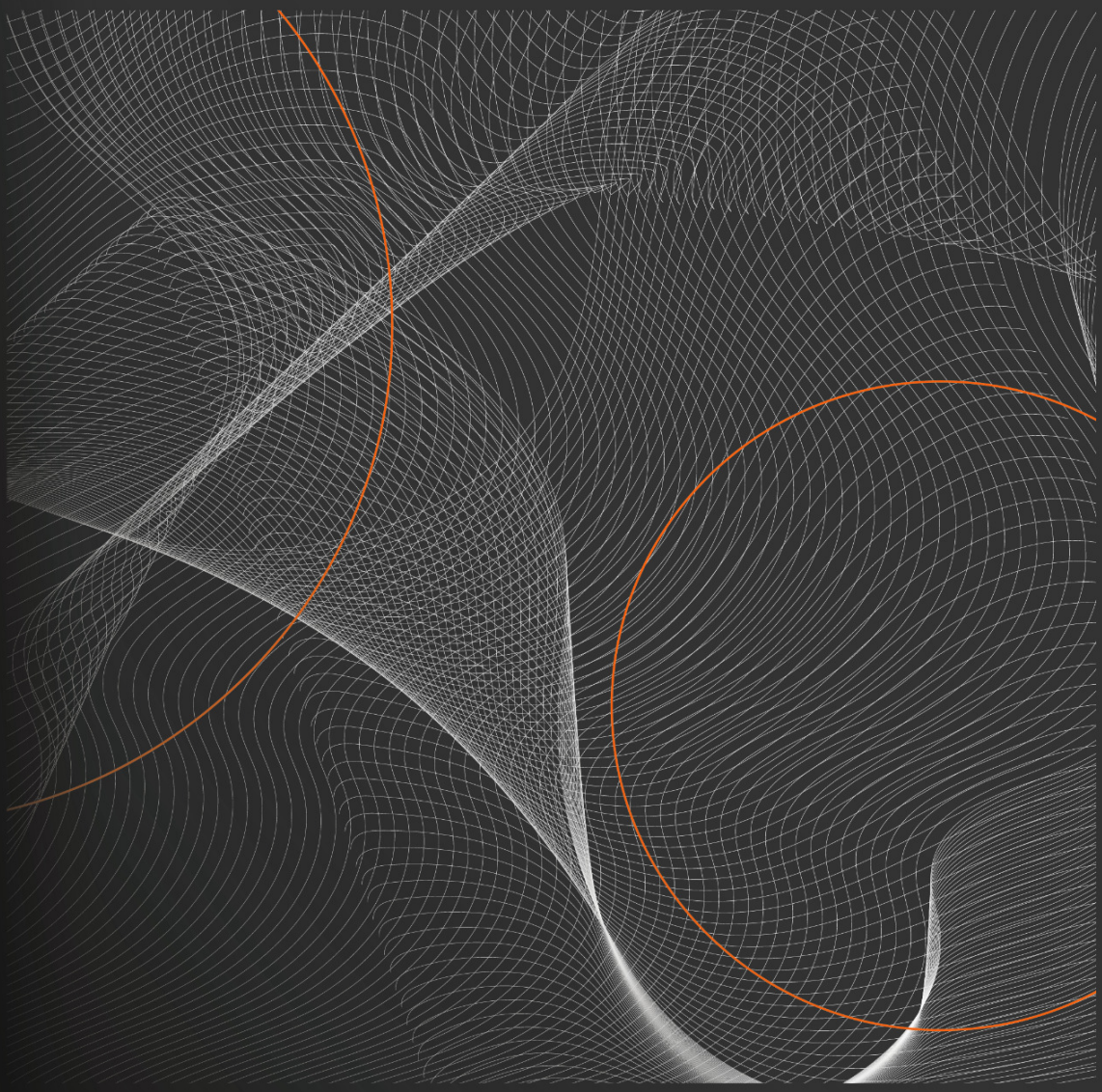
DESARROLLO DE TEXTILES TÉCNICOS EN EL CAMPO DE LA MEDICINA



Wilson A. Herrera-Villarreal
Willam Ricardo Esparza Encalada
Lenin Omar Lara Castro

UTN
IBARRA - ECUADOR

Desarrollo de Textiles Técnicos en el Campo de la Medicina





Desarrollo de Textiles Técnicos en el Campo de la Medicina

Wilson A. Herrera-Villarreal

Willam Ricardo Esparza Encalada

Lenin Omar Lara Castro

Editor:
Editorial Universidad Técnica del Norte
Av. 17 de julio 5-21, Campus El Olivo
Ibarra-Ecuador-Republica del Ecuador
www.utn.edu.ec



Pares revisores externos:
MSc. Eva María Mercedes Torales de Méndez
Docente- Licenciatura en Diseño de Indumentaria
Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte
Universidad Nacional de Asunción
etorales494@fada.una.py
https://orcid.org/0009-0000-8156-5414

Mg. Ing. Alfredo Fernando Temoche López
Docente-Carrera de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica del Perú
c13088@utp.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-5130-5694

Revisión de estilo:
MSc. Silvia Arciniega Hidrobo
Docente Universidad Técnica del Norte

© de los textos e ilustraciones: Sus respectivos autores, 2026
© de esta edición: Editorial Universidad Técnica del Norte, 2026
1° edición, digital: marzo 2026
ISBN: 978-9942-572-63-9
DOI: 10.53358/libfica/GBJG3935
ROR: https://ror.org/03f0t8b71

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin la previa autorización escrita de la Editorial Universidad Técnica del Norte.

Autores:

MSc. Wilson Adrian Herrera Villarreal
Docente Investigador
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Grupo de Investigación Textil - Intex 2
Universidad Técnica del Norte
waherrera@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-0696-6896

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada
Docente Investigador
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Grupo de Investigación Textil - Intex 2
Universidad Técnica del Norte
wresparza@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-0492-9979

MSc. Lenin Omar Lara Castro
Docente Investigador
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Grupo de Investigación Textil - Intex 2
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
olara@utn.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-7507-355X

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

Índice general

Presentación 10
Introducción a la obra 11
1 Revisión de los textiles técnicos **17**
Introducción 17
Historia y evolución de los textiles técnicos 18
Revolución industrial y primeros textiles técnicos 20
Siglo XX: La era de las fibras sintéticas y los textiles funcionales . . 20
Definición y clasificación general de los textiles técnicos 22
Textiles técnicos para uso médico - Medtech 26
Principales características 27
Téxtiles Técnicos para uso industrial-Indutech 28
Principales características 29
Textiles técnicos para uso automotriz – Mobiltech 30
Diferencias entre textiles técnicos y los tradicionales 33
Textiles tradicionales: necesidades básicas y estéticas 34
Textiles técnicos: su innovación y visión de desarrollo 35
2 Enfoque de los Textiles Técnicos en el Campo de la Medicina **41**
Orígenes de los textiles técnicos en la medicina 41
Hitos relevantes en la evolución de los textiles técnicos médicos . . 42
Uso del algodón esterilizados 43
Introducción de fibras sintéticas 43
Desarrollo del nylon 45

Fibra de Poliéster 46
Surgimiento de textiles no tejidos 47
Aparición de fibras de alta resistencia 50
Avances en el ámbito de las suturas 51
Textiles inteligentes e incorporación de nanotecnología (siglo XXI) . 54
Principales avances y aplicaciones 54
Sostenibilidad y materiales biodegradables en los últimos años . . . 55
Innovaciones recientes y tendencias actuales 56
3 Visión en los Mercados Globales de los Textiles Médicos 61
Industria y mercados globales de los textiles técnicos médicos . . . 61
Principales regiones productoras y consumidoras 63
Asia-Pacífico un líder mundial 64
Europa referente de innovación y calidad 65
América del Norte una potencia tecnológica y de consumo 66
Otras Regiones del Mundo 66
Estadísticas clave del mercado de textiles técnicos médicos 67
4 Procesos de Producción de Textiles Técnicos 77
Materiales y procesos de producción 77
Fibras naturales 78
Algodón 78
Usos médicos del algodón 79
Limitaciones aplicaciones médicas del algodón 81
El hilo de Seda 82
Aplicaciones médicas de la seda 84
Limitaciones y reemplazo gradual 86
Fibras sintéticas (poliéster, poliamida) 87
Fibra de poliéster (PES) 87
Propiedades de la fibra de poliéster 89
Aplicaciones del poliéster en los textiles médicos 89

Limitaciones de la fibra de poliéster en el campo médico . . . 90
Poliamida (PA-Nylon) . . . 91
Propiedades del nylon . . . 92
Poliuretano . . . 94
Fibras especiales . . . 94
Fibras biodegradables . . . 95
Propiedades clave de las fibras biodegradables . . . 96
Aplicaciones médicas de las fibras biodegradables . . . 96
Fibras conductoras . . . 98
Composición y técnicas de fabricación . . . 98
Propiedades destacadas de las fibras conductoras . . . 99
Aplicaciones médicas de las fibras conductoras . . . 99
Polipropileno textil en el campo médico . . . 102
Propiedades clave de los textiles enfocados a usos médicos . . . 103
Biocompatibilidad . . . 103
Criterios de biocompatibilidad . . . 104
Métodos de hilatura . . . 108
Proceso de producción de hilos en base a fibras cortas . . . 109
Procesos de preparación para el hilado . . . 109
Hilatura de Rotor — Open end . . . 116
Hilados por sistema de chorro de aire —air jet . . . 118
Hilatura de filamentos continuos . . . 119
Procesos de fabricación de tejidos de calada . . . 125
Diseños básicos del tejido plano . . . 127
Tejidos de punto . . . 130
Procesos de fabricación de no tejidos — nonwovens . . . 133
Procesos de unión de las fibras no tejidas . . . 139
Acabados y tratamientos en los no tejidos . . . 140
Procesos de acabados en textiles . . . 140
Máquinas de recubrimiento . . . 145

Equipos de impregnación – padding process 148
Análisis de los acabados y tratamientos más comunes 152
Análisis del primer libro 156
Referencias **159**



Presentación

La presente obra surge como resultado del compromiso académico y científico de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, institución que, a lo largo de su trayectoria, ha contribuido de manera significativa a la formación de profesionales y al desarrollo del conocimiento en el ámbito textil en el Ecuador.

En un contexto global caracterizado por la acelerada evolución tecnológica y la creciente demanda de soluciones especializadas, los textiles técnicos han adquirido un papel fundamental en múltiples sectores productivos y científicos. Entre estos, el campo de la medicina destaca por la incorporación de materiales textiles avanzados capaces de mejorar procesos clínicos, optimizar tratamientos y contribuir al bienestar de las personas.

En este escenario, la investigación, la formación académica y la transferencia de conocimiento se convierten en pilares esenciales para el fortalecimiento del sector. Este libro tiene como propósito ofrecer una visión técnica, organizada y actualizada sobre el desarrollo de los textiles técnicos aplicados al ámbito médico, abordando sus fundamentos científicos, los materiales utilizados, las tecnologías de producción y sus principales aplicaciones.

La obra busca constituirse en un recurso académico de referencia para estudiantes, docentes, investigadores y profesionales interesados en comprender la evolución y las posibilidades que ofrecen estos materiales dentro del sistema de salud y en otros campos de innovación tecnológica en el área textil.

Introducción a la obra

Los textiles técnicos constituyen un campo especializado dentro de la industria textil cuya finalidad trasciende los aspectos estéticos, así como su funcionalidad. Cuando pensamos en textiles tradicionales, lo primero que viene a la mente suele estar relacionado con el estilo, color, comodidad o cómo lucen al vestir. Pero en el caso de los textiles técnicos, tienen otra concepción, estos materiales no están diseñados en un entorno visual, sino para funcionar en escenarios donde las exigencias técnicas son muy distintas. Así, estos tienen la capacidad de soportar fuerzas elevadas o como aislantes frente a temperaturas extremas, resistencia a la exposición a productos químicos agresivos o, incluso incorpore elementos que permita nuevas funcionalidades tecnológicas.

Su presencia ha permitido expandirse hacia diversos sectores industriales, ahora es común encontrarlos en la construcción, en el sector automotor, en aplicaciones militares y con particular protagonismo, en el ámbito de la salud. En este último, se han desarrollo soluciones altamente especializadas, algunas de las cuales interactúan directamente con el cuerpo humano. Por ello, es indispensable que estos textiles cumplan una función técnica como biocompatibilidad, sean seguros y confiables en entornos clínicos donde no hay margen para el error. Este nivel de avance ha sido posible gracias a la evolución conjunta de diversas disciplinas, incluyendo la ciencia de materiales, nuevas tecnologías de hilado, proceso de fabricación modernos, así como la colaboración con áreas como la nanotecnología, biotecnología y electrónica. Un caso ejemplar de esta transformación es el uso del electrospinning, una técnica que permite obtener nanofibras con estructuras porosas controladas. Esta característica resulta especialmente útil en aplicaciones como la liberación de medicamentos y la ingeniería de tejidos, donde las propiedades del material son determinantes. Asimismo, el desarrollo de fibras funcionales ha incorporado progresivamente atributos como acción antimicrobiana, control de la humedad, conductividad eléctrica y biodegradabilidad. Gracias a estas innovaciones, el rango de aplicaciones en la medicina se ha ampliado significativamente,

además de hacerlas accesibles en la mayoría de los casos.

En este contexto, su utilización ha dado lugar a la fabricación de soluciones altamente especializadas, entre las que se incluyen tejidos con propiedades antimicrobianas, dispositivos implantables, apósitos de última generación para el tratamiento de heridas, materiales biodegradables y, más recientemente, textiles inteligentes capaces de interactuar directamente con el organismo humano o de integrarse a sistemas de monitoreo clínico. El aumento de los textiles en el campo de la medicina no ha sido un elemento aislado en la actualidad. Esto ha respondido a una serie de eventos urgentes que se han presentado en los sistemas de salud en el mundo, tanto por el envejecimiento de la población, enfermedades crónicas, como conflictos bélicos y emergencias sanitarias.

Ante esta realidad, el desarrollo de materiales y elementos textiles se ha convertido en una pieza clave dentro del área médica. Estos no solo representan el avance de la ciencia y la tecnología, sino que se han convertido en aliados clave en lo referente a la atención médica. Ante este antecedente, su estudio y análisis adquieren un papel crucial en la búsqueda de soluciones efectivas frente a los retos presentes y futuros del sector salud a nivel global. Paralelamente, el sector la producción textil en el campo técnico ha debido reestructurarse ante una creciente presión ambiental, promoviendo prácticas de desarrollo productivo sostenible y dando prioridad a fibras biodegradables. Esta corriente ha desencadenado iniciativas adecuadas a los lineamientos de la economía circular y a la reducción de gases de efecto invernadero que afecta al cambio climático.

Propósito y alcance de la obra

Este libro tiene como propósito fundamental ofrecer información técnica, organizada de la historia y uso de los textiles técnicos principalmente enfocado para el uso en la medicina. Como sabemos, el sector de la salud en la actualidad es un punto donde convergen tecnología, innovación y los principios contemporáneos de sostenibilidad, con el fin de tener productos que ayuden a facilitar ciertas actividades clave en el ámbito de la salud. Dando como

resultado, esta publicación que aspira a contribuir en el campo de conocimiento especializado mediante una propuesta analítica de los textiles técnicos y su fundamentación teórica, así como su viabilidad práctica.

Para lograr una experiencia de aprendizaje progresiva y cohesionada, el contenido ha sido organizado en dos volúmenes complementarios. Esta división responde no solo a criterios pedagógicos, sino también al deseo de acompañar al lector en un recorrido gradual que va desde los fundamentos hasta las innovaciones más recientes del sector.

En este sentido, este tema se ha planificado dividirlo en dos tomos, el primero enfocado a exponer los fundamentos, al contexto histórico, a las tecnologías básicas, que son la base de los textiles técnicos. Este volumen está dedicado a los conceptos y fenómenos, materiales y procesos, a las propiedades fundamentales. Todos ellos estarán en el escenario necesario para comprender su papel y su función en relación con el entorno médico. Se explica y se describe la evolución de las fibras funcionales, los procesos de hilado y tejido, el surgimiento de nuevos materiales en el contexto de la mejora de la salud humana.

El segundo volumen, íntimamente ligado al primero, se adentra en las aplicaciones prácticas dentro del ámbito médico y, al mismo tiempo, examinará algunos de los avances más innovadores en el diseño, funcionalización y producción de textiles inteligentes, sostenibles y biocompatibles aplicados en el campo de la medicina. A través de este segundo libro, el lector podrá acercarse a tecnologías emergentes, estudios de caso y tendencias clave que, poco a poco, están moldeando el futuro de este sector en constante evolución.

Objetivos del libro

Los objetivos que guían a este texto en sus dos partes son los siguientes:

- Brindar información acerca de la historia y evolución de textiles técnicos, así como su uso en el campo médico.
- Establecer un medio para conectar el conocimiento teórico acerca las aplicaciones textiles técnico desde el entorno académico, el sector industrial y el sector médico.

- Fomentar el avance de tecnologías de los productos textiles funcionales y creativos que respondan a los grandes retos actuales en los ámbitos de la salud, la sostenibilidad y el progreso tecnológico.
- Promover el interés de profesionales, investigadores y estudiantes para explorar nuevas vías en el diseño y uso de materiales textiles orientados al cuidado y mejora de la calidad de vida.

A través de estos objetivos se espera contribuir con una publicación que tenga una estructura progresiva y una mirada multidisciplinaria, por ende, esta obra invita a sumarse al desarrollo continuo de soluciones textiles que impacten positivamente en el campo médico. El avance de la producción de fibras, la optimización de procesos de manufactura textil y la adhesión de nuevas tecnologías han puesto en un rol importante a los textiles técnicos; transformándolos en elementos clave para el avance de la atención sanitaria. Lejos de ser productos complementarios, estos desarrollan una posición protagónica en la creación de productos capaces de adaptarse a entornos clínicos complejos, interactuar con el cuerpo humano y elevar los estándares de seguridad, eficiencia e innovación en la medicina contemporánea.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN DE LOS TEXTILES TÉCNICOS



1

Revisión de los textiles técnicos

Introducción

La evolución de los textiles técnicos está fuertemente ligada con las necesidades y demandas del ser humano por productos que ayuden a su diario vivir y al inevitable progreso científico en el campo textil. Aunque el concepto moderno de «textil técnico» surgió en el siglo XX, sus orígenes se remontan a la antigüedad, cuando los primeros materiales textiles ya desempeñaban funciones específicas más allá de la vestimenta básica. (Arquintro, 2022).

Las fibras naturales como el lino, algodón y lana se utilizaron en la antigüedad, no solo para la fabricación de vestimenta, sino también en aplicaciones funcionales como la construcción de velas para barcos, redes de pesca y cuerdas como podemos ver en la Figura 1.

Figura 1

Materiales textiles utilizados en la antigüedad a base de cabuya y lino



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Esto productos a pesar de tener una fabricación artesanal o rudimentaria ya presentaban de las propiedades técnicas que podían ofrecer las fibras textiles. Las civilizaciones antiguas, como los egipcios y romanos, utilizaban los textiles con fines concretos. Los egipcios empleaban tejidos de lino finamente elaborados en los procedimientos funerarios o en las mantas funerarias, mientras que los romanos desarrollaban telas tratadas y lonas resistentes para sus tiendas y armaduras (Ruiz de Haro, 2012).

Historia y evolución de los textiles técnicos

En la Figura 2 se hace una esquematización de la evolución de los textiles técnicos a través de la historia y sus hitos claves.

Figura 2

Historia de los textiles técnicos a través de los años



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Ante este análisis se puede establecer que, el sector textil tiene una historia que muestra un mundo donde se reflejan las capacidades del ser humano para proponer innovaciones y aplicaciones de los materiales textiles a diferentes contextos, además de los tradicionales. Desde el inicio, los textiles técnicos se convirtieron en un punto de inflexión entre la moda y las soluciones técnicas para varios sectores industriales y, en especial, la medicina (Horrocks Anand, 2016). Cabe destacar que en siglos pasados estos se utilizaban como elementos que ayudaban en la vida diaria, así la soga hecha de fibras naturales, las redes de pesca son los primeros vestigios del uso de los textiles técnicos. Ante esta realidad, el hombre siempre ha buscado desarrollar materiales textiles que ahora van mucho más allá de amarrar cosas; son elementos que han permitido al hombre viajar al espacio como medio de protección. Así, en un futuro los

textiles técnicos serán elementos imprescindibles para el desarrollo tecnológico de productos enfocados en el control de factores determinantes como salud, seguridad y bienestar social.

Revolución industrial y primeros textiles técnicos

El impulso que generó el comienzo de los textiles como tal fue con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XVIII. La invención de maquinaria específica para textiles, hilas mecánicas que servían para la fabricación de hilos y el telar de marcos, permitió la producción masiva de tejidos, lo que abrió las puertas a nuevas aplicaciones más allá de ser usadas para vestimenta.

Dentro de este periodo podemos destacar un proceso que ayudó a impulsar los textiles fuera de su uso normal, la vulcanización del caucho, patentada por Charles Goodyear en 1844, sentó las bases para múltiples aplicaciones combinadas (Britannica, 2025). Este desarrollo permitió la producción de textiles impermeables, como las prendas de repelencia a la lluvia de Mackintosh, que marcaron el inicio de la aplicación de recubrimientos técnicos en textiles. A la par, se inició a desarrollar tejidos especializados para aplicaciones de uso militar resultado del inicio de conflictos bélicos entre las naciones, así las lonas para tiendas de campaña y uniformes resistentes, sentando las bases para los textiles de protección modernos (Ginsburg, 1993).

Siglo XX: La era de las fibras sintéticas y los textiles funcionales

Este siglo represento un punto de partida en la historia de la producción estos materiales. Hasta ese momento, las fibras naturales como el algodón, la lana y la seda eran las protagonistas para la producción de vestuario y las aplicaciones técnicas limitadas. Sin embargo, con el desarrollo de la química de polímeros, dio lugar a una nueva generación de materiales que no solo replicaban las propiedades de las fibras naturales, sino que las superaban en resistencia, durabilidad y funcionalidad.

El nylon fue la primera fibra sintética comercialmente viable para su uso enfocado al campo textil. Su introducción fue mucho más que un avance técnico, que fue un material que cambio el campo textil. Al inicio fue utilizado en cepillos de dientes y posteriormente en medias femeninas, demostrando rápidamente su valor estratégico durante la Segunda Guerra Mundial (ACS, 2000).

La aparición de nuevas fibras sintéticas avanzó de manera paralela al progreso científico y a las crecientes exigencias de la industria en los siguientes años. El poliéster fue objeto de un continuo perfeccionamiento que le otorgó una notable resistencia tanto a la tracción como a agentes químicos, lo que le permitió consolidarse como una de las fibras más versátiles y ampliamente utilizadas en la producción textil a nivel global. En ese mismo contexto, el polipropileno (desarrollado en la década de 1950 por Giulio Natta) destacó rápidamente por sus cualidades particulares como: un material ligero, hidrofóbico y de bajo costo, cuyas características lo hicieron idóneo para la fabricación de no tejidos, filtros industriales, insumos médicos desechables y soluciones de aislamiento térmico (Lewin, 2007).

Un punto importante dentro de la evolución de las fibras sintéticas fue la creación de la fibra de Kevlar en el año 1965, como resultado del trabajo de investigación de la científica Stephanie Kwolek en los laboratorios de la empresa DuPont. Este recubrimiento transformó de manera radical el panorama de los textiles funcionales, al introducir el material que combina una extraordinaria ligereza con una resistencia superior a la del acero. Además de ofrecer una notable estabilidad frente a altas temperaturas, gracias a esta propiedad la fibra encontró rápidamente aplicaciones de considerable trascendencia que iban desde chalecos antibala y cascos de seguridad hasta estructuras empleadas en la aeronáutica, así como en la industria automotriz de alto rendimiento.

La aparición de esta fibra no solo representó un avance técnico, sino que también modificó la forma profunda de la concepción del diseño textil en el ámbito industrial; desde entonces, el propósito de los materiales dejó de limitarse simplemente al plano estético o a la moda, para orientarse hacia funciones altamente especializadas gracias a su eficiencia operativa, durabilidad extrema y adaptación a trabajos de gran exigencia. Esta transición consolidó

una nueva manera de entender el papel de los textiles técnicos en la sociedad moderna. Fue así como surgió una nueva categoría a la que se le denominó textiles funcionales. Estos comenzaron a integrarse en sectores estratégicos como la medicina, la defensa, la ingeniería civil y la industria aeroespacial. De este modo, en el siglo XX no solo trajo consigo nuevos materiales, sino que transformó la propia razón de ser del textil en el contexto tecnológico y social contemporáneo (Horrocks y Anand, 2016).

Definición y clasificación general de los textiles técnicos

Por décadas, no existió una clasificación explícita enfocada en los textiles técnicos en específico, en este caso se los determinaba "textiles industriales", en el cual agrupo todo aquel material cuyo destino final no era para uso en indumentaria, para el hogar o la decoración. Sin embargo, este término estaba arraigado en la tradición industrial estadounidense, demostrando ser insuficiente ante la revolución de aplicaciones técnicas que han transformado el sector. En la actualidad, los denominados textiles técnicos representan un conjunto amplio y especializado, donde sus usos industriales son solo una parte de un ecosistema complejo que abarca desde la medicina hasta la exploración espacial (Horrocks y Anand, 2016).

A pesar de los múltiples intentos por delimitar conceptualmente este sector, la definición para los textiles técnicos o industriales sigue siendo motivo para establecer su verdadero alcance. Por ello se ha vuelto difícil establecer una descripción precisa, coherente y universalmente aceptada donde se refleje tanto la diversidad de aplicaciones como la constante evolución tecnológica del sector. Esta ambigüedad taxonómica se debe, en gran parte, a la naturaleza interdisciplinaria de los textiles técnicos, que trascienden los límites tradicionales de la industria textil para integrarse en sectores como la medicina, construcción, el transporte y la defensa, entre otros. En la Tabla 1 se presenta las diferentes categorías de textiles técnico que podemos encontrar hoy en día y que se han vuelto parte esencial en el campo técnico:

Tabla 1

Categorización de los textiles de acuerdo con sus aplicaciones

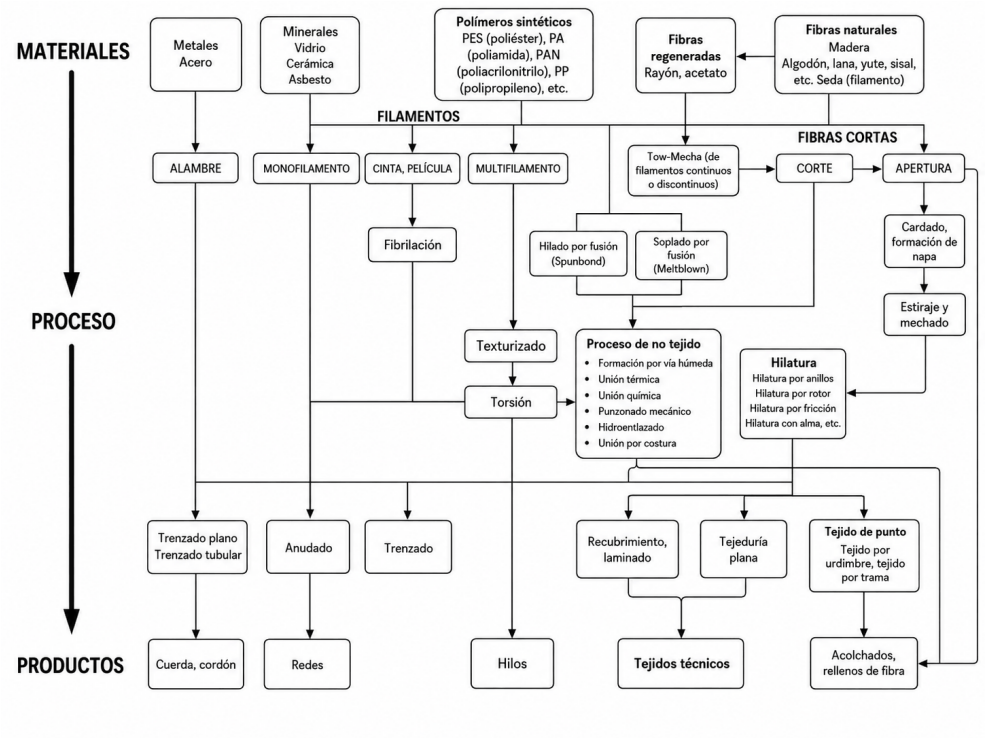
Categoría	Sector de Aplicación	Definición
Agro-tech	Agricultura, acuicultura, horticultura	Textiles para optimización de cultivos y manejo ambiental
Build-tech	Construcción y arquitectura	Materiales para refuerzo estructural y aislamiento en edificaciones
Cloth-tech	Calzado y vestimenta	Componentes funcionales integrados en prendas y calzado
Home-tech	Mobiliario y hogar	Textiles técnicos para aplicaciones domésticas y decorativas
Indu-tech	Procesos industriales, ingeniería civil	Productos para manufactura y operaciones industriales, geotextiles
Med-tech	Medicina e higiene	Textiles para aplicaciones médicas y de cuidado de la salud.
Mobil-tech	Transporte (automotriz, aeroespacial)	Materiales para vehículos y sistemas de transporte
Oeko-tech	Protección ambiental	Soluciones textiles para sostenibilidad y remediación ambiental
Pro-tech	Seguridad personal y propiedades	Textiles para protección contra riesgos físicos y químicos
Sport-tech	Deporte y recreación	Materiales de alto rendimiento para equipamiento deportivo

Nota: Tabla elaborada en base a investigación bibliográfica.

En la feria internacional de textiles técnicos, Techtextil (organizada bienalmente desde finales de los años 80 por Messe Frankfurt en Alemania y también en Osaka, Japón), se definió 10 áreas principales de aplicación en las cuales los productos textiles son utilizados. La Figura 3 puede resumir los materiales, procesos y productos que comúnmente se consideran dentro del ámbito de la fabricación de textiles técnicos; sin embargo, aún existen muchas aplicaciones que necesitan desarrollarse. Por ejemplo, la fabricación y el procesamiento de alambres metálicos para productos como cables, pantallas y mallas tejidas o de punto, y carcasas de refuerzo para neumáticos, generalmente no se consideran dentro del ámbito de la industria textil.

Figura 3

Materiales y procesos para producir un textil técnico



Nota. Análisis del proceso de obtención de textiles técnicos y tradicionales , adaptado del libro HANDBOOK OF TECHNICAL TEXTILES (Horrocks y Anand, 2016)

Estos materiales se caracterizan por su capacidad para ofrecer propiedades específicas, como alta resistencia, durabilidad, biocompatibilidad, resistencia a temperaturas extremas, conductividad eléctrica o térmica, entre otras. Su desarrollo se basa en la producción de fibras sintéticas especializadas, recubrimientos funcionales y estructuras no tejidas, lo que permite su aplicación en diversos sectores como la medicina, la industria aeroespacial, la construcción, la agricultura, la protección personal y el medio ambiente. Estas innovaciones ofrecen soluciones importantes que combinan ciencia, ingeniería y diseño para resolver desafíos específicos en múltiples campos, transformando la forma

en que interactuamos con los materiales textiles de nuestra vida cotidiana y especialmente, en entornos especializados.

Aunque muchas de las técnicas utilizadas en la fabricación son similares a las aplicadas en fibras textiles tradicionales, estos materiales han evolucionado hacia propósitos muy distintos. La clasificación de estos permite apreciar el impacto que tienen en algunas industrias, ampliando su campo de acción más allá del textil convencional.

Así, se pueden encontrar fibras capaces de resistir condiciones térmicas extremas hasta materiales diseñados para registrar y transmitir señales electrónicas biomédicas. El desarrollo de esto ilustra claramente cómo la tecnología textil ha dejado de ser meramente funcional para convertirse en una herramienta estratégica para el sector. En esencia son el resultado de una integración entre la ingeniería, ciencia de materiales y las necesidades específicas de sectores altamente exigentes. Este avance no solo ha redefinido el concepto de los textiles en general, sino que también ha abierto nuevas posibilidades para responder a los desafíos contemporáneos en el área de la salud, movilidad y eficiencia industrial, consolidando su importancia como componentes esenciales en la tecnología con una visión hacia el futuro de la industria (Baptista et al., 2022). Así, en base a distintas fuentes teóricas se podría dar una definición a este tipo de textiles, los cuales forman parte del uso y aplicación diaria en tanto en el hogar como en la industria:

> ***"Un textil técnico es un material diseñado y fabricado específicamente para cumplir funciones de uso más allá de la moda y el confort, el cual posee características físicas más robusta e inteligentes"'***

Dentro de los materiales técnicos podemos destacar algunas categorías más importantes que sobresalen de las demás. Teniendo en cuenta que hoy en día muchas de ellas están dentro de los textiles de uso industrial – Indutech- en términos generales, como por ejemplo: Medtech, Agrotech, Buildtech, Clothtech, Geotech, Hometech. A continuación, se presenta la descripción de estos textiles, incorporando una definición precisa y el análisis de sus

principales características, con el fin de facilitar la compresión integral de este tipo de textiles técnicos.

Textiles técnicos para uso médico - Medtech

Los productos diseñados y desarrollados para el sector médico tienen un criterio específico de calidad, que es propio de las exigencias de su uso. En lo referente a su campo de aplicación es amplio y diverso, que abarca desde materiales altamente especializados para dispositivos implantables hasta insumos de un solo uso empleados en procedimientos clínicos cotidianos. Así, estos buscan ofrecer soluciones de funcionalidad, seguridad y tecnología avanzada, con el fin de mejorar tanto la calidad de los servicios médicos como el bienestar de los pacientes. Un ejemplo de la fabricación podemos ver en la Figura 4.

