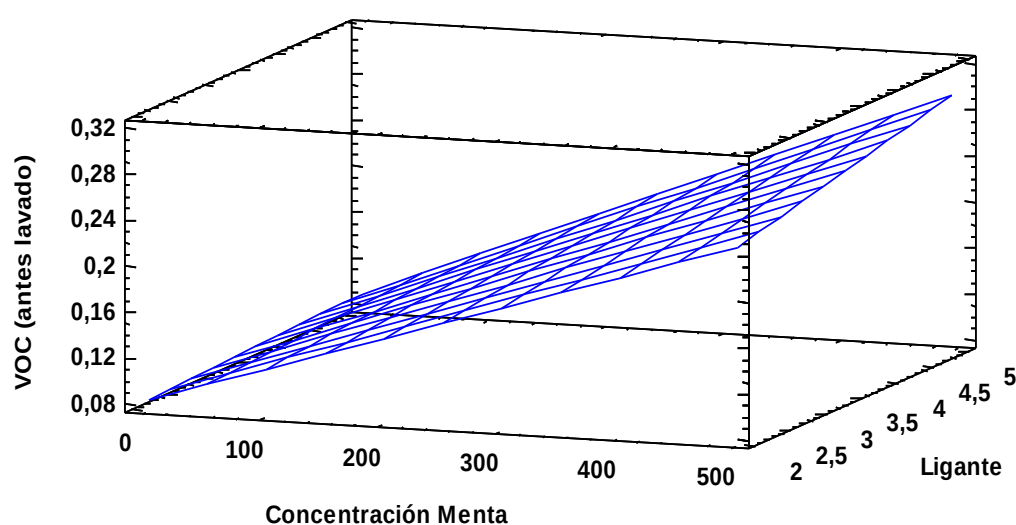


En la **Figura 11** se presenta la superficie de respuesta, una herramienta estadística usada para analizar el efecto simultáneo de varios factores sobre una respuesta (Zhang et al., 2024). A través de esta representación, se visualizó cómo cambió la respuesta del estudio en función de algunas variables al mismo tiempo. En este caso, la superficie de respuesta mostró el comportamiento de la liberación de VOC antes del lavado, al modificarse la concentración del extracto de menta y la cantidad de ligante empleada en el acabado antimicrobiano.

A medida que aumentó la concentración de extracto de menta, los valores de compuestos orgánicos volátiles también se incrementaron, lo que evidenció que este factor presentó una mayor incidencia sobre la respuesta evaluada. En cambio, el ligante presentó un efecto complementario, debido a que su aumento se encuentra asociado a la tendencia general, sin embargo, su impacto fue menor en comparación con el efecto del extracto de menta.

Figura 11

Superficie de respuesta estimada antes del lavado



El análisis estadístico mediante ANOVA, modelos de regresión, diagrama de Pareto y la superficie de respuesta, evidenció que la concentración del extracto de menta fue el factor con mayor influencia sobre los niveles registrados antes del lavado. Por consiguiente, el incremento de este factor causó un aumento significativo de compuestos orgánicos volátiles, lo cual no fue interpretado como un mayor crecimiento microbiano. En el presente estudio, este parámetro no representó directamente la proliferación de microorganismos, sino que se asoció con la liberación de sustancias volátiles propias del extracto de menta, las mismas que poseen actividad antimicrobiana, como es el caso de la interacción del sudor con el sustrato textil. Teniendo en cuenta que el tiempo que se dejó colonizar por las bacterias fue de 48 horas, el ensayo ayudó principalmente a la actividad bacteriana. En este sentido, los valores obtenidos de VOC fueron interpretados como una medida del efecto antimicrobiano sobre los microorganismos del sudor.

En este marco, un mayor valor registrado indicó una mayor liberación de compuestos activos del extracto aplicado al tejido, lo que se interpretó como mayor efectividad del tratamiento antes del lavado. Los resultados sugieren que el tratamiento ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos asociados al sudor y al mal olor.

4.2.2. Análisis de la varianza después del lavado

La **Tabla 20** presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los factores de estudio con la finalidad de evaluar su influencia sobre los niveles registrados tras el lavado. Los resultados indicaron que la concentración del extracto de menta presentó un valor $p < 0,001$, lo que evidenció que este factor tuvo un efecto altamente significativo sobre la liberación de sustancias volátiles. Esto implica que las diferencias observadas fueron consistentes, indicando que la cantidad de extracto de menta influyó directamente en el comportamiento del acabado después del lavado.