Figura 4

Proceso de fabricación de ropa para uso médico



Nota. Imagen tomada de https://textilesinside.com/medical-industry/the-latest-innovations-in-medical-and-healthcare-textiles/

En el ámbito de la salud, los materiales textiles también han encontrado una aplicación relevante en la fabricación de prótesis y ortesis. El empleo más importante se basa en fibras de carbono combinadas con matrices poliméricas, gracias a su elevada relación resistencia-peso, rigidez y biocompatibilidad. Paralelamente, diversos estudios recientes exploran el uso de fibras de bambú reforzadas con resinas naturales o sintéticas, con el objetivo de desarrollar alternativas sostenibles, biodegradables y de menor costo (Esparza et al., 2026). Estos avances evidencian el notable progreso de los materiales textiles en el sector sanitario, ampliando sus posibilidades hacia soluciones más accesibles y ecológicas.

Principales características

Los textiles en este campo deben contar con ciertas características básicas que les permiten acoplarse a su función dentro del campo médico, así podemos determinar algunas de estas:

- **Biocompatibilidad:** Estos materiales están formulados para interactuar de manera segura con el cuerpo humano, minimizando cualquier riesgo de rechazo o reacciones adversas.
- **Propiedades antimicrobianas:** Se incorporan tecnologías que previenen la proliferación de microorganismos, ayudando a reducir el riesgo de infecciones.
- **Cumplimiento normativo:** Deben ajustarse a regulaciones estrictas, como la norma ISO 13485, que establece requisitos específicos para dispositivos médicos, garantizando su calidad y seguridad.

Ejemplos de aplicaciones

- **Mallas quirúrgicas:** Este tipo de mallas es producido con poliéster o politetrafluoroetileno (PTFE); ofrecen soporte en cirugías de hernia y reparación de tejidos blandos.
- **Ropa inteligente:** Diseñada con sensores textiles para monitorear signos vitales, utilizada en el tratamiento de enfermedades crónicas (Massella et al., 2019b).

- **Vendajes funcionales:** Productos diseñados para liberar medicamentos o promover la curación al mantener un ambiente húmedo adecuado.
- **Prendas de compresión:** Útiles en terapia postquirúrgica para mejorar la circulación sanguínea y reducir edemas.

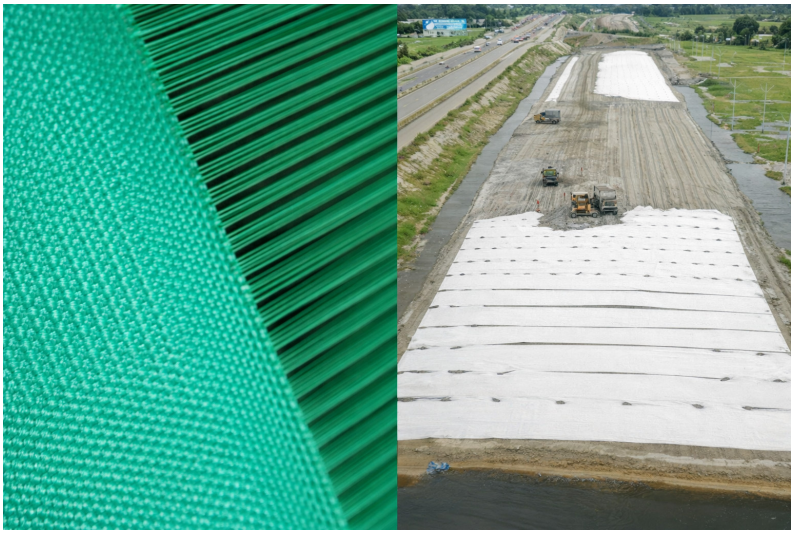
Textiles Técnicos para uso industrial-Indutech

En el ámbito industrial, se han consolidado como piezas clave al ofrecer soluciones avanzadas en sectores como la manufactura, construcción y protección en entornos de alta exigencia. Su uso es muy amplio, yendo desde geotextiles que refuerzan infraestructuras hasta membranas de filtración utilizadas en procesos industriales complejos como podemos ver en la Figura 5.

Estos materiales no solo destacan por su desempeño técnico, sino también por su contribución a la eficiencia energética y a prácticas más sostenibles.

Figura 5

Malla geotextil de polipropileno



Nota. Geotextil de la empresa Shandong Chuangwei New Materials Co., Ltd.

Si bien aún persisten retos importantes como los altos costos de producción y las estrictas regulaciones que deben cumplir, el desarrollo de textiles inteligentes con sensores integrados está abriendo nuevas posibilidades de uso en la industria. Así podemos decir que el campo del Indutech representa un punto de encuentro entre la innovación en materiales textiles y las demandas reales del sector industrial, donde el desempeño no puede comprometerse (Horrocks & Anand, 2016).

Principales características

Los productos textiles son aliados indispensables en procesos industriales, ya que estos han permitido ser aplicados y sometidos a diferentes pruebas de resistencia lo cual permite distinguirles de los tradicionales, a continuación, presentamos algunas de sus principales características:

- **Alta resistencia en condiciones extremas:** Estos materiales son fabricados para resistir altas temperaturas, exposición a sustancias químicas agresivas y presiones intensas sin comprometer su rendimiento.
- **Durabilidad y versatilidad:** Su diseño estructural les permite mantener su funcionalidad durante largos periodos, incluso en ambientes industriales exigentes.
- **Filtración especializada:** Son esenciales en procesos donde se requiere separar partículas sólidas de líquidos o gases, especialmente en sectores como el químico o el alimentario.

Aplicaciones destacadas

- **Filtros textiles:** Este tipo de productos se utiliza para purificar agua y aire en diversos procesos industriales, siendo las industrias química y alimentaria las que más emplean estos materiales.
- **Geomallas y geotextiles:** Son empleados en proyectos de ingeniería civil para estabilizar el suelo durante la construcción de carreteras y el sostenimiento de taludes, evitando deslizamientos. Esto es posible

gracias a su capacidad de facilitar el drenaje y prolongar la vida útil de las infraestructuras.

- **Indumentaria de protección:** En la actualidad se ha incrementado la fabricación de prendas diseñadas para proteger a los trabajadores frente a riesgos térmicos o químicos, como trajes ignífugos o resistentes a sustancias corrosivas (Horrocks y Anand, 2016).

Textiles técnicos para uso automotriz – Mobiltech

La movilidad es un pilar esencial en las actividades de la sociedad moderna. El automóvil es más que un simple medio de transporte, este ofrece una autonomía de movilidad al ser humano y, en muchos casos, se distingue como un símbolo de identidad. Sin embargo, la dependencia del vehículo de uso personal persiste a pesar del impacto ecológico, el incremento del tráfico y los costes asociados al transporte público que este genera (Fung & Hardcastle, 2001).

Figura 6

Tapicería para asiento del interior de un automóvil



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Ante esto, la industria automotriz ha adoptado un enfoque cada vez más innovador en el diseño, así como la selección de materiales, dando una prioridad a la calidad, funcionalidad y la experiencia para el usuario. Desde la elección de fibras técnicas hasta la ingeniería de las telas aplicadas en los interiores del vehículo, cada componente es evaluado con precisión y rigurosidad para garantizar su calidad como se pudo ver en la Figura 6.

Con este proceso se garantiza que el diseño interior no solo cumpla con criterios estéticos, sino que también ofrezca durabilidad, confort, eficiencia y seguridad. Esto se visualiza en las etapas más tempranas del desarrollo del vehículo y se mantiene hasta su fabricación final. Aquí se integran consideraciones ergonómicas, normativas y de sostenibilidad en cada decisión de diseño final del vehículo. Las telas destinadas a la tapicería y reatas de nylon se emplean en una amplia gama de aplicaciones, como:

- Airbags
- Cinturones de seguridad
- Revestimientos interiores
- Aislantes acústicos y térmicos

Otra aplicación desarrollada corresponde a la fabricación de componentes estructurales reforzados con materiales textiles específicos, como la fibra de vidrio o la fibra de carbono. Estos a pesar de ser considerados parte del sector textil por naturaleza fibrosa se han enfocado principalmente para la fabricación de partes de uso automotriz.

Un aspecto que también se está considerando hoy en día en el sector Mobiltech es el desarrollo de textiles sostenibles y reciclables, en respuesta a las crecientes demandas medioambientales, promoviendo una producción más responsable y eficiente. Su desarrollo requiere una combinación de propiedades específicas, como resistencia mecánica, estabilidad térmica, comportamiento ignífugo y ligereza, que convierte a estos materiales en elementos clave para la innovación en el diseño automotriz moderno.

- **Ligereza y resistencia:** Los materiales como las fibras de carbono reducen el peso del vehículo sin comprometer su durabilidad, además de mejorar el rendimiento en el consumo de combustible y la seguridad del pasajero.
- **Propiedades de aislamiento:** Estos textiles están diseñados para mejorar la acústica y el confort térmico del vehículo, garantizando un aspecto clave de calidad.
- **Resistencia al desgaste:** Soportan fricción constante, así como la exposición a condiciones climáticas extremas.

Ejemplos de aplicaciones

- **Cinturones de seguridad:** Fabricados con nylon y poliéster de alta resistencia para garantizar la seguridad en impactos.
- **Airbags:** Textiles técnicos con recubrimientos especiales que permiten un despliegue rápido y efectivo.

- **Revestimientos interiores:** Materiales textiles ignífugos diseñados para aportar estética y funcionalidad en los automóviles.

En conjunto, los textiles técnicos presentan un notable desarrollo, donde la innovación en materiales y diseño funcional convergen para responder a los desafíos cada vez más complejos de la industria así como del mercado moderno. Su desarrollo no solo ha ampliado las fronteras del uso tradicional, sino que ha permitido crear soluciones especializadas que mejoran la eficacia de uso, así como el desempeño en múltiples sectores. Este panorama nos permite comprender la relevancia estratégica de los textiles técnicos y constituye un punto para su análisis detalladamente tanto sus funciones como características de estos.

Diferencias entre textiles técnicos y los tradicionales

Los productos textiles son elementos fundamentales con el propósito de satisfacer necesidades básicas como vestirnos, abrigarnos y decorar nuestros entornos. Estos materiales tradicionalmente fueron diseñados pensando en la funcionalidad cotidiana, priorizando características como la comodidad, apariencia y la accesibilidad económica. Productos como ropa, cortinas, alfombras y otros artículos del hogar, son fabricados generalmente con fibras naturales como algodón, lana o seda, y más recientemente, con fibras sintéticas como el poliéster y nylon (Jafari et al., 2025).

Los textiles técnicos se pueden diferenciar de los tradicionales ya que estos están destinados a aplicaciones más exigentes y diferenciadas donde el rendimiento, la durabilidad y la seguridad son prioritarios. En el área de la medicina, se convirtieron en componentes esenciales dentro de hospitales o centros de atención médica. Entre sus múltiples utilidades se destacan los vendajes funcionales que favorecen la protección de heridas, las mallas quirúrgicas diseñadas para ser compatibles con el cuerpo humano, así como los tejidos con propiedades antimicrobianas que ayudan a prevenir infecciones durante el proceso de curación.

En el sector industrial, estos materiales también cumplen funciones críticas,

los cuales son capaces de soportar temperaturas extremas, proporcionar aislamiento térmico o actuar como filtros de alta eficiencia en procesos industriales. Por su parte, las industrias automotriz y aeroespacial se benefician de textiles que combinan ligereza con una notable resistencia estructural, permitiendo un desempeño confiable incluso en condiciones extremas.

Muchos de estos productos incorporan fibras de alto rendimiento como el Kevlar, la fibra de carbono o polímeros especiales que ofrecen cualidades poco comunes, como resistencia al fuego, alta elasticidad o conductividad eléctrica. Con la integración de tecnologías como la nanotecnología, la impresión 3D y los recubrimientos inteligentes ha permitido el diseño de tejidos capaces de responder a estímulos externos, como variaciones en la temperatura o humedad, abriendo así nuevas posibilidades de aplicación en múltiples sectores (Venkatraman et al., 2023).

Textiles tradicionales: necesidades básicas y estéticas

El propósito de las fibras, hilos y prendas textiles radica en atender las demandas comunes de la vida diaria. Son materiales concebidos para ofrecer confort, ajustarse a las tendencias de moda y reflejar las preferencias culturales de una época o región. En este sentido, el diseño y la producción de textiles tradicionales se orientan hacia métodos estandarizados y económicos que permitan satisfacer un mercado masivo. La camiseta de algodón es un símbolo de esta categoría ya que esta es funcional, accesible y adaptable a múltiples estilos y usos. Su producción y uso se centra en básicamente en:

Vestimenta: Su función básica de proteger el cuerpo de las condiciones climáticas, la expresión de identidad cultural y social. Los productos como el algodón, la lana o la seda son ampliamente utilizados debido a su disponibilidad y propiedades como suavidad, transpirabilidad y confort.

Decoración del hogar: Dentro de estos productos podemos nombrar las cortinas, tapices, tapetes y alfombras que embellecen los espacios, aportando color, textura y personalidad a los ambientes.

Comodidad personal: Estos productos tienen una comodidad especial gracias a los materiales y acabados que ofrecen una sensación agradable al tacto,

permitiendo el uso prolongado sin perder el confort.

El propósito de los textiles tradicionales está dirigido principalmente al consumidor cotidiano, donde los criterios más relevantes para su elección son los siguientes:

Estética y diseño: Las tendencias de la moda dictan los colores, patrones y estilos de las prendas, que las convierte en un reflejo de las preferencias de la sociedad en un momento dado.

Simplicidad en la fabricación: Los métodos de producción, como el tejido, la tintura, el estampado y la confección, están diseñados para equilibrar la producción y eficiencia sin comprometer la calidad del producto.

Costo accesible: La producción textil prioriza el uso de materiales de calidad y un costo adecuado para el proceso de fabricación masiva, garantizando su accesibilidad a diferentes segmentos de la población.

Así, una camiseta de algodón es un textil diseñado para ser cómodo, fácil de producir y adaptarse a diferentes estilos estéticos según la demanda del mercado tanto en colores como en el diseño del estampado.

Textiles técnicos: su innovación y visión de desarrollo

Este tipo de productos fue creado como una respuesta a necesidades funcionales que van más allá de las capacidades de los textiles tradicionales. Estos fueron diseñados para cumplir con altos estándares en temas de rendimiento y resistencia, enfocándose primordialmente en aplicaciones específicas que no correspondían a la moda. Su desarrollo no solo involucra técnicas textiles tradicionales, sino que también combina la ingeniería,ciencia de materiales y tecnologías de última generación para obtener productos que cumplen funciones especializadas en contextos desafiantes: Entre los objetivos de los textiles técnicos se encuentran:

Proporcionar protección: Textiles como los utilizados en trajes ignífugos o chalecos antibalas están diseñados para proteger al usuario contra riesgos físicos, térmicos o químicos.

Optimizar el rendimiento: En la medicina, los textiles técnicos como los vendajes funcionales o las mallas quirúrgicas contribuyen al éxito de procedi-

mientos clínicos y a la recuperación del paciente.

Satisfacer requisitos extremos: En aplicaciones aeroespaciales o automotrices, los textiles técnicos como la fibra de carbono son esenciales por su capacidad para soportar condiciones extremas de presión, temperatura y estrés mecánico.

Esta clase de textiles es completamente funcional y está respaldada por un proceso interdisciplinario que combina la ingeniería textil con la ciencia de materiales y el diseño de productos. Los aspectos clave incluyen:

Desempeño específico: Cada producto se diseña para una aplicación particular, lo que requiere una investigación detallada sobre las propiedades físicas, químicas y mecánicas necesarias.

Innovación tecnológica: Un punto importante que se destaca de estos textiles es la integración de tecnologías avanzadas como nanotecnología, tejidos inteligentes y fibras con memoria de forma. Esto permite la auto reparación y respuesta a estímulos ambientales, por ejemplo, cambios de temperatura y conductividad eléctrica.

Sostenibilidad y durabilidad: Estos materiales están diseñados para una vida útil prolongada de acuerdo con su uso y son fabricados con materiales reciclables o biodegradables para reducir el impacto ambiental.

En la Tabla 2 se realiza un análisis comparativo entre las funcionalidades de los textiles tradicionales y de los técnicos:

Tabla 2

Cuadro comparativo de los textiles tradicionales vs los técnicos

Aspecto	Textiles Tradicionales	Textiles Técnicos
Propósito	Satisfacción de necesidades estéticas y funcionales básicas	Resolución de problemas específicos mediante funciones avanzadas
Enfoque del diseño	Moda, confort y accesibilidad económica	Funcionalidad, rendimiento y sostenibilidad
Tecnología	Métodos tradicionales de producción	Tecnologías avanzadas como nanotecnología y fibras funcionales
Aplicaciones	Vestimenta, textiles para el hogar	Medicina, industria, automoción, aeroespacial y sector deportivo

Nota: Tabla elaborada en base a bibliografía analizada de la investigación.

En este apartado del libro, hemos explorado la complejidad y riqueza del universo de los textiles técnicos, una categoría en constante expansión que trasciende los usos tradicionales de los materiales textiles. Hemos visto cómo la industria textil ha sumado esfuerzos para buscar el desarrollo y la innovación en productos textiles, que cumplan funciones más allá de lo tradicional.

Cada aplicación representa un campo donde la innovación textil transforma procesos, mejora la eficiencia, optimiza la seguridad y reduce el impacto ambiental. Esta evolución no es casualidad; responde a una creciente demanda global por soluciones técnicas avanzadas y que gracias a la tecnología y los materiales que poseemos hoy en día, somo capaces de producir productos cada vez innovadores. Desde una perspectiva académica y profesional, estudiar los textiles técnicos permiten identificar oportunidades de investigación y desarrollar productos innovadores con alto valor agregado, tanto en el mercado nacional como internacional.

CAPÍTULO 2

ENFOQUE DE LOS TEXTILES TÉCNICOS EN EL CAMPO DE LA MEDICINA



2

Enfoque de los Textiles Técnicos en el Campo de la Medicina

Orígenes de los textiles técnicos en la medicina

El uso de los materiales textiles en la medicina se remonta a la mayoría de las civilizaciones antiguas, como los egipcios, griegos y romanos. Estas utilizaban fibras naturales como el lino y la fibra de lana para fabricar vendajes, y suturas, así como prendas que ayudaban a mantener la higiene durante los procedimientos médicos rudimentarios. En la antigua Roma, el uso de telas limpias era crucial para prevenir infecciones en heridas, aunque la comprensión científica de los microorganismos estaba aún muy distante.

Los textiles técnicos comenzaron a definirse con mayor claridad en el siglo XIX gracias a los avances en la química y la biología. En el año de 1897, Joshep Lister creo el algodón esterilizado propiamente dicho, el cual marcó un punto importante al introducir un material textil diseñado específicamente para aplicaciones médicas. Este desarrollo fue fundamental para la cirugía moderna, ya que permitía proteger al paciente contra infecciones y a los equipos de contaminación bacteriológica antes y durante los procedimientos quirúrgicos (Sanders et al., 2021).

El uso explícito de los textiles técnicos ocurrió durante el siglo XX, cuando las fibras sintéticas revolucionaron la industria textil específicamente. La invención del poliéster y el nylon en la década de 1930, seguida de los polímeros, proporcionó la base para diseñar materiales con propiedades específicas como la estabilidad térmica, resistencia y biocompatibilidad. Esto permitió tener productos médicos especializados como suturas absorbibles,

vendajes funcionales, así como de ropa de uso quirúrgico desechable (ACS, 2000).

Durante las décadas de 1960 y 1970, el ámbito médico comenzó a experimentar de manera tangible los beneficios de los avances en fibras de carácter técnico, además de la incorporación de los no tejidos que fueron empleados en la confección de batas quirúrgicas, vendajes y otros insumos. Estos materiales transformaron la forma radical de los estándares de higiene y la practicidad dentro de los centros de salud y hospitales; paralelamente, la creciente investigación en polímeros de alto rendimiento y el énfasis en la biocompatibilidad hicieron posible el diseño de implantes textiles, entre ellos mallas quirúrgicas y prótesis vasculares, que representaron un punto de inflexión en el desarrollo de materiales de apoyo en la medicina actual (Shirvan y Nouri, 2021).

Hitos relevantes en la evolución de los textiles técnicos médicos

Los textiles técnicos, especialmente aquellos orientados a aplicaciones médicas, han experimentado un desarrollo histórico marcado por avances significativos. Cada hito no solo representa un progreso tecnológico, sino que también destaca cómo la humanidad ha adaptado materiales para satisfacer necesidades complejas.

Este tipo de textiles comprenden una serie de materiales y elementos, como fibras, filamentos, hilos y diversas estructuras de tejidos, que se fabrican a partir de sustancias fibrosas, tanto naturales como sintéticas. A través del tiempo, la evolución de nuevas fibras y avances en las tecnologías de fabricación de hilos y tejidos han ampliado considerablemente las aplicaciones de los materiales textiles en distintos sectores. Una de las áreas con mayor relevancia es la industria textil médica, un campo emergente que fusiona la ingeniería textil con las ciencias médicas, ofreciendo soluciones funcionales adaptadas a las necesidades del sector (Shirvan y Nouri, 2021).

Uso del algodón esterilizado

A mediados del siglo XIX, la investigación del método antiséptico de Joseph Lister transformó radicalmente la práctica quirúrgica, al incorporar principios de antisepsia no solo en los instrumentos, sino también en los vendajes y apósitos. Esto redujo la mortalidad postoperatoria, que en muchos casos era elevada en algunos países europeos (Michaleas et al., 2022).

Paralelamente, el uso de algodón esterilizado evolucionó desde la Edad Media como una herramienta clave en el control de infecciones. Si bien el algodón sin procesar era conocido desde la antigüedad, su uso estaba restringido por el miedo a una posible contaminación con esporas y parásitos, lo que generaba un cierto miedo al usarlo.

Fue recién en el siglo XIX cuando médicos como Anderson de Glasgow (1828), Mathias Mayor (1839) y Sampson Gamgee (1878) impulsaron el empleo del algodón finamente cardado y blanqueado como material quirúrgico, al demostrar su mayor suavidad, absorción y limpieza en comparación con los materiales de la época. Así en Inglaterra elaboro el apósito llamado "Gamgee Tissue", una almohadilla de algodón envuelta en gasa estéril, combinando capacidad absorbente con protección contra la contaminación externa.

Este avance coincidió con los descubrimientos microbiológicos de Pasteur y Koch, motivando a cirujanos como Alphonse Guérin a usar algodón como barrera física contra los gérmenes suspendidos en el aire. Posteriormente, la fibra fue sometida a procesos de esterilización con vapor y sustancias químicas como el hipoclorito de sodio con álcalis, consolidando su rol en el uso médico. Así, la conjunción entre avances microbiológicos, prácticas quirúrgicas y tecnologías textiles sentó las bases del concepto moderno de asepsia en la medicina (Elliott, 1957).

Introducción de fibras sintéticas

La invención del poliéster y el nylon en las primeras décadas del siglo XX marcó un punto de inflexión en la industria textil, transformando no solo la moda y los productos industriales, sino también el ámbito médico. La fibra de

nylon fue desarrollada por Wallace Carothers en el año 1935 cuando trabajaba en la empresa DuPont, este fue el primer polímero sintético comercialmente viable, destacando por su resistencia, elasticidad y biocompatibilidad. Por su parte, el poliéster, introducido años más tarde alrededor de 1940, se valoró por su durabilidad, resistencia a la degradación y versatilidad de su uso (Abrishami et al., 2024). Una imagen referencial de estas fibras podemos ver en la Figura 7.

Figura 7

Fibras y productos en base a nylon y poliéster



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Estas fibras, fueron desarrolladas en un inicio para uso en paracaídas, cuerdas y prendas de vestir, pero rápidamente captaron la atención del sector médico debido a sus propiedades únicas como: la resistencia a la tracción,

estabilidad química y posibilidad de esterilización de estas. Las fibras de nylon y el poliéster se han consolidado como materiales de gran relevancia debido a su versatilidad y capacidad de adaptación a diversas aplicaciones. En particular, el nylon se destaca por su resistencia al crecimiento microbiano y su biocompatibilidad, características que han favorecido su empleo en suturas, catéteres, apósitos y componentes protésicos. Las investigaciones han evaluado compuestos basados en nylon como posibles sustitutos de los implantes en ingeniería tisular, evidenciando su potencial en el desarrollo de andamiajes y articulaciones artificiales (Abbasian et al., 2020). Por otro lado, el poliéster ha adquirido un rol fundamental en el ámbito biomédico por su desempeño en entornos fisiológicos. Este se está empleando en apósitos avanzados que favorecen la regeneración tisular, en implantes cardiovasculares y ropa de uso clínico. Su aplicación se sustenta en la capacidad eficiente en procesos de degradación controlada bajo condiciones fisiológicas, ajustando su funcionalidad a las necesidades de la medicina (Kuperkar et al., 2024).

Desarrollo del nylon

El nylon es una fibra sintética perteneciente a la familia de las poliamidas, cuyo desarrollo marcó un punto de inflexión en la industria textil. Su estructura molecular, basada en enlaces amídicos, que le otorga una combinación excepcional de resistencia a la tracción, flexibilidad y estabilidad química. Estas propiedades han favorecido su incorporación en el ámbito médico, especialmente en suturas quirúrgicas no absorbibles. En este tipo de aplicaciones, el nylon destaca por su superficie lisa que reduce la fricción durante el cierre de la herida, gracias a estas características se minimiza el traumatismo en los tejidos, garantizando una cicatrización más controlada y segura. Además, su biocompatibilidad favorece una respuesta de inflamación mínima, lo que convierte en una opción confiable en procedimientos que requieren largos periodos de cicatrización, haciendo eficiente este proceso (Z. Wang et al., 2023).

Más allá de su utilidad en la fabricación de suturas, esta se ha utilizado en una amplia gama de dispositivos médicos, desde mallas quirúrgicas hasta

componentes de prótesis y catéteres. Esto se debe en gran medida a su capacidad para resistir la proliferación bacteriana y a su estabilidad química en entornos biológicos. La versatilidad del nylon, sumada a su capacidad de integrarse con tecnologías emergentes, como los textiles inteligentes incorporados con sensores para la monitorización de constantes vitales, reafirma su relevancia sostenida en la medicina contemporánea. Esta evolución tecnológica ha contribuido a transformar los métodos mediante los cuales se protege, supervisa y preserva la salud humana (Deopura et al., 2008).

Fibra de Poliéster

Los químicos y científicos británicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson fueron los impulsadores del desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito textil durante los años 1940, con la creación de una fibra particular, que se destacó por su versatilidad, resistencia y durabilidad a la degradación. Para ello se basaron en investigaciones anteriores en la producción de polímeros, es así como lograron sintetizar con éxito el tereftalato de polietileno (PET). Este compuesto químico innovador no tardó en ser reconocido por sus propiedades técnicas y químicas dentro del sector industrial y principalmente en el textil (Deopura et al., 2008). Las características del poliéster lo convirtieron en un candidato idóneo para aplicaciones médicas exigentes, en particular prótesis vasculares y mallas quirúrgicas, donde la durabilidad y la biocompatibilidad son fundamentales.

El poliéster se consolidó desde mediados del siglo XX como un material de referencia para aplicaciones médicas exigentes. Al inicio fueron específicas para prótesis vasculares y mallas quirúrgicas, gracias a sus dos cualidades importante como la durabilidad y biocompatibilidad. Hacia el año 1960, el tereftalato de polietileno (PET) comenzó a utilizarse en injertos vasculares, esta elección fue justificada por su capacidad de conservar la estabilidad estructural frente al flujo sanguíneo constante y de resistir la degradación en un entorno biológico (Özant y Arslan, 2023).

Estas propiedades hacen que el poliéster se mantenga hasta hoy en día como un recurso que facilita su integración con los tejidos sin comprometer

la funcionalidad a largo plazo. En paralelo, las mallas de poliéster hallaron aplicaciones quirúrgicas en procedimientos como la reparación de hernias o la reconstrucción pélvica. En este caso, su eficacia proviene de la porosidad controlada, que favorece la regeneración tisular, y de su resistencia a la fatiga mecánica (Rosen, 2009).

Actualmente, los avances en tecnologías de producción han ampliado las fronteras de uso del poliéster. Investigaciones recientes analizan su desempeño en recubrimientos antimicrobianos y en sistemas de liberación controlada de fármacos, lo que abre posibilidades en el campo de la medicina regenerativa. Vale la pena subrayar que este recorrido comenzó hace más de ocho décadas, mostrando cómo un polímero ampliamente utilizado en la industria textil ha logrado tener un impacto extraordinario en la salud humana y en la innovación médica (Qin, 2016b).

Surgimiento de textiles no tejidos

A diferencia de los tejidos planos o de punto, los no tejidos se fabrican directamente a partir de la aglomeración de fibras en lugar de hilos. En estos productos, las fibras cortas o filamentos suelen colocarse aleatoriamente y unirse entre sí mediante medios mecánicos (punzonado, entrelazado con chorro de fluido, cosido), térmicos (unión térmica) o químicos (unión adhesiva). La mayoría de las fibras de uso general se pueden utilizar en la producción de telas no tejidas (Zhong, 2013).

Sus inicios se rastrean al siglo XIX, en el apogeo de la revolución industrial, cuando, en la década de 1870, se desarrollaron procesos pioneros para comprimir fibras de lana y algodón con aglutinantes químicos, dando origen a fieltros industriales utilizados como sustratos aislantes y materiales de relleno. Como ya se ha mencionado, los no tejidos tuvieron importantes avances impulsados por el desarrollo de polímeros sintéticos y la mecanización industrial. La síntesis del polietileno, seguida por la del polipropileno en los años 1950, impulsados por el avance en catálisis realizado por Ziegler-Natta, marcó un hito en la producción de fibras funcionales, ya que fue posible el desarrollo de textiles técnicos (King et al., 2013), un ejemplo de un no tejido

lo puedes ver en el Figura 8.

Figura 8

No tejido en base a fibras sintéticas



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Durante la segunda guerra mundial de 1939 a 1945, la demanda de materiales de rápida manufactura para filtración, apósitos médicos y textiles desechables fomentó técnicas como el punzonado por agujas, que entrelaza

fibras mediante perforaciones mecánicas de alta precisión. En las décadas de 1970 y 1980, compañías como Freudenberg optimizaron procesos avanzados como el spunbond, que extruye polímeros fundidos en filamentos continuos solidificados por enfriamiento y el meltblown, que genera microfibras mediante chorros de aire caliente, ideales para barreras de alta eficiencia (Albrecht y Fuchs, 2003).

Con el perfeccionamiento de los métodos de fabricación para estructuras fibrosas alternativas a los tejidos planos y de punto, se creó una tecnología para elaborar no tejidos. Lo que permitió producir telas sin hilar con costes operativos significativamente reducidos, al tiempo que confiere estructuras porosas y de elevada capacidad de absorción, optimizadas para satisfacer las especificaciones técnicas de productos en el área higiénica como absorbentes, pañales, compresas y apósitos biomédicos. Desde la década de los 70, los no tejidos encontraron su principal campo de aplicación como soporte en el área biomédica, con productos como batas quirúrgicas, mascarillas y cubrecamas que han elevado los estándares de asepsia.

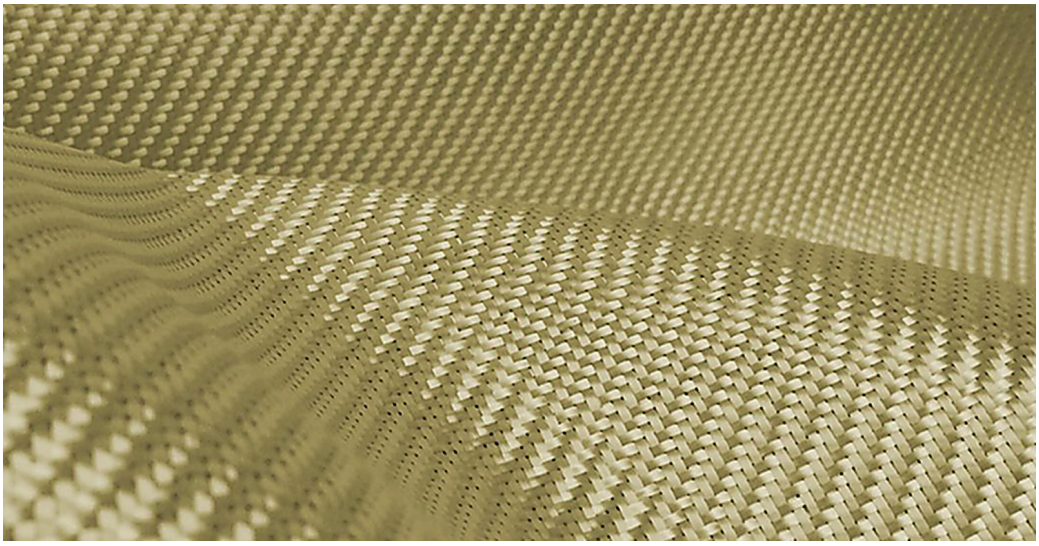
Los polímeros presentan una gran versatilidad para ser usado en diferentes campos, y en especial su enfoque al sector sanitario. Materiales como polipropileno y polietileno han demostrado su eficacia tanto en producción y costos lo cual lo hace accesible a todo tipo de mercados. Su producción en la actualidad ha sido optimizada, mediante procesos de extrusión y métodos de consolidación termina o química, permitiendo obtener materiales con propiedades técnicas específicas. Es así como, este material se usa en la fabricación de mascarillas de protección, batas quirúrgicas y lencería de dormitorio, donde la combinación de capas incrementa notablemente la eficiencia de filtración, superando sobre el 95 %, frente a partículas y microorganismos. Investigaciones recientes en estas fibras han incorporado agentes antimicrobianos como nanopartículas de plata o recubrimientos hidrofílicos para mejorar la biocompatibilidad y la gestión de fluidos (Chaudhari y Mandot, 2008).

Aparición de fibras de alta resistencia

Las fibras técnicas, como el Kevlar y el carbono, conocidas por su uso en los sectores militar e industrial debido a su excepcional relación resistencia-peso, se están integrando progresivamente en el ámbito médico gracias a sus características distintivas. Así, el Kevlar, un material a base de un polímero sintético producido por DuPont, presenta una resistencia a la tracción cinco veces superior a la del acero, y en los últimos años se han desarrollado investigaciones para establecer su uso en aplicaciones biomédicas, este tipo de fibras se puede ver en la Figura 9.

Figura 9

Tejido con filamentos de Kevlar, para usos técnicos



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Por el contrario, la fibra de carbono, utilizada en implantes médicos que abarcan placas óseas, clavos intramedulares y dispositivos de fijación, se distingue por su excelente relación resistencia-peso y su biocompatibilidad. Esto minimiza los efectos de protección contra el estrés y facilita una mejor

visualización en las modalidades de imagen radiológica, como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, sin introducir artefactos (Xu et al., 2025).

Un aspecto menos publicitado se refiere a implantes como las prótesis vasculares, en las que a menudo se exige la coagulación previa a la implantación para evitar la pérdida inicial de sangre, un paso crítico del procedimiento que a menudo se omite en los protocolos generales de tratamiento de heridas. Estos avances ejemplifican el impacto transformador de los materiales innovadores en la medicina, proporcionando intervenciones terapéuticas más eficaces y seguras (Patersen, 2016).

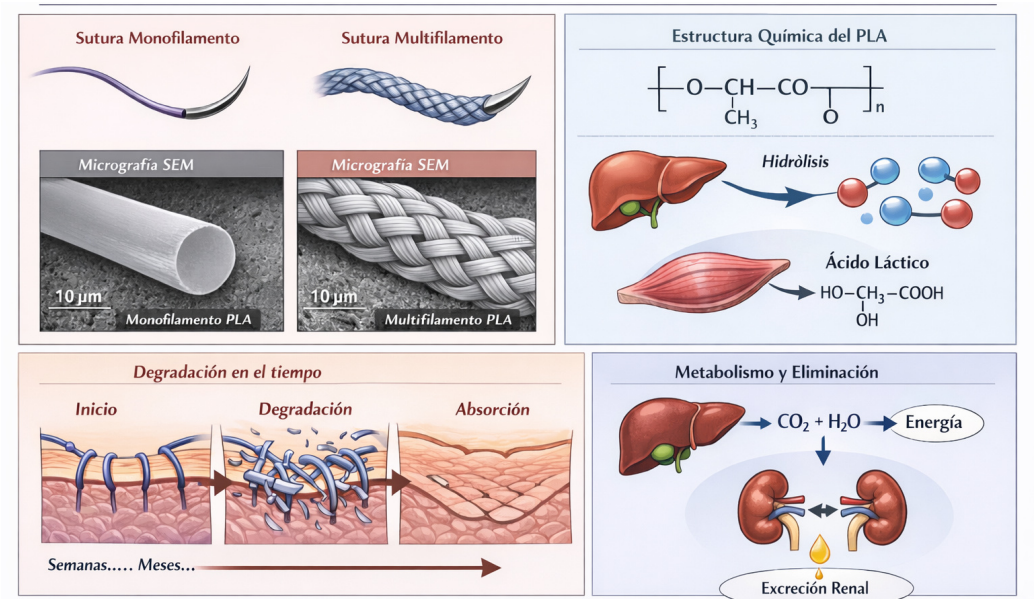
Avances en el ámbito de las suturas

La evolución de las suturas quirúrgicas es un testimonio del ingenio humano en la búsqueda incesante de una mejor atención médica. Un capítulo fundamental de esta historia se desarrolló durante las décadas de 1960 y 1970, un período caracterizado por el auge de la ciencia de los polímeros.

Esta época fue testigo de la llegada de las suturas quirúrgicas fabricadas con polímeros biodegradables, entre los que destacan el ácido poliglicólico (PGA) y el ácido poliláctico (PLA), lo que supuso un hito importante en la cirugía contemporánea. En la Figura 10 podemos observar la estructura y la degradación de una sutura con PLA.

Figura 10

Estructura y degradación de suturas PLA



Nota. Adaptado de da Silva, D., Kaduri, M., Poley, M., Adir, O., Krinsky, N., Shainsky-Roitman, J., & Schroeder, A. (2018). Biocompatibility, biodegradation and excretion of polylactic acid (PLA) in medical implants and theranostic systems. Chem Eng J. 2018 May 15;340:9-14. doi: 10.1016/j.cej.2018.01.010

El origen de esta innovación se vincula con los avances en la química de polímeros desarrollados por instituciones como American Cyanamid. En 1970, dicha compañía introdujo comercialmente las suturas de ácido poliglicólico (PGA) bajo la marca de Dexon, diseñadas para degradarse por hidrólisis en el organismo y transformarse en metabolitos biocompatibles, como los ácidos glicólico y láctico. Esta propiedad eliminó la necesidad de cirugías posteriores destinadas únicamente a retirar las suturas. Este hito seguido por el desarrollo de los copolímeros como la poliglactina 910, que es combinación del PGA y PLA, que consideraron la transición hacia materiales con perfiles de degradación predecibles. Según su composición y arquitectura molecular, estos polímeros presentan tiempos de absorción que oscilan entre varias semanas y

meses, optimizando los resultados clínicos y agilizando los flujos de trabajo quirúrgicos (Zhong, 2013).

La llegada de este avance tecnológico no solo revolucionó las técnicas quirúrgicas, sino que también mejoró profundamente el bienestar general del paciente. Las suturas biodegradables introdujeron un cambio decisivo en la práctica quirúrgica pues; al degradarse de manera progresiva tras cumplir su función de soporte, evitaron la necesidad de retirarlas manualmente. Este simple hecho redujo el malestar físico como la ansiedad psicológica que solía provocar un procedimiento rutinario cuando se empleaban materiales no absorbibles como el nylon o la seda. Además, al no dejar residuos persistentes en el organismo disminuyeron de forma significativa la probabilidad de infecciones secundarias y reacciones inflamatorias crónicas, factores que antes constituían un riesgo frecuente en la recuperación postoperatoria.

El desarrollo de los polímeros como el ácido poliglicolico (PGA), el cuál es valorado por su elevada resistencia inicial y el ácido poliláctico (PLA) reconocido por su degradación más lenta y controlada, amplió el abanico de posibilidades para los cirujanos. Gracias a estas características diferenciadas, fue posible seleccionar el tipo de sutura más adecuado según la naturaleza de la intervención, ya sea en procedimientos abdominales o en operaciones delicadas como la reconstrucción de tejidos blandos. Desde su introducción, estas soluciones han pasado de ser un material experimental para convertirse en un pilar de la cirugía moderna. No sólo optimizó la seguridad y la eficacia de las intervenciones, sino que también contribuyeron a disminuir el dolor durante la recuperación y elevar los estándares de la calidad de atención médica. Este uso ha permitido mantenerse en el campo médico, así también el seguir evolucionando con los continuos estudios y avances en el campo de los biomateriales (King et al., 2013).

Textiles inteligentes e incorporación de nanotecnología (siglo XXI)

En los últimos años se ha visto cómo la tecnología se ha involucrado de forma íntegra dentro del campo textil, rompiendo muchos paradigmas, sobre todo la complejidad que años atrás esto representaba. Ahora se ha visto impulsada por la integración de la nanotecnología y los materiales inteligentes en el diseño, dándoles funciones adicionales a las prendas y a los materiales textiles. La innovación y desarrollo dentro del campo ha facilitado la creación de la línea de textiles inteligentes, los cuales son capaces de ir más allá de funciones pasivas como la protección, para interactuar activamente con el entorno y la fisiología humana. Cabe destacar que esta progresión ha abierto vías sin precedentes en el ámbito médico, ofreciendo soluciones innovadoras para la intervención terapéutica, vigilancia y la profilaxis de enfermedades.

Principales avances y aplicaciones

Como hemos analizado, los textiles médicos representan una vanguardia fascinante en la innovación tecnológica, gracias al avance de la investigación científica, los principios de la ingeniería y las prácticas sanitarias que están transformando el bienestar humano. Estos materiales son diseñados para interactuar directamente con el organismo humano, los cuales han pasado de ser simples apósitos para heridas a soluciones sofisticadas que incorporan propiedades antimicrobianas, biocompatibilidad y tecnologías inteligentes. En una era cada vez más centrada en la salud y la responsabilidad ecológica, los textiles médicos no solo mejoran la eficacia de los tratamientos médicos, sino que también abren nuevas perspectivas para un futuro con productos que mejoren la calidad de vida del ser humano.

Liberación controlada de medicamentos: Gracias a la incorporación de nanopartículas poliméricas o lipídicas en fibras textiles, se están desarrollando vendajes capaces de liberar fármacos de forma sostenida y localizada. Esta tecnología resulta especialmente útil en el tratamiento de heridas crónicas,

quemaduras o úlceras diabéticas, al permitir una dosificación precisa y prolongada, reduciendo la necesidad de intervenciones repetidas, mejorando así la respuesta terapéutica en los pacientes (Jose M y Sumathi, 2025).

Propiedades antimicrobianas avanzadas: Esta es una propiedad importante en la actualidad debido a que en el ambiente proliferan una gran cantidad de bacterias y virus, que pueden causar infecciones o enfermedades. Para el desarrollo de textiles con esas características se usan nanopartículas metálicas, especialmente de plata, cobre y óxido de zinc, que han demostrado una alta efectividad en la inhibición del crecimiento bacteriano sobre la prenda. Estos materiales antimicrobianos son fundamentales para el uso en entornos hospitalarios, donde el riesgo de infecciones es elevado. Su aplicación en apósitos, batas quirúrgicas y ropa hospitalaria representa un avance significativo en la bioseguridad clínica.

Sensores integrados y sistemas de monitoreo fisiológico: La integración de sensores electrónicos flexibles o filamentos conductores en estructuras textiles ha permitido el desarrollo de sustratos textiles con la capacidad de monitorear en tiempo real parámetros fisiológicos. Entre los índices medibles podemos nombrar la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, la saturación de oxígeno e incluso la cuantificación de las concentraciones de glucosa y lactato en los fluidos corporales. Estos productos denominados e-textiles o tejidos portátiles, abren un nuevo campo en la medicina personalizada, la telemedicina y la vigilancia de personas con enfermedades crónicas o que se someten a terapias de rehabilitación (Khosravi et al., 2023).

Sostenibilidad y materiales biodegradables en los últimos años

La industria textil ha adoptado un enfoque más sostenible en la fabricación de productos técnicos, tratando de evitar la contaminación del ambiente con la reducción de productos nocivos y contaminantes, entre estos podemos describir los siguientes:

Textiles biodegradables: Fibras como el PLA se utilizan en productos médicos

desechables, estos pueden descomponerse en condiciones de 60°C, una alta humedad y microrganismos, permitiendo la reducción del impacto ambiental (Sun, 2011).

Reciclaje de materiales técnicos: Innovaciones en reciclaje de polímeros han permitido reutilizar materiales sintéticos en nuevas aplicaciones, disminuyendo los residuos.

Cada uno de estos hitos refleja cómo la industria textil ha evolucionado en paralelo con las demandas del sector médico y otros sectores técnicos. Desde la antisepsia inicial hasta los textiles inteligentes, la historia de los textiles técnicos es una narrativa de innovación continua. Su efecto ha sido positivo ya que ha permitido que millones de personas los usen con el fin de mejorar la calidad de vida, sino que también es un aliado en las prácticas médicas, industriales y ambientales.

Innovaciones recientes y tendencias actuales

Con el avance de la nanotecnología y la biotecnología en las últimas décadas, los textiles técnicos han alcanzado niveles de sofisticación sin precedentes. Hoy en día, es posible fabricar textiles que:

- Liberan medicamentos de manera controlada.
- Detectan cambios en los signos vitales a través de sensores integrados.
- Eliminan bacterias gracias a tratamientos con nanopartículas de plata o cobre, como se observa en la Figura 11.

Figura 11

Tejido con impregnación de partículas de cobre



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

La llegada de la impresión 3D, junto con el avance de las fibras biodegradables, ha abierto nuevas vías de exploración, proporcionando soluciones personalizadas y ecológicas que están llamadas a transformar tanto el sector textil como el médico. En la actualidad, es evidente que los textiles técnicos constituyen un mercado internacional en expansión, que abarca aplicaciones en la ingeniería automotriz, la construcción, la producción de energía y, en particular, la atención sanitaria. Cuando hablamos del sector médico, podemos

establecer que las necesidades de productos innovadores como respiradores, ropa de protección sanitaria y equipos médicos con funciones inteligentes se incrementaron notablemente durante la pandemia del COVID-19 (Sanders et al., 2021).

Con una proyección hacia el futuro, el sector textil de nuestros países se enfrenta al reto de incrementar la producción integrando profundamente temas de sostenibilidad. Y al mismo tiempo, se realiza la exploración de nuevas posibilidades con tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (en adelante mencionada IA por sus siglas) y materiales innovadores. La historia de los textiles técnicos, desde sus inicios hasta su posición actual, ha marcado un hito clave en la innovación, siendo el reflejo de la capacidad humana para adaptar y transformar materiales en soluciones que mejoran la calidad de vida y resuelven problemas complejos de nuestro entorno.

Este capítulo nos ha aportado información de cómo los textiles se mantienen en una constante evolución, tanto los tradicionales como los técnicos. Se indagó acerca de su papel fundamental en el uso en ciertas áreas específicas y cómo es un componente indispensable en diversas facetas de la vida cotidiana. Es evidente que el sector textil constituye un segmento industrial significativo, que ha tenido que fomentar el avance tecnológico, la investigación, lo cual contribuye al desarrollo económico de nuestros países. Teniendo en cuenta la importancia de incorporar prácticas de fabricación sostenibles para aportar al cuidado del medio ambiente.

En particular, el campo de la medicina ha sido testigo del surgimiento de la industria textil como socio vital. Así podemos establecer que las industrias textiles, las instituciones académicas y los investigadores deben dedicar recursos de forma colaborativa al desarrollo continuo de materiales que mejoren la calidad de vida y la utilidad en el ámbito médico e industrial.

CAPÍTULO 3

VISIÓN EN LOS MERCADOS GLOBALES DE LOS TEXTILES MÉDICOS



3

Visión en los Mercados Globales de los Textiles Médicos

Industria y mercados globales de los textiles técnicos médicos

El análisis de la industria y los mercados globales de los textiles técnicos médicos es fundamental para comprender su desarrollo tecnológico, sus dinámicas competitivas y su inserción en cadenas globales de valor. Horrocks y Anand (2016) destacan que los textiles técnicos constituyen un sector estratégico impulsado por innovación y demanda internacional. Del mismo modo, Qin (2016) señala que los textiles médicos son un mercado global en expansión, condicionado por los requerimientos sanitarios y los avances en materiales. Los productos textiles en el campo de la medicina se han vuelto fundamentales, ya que ofrecen un determinado número de productos como vendajes, apósitos, batas quirúrgicas e incluso materiales para implantes.

Estos están diseñados con características especiales que garantizan su biocompatibilidad, resistencia y comodidad, cumpliendo con rigurosos estándares de higiene. Los cuales deben ser capaces de soportar procesos de esterilización, resistir el uso continuo y, en muchos casos, incorporar propiedades antimicrobianas con el fin de prevenir infecciones. Aquí podemos incorporar los no tejidos que son especialmente comunes en este campo, ya que proporcionan opciones estériles y desechables, ideales para procedimientos quirúrgicos. Así mismo, están ampliando su alcance hacia aplicaciones más avanzadas, como sistemas de liberación de fármacos y estructuras para regeneración de tejidos, que reflejan un avance significativo en el campo de la innovación textil.

Muchas empresas alrededor del mundo han empezado el desarrollo de productos textiles inteligentes y bioactivos. Algunos de estos integran sensores que permiten monitorear signos vitales como la frecuencia cardíaca, la temperatura y la presión arterial. Estos envían datos en tiempo real para los profesionales de la salud, los cuales pueden realizar el control de signos vitales en pacientes en tiempo real y en modo remoto. Los tejidos con componentes bioactivos son impregnados con agentes antimicrobianos o medicamentos, que pueden acelerar la cicatrización y reducen el riesgo de infecciones en heridas. Con el auge de la nanotecnología, los productos con estas características están jugando un papel clave en temas de producción, permitiendo la creación de materiales más ligeros, resistentes y capaces de liberar fármacos directamente en áreas específicas. Estos desarrollos están impulsando soluciones médicas personalizadas y eficientes, siendo un motor de innovaciones en el campo textil.

Los productos textiles que tienen un mayor uso en el campo médico y tradicional son los no tejidos, tejidos de calada y de punto, siendo los primeros los de mayor aplicación, tanto para artículos desechables como batas y lencería hospitalaria. Otras aplicaciones que podemos nombrar son del cuidado de heridas, lencería quirúrgica, hasta implantes y mobiliario médico, destacando especialmente los apósitos para heridas. Los principales clientes son hospitales, clínicas y servicios de atención domiciliaria, debido a su necesidad constante de productos estériles. Dentro de los mercados más importantes que consumen estos productos, podemos destacar que América del Norte lidera el mercado, seguida de Europa, mientras que la región de Asia-Pacífico está experimentando un crecimiento acelerado gracias a la expansión de su infraestructura sanitaria y a los problemas sanitarios presentados en los últimos años.

El crecimiento del mercado ha sido gracias a diversos factores como el aumento del control de infecciones, los avances tecnológicos en materiales y el envejecimiento de la población. La necesidad de reducir infecciones hospitalarias ha incrementado la demanda de productos estériles y desechables. Y con un auge de textiles inteligentes y antimicrobianos están abriendo nuevas posibilidades en el sector. Por último, el aumento de enfermedades crónicas asociadas al envejecimiento global está generando una mayor demanda de soluciones textiles para el cuidado de heridas y dispositivos médicos

implantables.

En la Tabla 3 revisamos algunos de los factores acerca del aumento de la demanda de este tipo de textiles a nivel global:

Tabla 3

Factores predominantes para el aumento de la demanda

Categoría	Descripción
Impulsores del mercado	Aumento de la población geriátrica y del número de pacientes con enfermedades crónicas. Creciente necesidad de materiales implantables. Inversión realizada por el gobierno y el sector privado para mejorar el sistema de salud.
Restricciones del mercado	Precios fluctuantes del algodón, nylon, poliéster y otros materiales.
Oportunidades de mercado	Proyectos de innovación e investigación para mejorar las características de los textiles aplicados al campo médico. Optimizar la cadena de suministro y la red de distribución.
Desafíos del mercado	Normas de seguridad y calidad establecidas por autoridades reguladoras para supervisar la calidad.

Nota: Tabla elaborada en base a la información de Qin, Y. (2016). *Medical Textiles Materials*.

Principales regiones productoras y consumidoras

Como se analizó, se han planteado algunos factores que inciden en el desarrollo y las aplicaciones de los textiles técnicos; varían significativamente a nivel global en lo referente a su demanda, reflejando las capacidades industriales, los avances tecnológicos y las demandas específicas de cada región. Algunas regiones alrededor del mundo se han consolidado como líderes en la producción de estos materiales debido a su infraestructura avanzada, inversión en investigación y desarrollo y políticas de apoyo a la innovación. Paralelamente, otras destacan como principales consumidoras, impulsadas por la demanda de los sistemas de salud, construcción y protección personal. En este contexto, en este apartado se analizará las regiones más relevantes en términos de producción y consumo, considerando factores económicos,

tecnológicos y estratégicos que influyen en su posicionamiento global.

Asia-Pacífico un líder mundial

El mercado de Asia en la zona del Pacífico representa uno de los mayores mercados de los últimos años. Debido a la disponibilidad de varias instalaciones de fabricación de telas no tejidas en China, Taiwán, Japón, India, Corea del Sur e Indonesia, se espera que la región de Asia-Pacífico crezca bien durante el período de pronóstico.

Con el fin de aumentar las capacidades de fabricación para satisfacer la demanda de materia prima en la fabricación de diferentes productos, hay una adición de líneas de producción en esta región. Existe una gran demanda de materias primas para la producción de mascarillas, batas quirúrgicas e implementos de EPP. La asistencia financiera y tecnológica es proporcionada por el gobierno de varios países como Corea del Sur, Japón e India. La región de Asia-Pacífico domina tanto la producción como el consumo, destacándose como el epicentro global de esta industria. Países como China e India lideran la fabricación gracias a:

- **Costos de producción competitivos:** Disponibilidad de mano de obra y materias primas a precios accesibles.
- **Infraestructura industrial avanzada:** Esta región, desde hace algún tiempo, se ha desarrollado notablemente en el campo de la investigación, desarrollo y tecnología aplicada a la producción textil. Como resultado, se ha observado la concentración de fábricas especializadas que operan a gran escala.
- **Alta demanda interna:** Los sistemas de salud en estas naciones han presentado una elevada demanda debido al crecimiento demográfico.

En esta región podemos establecer en particular que China, se ha consolidado como el mayor exportador de textiles técnicos del mundo, debido a su alta capacidad de producción y su inversión en tecnología textil. India, por su parte, también está emergiendo como un actor clave, con un enfoque en textiles

no tejidos y productos desechables. Se espera que la asistencia financiera y tecnológica aumente la producción, lo que influirá positivamente en el crecimiento general del mercado.

Europa referente de innovación y calidad

Europa es conocida por su liderazgo en innovación y producción de textiles técnicos de alta calidad. Con el aumento del gasto sanitario en muchos países de Europa, se espera que este mercado crezca en los próximos años. Gracias al incremento en la instalación de centros de atención médica en Alemania, España, Francia, Rusia, Italia y el Reino Unido, se determina que la demanda de equipos de protección personal, elementos de limpieza y ropa de cama tiene un aumento según los pronósticos. Otros factores como la protección del paciente, el creciente envejecimiento de la población y las regulaciones relacionadas con el cuidado de la salud están impulsando la expansión del consumo los textiles médicos. Países como Alemania, Italia y Francia son fundamentales en este mercado, destacándose por su enfoque en:

- **Investigación y desarrollo:** La colaboración entre universidades, empresas privadas, estatales y centros de innovación han sido esenciales para desarrollar y mejorar las propiedades técnicas de los textiles.
- **Cumplimiento de normativas estrictas**: En la Unión Europea, para la comercialización de este tipo de productos, deben cumplir altos estándares de calidad y seguridad para los productos médicos.
- **Sostenibilidad:** La industria en esta región está adoptando prácticas más sostenibles con el fin de preservar el ambiente, lo que ha permitido a muchas empresas desarrollar textiles biodegradables y reutilizables para minimizar el impacto ambiental.

Si hablamos de consumo, en los países europeos se evidencia una alta demanda de productos médicos textiles, ya que tienen tasas muy elevadas de envejecimiento de su población y la creciente necesidad de soluciones innovadoras en atención médica y sanitaria (Gokhale, 2025).

América del Norte una potencia tecnológica y de consumo

Los países como Estados Unidos y Canadá son actores clave, principalmente por su capacidad de producción y una demanda significativa de estos productos. En esta región se puede destacar lo siguiente:

Innovación tecnológica: Así como Asia y Europa, la investigación y el desarrollo de textiles inteligentes han avanzado en la integración de sensores y recubrimientos antimicrobianos. **Alto gasto en salud:** Los Estados Unidos, en particular, es uno de los países a nivel mundial que tiene uno de los mayores presupuestos para sistemas de salud, designando alrededor del 16 % de su PIB (Statista, 2025). Lo que impulsa la demanda de textiles médicos en hospitales y clínicas.

Producción especializada: Existen muchas empresas estadounidenses que lideran la fabricación de textiles médicos personalizados, como prótesis y vendajes inteligentes, las cuales son pioneras y ámbitos de investigación y desarrollo.

Otras Regiones del Mundo

América Latina: En esta región se muestra un crecimiento moderado en su demanda, principalmente impulsado por mejoras en los sistemas de salud y el aumento de la producción local en países como Brasil y México. Estos son referentes de producción textil, lo que les permite tener un margen de participación considerable en el mercado global para la comercialización de estos productos. Un factor que ha detenido el avance de la producción de textiles médicos en América Latina es la comercialización de productos provenientes de Asia, que resultan tener un mejor costo y una versatilidad de productos.

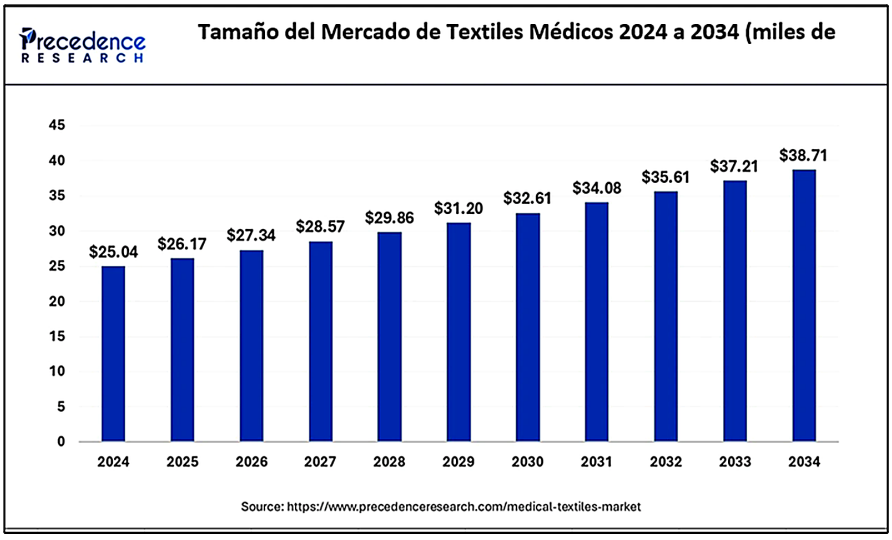
África y Oriente Medio: Aunque estas regiones no son grandes productoras de materias primas y productos terminados, han experimentado un aumento en la importación de textiles técnicos médicos debido a la expansión de los servicios sanitarios y también al aumento de conflictos internos de la región.

Estadísticas clave del mercado de textiles técnicos médicos

El mercado de textiles técnicos en el campo médico ha crecido significativamente en los últimos años, impulsado por la pandemia de COVID-19 y la demanda de productos como mascarillas, batas quirúrgicas y otros equipos de protección personal (EPP). A esto podemos sumar el aumento de enfermedades, conflictos en algunas zonas del mundo y el mejoramiento de la atención médica, que ha sumado a la demanda y consumo de estos materiales. Según Precedence Research (2025), el tamaño del mercado mundial de textiles médicos se calcula en USD 26.170 millones en 2025 y se prevé que alcance alrededor de USD 38.710 millones para 2034, acelerándose a una CAGR del 4,45 % de 2025 a 2034 según se puede ver en la Figura 12.

Figura 12

Proyección de ventas de textiles médicos 2024-2034



Nota. Representación de ventas a nivel mundial.Tomado de https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market.

El tamaño del mercado de textiles médicos de Asia-Pacífico superó los USD 8.370 millones en 2025 y se está expandiendo a una CAGR del 4.62 % durante el período de pronóstico. El tamaño del mercado y las previsiones se basan en los ingresos (millones de USD/mil millones), con 2024 como año base. Puntos clave que se podemos analizar del mercado de textiles médicos que nos dan una visión de su proyección actual y a futuro:

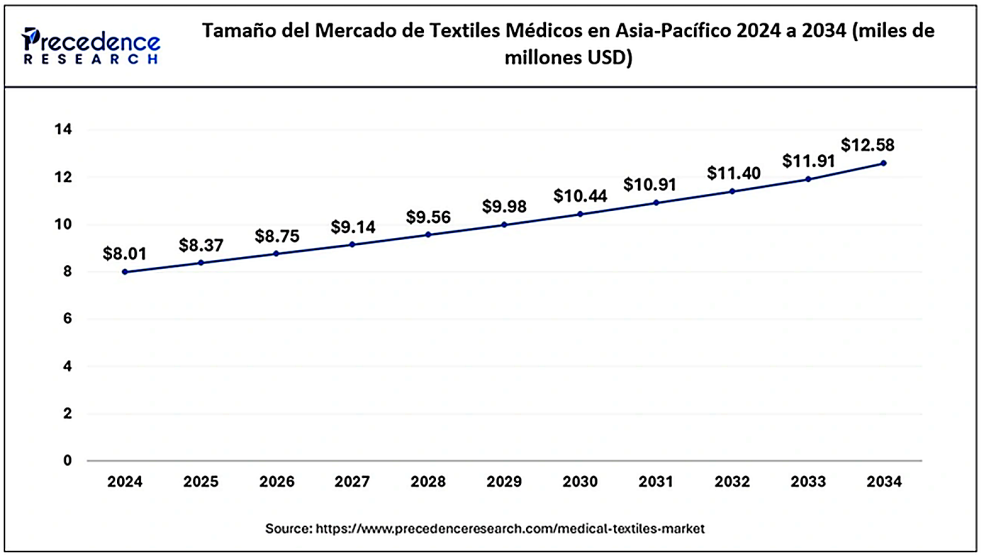
- La zona de Asia-Pacífico ha dominado el mercado con más del 32 % de cuota de mercado en 2024 y se proyecta que este siga creciendo.
- Se espera que el mercado europeo alcance una CAGR del 4,5 % entre 2025 y 2034.
- Por producto, el segmento de no tejidos tuvo una participación en los ingresos del 46 % en 2024.
- El segmento de productos textiles médicos de punto está creciendo a una CAGR del 3,6 %.
- Por aplicación, el segmento de productos para el cuidado de la salud y la higiene ha capturado una cuota de ingresos del 46 % en 2024.
- El segmento de bienes no implantables está preparado para crecer a una CAGR del 4,6 %.

Dentro del análisis podemos establecer que el tamaño del mercado de textiles médicos de Asia-Pacífico fue de USD 8.010 millones en 2024 y se prevé que tenga un valor de alrededor de USD 12.580 millones para 2034, con un índice CAGR del 4,62 % de 2025 a 2034.

En la Figura 13, se puede ver la gráfica donde se proyectan las ventas de productos textiles en el campo médico desde el año 2024 hasta el 2024, evidenciando un incremento considerable a nivel mundial.

Figura 13

Proyección de ventas 2025-2034 en Asia del Pacífico



Nota. Representación de ventas en Asia del Pacífico. Tomado de https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market.

Como se observa la tendencia al alza en la demanda podría responder a factores estructurales ya discutidos, entre ellos, el aumento de la población de adultos mayores, la persistencia de conflictos sociales y bélicos a nivel global, así como el avance de enfermedades crónicas y emergentes de origen viral. Se puede destacar que diversas fuentes bibliográficas y estudios de mercado ofrecen estimaciones sobre el crecimiento anual en ventas y la participación de los textiles médicos en el mercado global, con una similitud tanto en porcentaje de crecimiento como en miles de millones de dólares. Estas proyecciones, aunque varían según la metodología y el enfoque de cada fuente, proporcionan una base valiosa para analizar las tendencias del sector.

La tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) oscila entre 3,57 % (IMARC group) y 4,8 % (Research and Markets), indicando un crecimiento moderado pero constante. Dentro de los factores que ya mencionamos an-

teriormente están la población de la tercera y la demanda de productos de higiene, que son clave, así el promedio de crecimiento tiene un promedio del 4,28 %. Para las empresas fabricantes, estos datos representan una oportunidad clave para anticipar la demanda del mercado, optimizar procesos productivos y direccionar la innovación hacia segmentos de mayor valor agregado. Asimismo, permiten estimar con mayor precisión el volumen de producción requerido, facilitando decisiones en áreas como inversión en tecnología, desarrollo de nuevos materiales funcionales y ampliación de capacidad instalada.

A continuación, en la Tabla 4 se muestra una comparativa basada en informes de Grand View Research, IMARC Group, Zion Market Research, Precedence Research y Research and Markets, para determinar la tendencia de ventas que tendrán los textiles médicos en los siguientes años:

Tabla 4

Análisis comparativo de ventas según varias fuentes

Fuente	Año Base	Tamaño del Mercado (USD Billones)	Año de Pronóstico	Tamaño Pronosticado (USD Billones)	CAGR (%)	Periodo
Grand View Research	2022	32,2	2030	48,04	4,30 %	2023-2030
IMARC Group	2024	22,9	2033	31,9	3,57 %	2025–2033
Zion Market Research	2023	33,96	2032	49,61	4,30 %	2024-2032
Precedence Research	2025	26,17	2034	38,71	4,45 %	2025-2034
Research and Markets	2024	30,8	2030	40,8	4,80 %	2024-2030
Promedio		**29,206**		**41,812**	**4,28 %**	

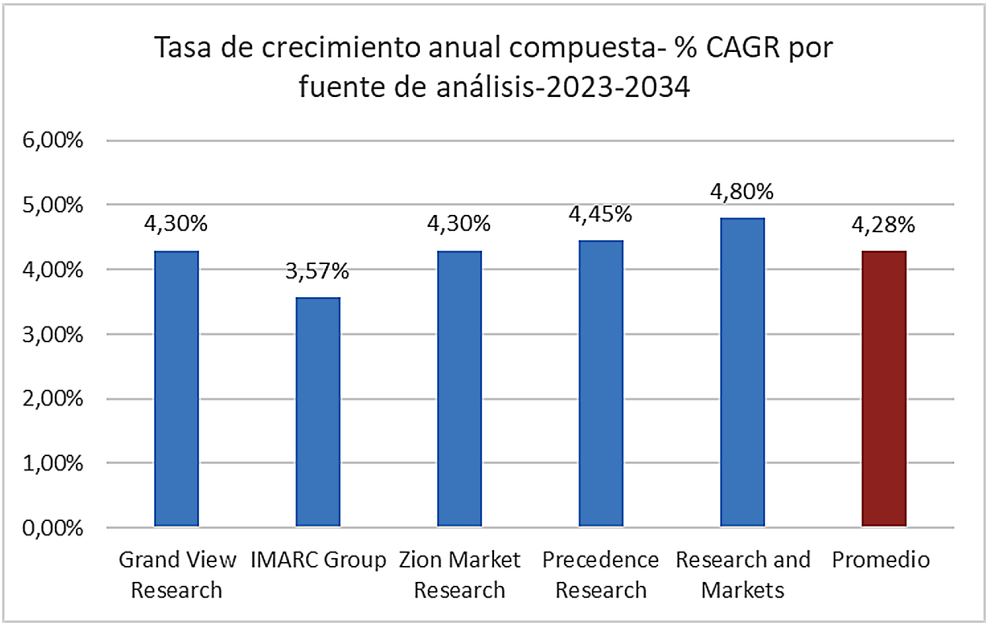
Nota: Tabla elaborada en base a datos de diferentes fuentes de análisis del mercado de textiles médicos (2023–2024).