De igual forma, el ligante mostró un valor $p < 0,001$, lo que permitió establecer que este factor también tuvo una influencia significativa, debido a que su presencia contribuyó a los cambios observados en la variable respuesta. Asimismo, la interacción entre la concentración del extracto de menta y el ligante (AB) presentó un valor $p < 0,001$, indicando que el desempeño del tratamiento dependió de la combinación de ambos factores y no únicamente de su acción individual. Por otro lado, los bloques presentaron un valor $p = 0.3511$, lo que indicó la ausencia de un efecto significativo asociado a variaciones externas durante el experimento, reforzando así la confiabilidad y estabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 20

Análisis de varianza después del lavado

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
A: Concentración Menta	0,005043	1	0,005043	336,82	0,00001
B: Ligante	0,00168033	1	0,00168033	112,23	0,00001
AB	0,00246533	1	0,00246533	164,66	0,00001
Bloques	0,0000375	2	0,00001875	1,25	0,3511
Error total	0,0000898333	6	0,0000149722		
Total (corr.)	0,009316	11			

R-cuadrada = 99,0357%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98,2321%

Error estándar del est. = 0,0038694

Error absoluto medio = 0,00227778

Estadístico Durbin-Watson = 2,72859 (P=0,7978)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,4656

La confiabilidad del modelo estadístico indicó que la variabilidad de los VOC después del lavado para los factores evaluados tuvo un valor de R^2 de 99,0357%, lo que mostró que los cambios observados estuvieron relacionados con la concentración del extracto de menta y del ligante aplicados en el acabado antimicrobiano. El valor de R^2 ajustada fue de 98.2321%, confirmando que el modelo presentó un ajuste adecuado y confiable, considerando el número de factores analizados.

El error estándar fue de 0,0038694, lo que indicó que la dispersión de los residuos fue baja y que las diferencias entre los valores obtenidos y los valores estimados por el modelo fueron mínimas. Asimismo, el error absoluto (MAE), con un valor de 0,00227778, representó un bajo error promedio en las mediciones, evidenciando que el modelo predijo de manera precisa los niveles de VOC. Finalmente, el estadístico Durbin-Watson presentó un valor de 2,72859 con un valor $p = 0,7978$, lo cual indicó que no se encuentran relacionadas entre sí, esto significa que las variaciones son aleatorias y que el modelo estadístico fue confiable y adecuado.

La **Tabla 21** muestra que la concentración del extracto y del ligante presentó coeficientes negativos (Minitab, 2025b). A partir de ello, se infirió que, al aumentar cualquiera de los dos factores de estudio, el desempeño del acabado antimicrobiano se mantuvo después del lavado. Esto sugirió que ambos contribuyeron a la durabilidad del tratamiento textil. A su vez, la interacción entre la concentración del extracto de menta y el ligante indicó que el comportamiento del acabado posterior al lavado dependió de la acción conjunta de ambos factores, respaldando que la durabilidad del tratamiento no estuvo determinada por un solo componente, sino por su uso simultáneo.

Tabla 21

Coeficiente de regresión para VOC (después del lavado)

Coeficiente	Estimado
Constante	0,0978056
A: Concentración de menta	-0,0000647222
B: Ligante	-0,00644444
AB	0,0000477778