En la Figura 14, se puede observar que las distintas fuentes estadísticas consultadas presentan una coincidencia significativa en sus proyecciones de crecimiento para el consumo de textiles médicos. Este análisis converge en resultados entre diversas empresas y organismos especializados que no solo

validan la confiabilidad de las estimaciones, sino que también proporcionan una base sólida de información que podría usarse dentro de la planificación estratégica del sector industrial textil.

Figura 14

Cuadro comparativo de la Tasa de Crecimiento Anual según fuentes consultadas



Nota. Representación del crecimiento por fuente de información. Elaboración propia con base en Grand View Research (2023), IMARC Group (2023), Zion Market Research (2023), Precedence Research (2023) y Research and Markets (2023).

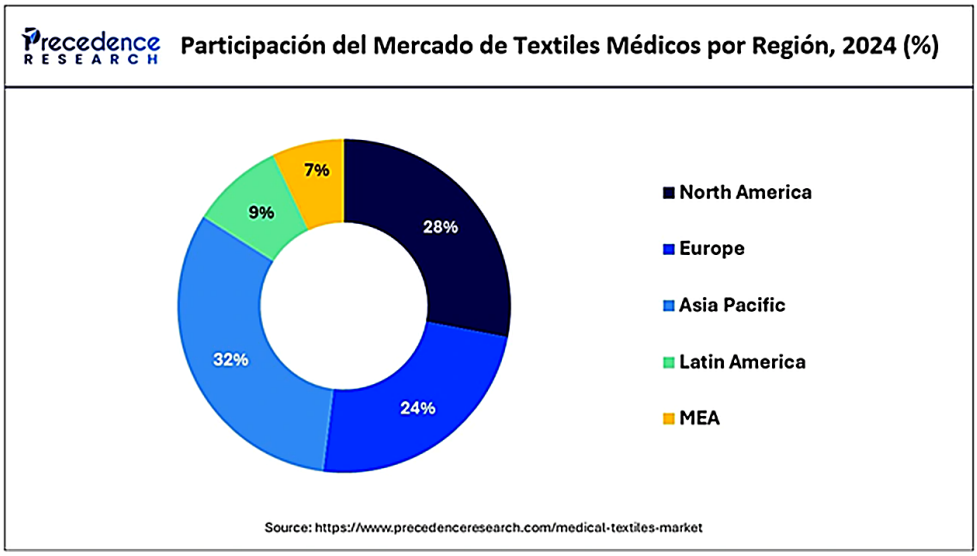
La zona de Asia-Pacífico, especialmente China, Japón e India, se destaca como una región de rápido crecimiento, con participaciones significativas reportadas por Precedence Research (32 % en 2024) y Research and Markets, que proyecta un crecimiento del 7,9 % CAGR para China hasta 2030, alcanzando USD. 9,4 mil millones. Japón, por su parte, aporta un fuerte componente tecnológico e innovador, especialmente en el desarrollo de fibras avanzadas

y materiales funcionales para aplicaciones médicas y electrónicas. La India también ha mostrado un crecimiento significativo, apoyado por políticas gubernamentales orientadas a fortalecer su cadena de valor textil y fomentar la producción nacional de textiles técnicos bajo iniciativas como "Make in India" (UNIDO, 2023).

En la Figura 15 se puede observar la distribución por región a nivel mundial del mercado de productos textiles enfocados en el sector médico.

Figura 15

Análisis de crecimiento en ventas según la región



Nota. Representación de ventas en Asia del Pacífico. Tomado de https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market

Estas iniciativas tanto locales como externas y la globalización de los mercados han contribuido al crecimiento del país en la producción y comercialización de estos productos. En conjunto, esta región no solo constituye un sector importante de producción, sino que también se perfila como un mercado de consumo en constante crecimiento. Esto como respuesta al crecimiento poblacional, la urbanización acelerada, la creciente conciencia sobre la seguridad,

la salud y la sostenibilidad de los sectores de la salud pública. Esta combinación de capacidades productivas y demanda interna convierte a la región en un actor estratégico en la evolución global del sector de textiles técnicos.

El análisis de los indicadores comerciales y su proyección muestra un panorama favorable para el mercado de los textiles médicos, estableciendo precedentes para generar planes de investigación y desarrollo, sostenido por la innovación tecnológica, la evolución de las necesidades sanitarias y la creciente conciencia sobre la prevención y el cuidado de la salud. Esta información es crucial, sustentada en cifras económicas, que pone en evidencia una industria robusta, globalmente diversificada y altamente especializada, que ha ido evolucionando desde la época de la Revolución Industrial hasta convertirse en un pilar esencial de la salud pública moderna.

Así se determina que la región de Asia-Pacífico, con una participación en el mercado superior al 32 % en 2024, se consolida como el principal centro de producción y consumo, ya que cuenta con suficiente capacidad tecnológica, manufacturera, inversión en I+D+I y políticas estatales de apoyo a la biotecnología y textiles técnicos. En paralelo, el mercado europeo presenta una proyección de crecimiento sostenido, con una tasa compuesta anual del 4,5 % entre 2025 y 2034, lo cual refleja su compromiso con la sostenibilidad, los altos estándares sanitarios y la adopción de tecnologías textiles avanzadas, lo que le garantiza mantenerse estable en este campo.

En cuanto al análisis de la segmentación por producto, los no tejidos dominan con un 46 % de participación en ingresos, debido a su bajo costo, alta eficiencia funcional y amplio uso en aplicaciones desechables, especialmente por su demanda en establecimientos clínicos y hospitalarios. Con la implementación de políticas de salud pública más exigentes tras la pandemia del año 2020, se ha visto como una obligación satinaría su uso. No obstante, los textiles de uso médico emergen como una alternativa innovadora, con una CAGR del 3,6 %, gracias a sus propiedades de elasticidad, adaptabilidad anatómica y su potencial en aplicaciones implantables y de compresión terapéutica. Otros productos, como mascarillas, apósitos y vendajes funcionales, se perfilan como uno de los sectores de más rápido crecimiento, con una CAGR proyectada del 4,6 %, reafirmando la necesidad de productos efectivos, accesibles y en

constante innovación.

A nivel mundial, la necesidad de contar con productos textiles en el área médica puede convertirse en incentivo para las industrias de nuestros países. Estos podrían tener una visión de la diversificación de productos, lo cual les permitiría un crecimiento comercial tanto a nivel local como internacional, teniendo siempre la visión de sostenibilidad que hoy en día es algo fundamental. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los productos textiles médicos son en ciertos casos de un solo uso, se debería impulsar procesos y materiales sostenibles, dando como resultado un menor índice de contaminación e impacto ambiental.

Desde esta perspectiva, los textiles de uso médico se posicionan con un componente esencial dentro de la evolución de los sistemas de salud a nivel mundial. El crecimiento sostenido de esta aplicación refleja un cambio estructural en el rol del textil, dando un escenario para desarrollar oportunidades económicas e industrial al sector con una visión de crecimiento en los siguientes años.

CAPÍTULO 4

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES TÉCNICOS



4

Procesos de Producción de Textiles Técnicos

Para la producción de textiles destinados al uso médico se utilizan procesos productivos y maquinaria similares a los de los productos tradicionales. En las etapas previas, la selección de materias primas y el control de procesos son mucho más estrictos, orientado a garantizar el desempeño funcional, la seguridad biológica y sobre todo la confiabilidad clínica. Un punto importante en este sentido es el desarrollo de fibras poliméricas y su interacción con las fibras naturales las cuales se han adaptado perfectamente a las tecnologías de producción de hilos, tejidos y sobre todo lo más importante, los acabados funcionales desarrollados específicamente para el sector sanitario. La comprensión tanto de materiales como de los procesos constituye un pilar fundamental para el diseño y la fabricación de estos productos, lo cual ha permitido que muchas empresas se especialicen en la investigación y el desarrollo, con el fin de ofrecer soluciones alineadas con las demandas actuales del sector.

Materiales y procesos de producción

Para la fabricación de productos textiles, sean estos tradicionales o técnicos, es muy importante la elección de materias primas adecuadas. Este paso es un pilar esencial en el diseño y fabricación, sobre todo de textiles médicos, dado que de ello dependen las propiedades funcionales que los productos finales deben poseer para cumplir con los exigentes requerimientos del sector sanitario. Cada material seleccionado debe contribuir no solo a las características físicas y químicas, sino también a su capacidad para integrarse de manera segura

y eficiente en aplicaciones específicas donde el textil es requerido. Estos necesitan incorporar o desarrollar propiedades avanzadas como biocompatibilidad, resistencia a tensiones mecánicas y funcionalidad higiénica, lo que asegura su desempeño en entornos críticos. En ciertos casos, estos materiales deben interactuar de manera activa con el entorno biológico, promoviendo la cicatrización de heridas, inhibiendo el crecimiento microbiano o facilitando la integración con dispositivos electrónicos en el caso de textiles inteligentes.

Es importante establecer que el análisis y la clasificación de las fibras naturales o artificiales empleadas en estos textiles permiten establecer cómo cada tipo de material podría aportar características técnicas específicas que, respondan a las necesidades en aplicaciones médicas. Así las fibras naturales, sintéticas y especiales son parte evidente de la importancia en investigaciones e innovaciones tecnológicas de la industria textil médica. Esto conlleva un enfoque multidisciplinario donde la ciencia de materiales, biología, la ingeniería textil y las demandas del sector de la salud convergen para desarrollar soluciones que impactan directamente en la calidad de vida de los pacientes y en la eficiencia de los servicios médicos (Sharma y Popli, 2018).

Fibras naturales

Este tipo de fibras ha desempeñado un papel crucial en aplicaciones de vestimenta y médicas durante siglos, debido a sus propiedades intrínsecas, como confort, transpirabilidad y biocompatibilidad. Estas son derivadas de recursos renovables, lo que las hace atractivas no solo por su desempeño técnico, sino también por su sostenibilidad. En el ámbito médico, las fibras naturales son valoradas especialmente por su capacidad de interactuar de manera segura con el cuerpo humano en su uso, que va desde un algodón antiséptico hasta una prenda médica inteligente.

Algodón

Sin dudar, es una de las fibras más versátiles y utilizadas en productos médicos desechables y reutilizables. Su estructura fibrosa está compuesta

principalmente por celulosa (aproximadamente un 90-95 %), lo que le confiere características únicas para aplicaciones médicas básicas hasta las más exigentes.

Características técnicas del algodón:

- **Estructura celulósica:** Su composición rica en celulosa proporciona una excelente capacidad de absorción de agua, lo que es crucial para aplicaciones como gasas y vendajes donde, se requiere la gestión de fluidos para evitar sobre todo infecciones y acelerar la cicatrización de las heridas.
- **Higroscopicidad:** El algodón puede retener hasta un 8-10 % de su peso en agua sin sentirse húmedo, lo que mejora el confort en contacto con la piel.
- **Resistencia térmica:** Soporta altas temperaturas, permitiendo procesos de esterilización en el autoclave, sin deteriorarse.
- **Porosidad Natural:** Esta propiedad facilita la transpirabilidad, permitiendo el intercambio de aire y humedad, crucial para evitar la maceración en aplicaciones de contacto prolongado con la piel.

Usos médicos del algodón

Como se ha revisado, el algodón es un elemento fundamental de uso en el campo médico. Sus múltiples propiedades lo han llevado a ser un elemento fundamental que está presente en muchos de los centros médicos, hospitales e inclusive en nuestros hogares. Por su versatilidad productiva, ha permitido elaborar múltiples productos que cumplen altos estándares de calidad y el cumplimiento obligatorio de las normas sanitarias, imprescindibles dentro del campo médico. Esto también teniendo en cuenta que es la fibra con mayor volumen de producción del mundo, lo cual le ha permitido ser un referente tanto en la moda, en el uso técnico y en el campo médico, no solo en la actualidad, sino desde hace varios siglos.

En productos como gasas y vendajes, el algodón destaca por su capacidad para absorber fluidos como sangre y exudados, lo que ayuda a mantener las heridas limpias y secas, facilitando así el proceso de cicatrización. Sus

características primordiales, como suavidad y transpirabilidad, lo convirtieron en una opción preferida para la fabricación de ropa hospitalaria y quirúrgica, proporcionando comodidad al usuario, reduciendo el riesgo de reacciones alérgicas, ya que es hipoalergénico (Microxpress and BioShields, 2007). En la Figura 16, se pueden ver algunas de las aplicaciones más populares de esta fibra.

Figura 16

Aplicaciones del algodón en el campo cosmético



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Para productos como hisopos y elementos de limpieza, la estructura fibrosa del algodón lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere un material no abrasivo, y suave, pero altamente absorbente, lo que es crucial en entornos donde la higiene y la manipulación delicada es prioritaria. A pesar de las ventajas de la fibra, esta presenta algunas limitaciones; una de estas es la susceptibilidad a la humedad, lo que favorece el crecimiento de microorganismos, lo que puede aumentar el riesgo de infecciones en heridas y el deterioro de la prenda. Aunque es absorbente, su capacidad para retener fluidos puede saturarse rápidamente, lo que requiere cambios frecuentes de vendajes o gasas en situaciones de

alta exudación. Esto lo hace menos eficaz en la prevención de infecciones en comparación con alternativas más modernas (Baptista et al., 2022).

Limitaciones aplicaciones médicas del algodón

A pesar de presentar numerosas ventajas, físicas y químicas, el algodón presenta ciertas limitaciones que pueden restringir su uso en aplicaciones médicas críticas. Estas se deben considerar al seleccionar materiales para entornos donde la durabilidad, la seguridad y la funcionalidad son prioritarias. Así podemos establecer algunas limitaciones que tiene esta fibra en base a su uso en el área médica:

Resistencia a condiciones húmedas

El algodón, aunque posee una resistencia a la tracción adecuada en estado seco, experimenta una disminución significativa de su resistencia mecánica cuando se satura de líquidos. Esto limita el uso en aplicaciones que requieren alta durabilidad y estabilidad estructural en condiciones húmedas, como en apósitos para heridas exudativas o en entornos quirúrgicos donde la exposición a fluidos es constante (Morton& Hearle, 2008). Esto puede comprometer la integridad del material, especialmente en situaciones donde se necesita mantener una barrera física efectiva.

Propensión al desarrollo de agentes microbianos

La fibra de algodón por su estructura física es capaz de retener un porcentaje determinado de humedad, por lo que puede ser favorable para el crecimiento de microorganismos, como bacterias y hongos. Este problema es particularmente visible en entornos médicos, donde la contaminación microbiana puede aumentar el riesgo de infecciones (Gao y Cranston, 2008). Para superar este problema, las empresas han desarrollado tratamientos antimicrobianos que incluyen la impregnación con iones de plata, triclosán o agentes orgánicos antimicrobianos. Estos acabados textiles permiten reducir la inhibición del crecimiento microbiano, pero pueden aumentar los costos, no solo por los agentes químicos auxiliares, sino también porque requieren evaluaciones de biocompatibilidad para garantizar su seguridad en contacto con la piel o tejidos humanos (Massella et al., 2019a).

Limitación en la elasticidad

Por su estructura el algodón, carece de elasticidad natural, lo que limita su uso en aplicaciones que requieren adaptabilidad o compresión, como en vendajes elásticos o prendas de compresión médica. La rigidez puede dificultar su ajuste a superficies irregulares o en movimiento, reduciendo su eficacia en aplicaciones dinámicas (Rajendran & Anand, 2002). Para solucionar este inconveniente, se suele mezclar con fibras sintéticas como el elastano en un rango del 2 % del total del peso del hilo, aunque esto puede alterar algunas de sus propiedades naturales, como la biodegradabilidad y la suavidad. Por este motivo, el material no puede ir destinado a un uso directo en heridas, destinándolo principalmente para ropa de uso hospitalario.

A medida que las políticas y visión ambientales son cada vez más rigurosas, la medicina avanza hacia prácticas más sostenibles y eficientes. Es así como el uso de algodón se posiciona como un material clave para impulsar el desarrollo de productos textiles médicos sostenibles, gracias a su versatilidad y propiedades intrínsecas.

Combinadas con tecnologías emergentes, las prendas de algodón podrían evolucionar hacia aplicaciones más sofisticadas, como la integración de sensores para el monitoreo fisiológico en tiempo real o la liberación controlada de medicamentos a través de fibras tratadas con compuestos activos (Cherenack & Pieterson, 2012). Así también el uso de nanopartículas o recubrimientos antimicrobianos avanzados que pueden potenciar sus propiedades, permitiendo su uso en entornos médicos críticos con mayor seguridad y eficacia (Yetisen et al., 2016).

El hilo de Seda

Esta fibra de origen animal es menos utilizada que el algodón en textiles médicos. Este no ha sido enfocado en la fabricación de tejidos, ropa o apósitos, sino que han sido destinado como un material esencial en suturas quirúrgicas, gracias a su resistencia mecánica, biocompatibilidad y facilidad de manejo. Su estructura proteica, basada en fibroína, le confiere una notable capacidad para interactuar favorablemente con tejidos biológicos, minimizando las respuestas

inflamatorias en comparación con materiales sintéticos (Nisar et al., 2023).

Propiedades técnicas de la seda: Esta fibra es un filamento continuo de origen natural producido por el gusano de seda (Bombyx mori), que ha sido valorada durante siglos por su belleza y resistencia. Gracias a sus propiedades técnicas únicas, captó la atención de la comunidad científica y médica, posicionándola como un material de alto rendimiento para aplicaciones biomédicas. Dentro de sus características podemos incluir su alta resistencia mecánica, su compatibilidad biológica y su textura suave y flexible, las cuales la hacen ideal para una amplia gama de usos en el campo de la salud. Dentro de las propiedades más importantes podemos destacar las siguientes:

Alta resistencia mecánica: Una de las propiedades más destacadas de la seda es su excepcional resistencia a la tracción, que supera a la de muchos materiales sintéticos y naturales. Al ser un hilo de origen natural de estructura continua, permite mantener su integridad estructural incluso bajo condiciones de tensión, lo que es fundamental en aplicaciones como suturas quirúrgicas. Durante el proceso de cicatrización, las suturas de seda deben soportar movimientos corporales y presiones variables en tejidos internos, como las presentadas en cirugías cardíacas u ortopédicas, las cuales deben permanecer sin romperse ni desgastarse (Altman et al., 2003).

A diferencia de otros materiales naturales, como el algodón, la seda conserva su resistencia en ambientes húmedos, lo que la hace especialmente útil en entornos biológicos donde la exposición a fluidos es constante.

Compatibilidad biológica: Esta es una propiedad importante que distingue a la fibra, ya que es biológicamente compatible con el sistema biológico humano, lo que significa que su composición natural minimiza las reacciones adversas en el cuerpo, como inflamación o rechazo inmunológico. Su compuesto elemental es la fibroína, una proteína que no desencadena una respuesta inmunitaria severa, que le permite su integración con el entorno biológico sin causar complicaciones (Rockwood et al., 2011).

La seda es biodegradable por su estructura orgánica, lo que significa que puede ser degradada de manera controlada por el cuerpo, eliminando la necesidad de procedimientos adicionales para su remoción. Esta característica ha sido aprovechada en la ingeniería de tejidos, donde la seda se utiliza como

andamio para promover la regeneración de tejidos dañados, como piel, huesos y cartílagos (Y. Wang et al., 2008).

La textura suave y flexible: La suavidad y flexibilidad que presenta la seda le han permitido su sencilla manipulación durante procedimientos quirúrgicos, permitiendo un manejo preciso y minimizando el daño tisular. Esto es especialmente beneficioso en aplicaciones como suturas finas o en la fabricación de apósitos para heridas delicadas, donde la irritación o una infección deben reducirse al mínimo (Kundu et al., 2013).

Al tener una textura no abrasiva, reduce la irritación en los tejidos circundantes, lo que contribuye a una recuperación más rápida y menos dolorosa para el paciente. La flexibilidad de la seda también permite su uso en dispositivos médicos que requieren adaptabilidad, como vendajes compresivos o prótesis flexibles.

Aplicaciones médicas de la seda

La seda, un material natural, ha sido utilizada en la elaboración de suturas quirúrgicas, donde ha destacado por su capacidad para mantener la integridad estructural en condiciones de tensión y humedad.

Las suturas hechas a base de seda no son absorbibles y ampliamente utilizadas en diversas especialidades médicas, como cirugía general, oftalmología, odontología y cardiología. Esto ha contribuido a una cicatrización más eficiente y menos dolorosa para el paciente. En la Figura 17 se ilustra su aplicación en el uso de hilos para suturas quirúrgicas

Figura 17

Uso de la seda en suturas quirúrgicas



Nota. Ilustración creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Sin embargo, las aplicaciones en el sector médico de la seda van más allá de su utilización en suturas. Esta ha sido utilizada para el desarrollo de dispositivos médicos especializados, como mallas quirúrgicas y prótesis, al igual que se hace con las fibras sintéticas. Las mallas aprovechan su capacidad para proporcionar soporte estructural sin generar reacciones adversas, como inflamación o rechazo inmunológico (Rockwood et al., 2011). Estas no solo actúan como refuerzos mecánicos, sino que también promueven la regeneración celular al integrarse adecuadamente en el tejido humano. Esto reduce el riesgo de complicaciones postoperatorias, como infecciones o formación de adherencias, y mejora los resultados clínicos a largo plazo.

En el campo de la ortopedia, la seda ha demostrado ser un material versátil y eficaz. Se ha utilizado en la fabricación de prótesis y andamios tisulares que sirven como soporte para la regeneración de huesos, cartílagos y ligamentos, ya que su estructura porosa y biodegradable permite que las células se adhieran y proliferen, facilitando la reparación de tejidos dañados (Wang et

al., 2008). Además, esta puede ser combinada con biomoléculas o fármacos, lo que abre posibilidades en la medicina regenerativa. Así, los investigadores han desarrollado andamios de seda capaces de liberar de manera controlada compuestos terapéuticos, como antibióticos o vitaminas, con el propósito de acelerar la recuperación de tejidos y reducir el riesgo de infecciones (Hofmann et al., 2006).

De igual manera, la versatilidad de esta fibra le ha permitido extenderse al campo de los textiles inteligentes y a la fabricación de dispositivos médicos implantables. Gracias a su capacidad para ser modificada químicamente y combinada con tecnologías emergentes, como sensores biológicos o nanopartículas, se han producido sensores inteligentes que monitorean el proceso de cicatrización en tiempo real o liberan medicamentos de manera controlada (Kundu et al., 2013). Estas investigaciones en torno al hilo de seda aplicado al campo médico no solo mejoran la eficacia de los tratamientos, sino que también reducen la necesidad de intervenciones médicas repetidas.

Limitaciones y reemplazo gradual

A pesar de presentar numerosas ventajas, como su alta resistencia mecánica, biocompatibilidad y suavidad, la seda presenta limitaciones significativas que han llevado a su reemplazo gradual en ciertas aplicaciones médicas. Una de las principales desventajas es su degradación con el tiempo y el costo elevado de este producto, teniendo en cuenta que muchas de las personas atendidas en sistemas de salud generales tienen limitaciones económicas.

Aunque el hilo tiene una buena resistencia, su estructura proteica puede degradarse bajo condiciones biológicas específicas, como la exposición prolongada a enzimas proteolíticas en el cuerpo humano. Esta degradación, aunque útil en ciertos casos, limita su eficacia en aplicaciones que requieren durabilidad a largo plazo, como implantes permanentes o dispositivos médicos que deben mantener su integridad durante años (Altman et al., 2003).

Otra limitante del hilo de seda es el alto costo asociado con la producción de este tipo de fibra. La cría del gusano de seda (*Bombyx mori*), junto con el complejo proceso de extracción y purificación de la fibroína, requiere

recursos significativos. Los costos elevados y las pocas empresas dedicadas a la producción de esta fibra limitan su disponibilidad para aplicaciones masivas, especialmente en comparación con materiales sintéticos más económicos (Rockwood et al., 2011). Otro factor importante es que el gusano de seda depende de condiciones ambientales específicas y de zonas donde se puede cultivar la morera, que es el alimento indispensable para su desarrollo, lo cual añade incertidumbre en su producción y disponibilidad.

Finalmente, esta fibra enfrenta una fuerte competencia de materiales sintéticos, como el polipropileno y ácido poliglicólico, que han desplazado gradualmente a la seda del sector médico. Los materiales sintéticos ofrecen ventajas como bajo costo, alta durabilidad y la capacidad de ser personalizados para satisfacer necesidades específicas (Wang et al., 2008). El ácido poliglicólico es ampliamente utilizado en suturas absorbibles debido a su consistencia y predictibilidad en la tasa de degradación, mientras que el polipropileno es preferido en mallas quirúrgicas por su resistencia a la tracción y estabilidad a largo plazo.

Fibras sintéticas (poliéster, poliamida)

El desarrollo de las fibras sintéticas ha contribuido a la evolución de los textiles, superando las limitaciones inherentes a las fibras naturales y ofreciendo propiedades mejoradas en términos de resistencia mecánica, durabilidad, biocompatibilidad y funcionalidad avanzada. Entre las fibras sintéticas de mayor relevancia en el ámbito de la salud destacan el poliéster, la poliamida y el poliuretano. Estos materiales se han convertido en la base de aplicaciones que van desde prendas de compresión terapéutica hasta implantes biomédicos de alta complejidad, gracias a su versatilidad y capacidad de adaptación a las demandas del cuerpo humano.

Fibra de poliéster (PES)

Como se mencionó en el primer capítulo, el poliéster, conocido como politereftalato de etileno (PET), es una de las fibras sintéticas más utilizadas

a nivel global debido a su combinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas. Este ha revolucionado la industria textil y de materiales avanzados gracias a su versatilidad, resistencia y bajo costo de producción, lo cual permite elaborar productos a gran escala (Mather et al., 2019).

Desde el punto de vista químico, la estructura del PET está compuesta por cadenas poliméricas lineales y altamente cristalinas, que le confieren excelente resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Esto le permite mantener su forma y estructura incluso después de múltiples ciclos de uso y lavado, lo que lo hace ideal para aplicaciones en textiles de alto rendimiento, como ropa deportiva, indumentaria médica y tejidos industriales. La alta cristalinidad no solo mejora su durabilidad, sino que también contribuye a su resistencia a la abrasión y a los agentes químicos. Esta fibra presenta una baja tasa de absorción de humedad, que la distingue de otras fibras textiles como el algodón, ayudando a que las prendas tengan un secado rápido y mayor comodidad en condiciones donde hay presencia de sudor (Jia et al., 2023).

Otra ventaja significativa de la fibra es su compatibilidad con procesos de modificación funcional, lo que permite mejorar sus propiedades mediante tratamientos superficiales o la incorporación de aditivos. La aplicación de nanopartículas de plata o cobre, recubrimientos hidrofóbicos y tecnología de microencapsulado ha permitido la creación de tejidos repelentes a líquidos, con liberación controlada de fragancias o agentes terapéuticos y propiedades antimicrobianas. Esto ha favorecido su uso en la producción de textiles funcionales, esenciales para entornos médicos e industriales (Podgornik et al., 2021).

En términos de sostenibilidad, en los últimos años ha habido un crecimiento en la producción y uso de poliéster reciclado (rPET), obtenido a partir de botellas de plástico posconsumo y residuos industriales. Esto no solo disminuye la dependencia de recursos fósiles, sino que también contribuye a reducir el impacto ambiental de los desechos plásticos, alineándose con los principios de la economía circular.

Gracias a estas propiedades y avances en su desarrollo, el poliéster sigue siendo un material esencial en diversas industrias, principalmente en la textil, consolidándose como una de las fibras sintéticas más innovadoras y con proyección de sostenibilidad en la actualidad.

Propiedades de la fibra de poliéster

Esta fibra destaca por sus propiedades fisicoquímicas, que la convierten en un material altamente versátil y adecuado para diversas aplicaciones, especialmente en entornos exigentes como el sector médico e industrial. Una de sus características más importantes es su alta resistencia a la tracción, que le permite soportar esfuerzos mecánicos significativos sin sufrir deformaciones permanentes.

En lo referente a su hidrofobicidad, presenta una baja absorción de agua, generalmente inferior al 1 % de su peso. Esto le permite prevenir la proliferación de microorganismos y facilita procesos de esterilización mediante el equipo de autoclave a altas temperaturas, garantizando seguridad y limpieza, además de contribuir al secado rápido de prendas o materiales (Jaffe et al., 2020).

Otra propiedad importante es su alta resistencia química, lo que le permite soportar una amplia gama de productos químicos y solventes sin presentar degradación visible. Esto garantiza su integridad física en ambientes agresivos, como laboratorios o procesos industriales (Horrocks & Anand, 2016).

También presenta excelente estabilidad térmica, manteniendo sus características estructurales en un rango de temperaturas entre -40 °C y 150 °C. Esto permite su uso en procesos de esterilización térmica sin comprometer su funcionalidad, aspecto esencial en aplicaciones médicas (Düzyer et al., 2013).

Aplicaciones del poliéster en los textiles médicos

Dentro del campo industrial y, en especial, del textil, esta fibra ha sido destinada a elaborar productos para el sector médico, destacando en la fabricación de vendajes compresivos, suturas quirúrgicas no absorbibles, ropa hospitalaria y mascarillas de protección. Su versatilidad y durabilidad la han convertido en un recurso indispensable para garantizar la seguridad y eficacia en entornos clínicos.

En los tejidos de poliéster también se ha permitido la incorporación de agentes antimicrobianos, combinados con acabados especiales basados en nanopartículas de plata. Estos tratamientos inhiben el crecimiento bacteriano y reducen significativamente el riesgo de infecciones nosocomiales, una función

crítica en los hospitales (Darie-Niță et al., 2022).

Cabe destacar que la investigación en el campo del poliéster se ha centrado en mejorar su biocompatibilidad y biodegradabilidad, dos aspectos clave para su uso en aplicaciones médicas. A partir de ello se han obtenido poliésteres modificados, como el poli(glicolato) y el poli(lactato), que ofrecen una degradación controlada en el cuerpo humano. Estos materiales reducen el impacto ambiental y mejoran la seguridad del paciente al minimizar la necesidad de intervenciones adicionales para la remoción de dispositivos (Horrocks & Anand, 2016).

Otro material consolidado en la actualidad es el PET reciclado (rPET), proveniente principalmente de botellas plásticas usadas, que luego de un proceso de trituración y extrusión se transforma en materia prima. Esto ha promovido proyectos de economía circular y contribuye a la reducción de desechos plásticos en el ambiente. Otras investigaciones han ampliado sus aplicaciones mediante la incorporación de fibras de carbono o vidrio en residuos de poliéster, lo que incrementa su rigidez y resistencia a la fatiga, potenciando su uso en dispositivos médicos implantables y aumentando la durabilidad de las prótesis.

De manera complementaria, se han desarrollado técnicas para mejorar la superficie de los tejidos, como el tratamiento con plasma y la inmovilización de biomoléculas, que mejoran la adhesión celular y estimulan la regeneración tisular. Estos avances abren nuevas posibilidades para el empleo del poliéster en ingeniería de tejidos y terapias de medicina regenerativa, consolidando su composición como un material versátil dentro de la biomedicina contemporánea (Bu et al., 2019).

Limitaciones de la fibra de poliéster en el campo médico

El uso de la fibra de poliéster dentro del campo de la medicina ha sido ampliamente explorado debido a su resistencia mecánica, estabilidad química y bajo costo de producción. No obstante, también presenta algunas desventajas, como su limitada biocompatibilidad en comparación con otros polímeros, como el polipropileno o el ácido poliglicólico, lo que puede ocasionar reacciones

adversas en contacto prolongado con los tejidos humanos, como inflamación o rechazo del material en algunos pacientes (Darie-Niță et al., 2022). Su baja capacidad de absorción de humedad dificulta su uso en apósitos de aplicación prolongada, ya que no permite la regulación térmica adecuada de la herida, un factor clave en el proceso de cicatrización.

Otro limitante es su comportamiento frente a ciertos métodos de esterilización. Aunque posee buena resistencia a la radiación gamma y al óxido de etileno, estos procesos pueden degradar sus propiedades mecánicas, sobre todo cuando se expone a temperaturas muy altas, lo que restringe su uso en entornos que requieren desinfección frecuente y rigurosa (Düzyer et al., 2013).

Asimismo, aunque el poliéster es resistente a la degradación en el cuerpo, su falta de biodegradabilidad puede ser problemática en aplicaciones donde se requiere que el material se descomponga naturalmente tras cumplir su función, como en suturas reabsorbibles o ciertos implantes (Das & Karumbaiah, 2015).

A pesar de estas limitaciones, esta fibra sigue siendo un material ampliamente utilizado en la industria biomédica, especialmente cuando se combina con otros polímeros más biocompatibles o cuando se somete a tratamientos superficiales para mejorar su interacción con los tejidos biológicos.

Poliamida (PA-Nylon)

Esta fibra, conocida comercialmente como nylon, incluye principalmente las variedades 6 y 6.6. Es un filamento sintético de alto rendimiento que ha ganado gran relevancia en diversas industrias, particularmente en textiles aplicados al sector médico, debido a su combinación de propiedades físicas, químicas y mecánicas. Hoy en día, se ha convertido en un material esencial en la fabricación de dispositivos médicos y textiles avanzados (Carraher, 2003).

La poliamida (PA) es reconocida por su elevada resistencia a la abrasión, que otorga a las prendas una durabilidad considerable incluso en condiciones de uso intensivo. Su elasticidad, junto con su capacidad para absorber humedad, la hace adecuada para aplicaciones que requieren comodidad y adaptabilidad, como la indumentaria médica o los vendajes. A esto se suma su notable resistencia química y térmica, que le permite ser esterilizada sin comprometer

su estructura química, asegurando su desempeño en entornos hospitalarios y quirúrgicos.

Además, se emplea en la fabricación de suturas debido a su resistencia a la tracción y su compatibilidad biológica con los tejidos. Algunos tipos de suturas de nylon, como los monofilamento, minimizan la respuesta inflamatoria y favorecen una mejor cicatrización de las heridas (ASEP, 2025). En medicina regenerativa, las membranas de poliamida han demostrado ser eficaces como andamios para el crecimiento celular en ingeniería de tejidos, facilitando la regeneración de estructuras biológicas dañadas.

Gracias a los avances tecnológicos, es posible dotar a estas fibras de agentes antimicrobianos mediante la incorporación de nanopartículas de plata o tratamientos con agentes biocidas, lo que contribuye a la reducción del riesgo de infecciones en el uso hospitalario (Zhezhova et al., 2021). También se emplea en la producción de medias de compresión enfocadas en el tratamiento de enfermedades vasculares, ya que su elasticidad permite una presión uniforme sobre las extremidades, favoreciendo la circulación sanguínea y reduciendo el riesgo de trombosis (Rabe et al., 2021).

La versatilidad de este material en los procesos de fabricación permite el desarrollo de textiles con características específicas, como propiedades hidrofóbicas o transpirables, optimizando la regulación térmica del paciente y mejorando su confort durante largos periodos de uso. Esto ha posicionado a la poliamida como un material clave en la innovación de textiles médicos, con un crecimiento continuo en la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones en la medicina y biotecnología.

Propiedades del nylon

El nylon, también conocido como poliamida, es uno de los materiales sintéticos más versátiles y ampliamente utilizados en la industria textil y más allá. Sus propiedades combinadas con la disponibilidad del material, lo han consolidado como un componente indispensable en campos que van desde la moda hasta la ingeniería y la medicina.

- **Alta tenacidad:** La poliamida es reconocida por su elevada tenacidad, es

decir, su capacidad para resistir fuerzas mecánicas intensas sin fracturarse. Lo que le permite mantener su forma y apariencia cuando esta ya es usada como prenda. Esto es gracias a la disposición altamente ordenada de sus cadenas poliméricas y a la presencia de enlaces de hidrógeno intermoleculares, lo que le otorga una gran resistencia al desgaste y la abrasión. Gracias a esta propiedad, su uso es altamente demandado, sobre todo donde se requieren trabajos que demanden durabilidad, como suturas quirúrgicas, vendajes de soporte y ropa médica de alta resistencia (Kohutiar et al., 2025).

- **Absorción de humedad:** A diferencia de otras fibras sintéticas, la poliamida tiene una capacidad moderada de absorción de humedad, alcanzando aproximadamente entre el 2,4 y el 5 % de su peso en condiciones normales de humedad ambiental (Carraher, 2003). Esto le permite regular la transpiración y mejorar la comodidad del usuario, lo que la hace especialmente útil en la fabricación de textiles médicos de uso prolongado, como uniformes quirúrgicos y medias de compresión, donde se presenta su mayor exposición a líquidos como el sudor. La absorción de humedad contribuye a reducir la irritación cutánea y la acumulación de electricidad estática, mejorando la biocompatibilidad de los productos médicos elaborados con este material (Abdal-Hay et al., 2017).
- **Resistencia a la tracción y flexión:** La estructura molecular de la poliamida le confiere excelente resistencia tanto a la tracción como a la flexión (Zakaria et al., 2012). Esto es esencial sobre todo para la aplicación de suturas quirúrgicas, donde se requiere soportar tensiones sin degradarse ni romperse (Carraher, 2003). Su flexibilidad permite su uso en dispositivos de soporte ortopédico y prótesis textiles, proporcionando un equilibrio óptimo entre rigidez estructural y adaptabilidad.
- **Compatibilidad con procesos mecánicos y químicos:** Una ventaja importante de la poliamida es su accesibilidad para ser modificada mediante tratamientos químicos o físicos, lo que permite la incorporación de propiedades adicionales. Entre estas modificaciones destaca la adición de películas antimicrobianas, mediante la incorporación de nanopartículas

de plata o cobre , que mejoran la higiene y seguridad de los textiles médicos (Zakaria et al., 2012). Asimismo, mediante procesos de plasma o recubrimientos hidrofóbicos, la poliamida puede adquirir propiedades repelentes al agua o fluidos, aumentando su durabilidad en entornos clínicos exigentes. Estas características han ampliado considerablemente su rango de aplicaciones en el ámbito de la salud, consolidándola como un material de gran interés en la innovación biomédica.

Poliuretano

Este material es un polímero versátil y de alto rendimiento que ha encontrado un lugar destacado en la industria de los textiles médicos gracias a su combinación de propiedades físicas, mecánicas y biológicas. Su estructura química, basada en la alternancia de segmentos duros y blandos dentro de su matriz polimérica, le confiere excelente elasticidad, resistencia al desgaste y durabilidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren equilibrio entre flexibilidad y resistencia mecánica.

Dentro del mercado se lo conoce como *spandex* o elastano; una de sus propiedades más importantes es su capacidad de estiramiento hasta cinco veces su longitud original. Esta fibra, inventada aproximadamente en la década de 1930, revolucionó la industria textil, especialmente cuando comenzó la fabricación de prendas que sustituyeron de forma notable las aplicaciones del caucho. Su forma de sección transversal redonda le proporciona gran elasticidad y elongación, además de adecuada resistencia a esfuerzos físicos. Otro aspecto importante es su resistencia a la luz solar, la transpiración y el cloro, lo que prolonga su vida útil y permite su uso en el ámbito médico, sobre todo en prendas de compresión y ropa expuesta a estos elementos de forma prolongada (Eichhorn et al., 2009).

Fibras especiales

La evolución de los textiles en la medicina ha alcanzado nuevas fronteras gracias a la incorporación de fibras especiales. Estas fibras no solo mejoran el

confort y la funcionalidad, sino que también ofrecen propiedades avanzadas que son clave en diversas aplicaciones médicas. Las tres categorías más innovadoras dentro de estas fibras incluyen las biodegradables, antimicrobianas y conductoras. Cada una de estas propiedades ha sido desarrollada para cumplir con requisitos médicos específicos, abriendo un abanico de posibilidades en tratamientos, dispositivos de salud y ropa inteligente.

Fibras biodegradables

Estas fibras son aquellas que se descomponen de manera natural mediante procesos biológicos, por la acción de enzimas, microorganismos y condiciones ambientales específicas como la humedad, temperatura y el pH, sin causar un impacto negativo al ambiente. Este proceso de degradación, que puede ocurrir tanto en el cuerpo humano como en el entorno, convierte a estas fibras en una alternativa sostenible y ecológica frente a los materiales sintéticos tradicionales, que persisten en el medio ambiente durante décadas. En el ámbito médico, este tipo de fibras ha revolucionado el diseño de productos textiles utilizados en tratamientos quirúrgicos, apósitos y dispositivos médicos, ofreciendo soluciones que combinan funcionalidad, biocompatibilidad y sostenibilidad (Massella et al., 2019a). Estas fibras son principalmente derivadas de materiales naturales, como la celulosa y el quitosano, o de polímeros sintéticos biodegradables, como el ácido poliláctico (PLA), el polihidroxialcanoato (PHA) y el policaprolactona (PCL). El PLA, se obtiene a partir de recursos renovables como el maíz, la caña de azúcar o la remolacha, mediante un proceso de fermentación y polimerización. Este polímero se descompone de forma segura en el cuerpo o en el ambiente, gracias a la acción de enzimas como las lipasas y microorganismos que metabolizan sus cadenas poliméricas en subproductos no tóxicos, como agua y dióxido de carbono. Por su parte, el PHA es producido directamente por bacterias a través de la fermentación de azúcares o lípidos, que lo convierte en un material completamente biobasado y biodegradable (Lo et al., 2022).

Propiedades clave de las fibras biodegradables

A continuación, se describen algunas de las propiedades más importantes de las fibras biodegradables dentro del campo médico:

- **Biocompatibilidad:** Estas deben ser compatibles con los tejidos humanos, lo que reduce el riesgo de reacciones adversas o inflamaciones cuando son utilizadas en aplicaciones médicas
- **Degradación controlada:** La tasa de degradación puede ajustarse modificando su composición química o estructura molecular, permitiendo adaptarlas a aplicaciones específicas, como suturas que se disuelven en semanas o implantes que duran varios meses.
- **Sostenibilidad:** Al derivarse de recursos renovables y descomponerse en productos no tóxicos, las fibras biodegradables contribuyen a reducir la huella ambiental de la industria textil y médica luego de su uso.
- **Versatilidad en aplicaciones:** Estas fibras pueden ser modificadas químicamente para incorporar propiedades adicionales, como actividad antimicrobiana, liberación controlada de fármacos o promoción de la regeneración tisular.

Aplicaciones médicas de las fibras biodegradables

Estas fibras han adquirido un papel fundamental en el campo médico debido a su capacidad para degradarse de forma controlada dentro del cuerpo humano, eliminando la necesidad de una segunda intervención quirúrgica para su extracción. Esto se ha logrado gracias a que estas al ser derivadas de polímeros naturales como el ácido poliglicólico, ácido poliláctico o proteínas como la seda y gelatina o sintéticos biodegradables. Entre sus principales aplicaciones se encuentran:

- Suturas reabsorbibles.
- Andamiajes para ingeniería de tejidos.
- Apósitos activos para cicatrización de heridas.
- Sistemas de liberación controlada de fármacos.

Suturas quirúrgicas: Las suturas hechas con fibras biodegradables, como el PLA o el PCL, se disuelven en el cuerpo sin necesidad de retirarlas, lo que minimiza el riesgo de infección y el sufrimiento del paciente. Estas fibras son especialmente útiles en cirugías internas, donde su degradación controlada reduce la necesidad de intervenciones adicionales (Pereira-Lobato et al., 2025).
Apósitos y vendajes: Estos productos, al ser aplicados quitosano o PHA, promueven la cicatrización de heridas al liberar agentes antimicrobianos además de mantener un ambiente húmedo, favoreciendo la regeneración celular (Massella et al., 2019a).
Implantes temporales: En procedimiento donde se requieren dispositivos temporales, como en la reconstrucción ósea o la ingeniería de tejidos, las fibras biodegradables pueden sustituir materiales sintéticos no degradables. Los implantes en base a estas fibras proporcionan soporte estructural durante la regeneración tisular y se desintegran de manera segura una vez cumplida su función.
Liberación controlada de fármacos: Con el desarrollo de procesos para realizar acabados químicos sobre fibras y telas, los materiales con base en fibras biodegradables pueden ser adicionados medicamentos para ser liberados en el cuerpo de forma gradual y controlada. Los apósitos impregnados con antibióticos o antiinflamatorios permiten una administración localizada y prolongada en el paciente, mejorando la eficacia de los tratamientos lo que reduce los efectos secundarios.

Las investigaciones actuales se están centrando en mejorar su biocompatibilidad, tasa de degradación y propiedades mecánicas. Hay publicaciones científicas en las cuales están desarrollando composites de PLA reforzados con nanopartículas de hidroxiapatita para aplicaciones en regeneración ósea, así como fibras con péptidos bioactivos para promover la adhesión celular y la vascularización. Con los avances en polímeros biodegradables derivados de fuentes renovables, como el PHA, está ganando relevancia debido a su menor impacto ambiental y su capacidad para ser producidos mediante fermentación bacteriana (Zhezhova et al., 2021).

Fibras conductoras

Son materiales textiles avanzados capaces de transmitir señales eléctricas o térmicas, lo que los convierte en una herramienta esencial en el desarrollo de ropa inteligente y dispositivos médicos interactivos. Estas fibras están compuestas por materiales conductores como polímeros dopados (por ejemplo, PEDOT: PSS) nanocarbono (grafeno, nanotubos de carbono) o metales finos (plata, cobre), que se integran en la estructura textil mediante el uso de hilado, para tejer mediante un diseño preestablecido o la impresión conductiva. Su capacidad para combinar funcionalidad electrónica con flexibilidad y comodidad ha revolucionado el campo de los textiles médicos, permitiendo la creación de sistemas de monitorización y tratamiento en tiempo real.

Composición y técnicas de fabricación

- **Polímeros conductores:** Estos polímeros, como el PEDOT: PSS (poli(3,4-etilendioxitiofeno) saturado con poliestireno sulfonato), son ampliamente utilizados debido a su alta conductividad eléctrica, flexibilidad y biocompatibilidad. Estos se pueden integrar en fibras textiles mediante técnicas de recubrimiento en el acabado químico o mezcla durante el proceso de hilado.
- **Nanocarbono:** El grafeno y los nanotubos de carbono son materiales conductores de alta eficiencia que se incorporan en las fibras para mejorar su conductividad eléctrica y térmica. Estas nanopartículas se dispersan en soluciones que se aplican a las fibras o se integran directamente en la matriz polimérica durante la extrusión
- **Metales finos:** Fibras metálicas, como las de plata o cobre, se utilizan por su excelente conductividad eléctrica. Estas pueden ser tejidas o bordadas en tejidos planos o de punto para crear circuitos flexibles y duraderos.

Técnicas de integración: Para poder integrar estos materiales a los textiles se están desarrollando algunas técnicas como las que se describe a continuación

- **Hilado conductivo:** Se mezclan materiales conductores con polímeros

base para crear fibras o filamentos con propiedades conductoras intrínsecas.

- **Impresión conductiva:** Se aplican tintas conductoras sobre textiles para crear patrones o circuitos específicos mediante impresión serigráfica
- **Tejido y bordado:** Las fibras o hilos conductores se entrelazan con fibras tradicionales para la producción de tejidos inteligentes mediante el proceso de bordado

Propiedades destacadas de las fibras conductoras

Este tipo de fibras tienen algunas propiedades importantes que las distingues de las otras, sobre todo destacan por su aplicabilidad en el ámbito de textiles electrónicos.

- **Conductividad eléctrica y térmica:** Esta propiedad les permite la transmisión eficiente de electricidad y calor, lo que las hace ideales para aplicaciones que requieren interacción con dispositivos electrónicos o sistemas de calefacción.
- **Flexibilidad y elasticidad:** A diferencia de los cables tradicionales, estas fibras son flexibles y elásticas, lo que las hace cómodas para su uso en prendas y dispositivos portátiles.
- **Biocompatibilidad:** Las fibras conductoras, al igual que las anteriores, pueden ser utilizadas en aplicaciones médicas, lo cual les permite funcionar seguras en contacto con la piel y los tejidos humanos, minimizando el riesgo de reacciones adversas.
- **Integración con sensores y electrónica:** Estas fibras pueden ser combinadas con sensores, microcontroladores y sistemas de comunicación inalámbrica para crear textiles inteligentes capaces de medir y transmitir datos fisiológicos.

Aplicaciones médicas de las fibras conductoras

Las fibras, hilos y tejidos elaborados con fibras conductoras tienen un uso cada vez más importante en el sector; además del avance de la electrónica y

automatismos, estas han permitido a empresas producir productos innovadores en el mercado. Entre las aplicaciones más relevantes se encuentran:

- **Prendas para monitoreo de signos vitales:** Las prendas inteligentes con fibras conductoras integran sensores que miden parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, la saturación de oxígeno y la actividad muscular. Estos datos se transmiten en tiempo real a dispositivos médicos o aplicaciones móviles, permitiendo una monitorización continua y no invasiva de pacientes con enfermedades crónicas, atletas o personas en rehabilitación (Ahsan et al., 2022)
- **Electroestimulación y terapias de rehabilitación:** Las fibras conductoras se utilizan en dispositivos de electroestimulación para terapias de rehabilitación, como la estimulación muscular en pacientes con parálisis o lesiones deportivas. Al aplicar corrientes eléctricas de baja intensidad, permiten desarrollar la estimulación muscular, promover la circulación sanguínea y acelerar la recuperación en los pacientes (Horrocks & Anand, 2016).
- **Tecnologías de calefacción terapéutica:** Se están desarrollando tejidos que incorporan fibras conductoras, los cuales han comenzado a utilizarse en el campo médico para la generación de calor terapéutico de manera controlada. Este tipo de textiles es útil en casos especiales como, el dolor muscular, artritis o rigidez articular, ya que permite aliviar momentáneamente los síntomas sin recurrir a la toma de medicamentos. En la práctica, la intensidad del calor puede regularse a través de pequeños sistemas electrónicos, lo que brinda al paciente la posibilidad de ajustar la temperatura de acuerdo con la necesidad de la terapia (Peng & Cui, 2024).
- **Parches inteligentes y sistemas de liberación de medicamento:** Los parches pueden administrar medicamentos controlados por estímulos eléctricos, lo que mejora la eficacia de los tratamientos y reduce los efectos secundarios. Estos sistemas combinan la monitorización fisiológica con la liberación de fármacos en respuesta a cambios en el estado del paciente. Para ello se ha venido trabajando con fibras conductoras, las cuales están

impulsando una revolución en el campo de los textiles inteligentes, con un enfoque en la eficiencia, la sostenibilidad y la personalización.

Las innovaciones más prometedoras se encuentra el diseño de polímeros conductores con carácter biodegradable, entre ellos el ácido poliláctico (PLA) modificado con nanopartículas de naturaleza conductora. Este tipo de compuestos logra una combinación especial como el de mantener un comportamiento eléctrico estable y, al mismo tiempo tener una desintegrada de manera segura en el entorno. Esto abre la puerta a múltiples aplicaciones, especialmente en el campo de la medicina, donde resultan apropiados para desarrollar apósitos de última generación o dispositivos de monitorización. Además, que contribuyen al tema ambiental ya que estos materiales se perfilan como soluciones estratégicas sostenible, tanto en su producción como luego de su uso.

Otro compuesto que se está desarrollando para ser combinado con materiales textiles es el grafeno, este se destaca por su conductividad eléctrica excepcional, flexibilidad y resistencia mecánica. Este se está incorporado en los textiles mediante técnicas avanzadas de deposición química o mezcla en matrices poliméricas, lo que permite crear fibras o tejidos conductores ultraligeras y altamente eficientes (Morris & Murray, 2020). Lo que especialmente útil en aplicaciones que requieren una alta sensibilidad, como sensores de presión o temperatura integrados en prendas inteligentes.

Un desarrollo tecnológico que está incursionando dentro del sector textil es la incorporación de la impresión 3D, esta ha hecho posible la creación de estructuras complejas y personalizadas en las que se integran componentes electrónicos. Gracias a este método, las fibras con propiedades conductoras pueden organizarse con un alto grado de precisión para formar redes funcionales que actúan como sensores, antenas o elementos calefactores. Se han desarrollado, distintos prototipos que han demostrado su factibilidad, evidenciando la posibilidad de confeccionar prendas con circuitos impresos capaces de registrar parámetros fisiológicos como: signos vitales o la actividad muscular, incluso de aplicar estímulos eléctricos con fines terapéuticos en tiempo real.

Otro avance importante que ha tenido el sector industrial es la incorporación de la IA para la fabricación de textiles inteligentes. La IA facilita el análisis

predictivo de datos fisiológicos recopilados por los sensores, favoreciendo la detección temprana de alteraciones y la posibilidad de la personalización de tratamientos médicos gracias a esta tecnología. En este contexto, una prenda inteligente podrá monitorear de manera continua a un paciente con insuficiencia cardíaca y ante cualquier anomalía, para ajustar de forma automática la dosificación de fármacos o enviar señales de emergencia al equipo médico responsable. La combinación de IA y textiles inteligentes no solo mejora la eficacia de los tratamientos, sino que también reduciría la carga de trabajo del personal médico al tener un monitoreo remoto y guía a los pacientes para gestionar su salud de manera proactiva (Bajwa et al., 2021).

Estos avances no solo están revolucionando la industria textil, sino que están replanteando el futuro de estos productos en la medicina. Las fibras conductoras permiten el desarrollo de aplicaciones óptimas, que se ajustan a las necesidades particulares de cada paciente. A medida que la tecnología sigue avanzando, se prevé que los textiles inteligentes tengan una función cada vez más relevante en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades, constituyendo un avance decisivo en la integración de la tecnología con la salud.

Polipropileno textil en el campo médico

El polipropileno (PP) es un material utilizado en la fabricación de textiles médicos debido a su combinación única de propiedades físicas, químicas y biológicas. Este es un polímero termoplástico de amplia utilización en el sector médico, que se caracteriza por su elevada resistencia agentes químicos, que lo hace idóneo en procesos de esterilización recurrentes, como batas quirúrgicas, sábanas y cortinas hospitalarias. Su naturaleza hidrofóbica actúa como una barrera frente a la penetración de fluidos corporales y contribuye a reducir la proliferación bacteriana, reduciendo el riesgo de infecciones asociadas a la atención sanitaria. Además, su baja densidad y alta transpirabilidad favorecen la comodidad del usuario en aplicaciones como mascarillas, gorros y prendas de protección.

Otra ventaja significativa es su biocompatibilidad, que evita reacciones

adversas en contactos con tejidos humanos, no obstante, esta misma propiedad hidrofóbica dificulta la incorporación de recubrimientos funcionales de agentes microbianos y tanto su producción como su disposición final plantean desafíos en el ámbito ambiental. A pesar de estas limitaciones, el polipropileno continúa siendo un material esencial en el ámbito médico. Se prevé que los avances en nanocompuestos y tecnologías de recubrimiento impulsen su funcionabilidad y sostenibilidad, ampliando su potencial en aplicaciones futuras (Morris & Murray, 2020).

Propiedades clave de los textiles enfocados a usos médicos

Los textiles técnicos utilizados en el sector médico están diseñados para cumplir funciones específicas que van más allá del uso convencional de los tejidos en la indumentaria y la moda. Su desarrollo se basa en la combinación de materiales avanzados, ingeniería textil y procesos de producción especializados, con el objetivo de proporcionar soluciones efectivas en el ámbito clínico y hospitalario. Estas innovaciones han permitido la creación de productos que no solo ofrecen confort y protección, sino que también desempeñan funciones activas en la prevención de infecciones, promover la cicatrización y mejora de los tratamientos médicos. Las propiedades clave de los textiles técnicos en medicina se pueden clasificar en distintas categorías según su función y aplicación. A continuación, se presentan las características fundamentales que deben cumplir estos materiales.

Biocompatibilidad

Esta es una propiedad fundamental, ya que determina su capacidad para interactuar con tejidos biológicos sin provocar reacciones adversas, inflamación o toxicidad en el paciente. Lo cual puede garantizar que los materiales utilizados en aplicaciones médicas, como suturas, apósitos, implantes y ropa hospitalaria, sean seguros y efectivos en contacto con el cuerpo humano. La biocompatibilidad no solo implica la ausencia de efectos negativos, sino

también la capacidad del material para integrarse adecuadamente con los tejidos circundantes, promoviendo la regeneración celular y evitando respuestas inmunológicas no deseadas (M. Wang & Duan, 2019).

Para garantizar un desempeño seguro y eficaz, los textiles médicos deben cumplir con normativas internacionales como la ISO 10993, que establece criterios para la evaluación biológica de dispositivos médicos. Esta norma incluye pruebas de citotoxicidad, sensibilización, irritación y toxicidad sistémica, entre otras, para asegurar que los materiales no representen un riesgo para la salud del paciente. Es decir, la biocompatibilidad depende de factores como la composición química del material, su estructura superficial y su capacidad para degradarse de manera controlada en aplicaciones temporales (Qin, 2016a).

Criterios de biocompatibilidad

Los textiles médicos deben someterse a pruebas rigurosas para evaluar su seguridad biológica por lo delicado de su aplicación en contacto con el cuerpo humano. Entre los principales parámetros analizados se incluyen:

- **Citotoxicidad:** Se mide mediante ensayos *in vitro* para determinar si los compuestos liberados por el material afectan la viabilidad celular (Qin, 2016a).
- **Hemocompatibilidad:** Evalúa la interacción del material con la sangre, evitando trombogenicidad o reacciones hemolíticas.
- **Respuesta inflamatoria:** Se analiza la capacidad del material para inducir inflamación o fibrosis en tejidos circundantes, con más énfasis en los que están en contacto con heridas o tejido celular
- **Degradabilidad y estabilidad química:** Esto es muy importante, con el fin de que los materiales tengan una degradación sin generar impacto negativo tanto para el paciente como para el ambiente. Así podrían ser utilizados en suturas reabsorbibles para reducir la presencia de cuerpos extraños en el organismo (Pereira-Lobato et al., 2025).

Resistencia mecánica y durabilidad

Los textiles, al estar sometidos a una alta resistencia mecánica, deben soportar el uso prolongado, así como las condiciones extremas en entornos hospitalarios o quirúrgicos. La resistencia a la tracción, elongación y la estabilidad dimensional son esenciales en productos como vendajes, suturas quirúrgicas, fajas de compresión y ropa hospitalaria (Zhong, 2013).

Estas propiedades mecánicas y funcionales permiten garantizar buen desempeño, así las suturas quirúrgicas fabricadas con poliamida (nylon) o poliéster exhiben una alta resistencia a la tracción. Este factor puede llegar a valores superiores a 30 MPa en algunos casos, lo que asegura una fijación óptima de los tejidos y reduce el riesgo de dehiscencia de heridas (Chu et al., 1997). Esta característica las hace ideales para procedimientos que requieren soporte prolongado, como cirugías cardiovasculares o reparaciones de tendones (Darie-Niță et al., 2022).

Por otro lado, los textiles de compresión basados en poliuretano termoplástico (TPU) ofrecen una elasticidad ajustable (entre 100 % y 300 % de elongación), lo cual permite adaptarse a los movimientos musculares sin perder su capacidad de compresión terapéutica. Lo que favorece la circulación sanguínea y acelera la recuperación postoperatoria, manteniendo su integridad estructural incluso tras ciclos repetidos de deformación (Xiong & Tao, 2018).

Permeabilidad al aire y transpirabilidad

La capacidad de los textiles médicos para permitir el intercambio de aire y la evacuación de humedad es fundamental para garantizar el confort y prevenir infecciones. Materiales con una adecuada transpirabilidad contribuyen a la regulación térmica del cuerpo y reducen la acumulación de sudor, lo que es crucial en ropa hospitalaria, apósitos y vendajes de uso prolongado (Rajendran & Anand, 2016).

Los tejidos de microfibra de poliéster y las membranas de poliuretano han demostrado ser altamente eficientes en este aspecto, ya que permiten la evaporación del sudor mientras mantienen una barrera efectiva contra líquidos y microorganismos (Varnaitė-Žuravliova et al., 2016).

Propiedades antimicrobianas y antifúngicas

Estas propiedades principalmente ofrecen protección contra bacterias, virus y hongos para minimizar el riesgo de infecciones nosocomiales y mejorar la seguridad del paciente. Los productos con iones de plata han demostrado una alta eficacia en la inhibición del crecimiento microbiano en elementos como apósitos para heridas y mascarillas quirúrgicas, que le permite prolongar la vida útil de estos productos, reduciendo la necesidad de cambios frecuentes.

Impermeabilidad y resistencia a fluidos biológicos

La capacidad de repeler fluidos es un aspecto indispensable, ya que permite prevenir la contaminación cruzada, protege al personal sanitario y contribuye a la seguridad de los pacientes. Para lograrlo, se aplica agentes químicos en la tela o mediante recubrimientos con poliuretano o polietileno, los cuales son ampliamente utilizados en batas quirúrgicas, campos estériles y protectores hospitalarios. Estos materiales no solo impiden el paso de líquidos, sino que también ofrecen resistencia a la presión y al contacto prolongado, lo que los hace especialmente adecuados para entornos de alto riesgo, como quirófanos y unidades de cuidados intensivos (Mitchell et al., 2015).

Propiedades de liberación controlada de sustancias activas

Los avances en nanotecnología han permitido el desarrollo de textiles médicos inteligentes capaces de liberar principios activos de manera controlada para favorecer la cicatrización y el tratamiento de heridas crónicas. Los apósitos impregnados con agentes antiinflamatorios o antibióticos aceleran la cicatrización de los tejidos y reducen el riesgo de infecciones. La microencapsulación de fármacos incorporados en textiles de poliuretano y poliamida representan una de las innovaciones más prometedoras en este campo, ya que permiten una liberación sostenida de los principios activos en función de las necesidades terapéuticas del paciente (Fahimirad et al., 2025).

Los avances en nanotecnología han permitido el desarrollo de textiles médicos inteligentes capaces de liberar principios activos de manera controlada

para favorecer la cicatrización y el tratamiento de heridas crónicas (Fahimirad et al., 2025).

Sostenibilidad y biodegradabilidad

En el contexto actual de emergencia climática y creciente conciencia ecológica, la industria de textiles médicos ha experimentado una transformación paradigmática hacia la sostenibilidad. Los avances en biopolímeros han permitido incorporar materiales como el ácido poliglicólico (PGA) y el ácido poliláctico (PLA) –ambos derivados de fuentes renovables y con propiedades de biodegradabilidad controlada– en aplicaciones críticas como suturas quirúrgicas, matrices para ingeniería tisular y apósitos inteligentes. Estos materiales no solo contribuyen a la reducción de residuos contaminantes al degradarse en condiciones fisiológicas o comportables, sino que también ofrecen ventajas como biocompatibilidad mejorada y cinéticas de reabsorción ajustables (Zhao et al., 2022).

Al mismo tiempo, la integración de métodos de fabricación con estándares de calidad ambiental está modificando de manera sustancial los criterios de producción. Entre ellos destacan el empleo de solventes de origen verde, la gestión eficiente de la energía mediante herramientas de IA y la aplicación de acabados enzimáticos, que en conjunto establecen nuevas pautas para una industria más responsable y orientada a la sostenibilidad. Otras innovaciones como el reciclaje mecánico-químico de poliésteres o la valorización de residuos de celulosa bacteriana ilustran cómo el sector está integrando los principios de economía circular, desde el diseño molecular hasta la gestión posconsumo. Este enfoque, está respaldado por certificaciones como Cradle to Cradle® o normas ISO 14021, que posiciona a los textiles médicos como un modelo emergente de sostenibilidad aplicada en el ámbito sanitario (Plakantonaki et al., 2023).

Proceso de manufactura de los textiles enfocados a la medicina

La fabricación de textiles médicos es un proceso altamente especializado que requiere un control de calidad riguroso y el cumplimiento estricto de normas y parámetros de calidad. A diferencia de los textiles convencionales,

deben garantizar biocompatibilidad, funcionalidad específica y seguridad para su uso en contacto directo o indirecto con el cuerpo humano. Esto implica la selección de materiales adecuados para ser empleados en procesos optimizados y la aplicación de tratamientos específicos que aseguren un desempeño óptimo en entornos clínicos y quirúrgicos. El desarrollo de este tipo productos se rige a estándares internacionales que garantizan su seguridad; en las normas más relevantes se encuentra la ISO 13485, enfocada en los sistemas de gestión de calidad aplicada a dispositivos médicos, y la ISO 10993, que evalúa la biocompatibilidad de los materiales cuando entran en contacto con tejidos biológicos (Ramakrishna et al., 2015). Otra norma como la ASTM F2100 establecen los requisitos que deben cumplir como la eficiencia de filtración y resistencia a fluidos en textiles en mascarillas o batas quirúrgicas (Wang et al., 2023).

En este apartado, se realizará una descripción de las principales etapas del proceso de manufactura de los textiles, pasando la fabricación de hilo hasta los procesos de acabados. Esto no solo garantizan la seguridad y efectividad de los textiles médicos, sino que también abren nuevas posibilidades en la personalización de tratamientos y la mejora de la atención médica.

Métodos de hilatura

La fabricación de hilados es un proceso complejo que involucra varias etapas de transformación de la materia prima, ya sean fibras naturales, filamentos continuos o discontinuos con propiedades específicas. Dependiendo del tipo de fibra utilizada (natural o sintética), se emplean diferentes tecnologías de hilatura para optimizar la resistencia mecánica, elasticidad, uniformidad y funcionalidad del hilo. Los procesos de hilatura pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Los procesos de hilatura pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Hilatura de fibras cortas y largas:** Aplicada a fibras naturales como algodón y lana, y ciertas fibras sintéticas con corte lanero o algodonero.
- **Hilatura de filamentos continuos:** Utilizada para elaborar hilos de

polímeros sintéticos como poliéster, poliamida y poliuretano, obtenidos mediante procesos de extrusión.

Proceso de producción de hilos en base a fibras cortas

La hilatura de fibras cortas involucra una serie de procesos mecánicos que transforman las fibras sueltas en hilos continuos con propiedades adecuadas para su aplicación en textiles médicos. Los métodos más utilizados incluyen:

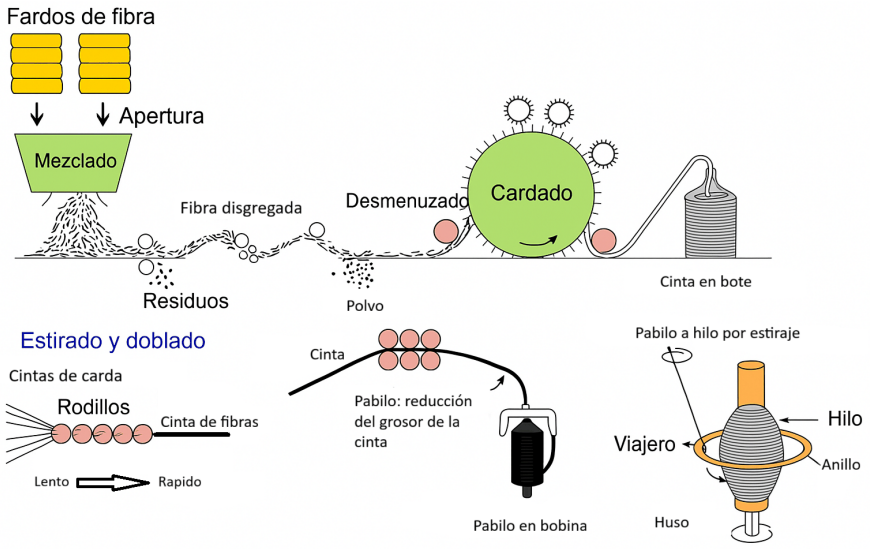
- Hilatura por anillos (*Ring Spinning*).
- Hilatura por rotor o fricción (*Open-End Spinning*).
- Hilatura por chorro de aire (*Air-Jet Spinning*).