4.2.2.1. Análisis después del lavado

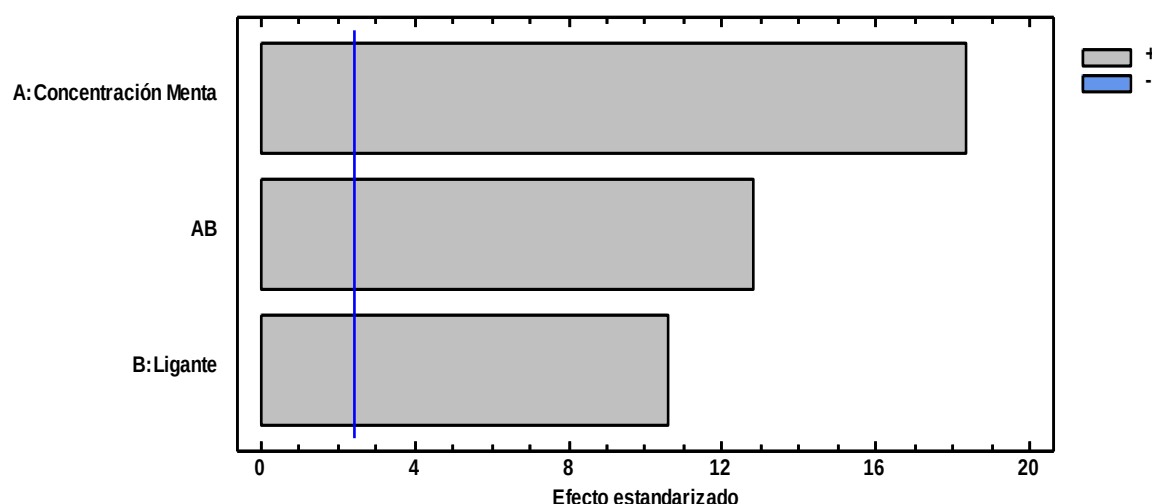
La **Figura 12** presenta el diagrama de Pareto estandarizado correspondiente a la respuesta de los VOC después del proceso de lavado, donde se evaluó la influencia de los factores que fueron estudiados y su interacción sobre la variable de respuesta. En este sentido, de acuerdo con los resultados observados, la concentración de menta (A) mostró un efecto estandarizado elevado sobre los valores de VOC tras el lavado, superando el límite crítico. Esto sugirió que la concentración de menta es el factor con mayor influencia en la variación de los compuestos orgánicos volátiles, debido a que si existen cambios en este parámetro se crean modificaciones sustanciales en la respuesta.

En segundo lugar, la interacción (AB) también muestra un efecto significativo en comparación con el factor (A). La importancia de esta interacción sugiere que el efecto de la concentración de menta sobre los VOC no actuó independientemente, ya que depende parcialmente del ligante (B), por ello, es importante la combinación de ambos factores para la optimización del proceso.

Por otro lado, el ligante (B) presentó un efecto menor estandarizado de los tres factores evaluados, sin embargo, este efecto aún se encuentra por encima del límite crítico, lo que muestra que aún tiene influencia significativa sobre la respuesta de VOC. No obstante, su influencia fue inferior a la del factor (A) y la interacción (AB). Esto indica que, aunque el ligante contribuye al comportamiento de la variable de respuesta, su impacto es limitado si se llega a analizar de manera individual; por ello, es importante considerar el ligante junto con los demás factores evaluados, debido a que todos los factores contribuyen al comportamiento de la respuesta de VOC.

Figura 12

Diagrama de Pareto estandarizado para VOC después del lavado



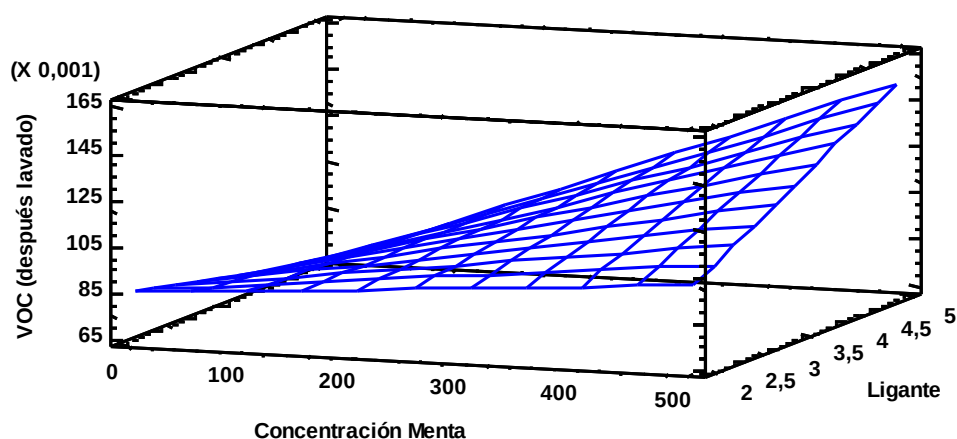
La **Figura 13** presenta la superficie de respuesta estimada para los valores posteriores al lavado, en función de la concentración de menta y del ligante. El eje horizontal representa la concentración de menta y el eje lateral derecho el nivel de ligante, mientras que el eje vertical corresponde a la variable de respuesta, expresada en unidades estandarizadas.