Procesos de preparación para el hilado

La hilatura por anillos es el sistema enfocado para la producción de hilos de las denominadas fibras cortas y es el método de producción más utilizado en la industria textil para la fabricación de hilos finos, resistentes y de alta calidad. En la Figura 18, presentamos un esquema del proceso de hilatura de fibra corta.

Figura 18

Proceso de fabricación de hilos por el sistema de anillos



Nota. Proceso de hilatura de anillos-Alagirusamy, R. (2015). Conversion of Fibre to Yarn: An Overview. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845699314000088

Se basa desde la disgregación de la fibra hasta de torsión de un haz de fibras previamente estirada, mediante un sistema compuesto por un huso giratorio, un anillo y un viajero o cursor, los cuales trabajan en conjunto para convertir el pabilo en un hilo continuo con un número determinado de torsiones de acuerdo con el uso final. Este método es reconocido por su capacidad para producir hilos con excelentes gran regularidad, propiedades mecánicas y una estructura homogénea, lo que lo hace ideal para una amplia variedad de aplicaciones textiles, incluyendo textiles médicos, prendas de alta resistencia y tejidos técnicos.

A continuación, presentamos los pasos que se siguen en el proceso de hilatura de anillos, especialmente para fibras cortas:

Apertura, limpieza y mezcla

El proceso de preparación de fibras es una etapa fundamental en la manufactura textil, ya que garantiza la homogeneidad de la mezcla y la limpieza, estableciendo lo que garantiza la calidad y uniformidad del hilo final. Las fibras se reciben en balas o pacas compactadas, las cuales deben ser abiertas con un periodo mínimo de 24 horas para el proceso de aclimatación de las fibras. Aquí se deben establecer planes de distribución de las balas de acuerdo con sus características físicas, lo que ayudará a tener una mezcla homogénea de las fibras. Para lograr el propósito de abrir, disgregar y mezclar la fibra principalmente de longitud corta, se utilizan equipos mecánicos como abridoras-fresadoras, disgregador y mezclador, los cuales separan y airean las fibras, mejorando su disposición y eliminando impurezas. En el caso de fibras naturales como el algodón, este proceso es especialmente crítico, ya que permite remover restos de semillas, polvo y partículas no deseadas, optimizando la limpieza del material y asegurando una mejor hilatura.

Proceso de cardado

Este es un proceso clave en la hilatura que permite mejorar la alineación y limpieza de las fibras. En esta etapa, la fibra pasa a través de cilindros cubiertos de elementos denominados guarnición que, separan y orientan las fibras de manera más uniforme, eliminando impurezas residuales y fibras demasiado cortas. Como resultado, se obtiene un velo de fibras conocido como napa cardada, el cual es posteriormente convertido por condensación en una cinta continua. Este proceso no solo mejora la distribución y uniformidad de las fibras, sino que también reduce defectos en el hilo final, garantizando una mejor calidad del producto (Nawab, 2016).

Peinado de fibras (opcional)

El proceso de peinado se utiliza primordialmente para la producción de hilos de alta calidad, en el cual se eliminan las fibras más cortas y se optimiza la alineación de las fibras largas y finas. Esto es fundamental en la producción de

prendas de mejor aspecto, tanto en calidad como en resistencia, lo que le permite tener un desempeño óptimo para trabajos donde se requiere mayor durabilidad. Esto es gracias a que son elaboradas con un hilo más uniforme y resistente, que garantiza mayor suavidad, resistencia mecánica y menor formación de velocidad, lo que reduce la aparición de pilling [1] sobre su superficie. Aquí se eliminan un aproximado de fibras desde el 4 % hasta el 16 % aproximadamente.

Proceso de estiraje

Durante el proceso estirado, las cintas de fibra pasan por un sistema de rodillos giratorios, al cual se denomina tren de estiraje, que aplica una tracción controlada para reducir la variabilidad en la estructura del hilo. La relación de estirado puede variar según el grosor y la resistencia requerida en el hilo final. Este proceso mejora la alineación de las fibras y reduce la variabilidad de la cinta gracias a los doblados que se realizan, además de proporcionar una base más homogénea para la siguiente etapa de hilatura.

Pabilado o mechado

Este proceso, también conocido como mechado, es una fase intermedia donde las cintas estiradas se convierten en mechas de menor grosor, adicionando una ligera torsión que va de 20 a 50 t.p.m., que le permite soportar la carga de trabajo en el siguiente proceso. Esto permite una mejor cohesión interfibra, facilitando su posterior transformación en hilo durante la hilatura por anillos u otros métodos. Aquí, al igual que en el estiraje, la mecha o cinta pasa por un tren de estiraje, reduciendo el grosor de la cinta, esto con ayuda de las velocidades periféricas tanto del cilindro productor como del sistema de enrollamiento.

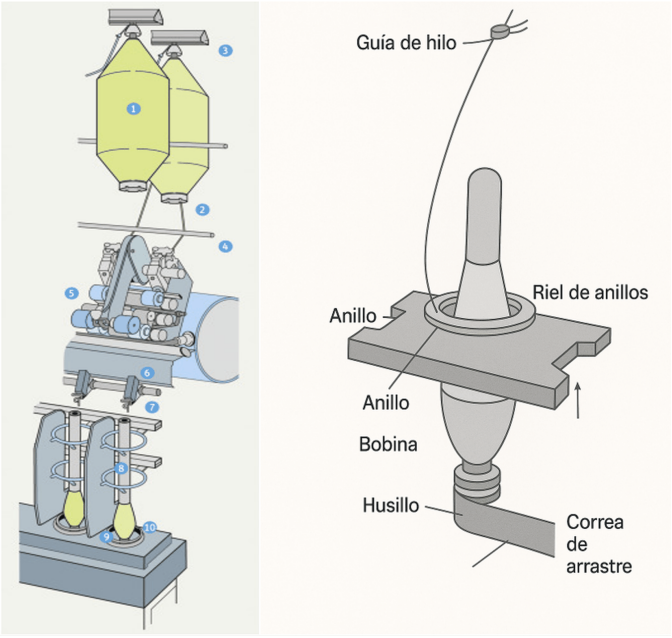
[1] El pilling es la formación de pequeñas bolitas o grumos de fibras enmarañadas en la superficie de un tejido, causado por la fricción (roce) durante el uso o el lavado, lo que da un aspecto de envejecido o desgastado; es común en lanas y fibras naturales, aunque puede ocurrir con sintéticos, y se forma cuando las fibras más cortas salen y se enrollan en la superficie, creando pequeñas "pastillas"de pelusa.

Hilatura por Anillos -Ring Spinning

Este sistema de producción de hilo, conocido en la industria como hilatura de anillos (ring spinning), representa una de las tecnologías más consolidadas y versátiles en la fabricación de hilos textiles. En la Figura 19 se muestra el sistema de formación de hilo de una continua de hilar.

Figura 19

Sistema de tren de estiraje de una continua de anillos



Nota. Proceso de hilatura de anillos-Alagirusamy, R. (2015). Conversion of Fibre to Yarn: An Overview.

Desde su desarrollo en el siglo XIX, este se ha perfeccionado hasta convertirse en el método de referencia cuando se busca obtener hilos de elevada resistencia, buena uniformidad, elongación controlada y suavidad al tacto, características esenciales para una amplia gama de aplicaciones. En la continua de anillos encontramos varios componentes clave para la producción de hilados

de calidad, los cuales con una correcta calibración garantiza la regularidad de masa y baja variabilidad, entre estos elementos podemos nombrar:

Cilindros de estiraje: Estos se encargan regular el grado de estirado del pabilo, con relaciones de estiraje que pueden variar entre 10:1 y 50:1, dependiendo del título del hilo deseado.

Huso y anillo: Este elemento puede llegar a velocidades de hasta 25.000 r.p.m., generando las torsiones necesarias a través del anillo y el viajero (cursor), además se encargan de guiar el hilo y controlan su bobinado en las canillas con ayuda de la bancada.

Partes del sistema de formación de hilo:

1. Bobina de mecha (alimentación del material fibroso).
2. Guía de mecha o guía de hilo.
3. Soporte o creel de alimentación.
4. Entrada al tren de estiraje.
5. Sistema de rodillos del tren de estiraje.
6. Zona de salida del tren de estiraje.
7. Guía del hilo hacia el sistema de torsión.
8. Sistema anillo–viajero (formación de la torsión).
9. Husillo de rotación.
10. Formación de la bobina de hilo.

El principio operativo se basa en la combinación de pasos de estiraje, torsión y bobinado, utilizando un conjunto mecánico formado por rodillos del tren de estiraje, anillos, viajeros y husos. A medida que la mecha de fibras es estirada de forma progresiva, se le incorpora una torsión mediante el giro del huso, consolidando las fibras sueltas en un hilo compacto y resistente. Finalmente, el hilo formado se enrolla en un elemento cilíndrico, denominado canilla, lo que facilita su posterior manipulación en las etapas del proceso de bobinado. Gracias a su capacidad para procesar tanto fibras naturales como sintéticas, la hilatura por anillos sigue siendo una tecnología esencial en las plantas modernas de hilatura sobre todo por la calidad del hilo y su alta capacidad de producción.

Tasa de torsión: Este parámetro es muy importante dentro de la producción de

un hilo, las torsiones por metro (t.p.m.[2]), varía según el tipo de hilo y aplicación final, ya sea para tejido plano o de punto. En hilos finos, los valores pueden oscilar entre 600 y 1.200 t.p.m., ajustándose para optimizar la resistencia y elasticidad del hilo de acuerdo si este es cardado o peinado. Además la torsión va a tener un sentido de giro, de acuerdo con el uso que se vaya a dar al hilo.

A continuación, presentamos varias ventajas de la hilatura por anillos, que los hacen ser un material prioritario en la producción de tejidos:

- **Alta resistencia mecánica:**Adecuado para hilos de uso en confección, resistencia en el tejido de textiles técnicos y aplicaciones industriales.
- **Uniformidad y calidad del hilo:** Reduce defectos como variaciones en el grosor y en la torsión, mejorando el desempeño del hilo en procesos posteriores. Además de brindar una superficie homogénea y de tacto agradable al tejido.
- **Amplia adaptabilidad:** Compatible con una variedad de fibras naturales (algodón, lana), sintéticas (poliéster, poliamida) y mezclas.
- **Control preciso de la torsión:** Es adaptable a ajustes y calibraciones mecánicas según los requisitos del producto final.

Sistema de bobinado El último paso dentro de la producción de hilo es el bobinado, que consiste en cambiar el hilo envuelto en las canillas en paquetes (bobinas o conos) con una estructura uniforme y compacta, optimizando su uso en la tejeduría de punto o plano, como se muestra en la Figura 20.

[2]TPM (Torsiones por metro) es una unidad utilizada en el proceso de hilatura para medir el número de vueltas o torsiones que se aplican a la fibra o mecha en un metro de longitud. Este valor determina la resistencia, uniformidad y aspecto final del hilo, influyendo directamente en sus propiedades mecánicas y en su comportamiento durante el tejido o la confección.

Figura 20

Sistema de tren de estiraje en una continua de anillos



Nota. Tomado de https://www.rieter.com/products/systems/winding-machines.

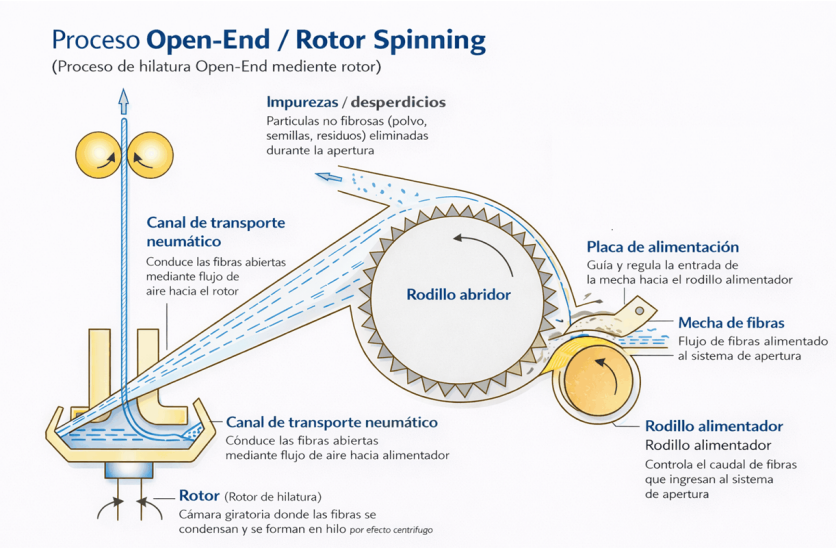
El equipo de bobinado regula la tensión y velocidad del hilo para garantizar un enrollado preciso, evitando roturas o deformaciones que afecten la calidad en los tejidos. Otro punto importante es la eliminación de la mayor cantidad de imperfecciones, aglomeraciones de fibras (neps) o variaciones de grosor mediante el sistema de purgado que asegura un cono de hilo adecuado hacia las máquinas de tejido. Así, el bobinado se consolida como una etapa clave para mantener la productividad y consistencia en la fabricación de telas.

Hilatura de Rotor Open — end

El sistema de hilatura por rotor, también conocido como Open — end, es un proceso avanzado, que se diferencia del sistema de anillos por su mayor velocidad de producción y por la eliminación del uso de huso, así como del anillo. Este sistema de hilatura se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Sistema de formación de hilo sistema Open End



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik.

En este método, la fibra pasa por las etapas de apertura, cardado y estirado, similares a la hilatura por anillos, pero en lugar de dar torsiones de manera continua, se alimenta en un rotor de alta velocidad que gira a velocidades de 10.000 a 100.000 r.p.m. dentro de una cámara cerrada.

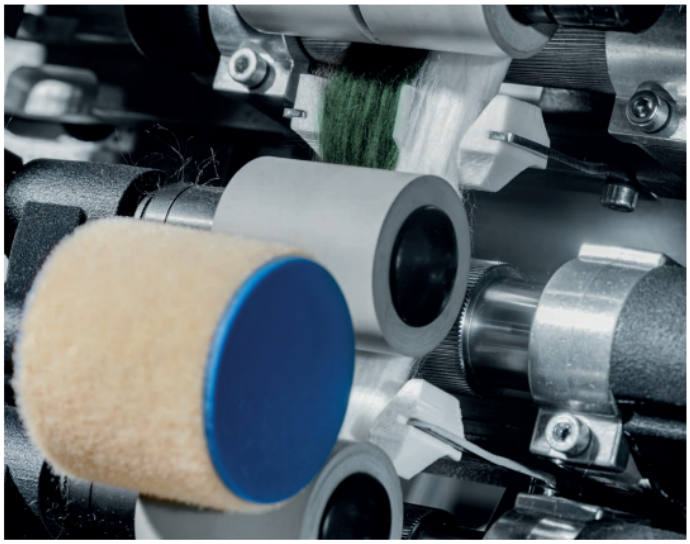
La acción centrífuga del rotor genera un flujo aerodinámico que facilita la formación del hilo sin la necesidad de una torsión mecánica tradicional. Una vez formado, este es extraído a través de un tubo de salida y bobinado directamente en grandes paquetes sin la necesidad de devanado adicional. Este sistema ofrece mayor productividad, menor consumo energético y una estructura de hilo más voluminosa y uniforme, aunque con menor resistencia en comparación con el sistema de anillos. Es ampliamente utilizado en la fabricación de hilos de algodón, mezclas de poliéster-algodón y otras fibras sintéticas para aplicaciones en tejidos de punto, denim y textiles técnicos (Lord, 2003).

Hilados por sistema de chorro de aire — air jet

La hilatura por chorro de aire o air — jet spinning, es un proceso de fabricación de hilos altamente eficiente y automatizado que se distingue por su velocidad de producción y su estructura de hilo con características únicas. A diferencia de los sistemas anteriores, este método emplea corrientes de aire comprimido para impartir torsión a la fibra, formando así el hilo, lo que elimina el contacto mecánico directo con husos o rotores. En la Figura 22 se muestra el tren de estiraje de la máquina.

Figura 22

Sistema de hilatura por chorro de aire



Nota. Fotografía referencial de la empresa Rieter. Tomado de https://www.rieter.com/.

El proceso comienza con la alimentación de una cinta de fibra estirada, al igual que el sistema de anillo, que es guiada hacia una cámara de hilatura donde se encuentra un conjunto de boquillas de chorro de aire a altas velocidades. Estas generan flujos de aire a presiones de 5 a 10 bares, los cuales hacen girar las fibras exteriores alrededor de un núcleo central más rectilíneo, produciendo

un hilo con una estructura de núcleo estable y una envoltura de fibras más sueltas.

Una de las principales ventajas de este sistema es su elevada velocidad de producción, alcanzando hasta 450 m/min, lo que es significativamente superior a la hilatura por anillos y rotor. Además, los hilos producidos por el sistema de hilatura de chorro de aire (air-Jet Spinning) presentan una menor tendencia a la formación de pilling, alta uniformidad y buena resistencia, aunque son ligeramente menos flexibles y tienen una menor elongación que los hilos obtenidos por otros métodos.

Este sistema es ampliamente utilizado para la fabricación de hilos de poliéster, algodón y sus mezclas, siendo ideal para tejidos de punto y prendas de alto rendimiento debido a su excelente estabilidad dimensional y resistencia al desgaste. La hilatura por chorro de aire representa una alternativa moderna y eficiente dentro de la industria textil, combinando productividad con un rendimiento tanto del material como de los equipos (Lord, 2003).

Hilatura de filamentos continuos

El proceso de fabricación de los hilos de filamento continuo representa un proceso fundamental en la producción de fibras sintéticas como poliéster (PES) y nylon (poliamida, PA), ampliamente utilizadas en la industria textil debido a su elevada resistencia mecánica, uniformidad estructural y versatilidad en términos de funcionalización, así como su adaptabilidad a diferentes aplicaciones. A diferencia de la hilatura de fibras cortas, este proceso se basa en la extrusión directa de chips sólidos del polímero, los cuales son fundidos, permitiendo la formación de filamentos de longitud indefinida con propiedades mecánicas y químicas altamente controladas.

Uno de los aspectos clave de este método es que no requiere operaciones previas de preparación de fibras, tales como cardado, peinado o estirado convencional, dado que los filamentos se generan de manera continua a partir de la fusión del polímero y su posterior extrusión a través de hileras de precisión. Este proceso se lleva a cabo en un ambiente controlado para garantizar la calidad, uniformidad y estabilidad dimensional del hilo producido.

Los filamentos continuos pueden presentarse en diferentes configuraciones estructurales, como monofilamentos es decir poseen un solo filamento de gran diámetro o varios filamentos finos (multifilamentos) agrupados en un solo hilo. Dependiendo del tratamiento posterior, estos filamentos pueden ser lisos o texturizados, permitiendo modificar características como el tacto, la elasticidad y la capacidad de absorción de humedad. El proceso de hilatura demás permite la incorporación de aditivos durante la fase de extrusión, tales como estabilizadores UV, agentes antimicrobianos, retardantes de llama o modificadores de absorción de humedad, lo que amplía significativamente su rango de aplicaciones en la industria textil.

Proceso de hilatura de filamentos continuos

Este proceso se realiza en algunas etapas, lo cual permite obtener hilos en diferentes títulos y características físicas, como las detallamos a continuación:

Etapa de fusión y extrusión del polímero

Se parte de gránulos o chips de polímero, que se alimentan en una tolva y se funden en un extrusor a temperaturas controladas (250-300°C para poliéster y 220-270°C para nylon). La masa fundida se bombea a través de un filtro metálico, eliminando impurezas y asegurando una distribución homogénea del material.

Formación de los filamentos (hilatura por fusión)

El polímero fundido pasa a una elevada presión a través de una hilera metálica (spinneret) con orificios microscópicos (50 a 2000 agujeros, dependiendo del número de filamentos requeridos). Los filamentos se solidifican rápidamente por un sistema de enfriamiento controlado mediante aire a temperatura y humedad reguladas.

Estirado y orientación molecular

Los filamentos se someten a un proceso de estirado en caliente, donde se estiran entre 3 y 5 veces su longitud original para mejorar la orientación molecular, aumentando así la resistencia y la estabilidad del hilo. Este proceso se realiza mediante una serie de rodillos calefactados, generalmente a temperaturas entre 80 y 150°C.

Texturizado (opcional)

Si se requiere un hilo con mayor volumen y elasticidad, se aplica un proceso de texturizado, en el cual los filamentos se someten a boquillas de aire comprimido (texturizado por chorro de aire) o falso retorcido. Los parámetros clave en esta etapa incluyen presión de aire (6-12 bar) y temperatura de tratamiento (150-180°C). En este paso se le brinda al hilo una falsa torsión, lo que le permite aumentar su resistencia, muy útil para procesos posteriores.

Proceso de bobina final

En la etapa final de producción, los filamentos texturizados en crudo son enrollados en bobinas de gran capacidad (con diámetros estándar entre 250 y 400 mm) utilizando bobinadoras automáticas de alta velocidad (3.000-6.000 m/min, dependiendo del título del hilo y la aplicación final). Este proceso garantiza una tensión controlada (típicamente entre 0,1-0,5 cN/dtex) mediante sistemas de regulación electrónica, evitando variaciones en la densidad del paquete que podrían afectar su desempeño en tejeduría o tricotado (Eichhorn et al., 2009). Los acabados superficiales aplicados en esta fase son críticos para la procesabilidad del hilo:

- Lubricantes antiestáticos (aplicados en dosis de 0,3-2 % en peso) reducen el coeficiente de fricción a $\leq$ 0,25, minimizando la generación de electricidad estática en el tejido.
- Tratamientos hidrófilos especialmente para aplicaciones deportivas, lo que incrementa la humectabilidad del poliéster, alcanzando ángulos de contacto $< 50°$.

- Aditivos funcionales como antibacterianos con iones de plata o zinc, retardantes a la llama basados en fósforo, que se incorporan mediante técnicas de impregnación por rodillo o nebulización.

Para garantizar la calidad de los hilos, las bobinas pasan por controles de calidad que verifican que cumpla con estándares de calidad establecidos, evitando así problemas en procesos subsiguientes, dentro de los parámetros que se analizará son los siguientes:

- Uniformidad del enrollado con una variación máxima de ±2 % en el diámetro de la bobina.
- Peso por unidad de longitud (título del hilo), el cual debe presentar un CV % < 1.5.
- Resistencia a la rotura con un mínimo de 3.5 g/den para el poliéster estándar.

Los paquetes o conos terminados se empacan en condiciones de humedad controlada la cual debe estar entre el 45-55 % HR[3] , para prevenir alteraciones antes de su uso en máquinas circulares, rectilíneas o telares. En aplicaciones técnicas como airbags o cintas transportadoras, se emplean bobinas con núcleos metálicos para soportar tensiones superiores a 50 kg durante el desenrollado (Lord, 2003).

Tecnología de extrusión en la producción de fibras técnicas

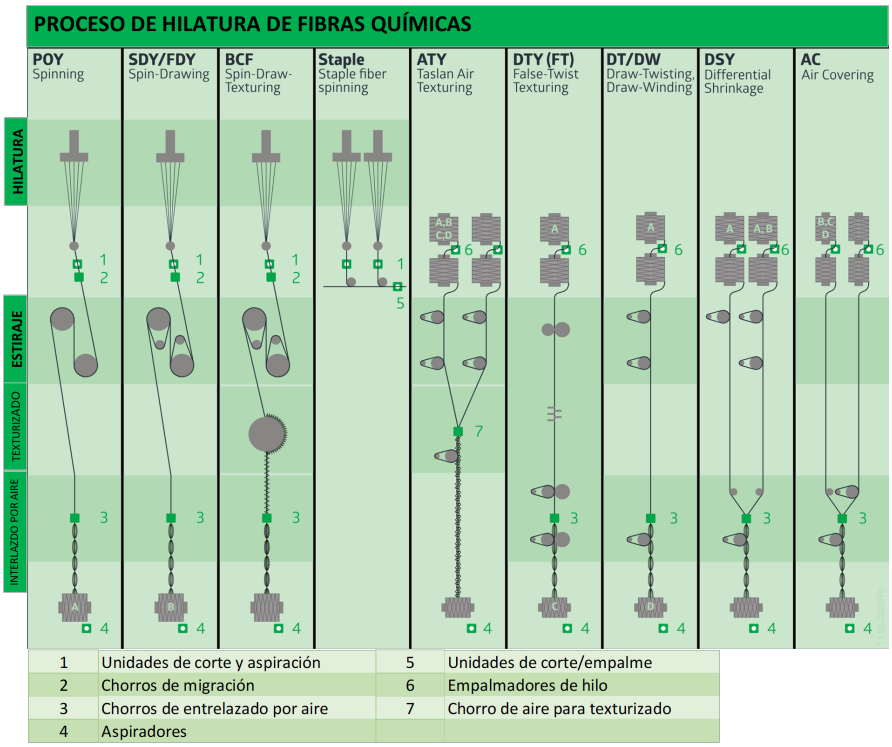
La producción de fibras técnicas de alto rendimiento se basa en sistemas de extrusión modernos, diseñados con un nivel de precisión en cada fase del proceso con el fin de dar filamentos de alta calidad. Las extrusoras de polímero, fabricadas por empresas líderes como Barmag, Oerlikon y Hills Inc., integran sofisticados sistemas de control automatizado que regulan con exactitud la temperatura, la presión y el flujo del material fundido, permitiendo mejorar el control y la estabilidad del proceso. Estos controles automáticos, permiten una

[3]HR: Se denomina Humedad Relativa (HR) a la relación, expresada en porcentaje, entre la cantidad actual de vapor de agua en el aire y la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede contener a esa temperatura y presión específica.

fusión completamente homogénea del polímero que garantiza la obtención de fibras con diámetros uniformes y regularizados, disminuyendo los defectos, que podrían afectar en el momento de la producción de los productos como telas o prendas (ver Figura 23).

Figura 23

Proceso de hilado de fibras sintéticas según su orientación molecular



Nota. Sistemas de formación de hilos de acuerdo con sus características físicas.

Las extrusoras hoy en día son capaces de procesar una amplia diversidad de polímeros de alto desempeño, entre los que podemos destacar podemos nombrar los siguientes:

- Poliamidas de alta tenacidad (PA 6, PA 6.6 y copolímeros especiales)
- Poliésteres de alto módulo y resistencia (PET de alto rendimiento y PBT)

- Polímeros de ingeniería de elevada temperatura como el PEEK (poliéster éter cetona).

Estos polímeros, en su mayoría son semicristalinos y de alta pureza, los cuales están constituidos por monómeros repetitivos que combinan grupos éter, cetona y otros enlaces rígidos que confieren al material su excepcional resistencia térmica, química y mecánica. Cada uno de estos han sido cuidadosamente adaptado mediante modificaciones en la formulación, el grado de polimerización y los aditivos para satisfacer las demandas específicas de aplicaciones industriales, tales como composites estructurales, cintas de alta resistencia, cuerdas, filtración industrial extrema, protección balística y textiles para entornos agresivos.

Posteriormente, los filamentos pasan por sistemas de estirado y calefacción, que utilizan rodillos térmicamente regulados para orientar las cadenas moleculares del polímero. Estos equipos, con control digital de temperatura que puede oscilar entre 50°C y 200°C dependiendo del tipo de polímero, son fundamentales para mejorar la resistencia a la tracción, el módulo elástico y otras propiedades mecánicas de las fibras técnicas. Este proceso es especialmente relevante en fibras utilizadas en aplicaciones exigentes como geotextiles, tejidos balísticos y refuerzos compuestos. (McIntyre, 2005).

Luego del proceso de extrusión y estiraje, el siguiente paso en la línea de producción puede incluir el texturizado, una etapa clave para modificar las características físicas de los hilos de filamento. En la actualidad, fabricantes de maquinaria como Heberlein y Rieter han desarrollado tecnologías que emplean aire comprimido para realizar el texturizado por chorro de aire o falsa torsión para inducir una estructura ondulada o rizada en la fibra, lo que le brinda buen tacto y resistencia al producto final.

Este paso incrementa el volumen, la elasticidad y la capacidad de absorción de las fibras, haciéndolas más adecuadas para la producción prendas deportivas confortables o textiles técnicos de alto rendimiento. Entre sus principales características de los filamentos se encuentran:

- **Alta resistencia a la tracción:** Ofrecen un desempeño mecánico excelente, con valores que varían según el material (4-6 cN/dtex para poliéster

y 5-8 cN/dtex[4] para nylon), permitiendo tejer tejidos de alta resistencia mecánica.

- **Mínima formación de pilling:** Gracias a su estructura continua de las fibras, reducen el desgaste superficial, evitando la aparición de aglomeraciones de fibras sobre el tejido denominadas *pilling*, lo que las hace adecuadas para tejidos técnicos y prendas de alta durabilidad.
- **Versatilidad en textura:** Se dispone en versiones lisas (para acabados suaves y brillantes) o texturizadas (para mayor volumen y elasticidad), según los requerimientos del producto final.
- **Uniformidad y estabilidad dimensional:** Presentan un grosor consistente y gran resistencia al estiramiento, lo que garantiza tejidos homogéneos y duraderos.

Este método de hilatura es esencial en la fabricación de textiles técnicos y de alto rendimiento, permitiendo la producción de hilos con propiedades controladas y optimizadas para su aplicación final en la industria textil.

Procesos de fabricación de tejidos de calada

La fabricación de tejidos planos o de cala representa una de las estructuras más tradicionales y versátiles en la industria textil. Este se obtiene mediante el entrelazado de hilos longitudinales llamado urdimbre y otro transversal denominado trama. Esta estructura le confiere una excelente estabilidad dimensional, resistencia mecánica y facilidad de acabado.

Estos han sido ampliamente utilizados en la confección de prendas de vestir, especialmente aquellas que requieren durabilidad y forma definida, como camisas, pantalones y uniformes. Su aplicación en las últimas décadas ha sido enfocada en el campo técnico en sectores como la construcción, el automotriz, la medicina y la protección personal, donde se requiere un material

[4]El parámetro cN/dtex (centinewton por decitex) es una unidad estandarizada que mide la tenacidad específica de una fibra, es decir, la fuerza necesaria para romperla por unidad de título lineal. De esta manera, permite comparar fibras de diferente gro-sor en términos de resistencia relativa (Morton & Hearle, 2008).

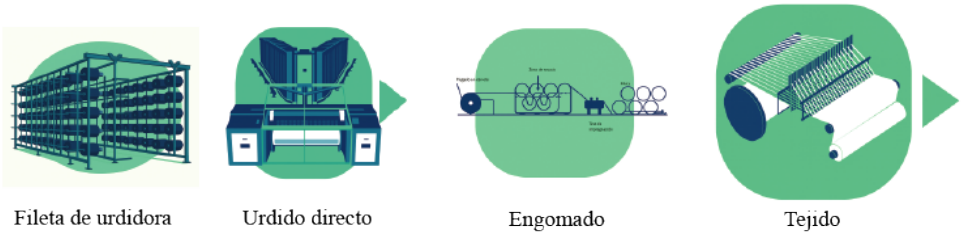
resistente, adaptable y con una estabilidad dimensional adecuada. Este puede ser producido con diferentes tipos de fibras y ligamentos que permite personalizar sus propiedades y funciones según la exigencia del uso final, lo que la convierte un producto clave dentro del industrial textil.

Descripción del proceso:

El proceso de fabricación de tejidos planos en la industria textil inicia con la preparación de la urdimbre, una etapa clave que determina la calidad y eficiencia del tejido final. En esta fase, los hilos se enrollan de manera paralela y ordenada sobre un cilindro denominado plegador, definiéndose tanto el número total de hilos como el ancho del tejido, conforme a las especificaciones técnicas del diseño, esto lo podemos ver en la Figura 24.

Figura 24

Esquema del proceso de proceso de tejido desde la preparación



Nota. Imagen realizada en base a información de Cotton Works.

La longitud de la urdimbre es determinada según los requerimientos establecidos en la orden de producción o necesidades de los clientes, esto con el fin de optimizar el proceso de producción.

Dependiendo del tipo de tejido y el volumen de producción, se puede optar por un urdido seccional, el cual se usa para tejidos con diseños personalizados o producción a menor escala, o por un urdido engomado, recomendado para tejidos en producción continua. El proceso de engomado consiste en aplicar una solución encolante a base se almidón natural o sintético sobre los hilos de

urdimbre para aumentar su resistencia a la fricción, la tensión y la reducción de roturas durante el proceso de tejido mejorando la calidad del tejido y la eficiencia de producción.

Una vez que el carreto de urdimbre está preparado, se procede con él al anudado, un proceso en el que los hilos nuevos son empalmados a los remanentes del carreto anterior utilizando un anudador mecánico. Este sistema garantiza continuidad entre producciones sin necesidad de reiniciar el enhebrado manual, optimizando el tiempo de cambio de urdido. Cabe aclarar que el anudado se realiza siempre y cuando los dos carretos, tanto el anterior como el nuevo, tengan las mismas condiciones técnicas, como número de hilos, tipo de material, ancho y título del hilo.

Si se va a realizar un diseño o un material nuevo, se procede con el remetido, sea manual o automático, que conste en el pasado de los hilos de la urdimbre por los lizos y peine en un orden preestablecido según el diseño de tejido que se desea realizar. Este proceso es importante para lograr el patrón de diseño deseado durante el tejido. Con todos los hilos de urdimbre debidamente preparados y montados, se procede a tejer propiamente dicho. En esta etapa, la máquina de tejido plano entrelaza la urdimbre con la trama mediante el movimiento sincronizado de los mecanismos de formación de calada, inserción de trama y batán. La elección del tipo de telar (de proyectil, pinza, aire o de agua) depende del tipo de tejido, la velocidad requerida y las características técnicas del producto final.

Diseños básicos del tejido plano

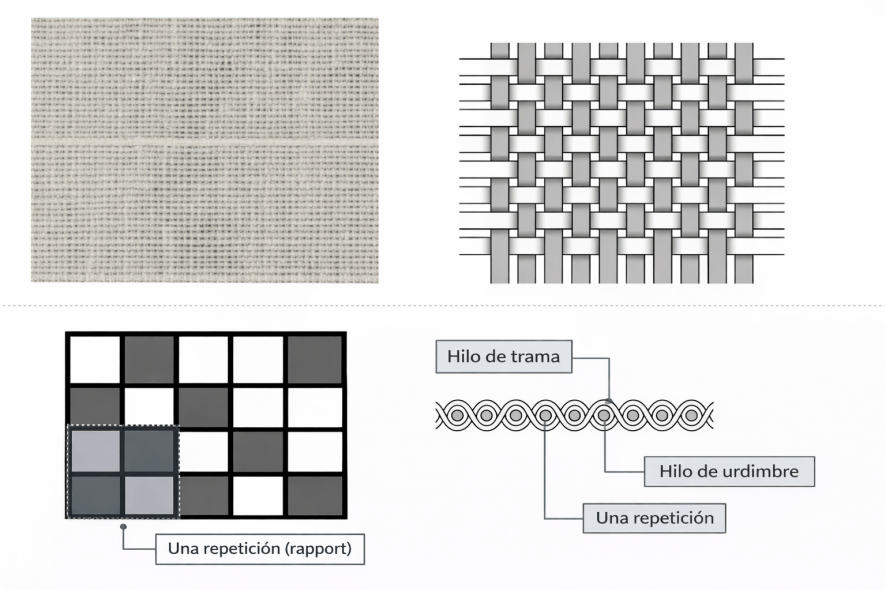
Los diseños estructurales fundamentales que se producen en el ámbito de los tejidos planos son tres ligamentos básicos que constituyen la base de la tejeduría convencional: el tafetán (o ligamento plano), el satín (o raso) y la sarga. Cada uno de estos ligamentos presenta características técnicas distintivas en cuanto a su diagrama de enlace, disposición de los hilos de urdimbre y trama, así como propiedades funcionales y estéticas en el tejido final.

Tejido tafetán : Se define por su ligamento 1/1, donde cada hilo de urdimbre se entrelaza alternativamente con cada hilo de trama, generando una superficie

uniforme y equilibrada, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Esquema de un tejido tafetán



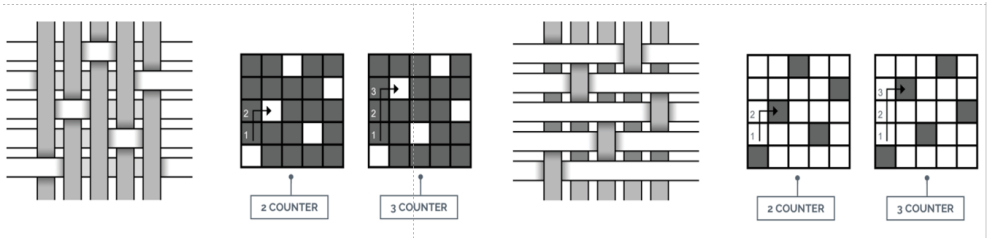
Nota. Esquemas del tejido tafetán representado en 4 formas. Recuperado de : https://cottonworks.com/learning-hub/weaving/weaving-basics/

Esta estructura simple ofrece alta resistencia a la tracción y estabilidad dimensional, siendo común en aplicaciones como popelinas, percal y tejidos base para procesos de acabado.

Satín: También llamado raso se caracteriza por su diagrama de ligamento asertivo, donde los puntos de enlace están espaciados para crear una superficie lisa y brillante, con predominio de urdimbre o trama en el derecho del tejido como se muestra en la Figura 26. Los satines típicos (p. ej., *satín 4/1* o *5/1*) presentan baja fricción y elevada reflectividad lumínica, ideales para indumentaria de alta costura o lencería.

Figura 26

Esquema de un tejido Satín

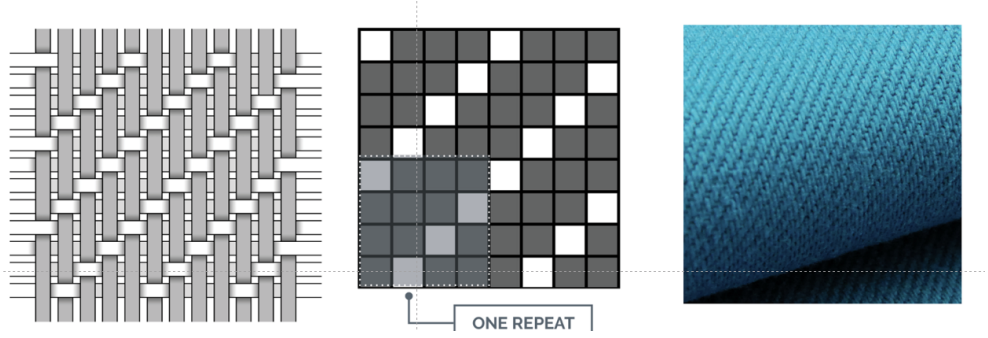


Nota. Imagen de diseños de satín con variante de 2 y 3 hilos. Recuperado de: Recuperado de : https://cottonworks.com/learning-hub/weaving/weaving-basics/

Sarga: Este se distingue por su patrón en diagonal (línea de sarga), resultado de un ligamento escalonado (como *2/1, 3/1* o *2/2*) como se muestra en la Figura 27. Esta estructura proporciona mayor densidad y resistencia al pilling, siendo habitual en tejidos técnicos (denim, gabardina) o uniformes laborales debido a su durabilidad y flexibilidad.

Figura 27

Esquema de un tejido Sarga



Nota. Representación del diseño sarga en tres formas diferentes. Recuperado de: Recuperado de : https://cottonworks.com/learning-hub/weaving/weaving-basics/

Estos ligamentos admiten múltiples variantes (sargas rotas, satines irre-

gulares) y combinaciones con hilados especiales (fibras mélange, filamentos texturizados), lo que amplía sus aplicaciones en el sector textil-industrial (Nawab, 2016).

Tejidos de punto

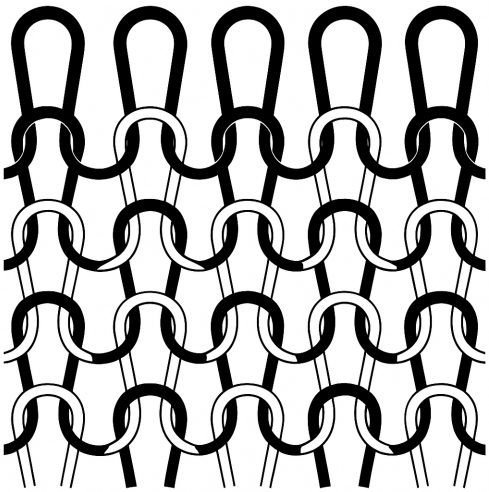
Por otro lado otro tejido que tiene una gran presencia en el campo textil es el de denominado "tejidos de punto", que se caracterizan por la formación de bucles entrelazados que le confieren una mayor flexibilidad y adaptabilidad al cuerpo. Gracias a esto, se emplea en la confección de prendas de vestir, y ropa deportiva además que, resulta beneficioso en la producción de prendas postquirúrgicas, vendajes elásticos y textiles de compresión.

Este tejido tiene una gran capacidad de elongación y recuperación permite un ajuste anatómico adecuado, favoreciendo la comodidad y mejorando la funcionalidad del material en aplicaciones que requieren movilidad y sujeción moderada (Iyer et al., 2004). Existen dos categorías principales dentro de este tipo de productos, que los detallamos a continuación:

Tejido de punto por trama: Dentro de las principales estructuras utilizadas en la fabricación textil, los tejidos de punto ocupan un lugar destacado por sus propiedades particulares frente a otras técnicas de formación de telas. La estructura básica se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Esquema de un tejido de punto



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

En particular, el tejido de punto por trama se caracteriza por la formación de bucles en sentido horizontal a partir de un solo hilo o conjunto de hilos.

Esta estructura confiere al tejido una alta elasticidad, suavidad y adaptabilidad, cualidades que lo hacen especialmente adecuado para la confección de prendas como camisetas, ropa interior, ropa deportiva y productos ortopédicos, donde el confort y la libertad de movimiento son esenciales. En sus aplicaciones convencionales, los tejidos de punto por trama también están siendo explorados en campos técnicos, donde se valora su comportamiento dinámico y su capacidad para integrarse con otras tecnologías funcionales.

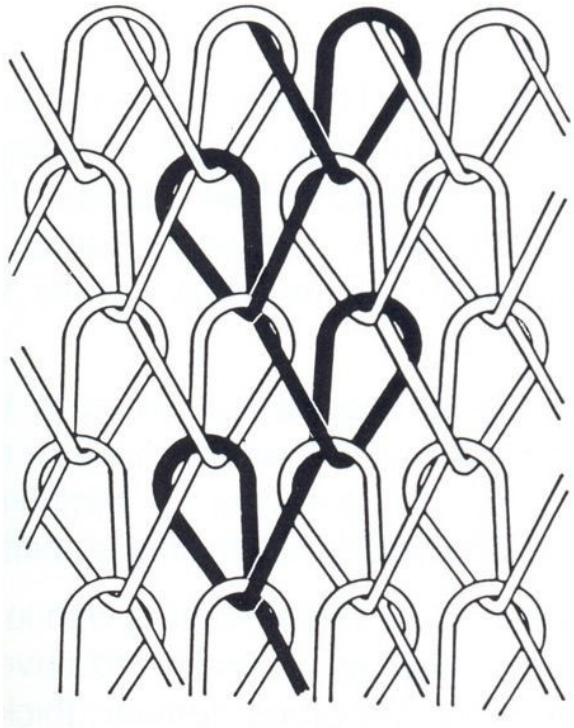
Tejido de punto por urdimbre: Otra variante fundamental dentro de los tejidos de punto es el tejido de punto por urdimbre, el cual se diferencia estructuralmente del tejido por trama por la dirección en la que se forman los bucles, como se muestra en la Figura 29. En este caso, los bucles se entrelazan en sentido vertical, utilizando múltiples hilos dispuestos en paralelo a lo largo de toda la tela. Esta configuración da lugar a tejidos con mayor estabilidad

dimensional y menor elasticidad, lo que los hace especialmente adecuados para aplicaciones que requieren firmeza estructural y precisión en el comportamiento mecánico.

Debido a estas características, el tejido de punto por urdimbre se emplea tanto en sectores tradicionales como en la fabricación de lencería y prendas ajustadas, como en el desarrollo de textiles técnicos, incluyendo refuerzos compuestos, textiles médicos y productos industriales que demandan resistencia y control en la deformación.

Figura 29

Esquema de un tejido de punto



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

La maquinaria empleada varía según el tipo de tejido y material a realizar.

Para el tejido de punto por trama, se utilizan máquinas circulares de pequeño o gran diámetro que tejen en forma tubular, mientras que el tejido de punto por urdimbre se realiza en máquinas rectilíneas o máquinas Raschel, capaces de producir tejidos con estructuras más complejas.

Para los dos tipos de tejido de punto, se puede utilizar maquina especificas con un sistema tipo Jacquard, que permite realizar diseños y patrones únicos en la estructura del tejido. Los componentes básicos que poseen las maquinas son agujas de lengüeta, cilindros, levas y sistemas de alimentación de hilo que aseguran una tensión constante y uniforme durante el tejido. Los avances tecnológicos han permitido la incorporación de sistemas computarizados y electrónicos que controlan los parámetros técnicos y de producción de la máquina, permitiendo la realización de tejidos con propiedades específicas adaptadas a las necesidades del mercado.

Procesos de fabricación de no tejidos — nonwovens

Los no tejidos han cobrado relevancia en el sector médico debido a su versatilidad y a la posibilidad de fabricar materiales con propiedades específicas, como alta capacidad de absorción, efecto de barrera frente a microorganismos y biodegradabilidad. Estos materiales se obtienen mediante la disposición aleatoria de fibras unidas por métodos mecánicos, térmicos o químicos, sin necesidad de tejer o hilar. Su uso se ha enfocado primordialmente en productos desechables, como mascarillas quirúrgicas, batas médicas, apósitos absorbentes y materiales de filtración, entre otros.

Materias primas: Para la producción de este material se usan fibras de origen natural, como el algodón o celulosa, sintético como polipropileno, poliéster o poliamida, o también una combinación de ambas según las necesidades. La elección del material depende de las propiedades deseadas en el producto final, como absorción, resistencia, suavidad o capacidad de filtración.

Es importante señalar que, las fibras sintéticas y vegetales son ampliamente utilizadas en aplicaciones médicas, existen fibras de origen animal, como la lana o alpaca que, debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, tienen un uso limitado o nulo en el ámbito médico, donde predominan materiales con

mayor biocompatibilidad, esterilización eficiente y características mecánicas específicas.

Procesos de formación de la estructura

Los no tejidos (nonwovens) representan una categoría importante dentro de los materiales textiles, caracterizados por la ausencia de estructuras tejidas con patrones preestablecidos. En lugar de entrelazar hilos, estos materiales se elaboran directamente a partir de fibras individuales que se unen mediante métodos físicos, químicos o mecánicos, formando una estructura textil continua. Estos materiales se han vuelto de gran relevancia en campos como la medicina y textiles técnicos, debido a su versatilidad, bajo costo y capacidad de producción en grandes volúmenes. Existen diversos métodos para formar la estructura básica de un textil no tejido, entre los cuales destacan:

- Cardado mecánico.
- Hidroenmarañado (*spunlace*).
- Fundido por extrusión (*spunbond* y *meltblown*).

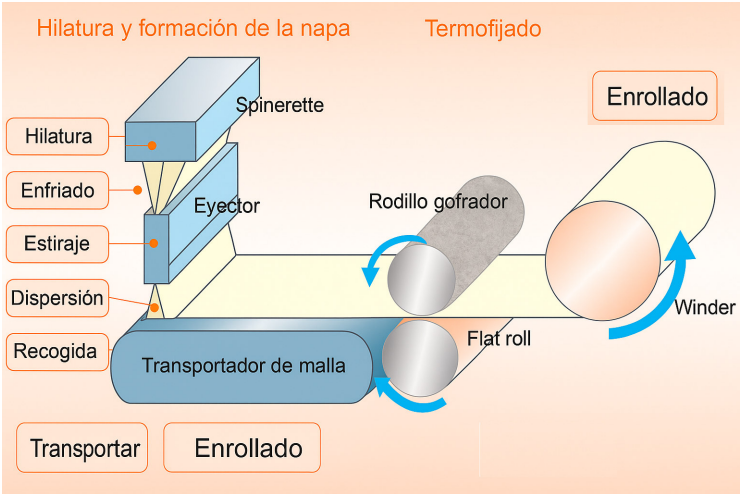
Cada una de estas técnicas establece características específicas en cuanto a la orientación de las fibras, el grosor del producto final, la resistencia mecánica y la compatibilidad con tratamientos funcionales, adaptando estos materiales a una amplia variedad de aplicaciones técnicas y de productos desechables.

Fundido por extrusión — Spunbond:

Este proceso implica la extrusión de polímeros fundidos a través de una hilera para formar filamentos continuos, que se depositan aleatoriamente sobre una cinta transportadora formando una malla con una densidad específica de acuerdo con el uso final. En la Figura 30 se muestra el sistema por extrusión, para elaborar el no tejido.

Figura 30

Proceso de un no tejido por medio Spunbond



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

Los equipos clave en este método incluyen extrusoras e hileras diseñadas para producir filamentos finos y uniformes. Los parámetros críticos por controlar son la temperatura de extrusión (generalmente entre 220 y 250°C para polipropileno), la velocidad de enfriamiento y la velocidad de deposición de los filamentos (Ding et al., 2021).

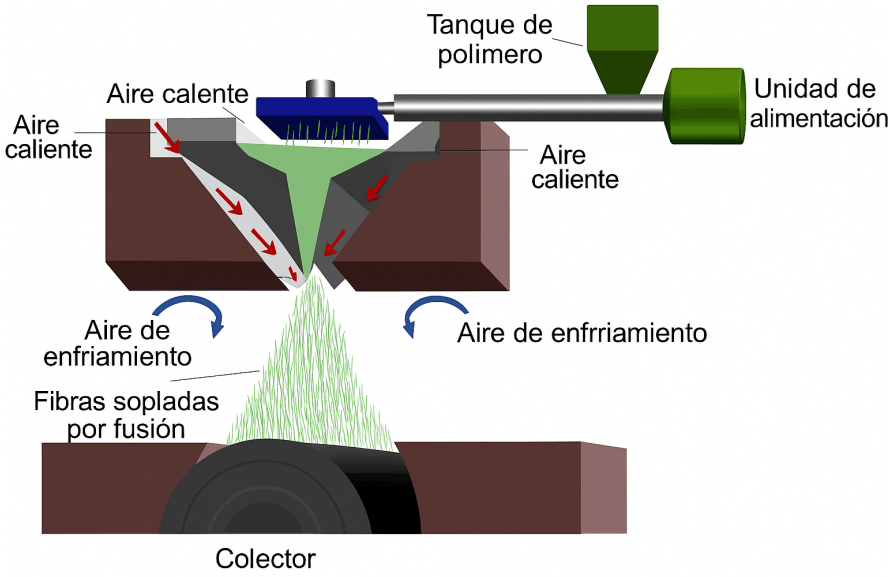
Los filamentos que salen de las hileras pasan a una cámara de enfriado para caer sobre una telera de transporte. Donde van formando el no tejido, el cual pasa hacia una calandra de estampado a presión donde se estabiliza mediante presión y temperatura. Por último, el no tejido se enfría mediante rodillo de enfriamiento y finalmente se enrolla en forma de bobina para su fácil transporte (Geus, 2016).

Fundido por extrusión -Meltblown: Este proceso es similar al spunbond, pero en este caso, el polímero fundido se extruye a través de boquillas muy finas y se somete a una corriente de aire caliente de alta velocidad que estira los filamentos hasta diámetros microscópicos como se puede ver en la Figura

31. Esto produce una tela con fibras más finas y alta capacidad de filtración.

Figura 31

Proceso de un no tejido por medio por extrusión-Meltblown



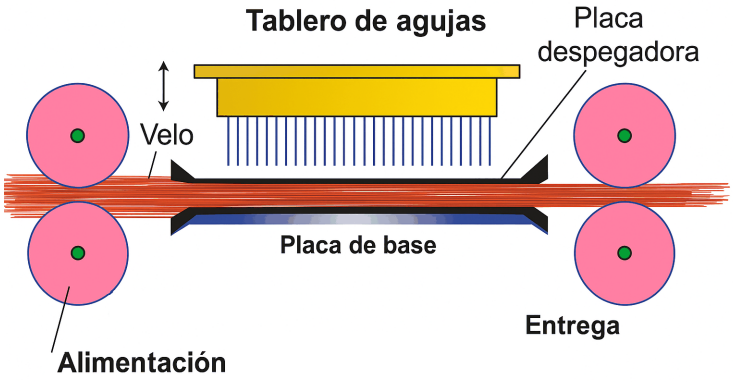
Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

La maquinaria utilizada incluye extrusoras con boquillas especializadas y sistemas de soplado de aire caliente. Los parámetros técnicos clave son la temperatura del polímero (aproximadamente 240-260°C para polipropileno), la velocidad y temperatura del aire de soplado, y la distancia entre la boquilla y la superficie de recogida (Ramazan, 2019).

Cardado y punzonado con agujas - needle punching: Las fibras se disponen en una capa mediante un proceso de cardado y luego se consolidan mecánicamente mediante agujas que entrelazan las fibras. Este método es común para producir materiales más gruesos y resistentes. En la Figura 32 se muestra el velo proveniente del proceso de cardado, el cual es alimentado a un sistema de tablero con agujas que consolidan el no tejido.

Figura 32

Proceso de un no tejido por medio del punzonado



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik

La maquinaria esencial incluye cardas y punzonadoras equipadas con placas de agujas. Los parámetros para controlar incluyen la densidad de agujas, la profundidad de penetración y la velocidad de avance del material (Geus, 2016). **Hidro enmarañado (spunlace):** Al comparar los tres tipos básicos de telas no tejidas (spunbond, spunlace y needlepunch) es posible identificar diferencias clave en cuanto a materiales, mecanismos de unión y aplicaciones finales. La tecnología hidro enmarañado se usa exclusivamente para el uso de fibras sintéticas, como polipropileno o poliéster, y emplea un proceso de unión térmica, en el cual las fibras se funden parcialmente para formar una estructura cohesiva. En el sistema de producción, las fibras se entrelazan mediante chorros de agua a alta presión, formando una tela flexible y absorbente sin necesidad de adhesivos. Este proceso es común en la producción de toallitas y apósitos médicos. La maquinaria utilizada consta de sistemas de formación de velo y unidades de hidroenmarañado con inyectores de agua a alta presión como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Sistema Spunlace



Nota. Imagen referencial del sistema Spunlace. Tomado de empresa Andritz

Los parámetros críticos incluyen la presión del agua (que puede variar entre 50 y 200 bares), la velocidad de la cinta transportadora y el número de pasadas bajo los inyectores (Rengasamy, 2014). En cuanto a la masa por unidad de área (GSM[5]) , las tecnologías spunbond y spunlace se utilizan comúnmente para producir telas ligeras, con un GSM inferior a 150, adecuadas para aplicaciones desechables, médicas o higiénicas. Por otro lado, la tecnología needlepunch se prefiere para la producción de telas más pesadas (GSM superior a 150), con mayores exigencias estructurales, como las requeridas en geotextiles, alfombrado, aislamiento o refuerzos industriales.

Considerando estas características, la selección de la tecnología adecuada depende del uso final del producto, las propiedades funcionales requeridas y el

[5]GSM (Grams per-Square Meter – Gramos por metro cuadrado) es una unidad de medida utilizada en la industria textil para expresar el peso superficial de un tejido o no tejido. Este parámetro permite comparar materiales en términos de densidad, resistencia, opacidad y confort. Un mayor GSM indica generalmente un material más pesado, denso y resistente, mientras que un menor GSM se asocia a ligereza, transpirabilidad y suavidad.

tipo de fibra disponible. En ciertos casos, como en el sector de la construcción o en productos multicapa, es viable y recomendable combinar tecnologías de fabricación; por ejemplo, un producto textil spunbond con una capa de refuerzo needlepunch puede optimizar el rendimiento mecánico, la durabilidad y el comportamiento frente a factores ambientales (Geus, 2016).

Procesos de unión de las fibras no tejidas

Una vez formada la estructura básica, es necesario consolidar las fibras para otorgar al material sus propiedades finales. Los métodos de unión más comunes son:

Unión térmica: En este método se aplica calor para fundir parcialmente las fibras termoplásticas, que al enfriarse se solidifican formando enlaces entre sí. Esto se puede lograr mediante calandras (rodillos calentados) o a través de aire caliente en hornos. Los parámetros técnicos incluyen la temperatura de los rodillos o del aire ajustada según el tipo de polímero así como la presión aplicada al mismo.

Unión química: En este proceso es indispensable la aplicación de adhesivos o aglutinantes químicos que, al secarse o curarse, unen las fibras. Esto permite incorporar propiedades adicionales, como resistencia al agua o características antimicrobianas. La maquinaria empleada puede incluir sistemas de impregnación por inmersión y secadores de alta temperatura. Los parámetros para controlar son la concentración del aglutinante, el tiempo de impregnación y la temperatura de secado.

Unión mecánica: Adicional al punzonado con agujas y el hidroenmarañado mencionados anteriormente, se pueden emplear métodos como el cosido o el entrelazado de fibras mediante chorros de aire. Estos procesos requieren maquinaria específica, como punzonadoras o sistemas de chorro de aire, y los parámetros técnicos incluyen la intensidad de la fuerza aplicada y la velocidad de procesamiento (Geus, 2016).

Acabados y tratamientos en los no tejidos

Para algunos no tejidos, es indispensable definir los requerimientos funcionales y del entorno en el que serán utilizados, pueden someterse a diversos tratamientos de acabados, sean físicos o químicos, con el fin de optimizar sus propiedades, ampliando así su campo de aplicación. Estos tratamientos pueden ser complementarios y en algunos casos esenciales para conferir características específicas que no se logran únicamente mediante la estructura básica del material. A continuación, se describen algunos de los más relevantes:

Tratamientos hidrofóbicos e hidrofílicos: Los tratamientos hidrofóbicos se utilizan para repeler el agua y otros fluidos, y los hidrofílicos hacen que el textil mejore la capacidad de absorción de líquidos.

Tratamientos antimicrobianos: Estos consisten en la incorporación de agentes biocidas o bacteriostáticos que inhiben el crecimiento y la proliferación de microorganismos, lo cual es indispensable en aplicaciones del ámbito médico, sanitario y alimentario.

Tratamientos antiestáticos: Los no tejidos al ser fabricados con fibras sintéticas, es indispensable reducir o eliminar la acumulación de cargas eléctricas en la superficie del textil. Sobre todo, en entornos donde la generación de electricidad estática representa un riesgo para la seguridad industrial o el funcionamiento de equipos electrónicos sensibles. La aplicación de agentes antiestáticos durante las fases de acabado del no tejido permite reducir considerablemente este este efecto, mejorando tanto la seguridad como el confort del producto final.

Procesos de acabados en textiles

Los no tejidos de acuerdo con su uso final podrían requerir acabados y tratamientos especializados para cumplir con rigurosos estándares de seguridad, funcionalidad y biocompatibilidad en el sector médico. Durante los procesos de manufactura, se aplican químicos que confieren propiedades específicas, como recubrimientos antimicrobianos para prevenir infecciones y acabados hidrofílicos que optimizan la absorción de fluidos en heridas. Estos tratamientos no solo mejoran el rendimiento del producto, sino que también contribuyen a

la seguridad biológica del paciente.

Para el tratamiento de telas planas y de punto se usa maquinarias especializadas para el acabado textil como son los equipos de impregnación denominados también foulard y las cámaras de curado o secado, que garantizan una aplicación uniforme y controlada de los acabados. Es muy importante que, durante la aplicación de los acabados, se controlen ciertos parámetros críticos, como la temperatura, el tiempo de exposición, la concentración de agentes químicos y la presión de exprimido, los cuales se ajustan meticulosamente para cada tipo de textil y aplicación final. Además, se debe realizar pruebas de calidad usando normas internacionales como la ISO 13485, que sirven para evaluar las características y seguridad de estos productos, determinando su eficacia, sobre todo si va destinado a entornos clínicos.

Un aspecto innovador que se está desarrollando mediante investigaciones en torno a los acabados es su capacidad para modular propiedades adicionales, como la regulación térmica. Con ciertos tratamientos, permiten que los textiles mantengan una temperatura óptima en contacto con la piel, mejorando la comodidad del paciente durante procedimientos médicos prolongados (Zhu et al., 2025). Estas características no solo resaltan los avances tecnológicos de los textiles médicos, sino también su papel crucial en la investigación en el campo textil.

Parámetros del proceso

En el proceso de manufactura de textiles se emplea equipos especializados, como cámaras de curado, para fijar tratamientos funcionales que confieren propiedades específicas, como la resistencia antimicrobiana. Durante estas etapas, los parámetros de temperatura y tiempo son críticos, así el secado inicial puede realizarse entre 70-80°C, mientras que el curado del recubrimiento antimicrobiano puede requerir temperaturas de hasta 150°C durante períodos que varían entre 1 y 5 minutos, dependiendo del tipo de fibra y el agente químico utilizado. Con estas condiciones se aseguran una fijación adecuada de los acabados, garantizando su durabilidad y eficacia a largo plazo.

En el caso de textiles destinados para implantes, los procesos de acabado

deben cumplir con requisitos adicionales de biocompatibilidad, como la ausencia de residuos tóxicos y la estabilidad química en contacto con tejidos humanos. Es así, que el ambiente de producción es prácticamente aislado para evitar la contaminación de los productos. Para establecer protocolos rigurosos para evaluar la biocompatibilidad de estos materiales, asegurando su seguridad y eficacia en aplicaciones médicas, es indispensable el uso de normas como la ISO 10993. Además, tecnologías emergentes, como el uso de agentes químicos en base a nanopartículas en recubrimientos antimicrobianos que, están ampliando el campo de acción de estos acabados, ofreciendo mayor resistencia a patógenos sin comprometer la integridad del material (Qin, 2016b). A continuación analizaremos algunos de los parámetros críticos, que se debe considerar durante el proceso de acabado químico en los textiles tanto de línea como médicos.

Parámetros críticos

En el área de tintorería y acabados textiles existen ciertos parámetros críticos que, varían según el tipo de tratamiento y el método aplicado. Su optimización es esencial para garantizar la eficacia, durabilidad y seguridad de las propiedades funcionales. Estos no solo influyen en el rendimiento del acabado, como la compatibilidad con las fibras y la sostenibilidad del proceso. A continuación, se detallan los principales factores y sus rangos esenciales que se deben controlar dentro de un proceso de acabado:

Temperatura: Es uno de los factores más críticos en los procesos de acabado, ya que afecta directamente la fijación de los compuestos químicos y la integridad de las fibras y va ligado explícitamente al secado y curado. Es importante que en el diseño del proceso se establezcan las temperaturas en base al tipo de fibra y las especificaciones del apresto químicos que se colocara sobre el tejido.

Secado: En proceso de acabado textil por la técnica pad-dry-cure, el secado inicial se efectúa generalmente en un rango de 70° a 140° C. Este intervalo garantiza la evaporación uniforme del agua sin comprometer la integridad fe las fibras naturales o sintéticas según sea el caso. En el caso de la fibra de algodón tratado con acabados hidrófilos, se ha demostrado que una temperatura de 110

a 120°C resulta especialmente adecuada para tener un secado del sustrato textil evitando el amarillamiento de la tela.

Curado: Para fijar tratamientos antimicrobianos, hidrofóbicos o retardantes al fuego, se requieren temperaturas más altas, generalmente entre 120-150°C. Los acabados en base poliuretanos o resinas requieren una temperatura de curado alrededor de 150°C para una reticulación efectiva. En el caso de telas quirúrgicas con compuestos de plata, el curado se lo realiza a 150°C durante 2 minutos, lo que asegura una fijación efectiva y una liberación controlada de iones antimicrobianos durante su uso (Mahltig et al., 2011).

Tiempo: Para el proceso de curado y secado, es fundamental controlar el tiempo de exposición del tejido a temperaturas altas, lo que permite la reticulación del acabado sobre el tejido. El tiempo promedio que debe estar expuesto oscila entre 2 a 5 minutos en las cámaras de secado, lo que garantiza la reducción del porcentaje de humedad y dándole estabilidad dimensional, gracias a la exposición térmica a la que es sometido.

En el caso de los no tejidos usados en mascarillas, se necesita un secado rápido a 80°C durante 2 minutos, lo cual es suficiente para evitar daños en la estructura del material. Para el curado, suele durar entre 1-3 minutos, aunque en tratamientos especializados, como los acabados con nanopartículas de plata, puede extenderse hasta 5 minutos para asegurar una fijación óptima. En el acabado de apósitos con quitosano, un curado de 3 minutos a 130°C garantiza una adhesión uniforme del apresto, lo que garantiza la liberación prolongada del agente antimicrobiano durante su uso (Mahltig et al., 2011).

Presión: Este parámetro es fundamental para lograr una distribución uniforme y homogénea del acabado sobre la superficie del tejido durante la impregnación con una solución o dispersión acuosa. Para ello se utiliza un equipo que cuenta con rodillos de caucho giratorios, los cuales deben poseer una presión adecuada a lo ancho de los mismos, esta debe ser constante a lo largo del proceso, evitando fluctuaciones que pueden mermar la aplicación del químico sobre la tela al momento de secar y en su uso final.

Pick-up húmedo: Este parámetro está directamente relacionado con la presión de ajuste de los cilindros del equipo de impregnación, para lograr una absorción de la solución química del 70-100 %, dependiendo de la densidad del tejido.

Por ejemplo, en telas de poliéster para ser usadas en ropa deportiva, debe tener un pick-up del 80 %, lo cual asegura una cobertura homogénea si se colocara un acabado de repelencia al agua. Esto quiere decir que, a mayor presión, menor pick-up húmedo, ya que los rodillos exprimen el exceso de solución química. Una presión adecuada garantiza que el acabado penetre de manera uniforme en el tejido, evitando manchas o áreas sin tratar.

Para telas de alta densidad, como las utilizadas en cortinas hospitalarias con compuestos retardantes al fuego, requieren una presión más baja (1-2 bar) para lograr un pick-up del 70-80 %. Por el contrario, tejidos ligeros, como los no tejidos para mascarillas, pueden necesitar una presión más alta (2-4 bar) para alcanzar un pick-up del 90-100 %. Soluciones más viscosas, como las que contienen resinas de curado, requieren una presión más baja para evitar la formación de burbujas o manchas sobre el textil; aseguran una distribución uniforme y un rendimiento consistente la formulación con el tejido.

Concentración química: La concentración de los agentes químicos utilizados en los acabados varía según el tipo de tratamiento y la aplicación final. En los procesos de acabados químicos mediante el método de impregnación, la concentración de los agentes químicos aplicados se expresa en gramos de químico por litro de agua (g/L). Este parámetro permite realizar las formulaciones adecuadas, ajustando las cantidades según el tipo de fibra y el acabado deseado. En este punto es indispensable leer y analizar las fichas de producto con el fin de realizar un cálculo en lo referente a la cantidad del compuesto.

Para productos basados en iones de plata, el fabricante sugiere que la concentración típica sea 50-100 ppm. Proveedores como Sanitized AG y Microban International recomiendan concentraciones específicas según el tipo de fibra y aplicación. Por ejemplo, en apósitos para heridas, una concentración de 75 ppm de iones de plata ofrece un equilibrio óptimo entre eficacia y seguridad. La concentración de agentes repelentes al agua, como fluorocarbonos, puede variar entre 20 y 50 g/L, según las especificaciones del proveedor como Rudolf Group o Archroma. En el acabado de batas quirúrgicas, se recomienda una concentración de 30 g/L, lo cual proporciona una repelencia duradera sin comprometer la transpirabilidad del tejido (Chowdhury et al., 2018).