La superficie generada evidenció una tendencia creciente a medida que aumenta la concentración del extracto, indicando la influencia directa de este factor sobre el comportamiento de la respuesta incluso después del lavado. En este sentido, se infiere que una mayor cantidad de extracto de menta favorece la permanencia de los VOC en el tejido tras el lavado.

Asimismo, se observó que el ligante influyó en la respuesta obtenida, ya que aun cuando la concentración de menta se mantuvo constante, una mayor dosificación de este componente permitió retener una mayor cantidad de compuestos orgánicos en el material textil. Por otro lado, la inclinación de la superficie en ambas direcciones evidenció la existencia de una interacción entre los factores evaluados, lo que indicó que el efecto del extracto se vio favorecido a niveles elevados de ligante. En síntesis, la respuesta observada no dependió de un único factor, sino del efecto combinado de ambos componentes.

Figura 13

Superficie de respuesta estimada



El análisis de varianza realizado después del lavado mostró que la concentración del extracto de menta continuó siendo el factor con mayor influencia sobre la variable respuesta. El ligante también presentó influencia significativa, lo cual indicó que su función contribuyó a la permanencia del tratamiento luego del proceso de lavado. Desde esta perspectiva, los valores obtenidos no fueron interpretados como un incremento de microorganismos, sino como un indicador de la liberación de compuestos activos del extracto de menta que se mantuvieron adheridos al sustrato textil. Además, se consideró que el ensayo estuvo asociado a la presencia de bacterias propias de la transpiración, empleándose esta variable como una medida indirecta de la eficacia del tratamiento frente a dichos microorganismos. En síntesis, valores más elevados fueron asociados con una mayor permanencia y desempeño del tratamiento tras el lavado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La revisión bibliográfica permitió identificar que la *Mentha piperita* contiene compuestos bioactivos como mentol y mentona con reconocida actividad antimicrobiana. Se determinaron los parámetros para la aplicación: un pH ligeramente ácido ($\approx 6,5$) para la estabilidad del extracto y una temperatura de curado de 120 °C, la cual no afecta significativamente la integridad química del principio activo.
- La aplicación del extracto de menta mediante el método de impregnación fue técnica y operativamente viable sobre el tejido de algodón 100%. Se logró fijar el extracto en cuatro formulaciones distintas, utilizando el ligante tampón para favorecer la adhesión al sustrato textil, demostrando la adaptabilidad del proceso a nivel de laboratorio.
- La medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) demostró ser un método indirecto útil para evaluar la presencia y liberación de los compuestos activos del extracto de menta. Todas las muestras tratadas superaron los valores de VOC de la muestra patrón, confirmando la efectividad del acabado. La prueba de solidez al lavado (ISO 6330:2012) evidenció que, si bien el acabado disminuyó tras el lavado, la formulación con mayor concentración de extracto y ligante conservó una actividad detectable, demostrando una durabilidad parcial.
- El análisis ANOVA y los modelos de regresión (con $R^2 > 98\%$) confirmaron, con un nivel de confianza del 95%, que la concentración del extracto de menta y la del ligante, así como su interacción, son factores estadísticamente significativos que influyen directamente en el desempeño y la durabilidad del acabado antimicrobiano. El factor de mayor influencia fue la concentración del extracto de menta.
- Se evaluó exitosamente el acabado antimicrobiano, demostrando que el extracto de menta, aplicado por impregnación, presenta niveles de VOC asociados a compuestos bioactivos con actividad antimicrobiana reportada en la literatura. Mediante el programa STATGRAPHICS Centurion se conoció que la formulación óptima (500 mL/L de extracto + 5 g/L de ligante) mostró el mejor desempeño tanto en la actividad inicial como en su permanencia después del lavado doméstico, cumpliendo así con el

propósito de la investigación de ofrecer una alternativa natural a los antimicrobianos convencionales.

5.2.Recomendaciones

- Investigar ligantes alternativos o sistemas de fijación más efectivos que mejoren la retención de los compuestos bioactivos del extracto de menta en el tejido de algodón, con el fin de aumentar la durabilidad del acabado antimicrobiano después de múltiples lavados.
- Realizar pruebas microbiológicas cuantitativas (normas AATCC 100 o ISO 20743) para validar directamente la eficacia antimicrobiana del extracto y correlacionarla con los valores de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) obtenidos.
- Comparar el método de impregnación (foulard) con el método por agotamiento (exhaustión) para determinar cuál ofrece mejor uniformidad, eficiencia y durabilidad del acabado natural.
- Calibrar periódicamente el medidor de VOC antes de cada sesión experimental y verificar la temperatura y velocidad del túnel de secado y curado, para asegurar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Air Quality ZN-MT25. (2025). *Air Quality ZN-MT25*.

Al Malkey, M. K., Mater, H. N., & Habash, N. K. (2025). Antibacterial activity of *Mentha piperita* extraction against uropathogenic bacteria. *Microbes and Infectious Diseases*, 6(3), 6134–6140. <https://doi.org/10.21608/MID.2025.375960.2701>

Anguisaca Criollo, E. A. (2019). Extracción de seis aceites esenciales: “hierba luisa, limón Meyer, menta piperita, flor de naranjo, Pelargonium graveolens y tomillo” por arrastre de vapor y su aplicación en la gastronomía. *Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias de La Hospitalidad*.

Baker, L. B. (2019). Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Taylor & Francis Group*, 6(3), 211–259. <https://doi.org/10.1080/23328940.2019.1632145>

Bibi, A. (2024). Agentes antimicrobianos sintéticos y naturales para textiles más seguros: una revisión comparativa. *The Royal Society of Chemistry*, 42. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/ra/d4ra04519j>

Calderón Umaña, S. (2009). Guía para la elaboración de diagramas de flujo. *Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica*, 1–18. <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>

Catovic, C., Abbes, I., Barreau, M., Sauvage, C., Follet, J., Duclairoir-Poc, C., Groboillot, A., Leblanc, S., Svinareff, P., Chevalier, S., & Feuilloley, M. G. J. (2022). Cotton and Flax Textiles Leachables Impact Differently Cutaneous *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* Biofilm Formation and Cytotoxicity. *Life*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/life12040535>

Constitución de la Republica del Ecuador. (2021). Constitución de la Republica del Ecuador.

Constitución de La Republica Del Ecuador, 2(2), 74.
<https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>

Das, A., Selvan, R. T., Raj, S. A., & J, B. (2021). El acabado antibacteriano y aromático de los tejidos de algodón mediante el extracto de mentha pipertia. *The Journal of The Textile Institute*, 112(7), 1181–1190. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1805194>

Delgadillo, L., Bañuelos, Ir., Gallegos-, P., Echavarría, Francisco, Carlos, M., & Gaytán-, N. (2021). Modificación de la fermentación ruminal in vitro para mitigación de metano mediante la adición de aceites esenciales de plantas y compuestos terpenoides. *Abanico Veterinario*, 11, 1–12. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.9>

Gandhi, K. (2019). *Woven Textiles Principles, Technologies and Applications*.

García Sarrió, M. J., Sanz, M. L., Palá Paúl, J., Díaz, S., & Soria, A. C. (2023). Optimization of a Green Microwave Assisted Extraction Method to Obtain Multifunctional Extracts of Mentha sp. *Foods*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12102039>

Google Maps. (2026). *Ubicacion de la Planta Academica TEXTIL*.
https://www.google.com/maps/place/Ingenieria+Textil+UTN/@0.3781642,-78.1234409,17z/data=!4m6!3m5!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xaccdd8e286efad45!8m2!3d0.3779989!4d-78.1233653!16s%2Fg%2F11gcf02kzn?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEwOS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Haertl, T., Owsienko, D., Schwinn, L., Hirsch, C., Eskofier, B. M., Lang, R., Wirtz, S., & Loos, H. M. (2023). Exploring the interrelationship between the skin microbiome and skin volatiles: A pilot study. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11(January), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1107463>

Herbozo, R. (2015). *Evaluación del efecto antiséptico del enjuague bucal elaborado a base del aceite esencial obtenido de las hojas frescas de Mentha piperita “menta” Frente al Streptococcus mutans*. 30.

https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/9516/Tesis_determinación_de_concentración_de_fluoruros_pastas_dentales_método_IÓN_selectivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *www.FreeLibros.com* (5th ed.).

Ibrahim, M., Ankwai, G. E., Gungshik, J. R., & Taave, P. (2022). Comparative extraction of essential oils of *Mentha piperita* (mint) by steam distillation and enfleurage. *Nigerian Journal of Chemical Research*, 26(2), 56–62. <https://doi.org/10.4314/njcr.v26i2.2>

Igal, K. (2019). Telas antimicrobianas impregnada con partícula de Ag o Zn. *Informe CIC- CONICET- Departamento de Química - Facultad de Ciencias Exactas- UNLP*, 17. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/76845>

Igal, K. (2023). Comparación de métodos de impregnación para la producción de telas antimicrobianas. *Universidad Nacional de La PLata*, 4–7.

Kew, R. (2023). *Mentha piperita*. RBG Kew. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:450969-1/images>

Kuranjekar, A., Atpadkar, D., Avhad, R., Bagul, P., & Barshikar, T. (2023). Extraction Of Mint Oil From *Mentha Piperita* Leaves. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 11(11), 2320–2882. www.ijcrt.org

Llacsahuanga Jiménez, S. A. (2025). Actividad Antibacteriana de la *Mentha Piperita* sobre el *Streptococcus Mutans* ATCC 25175, in vitro. *Universidad Nacional Federico Villareal*.

Lockuán Lavado, F. E. (2012). *La Industria Textil y su Control de Calidad V. Tintorería*.

Maya Serna, M. del P., González Echavarría, L., & Restrepo Osorio, A. (2017). Compuestos antimicrobiales para textiles y sus métodos de caracterización. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 33–54. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a2>

- Méndez, P. (2019). *¿Qué es el algodón?* About Español. <https://www.aboutespanol.com/que-es-el-algodon-3201508?>
- Mendoza Noblecilla, G. D. (2023). Efecto de la esencia de *Mentha piperita* sobre el crecimiento in vitro e in vivo de *Vibrio* spp. en *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Nacional de Tumbes*. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/1486>
- Meng, Y. (2023). SC-CO₂ Processing: Extraction, Scale-up and Impregnation of Essential Oil from *Mentha* × *piperita*. *University of Alberta*. <https://doi.org/10.7939/r3-bvyz-z963>
- Minitab. (2025a). *Gráficas de efectos para Analizar diseño factorial*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/how-to/factorial/analyze-factorial-design/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/effects-plots/>
- Minitab. (2025b). *Tabla Coeficientes para Ajustar modelo lineal general*. https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/fit-general-linear-model/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/coefficients-table/?utm_source
- Minitab. (2025c). *Tabla de Análisis de varianza de ANOVA de un solo factor*. https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/analysis-of-variance-table/?utm_source
- Mora, E., & Puente, M. (2021). El modelo de producción y consumo denominado “moda rápida” analizado bajo aspectos toxicológicos y ecológicos. *Revista Biorrefinería*, 4, 6.
- Muñoz, L. (2019). Acabados Antimicrobianos en Textiles: Tendencias y Aplicaciones. *Encuentro Sennova Del Oriente Antioqueño*, 5(1). <https://doi.org/10.23850/26652447/5/1/2766>
- Ochoa, A., & Moncada, J. C. (2019). “Las propiedades físicas del algodón y el poliéster y su

- influencia en la calidad del hilo PAMP 65/35 NE=36/1. *Universidad Nacional Del Callao*, 22. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7914/TESIS-RODAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OECD Environment Directorate. (2004). *Emission Scenario Document on Textile finishing Industry* (Issue 57).
- Omerogullari Basyigit, Z. (2021). Application Technologies for Functional Finishing of Textile Materials. *Textiles for Functional Applications*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95956>
- Ortega Lozano, A. B. (2018). Determinación del efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de Tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) frente a la bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 13. <http://www.mendeley.com/research/3e55c7fd-02a1-39af-b7f4-44f762d84ad4/>
- Ortega, T., & Carretero, M. (2020). Plantas Medicinales. *Departamento de Farmacología. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid*, 12(1), 81–94.
- Parthipan, R., Rajkaran, K., Rekha, P., Soniyaa, M., & Jesima, M. (2020). Removal of Nicotine by Sorption Technique using Titanium Dioxide and Mentha Peperita with Hydrophobic Treatment. *Research Journal of Textile and Leather*, 53–55. <https://doi.org/10.46590/rjtl.2020.010204>
- POBEL. (2025). *equipo*. Extracción Soxhlet. <https://pobel.com/es/blog/guias/extraccion-soxhlet>
- Quintar, M. A., & Rodríguez, M. F. (2017). Obtención de fibras de algodón con actividad antimicrobiana. *Universidad Nacional de Córdoba*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/6251>
- Quiroga Vergel, Á. (2022). Nanotecnología antibacterial en textiles. *Investigadora Sennova, Centro de Manufactura En Textil y Cuero - SENA*, 6, 66.

- Restrepo Álvarez, Á. D., & López Barrios, E. P. (2024). Microencapsulación de aceite esencial de romero por liofilización Microencapsulation of Rosemary Essential Oil by Freeze-Drying. *Cuaderno Activa*, 16, 0–1. <https://doi.org/10.3390/polym15102348>
- Rondinone, D. L., Mathur, K., Godfrey, A. B., & W. King, M. (2023). La eficacia de los textiles antimicrobianos como herramientas para el control de las Infecciones Hospitalarias (IH). *Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 207, 64. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi207.10719>
- Rosu, G., Muresan, E. I., Spac, A. F., Diaconu, M., Ciolacu, D. E., Danila, A., Tita, C., Muresan, A., Rosu, G., Muresan, E. I., Spac, A. F., Diaconu, M., & Ciolacu, D. E. (2023). Aromatherapeutic and Antibacterial Properties of Cotton Materials Treated with Emulsions Containing Peppermint Essential Oil (*Menthae piperitae aetheroleum*). *Polymers*, 15. <https://doi.org/10.3390/polym15102348>
- Skowron, K., Bauza-kaszewska, J., Kraszewska, Z., Wiktorczyk-kapischke, N., Grudlewska-buda, K., Kwiecińska-piróg, J., Wałęcka-zacharska, E., Radtke, L., & Gospodarek-komkowska, E. (2021). Human skin microbiome: Impact of intrinsic and extrinsic factors on skin microbiota. *Microorganisms*, 9(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030543>
- Solé, A. (2013). Concepto de tintura. *Tecnología Textil*, 4. <https://asolengin.files.wordpress.com/2016/04/procesos-de-tintura-por-agotamiento-e-impregnacion3b3n.pdf>
- Textiles Panamericanos. (2011). Acabado Antimicrobiano: Fortaleciendo La Próxima Generación. *Textiles Panamericanos*.
- Universidad Técnica del Norte. (2024). *Universidad Técnica del Norte*. Universidad Técnica Del Norte. <https://investigacion.utn.edu.ec/lineas-de-investigacion/>
- Viejo Mora, L. I. (2018). Metodologías Cualitativas y Cuantitativas. *UNEMI*, 1–12.

- Wei, H., Kong, S., Jayaraman, V., Selvaraj, D., & Soundararajan, P. (2023). *Mentha arvensis* and *Mentha × piperita* -Vital Herbs with Myriads of Pharmaceutical Benefits. *Horticulturae*, 3. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020224>
- Wendt, J. A., Indrie, L., Dejeu, P., Albu, A., Ilieș, D. C., Costea, M., Caciara, T., Ilieș, G., Hodor, N., Josan, I., Berdenov, Z., Grama, V., & Safarov, B. (2021). Natural sources in preventive conservation of naturally aged textiles. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 29(5), 80–85. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.9309>
- Zhang, Q., Zhao, C., Yin, Z., Sun, R., Yongjian, Z., Nan, Y., & Zhang Shaojun. (2024). *Response Surface Methodology in Experimental Desing : A Comprehensive Rview of its Development, Applications, and Analytical Techniques* (p. 7).
- Zuni, M. (2017). Actividad antibacteriana “in vitro” del aceite esencial de menta (*mentha piperita* l.) frente a *Escherichia coli* Enteropatógena (EPEC). *Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Ciencias Biológicas Escuela Profesional De Biología*, 3, 22. [file:///C:/Users/user/Downloads/Pedoman AUTP 2017.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Pedoman%20AUTP%202017.pdf)

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de uso de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE
TEXTILES



Ibarra, 22 de junio del 2026

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. José Rafael Posso Pasquel**, en calidad de responsable técnico del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita **Diana Ñusta Pineda Yamberla**, portadora de la cédula de ciudadanía N° **1004499503**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“Evaluación de un acabado antimicrobiano del extracto de menta en tejido plano 100% algodón aplicado por el método de impregnación”**, los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- Balanza analítica, vasos de precipitación
- Lavadora Wascator
- Equipo Foulard
- Equipo Soxhlet
- Túnel de secado.

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad el proceso.

Atentamente:



Validar documento en Firmado:
Firmado electrónicamente por:
JOSE RAFAEL POSSO PASQUEL

MSc. JOSÉ POSSO.

RESPONSABLE TÉCNICO DEL LABORATORIO DE PROCESOS
TEXTILES – CTEX

Anexo 2

Ficha técnica TAMPON



LC81

TAMPON

INFORMACION TECNICA

Ligante aniónico multipropósito, obtenido a partir de polímero acrílico. Genera tacto suave, película transparente, brillante, flexible, muy blanda y autoreticulante.

PROPIEDADES

Composición:	Polímero acuoso
Carácter:	aniónico
Apariencia:	Líquido blanco.
pH:	n.d.
Solubilidad:	Diluable en agua temperada.
Almacenamiento:	Mantener los envases bien cerrados.

CARACTERISTICAS

- Estabiliza la fijación en la tintura pigmentaria.
- Estampación de pieza, en mesa o maquinas, con buen rendimiento colorístico, tacto suave y elástico.
- Estampación sobre mezclas de poliéster algodón, fibras sintéticas, telas delgadas, algodón, etc.

DOSIFICACION

- 2 a 5 g/L (Dependiendo del % de Pigmento)





LC81

TAMPON

PRECAUCIONES

- Evitar su contaminación con otros productos.
- Almacenar en un lugar fresco.

La información contenida en esta ficha técnica es de carácter general y se debe evaluar en cada caso específico, por lo cual no representa un compromiso de nuestra parte.



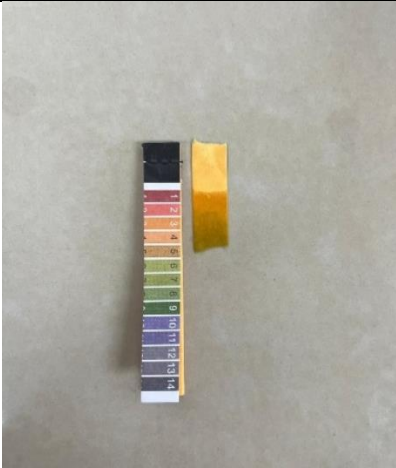
Anexo 3

Proceso de extracción de la menta

A. Secado de la menta	B. Preparación de la menta en el equipo de extracción Soxhlet
	
C. Proceso de extracción	D. Obtención del extracto
	

Anexo 4

Preparación de la solución para la impregnación

A. Pesaje del ligante	B. Preparación de la solución
	
C. Medición de pH de las soluciones	D. Control de pH de la solución
	

Anexo 5

Proceso de impregnación

A. Inmersión de los tejidos en la solución	B. Ajuste de la presión de los rodillos y la velocidad del foulard
 Four glass beakers are arranged on a white lab bench. Each beaker contains a yellow liquid and a piece of white fabric. The beakers are labeled with handwritten text: 'Minka G...', 'Dipante...', 'BOSCO', and 'LAV...'. A white plastic bottle is visible in the background.	 A close-up of a machine's control panel. It features a circular pressure gauge at the top, a digital display showing '0.10', and several indicator lights (green, red, and yellow) below it. The panel is metallic and has some wiring connected to it.
C. Foulardado del tejido	D. Secado y curado del tejido
 A person wearing a dark blue lab coat is operating a machine. They are standing at a lab bench and using their hands to adjust or feed material into the machine. The machine has a yellow warning sign that says 'ATENCIÓN' and 'RIESGO'. A white bowl is on the bench next to the machine.	 A person wearing a dark blue lab coat and glasses is operating a machine. They are standing at a lab bench and using their hands to adjust or feed material into the machine. The machine has a blue frame and a white mesh screen. A white bowl is on the bench next to the machine.

Anexo 6

Pruebas de Laboratorio

A. Colocación de las muestras en la camiseta para ser expuesta al sudor.	B. Actividad física realizada por el sujeto
	
C. Medición de compuestos orgánicos volátiles	D. Prueba de solidez al lavado