Otros factores del proceso: Además de los parámetros principales, otros

factores influyen en la calidad y eficacia del acabado:

- **pH:** Este parámetro es esencial controlar en una solución de acabado, ya que debe ajustarse según el compuesto químico. Por ejemplo, los tratamientos con quitosano requieren un pH ácido (4.5-5.5) para una aplicación efectiva, mientras que los acabados con resinas de curado funcionan mejor en un pH neutro (6.5-7.5).
- **Velocidad de la máquina:** En procesos continuos, la velocidad de la máquina debe estar alrededor de los 10 a 50 m/min., esto puede influir en la uniformidad del acabado y debe sincronizarse con los tiempos de secado y curado. En el acabado de textiles para implantes con quitosano, un pH de 5.0 y una velocidad de 20 m/min aseguran una aplicación uniforme y una excelente biocompatibilidad entre el químico y el sustrato textil.

Estos parámetros no solo dependen del tipo de acabado, sino también de las especificaciones del proveedor químico y las características del textil. La combinación de estos factores asegura un acabado eficiente, duradero y adaptable a las necesidades de cada aplicación, desde textiles médicos hasta prendas de alto rendimiento.

Máquinas de recubrimiento

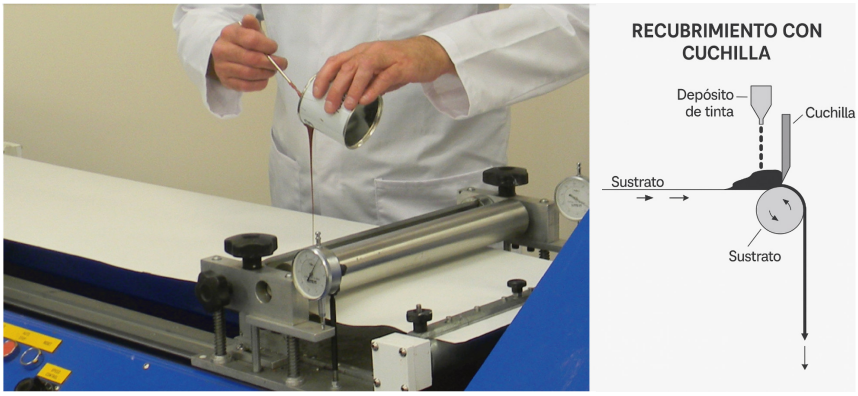
Estas son primordiales para aplicar capas de agentes como antimicrobianos o hidrofóbicos, garantizando uniformidad y precisión en el no tejido. En el ámbito de los textiles técnicos aplicados a la medicina, las técnicas de recubrimiento desempeñan un papel crucial al conferir propiedades específicas a los materiales, como impermeabilidad, resistencia química y adhesión controlada. A continuación, se detallan las principales tecnologías de recubrimiento utilizadas en este sector:

Recubrimiento por cuchilla -Blade Coating: Este método incluye variantes como cuchilla sobre aire (knife-over-air) y cuchilla sobre rodillo (knife-over-roller), donde una cuchilla distribuye el material de recubrimiento sobre el tejido. La técnica de cuchilla sobre aire es adecuada para aplicar recubrimientos

ultrafinos, alcanzando pesos de hasta 7–8 g/m^2, ideales para textiles que requieren impermeabilidad sin comprometer la flexibilidad. Este método podemos observar en el Figura 34.

Figura 34

Proceso de recubrimiento por cuchilla



Nota. Imagen realizada en base a información de Cotton Works.

Por otro lado, knife-over-roller permite un control preciso del espesor del recubrimiento, siendo útil para tejidos más pesados o con superficies irregulares.

Recubrimiento por pantalla rotativa- rotary screen coating: Esta técnica utiliza un sistema en el que se acopla una pantalla rotativa para aplicar recubrimientos en patrones específicos o áreas localizadas del tejido. Es especialmente útil para la aplicación de tratamientos funcionales en zonas determinadas, como agentes antimicrobianos, repelentes de líquidos o para aplicar laminados sobre una cara del tejido, sin afectar las propiedades del resto del material.

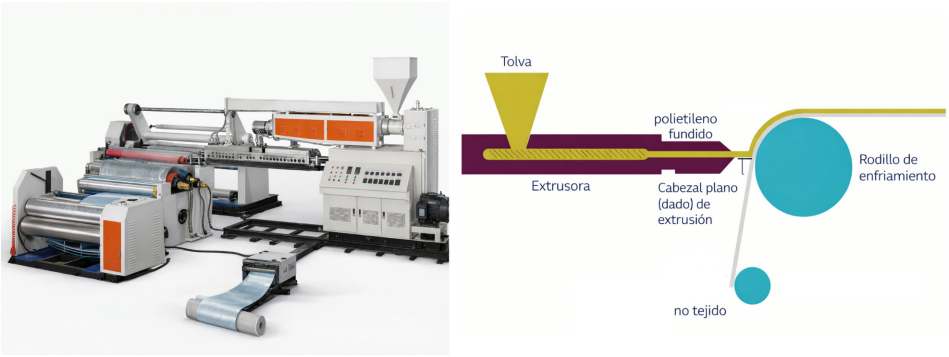
Recubrimiento por fusión en caliente-hot melt coating: Este proceso implica la aplicación de materiales termoplásticos que se funden a altas temperaturas y se solidifican al enfriarse, formando una capa uniforme sobre el tejido. Es comúnmente utilizado para la aplicación de adhesivos en productos médicos

como apósitos y parches, debido a su capacidad para formar enlaces fuertes sin el uso de solventes.

Recubrimiento por extrusión -extrusion coating: En esta técnica, el material de recubrimiento se funde y se extruye a través de una matriz directamente sobre el sustrato textil, formando una película fina sobre la misma. Es adecuada para aplicar capas continuas o gruesas, proporcionando propiedades como resistencia química, así como barreras contra líquidos o gases, propiedades esenciales en textiles médicos como batas quirúrgicas y cortinas hospitalarias (Ahmed, 2007), tal como se muestra en la Figura 35 .

Figura 35

Equipos de Recubrimiento por extrusión



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik.

Para aplicaciones médicas, la uniformidad del recubrimiento es crucial, donde propiedades como la resistencia microbiana o la barrera de fluidos deben ser consistentes. Además, hoy en día los materiales laminados poseen un grado de porosidad alto lo que les permite evacuar la humedad fácilmente del tejido, a la vez evitar en ingreso de líquidos.

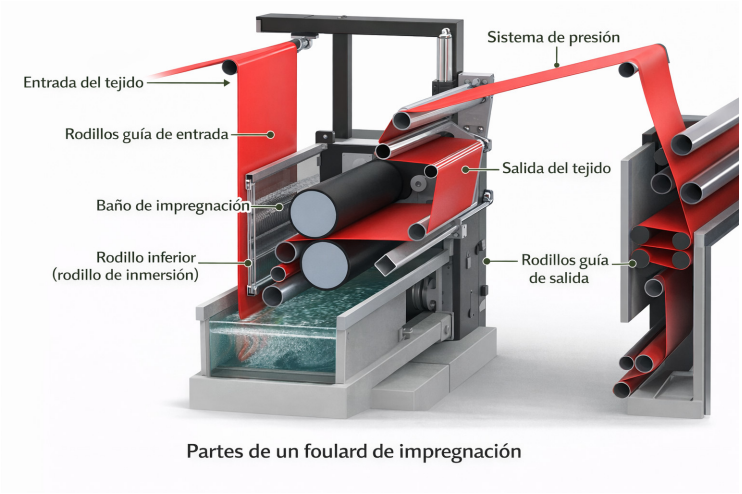
Equipos de impregnación – padding process

Los equipos de impregnación, comúnmente conocidos como máquinas de padding o foulard, saturan el tejido con soluciones químicas en su estructura con valor en peso de este, como se muestra en la Figura 36.

Función: El tejido se sumerge en un baño de solución de acabado y luego se exprime mediante rodillos para eliminar el exceso, logrando un porcentaje de pick-up específico. Este proceso es continuo y permite una aplicación uniforme del acabado textil sobre el tejido sea plano o de punto (Joshi & Butola, 2013).

Figura 36

Equipo de impregnación- Foulard



Nota. Imagen creada con generador de imágenes-Designed by Freepik.

Porcentaje de pick-up: Este parámetro nos ayuda a determinar el porcentaje de humedad que ha sido absorbido el tejido luego del proceso de exprimido en el foulard, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Pick-up}\,(\%) = \frac{\text{Peso del tejido húmedo} - \text{Peso del tejido seco}}{\text{Peso del tejido seco}} \times 100 \quad (4.1)$$

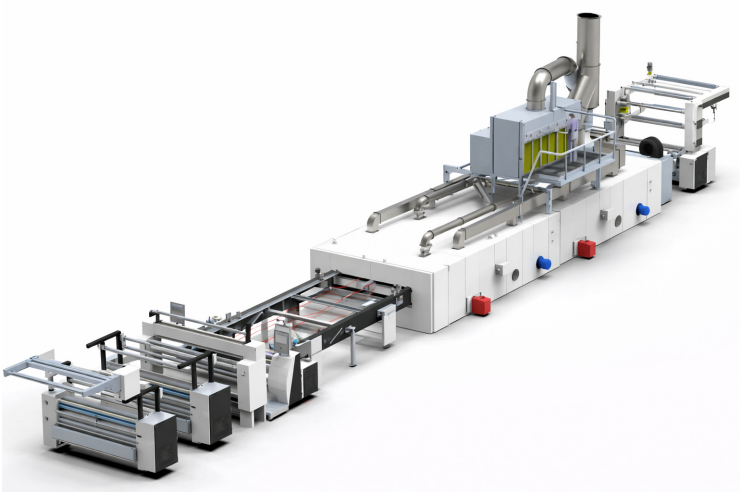
Este porcentaje es crítico para controlar la cantidad de acabado aplicado sobre el sustrato textil, donde la absorción es clave. Según Choudhury (2017), el pick-up típico varía entre 60 % y 120 %, dependiendo de la presión de los rodillos y el tipo de tejido. Un pick-up inferior al 60 % es difícil de obtener, y uno mayor puede requerir procesos de doble inmersión y exprimido para tejidos pesados. Este control es indispensable para asegurar tasas de absorción adecuadas, como en apósitos que deben manejar exudados, sin comprometer la integridad estructural. Un pick-up alto >120 % puede reducir la concentración química, minimizando el daño al tejido, lo cual es importante para textiles biocompatibles (Speke, 2008).

Cámaras de curado-termofijado

Estos equipos permiten fijar los tratamientos aplicados mediante acción térmica, asegurando que los acabados sean duraderos y efectivos, un paso crucial para textiles médicos. En la Figura 37 se muestra el equipo de secado.

Figura 37

Cámaras de secado-termofijado de no tejido



Nota. Maquina de termofijado- secado Icomatex. Tomado de https://icomatex.com/.

Función: Después de aplicar el acabado, el tejido se calienta a temperaturas específicas para fijar el tratamiento, eliminando solventes y activando el acabado. Este proceso puede mejorar la apariencia y funcionalidad, como la resistencia al agua.
Parámetros: Las temperaturas típicas oscilan entre 70°C y 180°C, con tiempos que varían de minutos a horas, dependiendo del acabado y el tejido. Por ejemplo, algunos acabados requieren 160°C para curar completamente, especialmente en tintas textiles.

La curación asegura que los agentes antimicrobianos o hidrofílicos estén firmemente adheridos, evitando la lixiviación durante el uso, lo cual es esencial para la seguridad en entornos hospitalarios (Roy Choudhury, 2017).

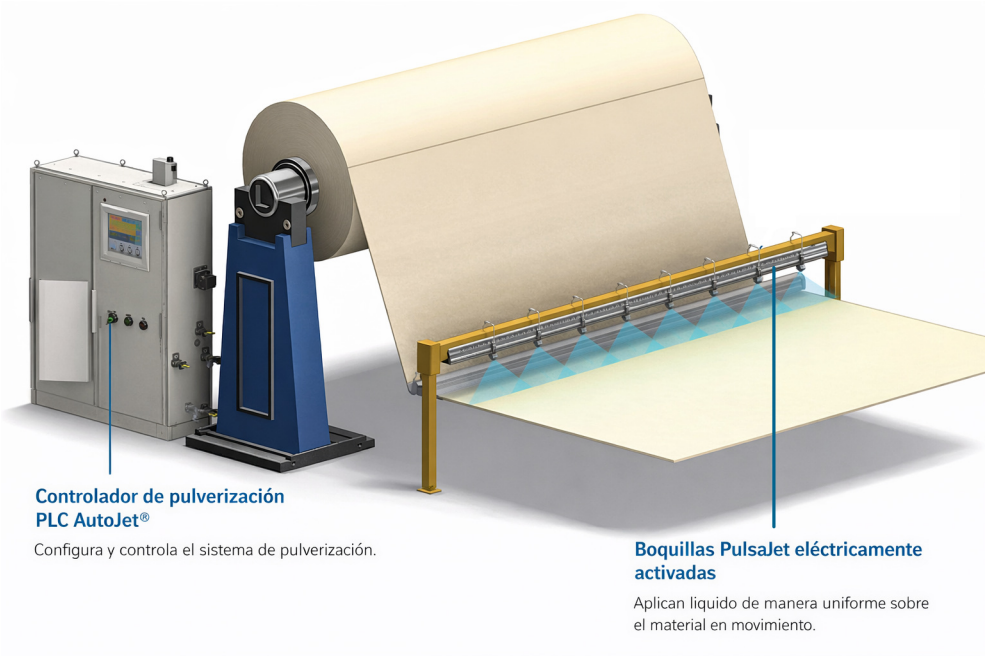
Máquinas de Pulverización

Estas máquinas permiten aplicar las soluciones químicas de manera controlada, donde el tratamiento debe limitarse a ser aplicado sobre la superficie del tejido.
Tipos: Existen equipos que incluyen pistolas de aerosol manuales y sistemas automáticos, como los de Spraying Systems Co, que ofrecen cobertura uniforme con tecnología de control de precisión.
Ventajas: Proporcionan precisión, reducen el desperdicio de materiales y permiten aplicar múltiples capas. Esto es eficiente en términos de recursos, crucial para aplicar agentes antimicrobianos en superficies, como en mascarillas quirúrgicas, donde la absorción del compuesto no es necesaria.

En procesos de acabados que requieren activación térmica, como resinas cruzadas, asegura la aplicación uniforme y eficaz, especialmente en suturas y apósitos, este equipo lo podemos ver en la Figura 38.

Figura 38

Proceso de recubrimiento por pulverización



Nota. Sistema acoplado para aplicación de tensioactivos sobre el material fibroso utilizado en pañales y productos de higiene personal-Tomado de Spraying Systems Co.

A continuación, se presenta una tabla que sintetiza los principales procesos de recubrimiento utilizados en el ámbito de los textiles médicos. Esta clasificación no solo responde a su función técnica, sino también a su incidencia dentro del sector, considerando aspectos como la biocompatibilidad, funcionalidad y el valor añadido que aportan a los productos destinados a la salud.

La Tabla 5 resume las máquinas utilizadas en la ejecución de los diferentes acabados químicos aplicados a los textiles.

Tabla 5

Resumen de máquinas y aplicaciones en textiles médicos

Máquina	Función Principal	Parámetro Clave	Relevancia en Textiles Médicos
Máquinas de recubrimiento	Aplican agentes antimicrobianos o hidrofóbicos	Uniformidad, 8-300 g/m^2	Batas quirúrgicas, apósitos con barreras
Equipos de impregnación	Saturación con soluciones para acabados hidrofílicos	Pick-up 60-120 %	Vendajes, implantes con alta absorción
Cámaras de curado	Fijan tratamientos con calor	Temperatura 70-150°C, tiempo variable	Ropa quirúrgica, textiles hospitalarios duraderos
Máquinas de pulverización	Aplican acabados controlados para superficies	Reducción de desperdicio, cobertura uniforme	Mascarillas, textiles con tratamientos superficiales
Máquinas de padding	Aseguran uniformidad en pad-dry-cure	Pick-up crítico para eficacia	Suturas, apósitos con propiedades antimicrobianas

Nota: Tabla elaborada en base a la bibliografía referenciada.

Análisis de los acabados y tratamientos más comunes

En torno a los acabados enfocados al sector médico, se puede establecer que estos requieren tratamientos específicos para cumplir con las rigurosas exigencias de higiene, seguridad y funcionalidad en entornos clínicos. Estos no solo mejoran las propiedades intrínsecas de los materiales, sino que también garantizan su eficacia en aplicaciones críticas, como la prevención de infecciones, la protección del personal médico y la comodidad del paciente. A continuación, se describen los acabados más comunes y su relevancia en el ámbito médico:

Acabados antimicrobianos: Este tipo de acabados sobre los textiles representa un campo amplio y en constante evolución dentro de la ingeniería textil. Estos dotan a los materiales de propiedades específicas para la inhibición del crecimiento de microorganismos como bacterias, hongos y virus, me-

jorando su funcionalidad y seguridad en aplicaciones médicas y sanitarias. Previniendo infecciones en productos como apósitos, ropa quirúrgica y cortinas hospitalarias. Con la utilización de agentes activos como iones de plata o polihexametileno biguanida (PHMB), permite la inhibición en el crecimiento de bacterias, virus y hongos. Estos acabados reducen significativamente el riesgo de infecciones nosocomiales, un problema que afecta a millones de pacientes anualmente. Dependiendo de su composición y mecanismo de acción, los acabados antimicrobianos pueden clasificarse en distintas categorías, cada una con características y beneficios particulares.

A continuación, en la Tabla 6 presentamos una clasificación detallada de las diferentes propiedades microbianas de acuerdo con su función:

Tabla 6

Resumen de acabados microbianos aplicados según su funcionalidad

Actividad antimicrobiana	**Tipo de textil**	**Compuesto antimicrobiano**	**Lixiviación / No lixiviación**
Antibacteriana	Apósitos para heridas	Nanopartículas de plata (AgNPs)	No lixiviación
Antifúngica	Ropa quirúrgica	Cloruro de bencetonio	Lixiviación
Antiviral	Mascarillas faciales	Compuestos de cobre (Cu^{2+})	No lixiviación
Antibacteriana	Vendajes	PHMB (Polihexametileno biguanida)	Lixiviación
Antifúngica	Cortinas hospitalarias	Triclosán	Lixiviación
Antibacteriana y antiviral	Ropa de cama hospitalaria	Zeolitas con iones de plata	No lixiviación
Antibacteriana	Implantes textiles	Quitosano	No lixiviación

Nota: Tabla elaborada en base a la bibliografía referenciada.

- **Actividad antimicrobiana:** Describe el tipo de microorganismo que el compuesto combate (bacterias, hongos o virus).
- **Tipo de textil:** Indica el producto textil específico en el que se utiliza el compuesto antimicrobiano.
- **Compuesto antimicrobiano:** Menciona el agente químico o material utilizado para conferir la propiedad antimicrobiana.
- **Lixiviación/No lixiviación:** Este es un indicador para determinar si el compuesto

químico se libera del textil (lixiviación) o permanece fijo al tejido (no lixiviación).

Acabados hidrofóbicos: Este tratamiento se emplea para dar a los textiles la capacidad de repeler líquidos, generando una barrera superficial que reduce la absorción, así como el contacto con sustancias que pueden ser contaminantes. Esta propiedad adquiere relevancia ya que contribuye a disminuir el riesgo de contaminación cruzada entre pacientes, personal médico y el ambiente hospitalario.

Acabados hidrofílicos: Este acabado se aplica con el fin de mejorar la capacidad de absorción de un tejido, cuando este entra en contacto con un líquido, como el agua o el sudor. Esta propiedad es útil en productos como vendajes y apósitos, ya que ayuda a mantener un control de humedad adecuado cuando es aplicado sobre la herida de un paciente, lo que permite reducir el riesgo de una infección y acelerará el proceso de cicatrización.

Acabados retardantes al fuego: En este proceso se incorpora un agente químico el cual genera una capa de protección sobre el textil, destinada a disminuir la inflamabilidad en productos con riesgo potencial de exposición al fuego, como son las cortinas, la ropa de cama o uniformes industriales.

Otros tratamientos funcionales: La investigación en ingeniería textil han permitido el desarrollo de acabados con propiedades adicionales, como la absorción de olores, la regulación térmica y la repelencia a fluidos. Estos acabados son especialmente útiles ya que contribuyen a la comodidad y bienestar del paciente. (Horrocks & Anand, 2016).

A continuación, en la Tabla 7 resumiremos las diferentes aplicaciones de los textiles de acuerdo con el tipo de acabado.

Tabla 7

Resumen de acabados y aplicaciones en textiles

Acabado / Tratamiento	Descripción	Aplicación Médica Principal
Antimicrobianos	Inhiben el crecimiento de microorganismos	Apósitos, ropa quirúrgica
Hidrofóbicos	Repelen el agua	Batas quirúrgicas, cubiertas
Hidrofílicos	Absorben líquidos	Vendajes, implantes
Retardantes al fuego	Añaden resistencia al fuego	Ropa hospitalaria, cortinas
Absorbentes de olores	Controlan olores	Ropa de cama, textiles de cuidado

*Nota:*Tabla elaborada en base a la bibliografía referenciada.

Cómo podemos ver, se emplea una amplia variedad de materiales empleados en el desarrollo de textiles médicos, así como los procesos esenciales involucrados en su fabricación y acabado. Desde las fibras naturales, valoradas por su biocompatibilidad y sostenibilidad, hasta las sintéticas y especiales que aportan propiedades técnicas avanzadas, es evidente que la selección del material constituye una decisión estratégica que influye directamente en la eficacia del producto final.

Los progresos alcanzados en la investigación de fibras biodegradables y conductoras han ampliado de forma notable las posibilidades de los textiles médicos, orientándolos hacia soluciones más inteligentes, sostenibles y funcionales. Este desarrollo ha permitido diseñar fibras capaces de interactuar con los sistemas biológicos del cuerpo humano y de responder de manera activa a estímulos externos. En combinación con propiedades como la transpirabilidad, impermeabilidad y la liberación controlada de sustancias activas, estas innovaciones reafirman el papel de los textiles médicos como un eje fundamental en el avance de la medicina personalizada y preventiva.

Por otra parte, la revisión de los procesos de hilatura, tejido, acabados y tratamientos textiles, evidencian que la industria textil demanda no solo conocimientos en ingeniería de materiales, sino también una comprensión precisa de parámetros técnicos, de normativas vinculadas a la calidad, salud y de seguridad industrial. Con esto se puede determinar que a medida que la

medicina continúe evolucionando, los textiles seguirán desempeñando un papel central en la creación de soluciones más eficaces, sostenibles adaptándose a los desafíos sanitarios del futuro.

Análisis del primer libro

La evolución de los textiles técnicos, y en particular de los textiles médicos, no solo refleja el avance tecnológico de la industria textil, sino que también encarna una profunda transformación en la forma en que concebimos los materiales al servicio del bienestar humano. Este primer volumen ha recorrido con rigurosidad científica y enfoque técnico los fundamentos esenciales que estructuran este campo: desde sus orígenes históricos y transformaciones industriales hasta los materiales, tecnologías y procesos que permiten la fabricación de textiles adaptados a exigencias médicas altamente especializadas.

A lo largo de este texto, hemos evidenciado cómo los textiles médicos han pasado de ser elementos complementarios para convertirse en protagonistas del avance clínico y científico. Un apósito antimicrobiano, una sutura absorbible, una fibra conductora o un tejido biodegradable no son meros productos textiles: son soluciones de ingeniería biomédica que integran ciencia de materiales, fisiología humana y requerimientos técnicos rigurosos.

Esperamos que este texto haya proporcionado el conocimiento necesario para comprender cómo se conciben, diseñan y fabrican los textiles técnicos y de cómo estos se alinean con los desafíos actuales en temas de sostenibilidad, funcionalidad y regulación. Se abordó la clasificación de fibras (naturales, sintéticas, biodegradables y funcionales), los métodos de hilatura y formación de telas, así como los acabados técnicos que convierten una fibra, hilo o tela en una solución médica. Este enfoque no solo permite interpretar el marco teórico, sino también proyectar hacia el futuro las necesidades y oportunidades emergentes en este campo.

La industria textil no es estática; es un sector en constante evolución tecnológica donde convergen creatividad, ciencia e innovación. En este contexto, el presente libro busca no solo informar, sino también inspirar nuevas líneas de investigación, diseño y producción. Se invita a replantear al textil no solo

como un producto final, sino como un medio de interacción que este tiene con el ser humano y el entorno.

En el caso de nuestro país, debemos pensar que las industrias textiles y las universidades deberían ser entes que promuevan el desarrollo de este tipo de productos, teniendo en cuenta el gran impacto que estos tienen en el mercado global. Sobre todo, porque las empresas nacionales cuentan con los recursos tecnológicos y humanos para incursionar con estándares de calidad y con una visión de sostenibilidad en la producción de este tipo de productos; siendo una oportunidad que les permita diversificar el portafolio de productos, con el fin de tener un crecimiento nacional con proyección internacional.

Referencias

Abbasian, V., Emadi, R., & Kharaziha, M. (2020). Biomimetic nylon 6-baghdadite nanocomposite scaffold for bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering C, 109*, 110549. https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110549

Abdal-Hay, A., Abdelrazek Khalil, K., Al-Jassir, F. F., & Gamal-Eldeen, A. M. (2017). Biocompatibility properties of polyamide 6/PCL blends composite textile scaffold using EA.hy926 human endothelial cells. *Biomedical Materials, 12*(3), 035002. https://doi.org/10.1088/1748-605X/aa6306

Abrishami, S., Shirali, A., Sharples, N., Kartal, G. E., Macintyre, L., & Doustdar, O. (2024). Textile recycling and recovery: An eco-friendly perspective on textile and garment industries challenges. *Textile Research Journal*. https://doi.org/10.1177/00405175241247806

American Chemical Society. (2000). *The establishment of modern polymer science by Wallace H. Carothers*. https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/carotherspolymers.html

Ahmed, I. (2007). Nonwoven fabric finishing. In S. Russell (Ed.), *Handbook of nonwovens* (pp. 368-400). Woodhead Publishing.

Ahsan, M., Teay, S. H., Sayem, A. S. M., & Albarbar, A. (2022). Smart clothing framework for health monitoring applications. *Signals, 3*(1), 113-145. https://doi.org/10.3390/signals3010009

Albrecht, W., & Fuchs, H. (2003). *Nonwoven fabrics*. Wiley-VCH.

Altman, G. H., Diaz, F., Jakuba, C., Calabro, T., Horan, R. L., Chen, J., Lu, H., Richmond, J., & Kaplan, D. L. (2003). Silk-based biomaterials. *Biomaterials, 24*(3), 401-416. https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00353-8

Arquintro. (2022). *Historia de la producción textil*. https://www.arquintro.com/prehistoria-de-la-produccion-textil/

ASEP. (2025). *Exploring the biomedical applications of nylon*. https://www.asepindustries.com.my/post/nylon-in-biomedical

Bajwa, J., Munir, U., Nori, A., & Williams, B. (2021). Artificial intelligence in

healthcare: Transforming the practice of medicine. *Future Healthcare Journal, 8*(2), e188-e194. https://doi.org/10.7861/fhj.2021-0095

Baptista, S., Ferreira, S., & Brassesco, M. (2022). Research, development, and future trends for medical textile products. In *Medical textiles from natural resources* (Vol. 3).

Britannica. (2025). *Charles Goodyear*. https://www.britannica.com/biography/Charles-Goodyear

Bu, Y., Ma, J., Bei, J., & Wang, S. (2019). Surface modification of aliphatic polyester to enhance biocompatibility. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7*, 98. https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00098

Carraher, C. E. (2003). *Polymer chemistry* (6th ed.). Marcel Dekker.

Chaudhari, D. S., & Mandot, A. (2008). Nonwoven fabrics in apparel. *Fibre2Fashion Online Journal*.

Cherenack, K., & Pieterson, L. (2012). Smart textiles: Challenges and opportunities. *Journal of Applied Physics, 112*, 091301. https://doi.org/10.1063/1.4742728

Chowdhury, K. P., Chowdhury, S., Hosain, M. A., Mamun, A. A., Alahi, S. N., & Rahman, M. S. (2018). Comparative enactment of fluorocarbon-free and fluorocarbon-based water repellent finishes on cotton single jersey fabrics. *International Journal of Current Engineering and Technology, 8*(2). https://doi.org/10.14741/ijcet/v.8.2.34

Chu, C.-C., von Fraunhofer, J. A., & Greisler, H. P. (1997). *Wound closure biomaterials and devices*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203733653

Darie-Niță, R. N., Râpă, M., & Frąckowiak, S. (2022). Special features of polyester-based materials for medical applications. *Polymers, 14*(5), 951. https://doi.org/10.3390/polym14050951

Das, R., & Karumbaiah, K. M. (2015). Biodegradable polyester-based blends and composites: Manufacturing, properties, and applications. In *Biodegradable polyesters* (pp. 321-340). https://doi.org/10.1002/9783527656950.ch13

Deopura, B. L., Alagirusamy, R., Joshi, M., & Gupta, B. (2008). *Polyesters and polyamides*. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9781845694609

Ding, Z., Babar, A. A., Wang, C., Zhang, P., Wang, X., Yu, J., & Ding, B. (2021). Spunbonded needle-punched nonwoven geotextiles for filtration and drainage applications: Manufacturing and structural design. *Composites Communications, 25*,

100481. https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100481

Düzyer, S., Koral Koç, S., Hockenberger, A., Evke, E., Kahveci, Z., & Uğuz, A. (2013). Effects of different sterilization methods on polyester surfaces. *Tekstil ve Konfeksiyon, 23*(4), 319–324.

Eichhorn, S. J., Hearle, J. W. S., & Jaffe, M. (2009). *Handbook of textile fibre structure* (Vol. 1). Woodhead Publishing.

Elliott, J. R. (1957). The development of cotton wool as a wound dressing. *Medical History, 1*(4), 362-366. https://doi.org/10.1017/S002572730002161X

Esparza, W. R., Herrera-Villarreal, W. A., & Lara Castro, L. O. (2026). Innovation in orthotics: Development of technical textiles from bamboo cellulose. *Polymers, 18*(6), 669. https://doi.org/10.3390/polym18060669

Fahimirad, S., Fattahi, F., Hatami, M., Shabani, S., & Ghorbanpour, M. (2025). Nanotechnology-based biotherapeutics for physiological wound healing phases. *Industrial Crops and Products, 226*, 120608. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120608

Fung, W., & Hardcastle, M. (2001). *Textiles in automotive engineering*. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9781855738973

Gao, Y., & Cranston, R. (2008). Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. *Textile Research Journal, 78*(1), 60-72. https://doi.org/10.1177/0040517507082332

Geus, H. G. (2016). Developments in manufacturing techniques for technical nonwovens. In K. George (Ed.), *Advances in technical nonwovens*. Woodhead Publishing.

Ginsburg, M. (1993). *La historia de los textiles*. Editorial Libsa.

Gokhale, S. (2025). *Medical textiles market size to hit USD 38.71 billion by 2034*. https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market

Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (2016). *Handbook of technical textiles* (2nd ed.). Woodhead Publishing.

Iyer, C., Mammel, B., & Schach, W. (2004). *Circular knitting* (2nd ed.). Mayer & Cie.

Jafari, E., Descollonges, M., Deley, G., Di Marco, J., Popovic-Maneski, L., & Metani, A. (2025). Comfort, consistency, and efficiency of garments with textile electrodes versus hydrogel electrodes for neuromuscular electrical stimulation in a

randomized crossover trial. *Scientific Reports, 15*(1), 1–17. https://doi.org/10.1038/s41598-025-91452-8

Jaffe, M., Easts, A. J., & Feng, X. (2020). Polyester fibers. In M. Jaffe & J. D. Menczel (Eds.), *Thermal analysis of textiles and fibers* (pp. 133-149). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100572-9.00008-2

Jia, H., Sheng, Y., Guo, P., Underwood, S., Chen, H., Kim, Y. R., Li, Y., & Ma, Q. (2023). Effect of synthetic fibers on the mechanical performance of asphalt mixture: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 10*(3), 331–348. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.02.002

Jose M, S., & Sumathi, S. (2025). A review of electrospun polymeric fibers as potential drug delivery systems for tunable release kinetics. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 10*(3), 100933. https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2025.100933

Joshi, M., & Butola, B. S. (2013). Application technologies for coating, lamination and finishing of technical textiles. In M. L. Gulrajani (Ed.), *Advances in the dyeing and finishing of technical textiles* (pp. 355–411). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9780857097613.2.355

Khosravi, S., Soltanian, S., Servati, A., Khademhosseini, A., Zhu, Y., & Servati, P. (2023). Screen-printed textile-based electrochemical biosensor for noninvasive monitoring of glucose in sweat. *Biosensors, 13*(7), 684. https://doi.org/10.3390/bios13070684

King, M. W., Gupta, B. S., & Guidoin, R. (2013). *Biotextiles as medical implants*. Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9780857095602

Kohutiar, M., Kakošová, L., Krbata, M., Janík, R., Fekiač, J. J., Breznická, A., Eckert, M., Mikuš, P., & Timárová, Ľ. (2025). Comprehensive review: Technological approaches, properties, and applications of pure and reinforced polyamide 6 (PA6) and polyamide 12 (PA12) composite materials. *Polymers, 17*(4), 442. https://doi.org/10.3390/polym17040442

Kundu, B., Rajkhowa, R., Kundu, S. C., & Wang, X. (2013). Silk fibroin biomaterials for tissue regenerations. *Advanced Drug Delivery Reviews, 65*(4), 457-470. https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.09.043

Kuperkar, K., Atanase, L. I., Bahadur, A., Crivei, I. C., & Bahadur, P. (2024).

Degradable polymeric bio(nano)materials and their biomedical applications: A comprehensive overview and recent updates. *Polymers, 16*(2), 206. https://doi.org/10.3390/polym16020206

Lewin, M. (2007). *Handbook of fiber chemistry* (3rd ed.). Taylor & Francis.

Lo, J. S., Daoud, W., Tso, C. Y., Lee, H. H., Firdous, I., Deka, B. J., & Lin, C. S. K. (2022). Optimization of polylactic acid-based medical textiles via electrospinning for healthcare apparel and personal protective equipment. *Sustainable Chemistry and Pharmacy, 30*, 100891. https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100891

Lord, P. R. (2003). *Handbook of yarn production: Technology, science and economics*. Woodhead Publishing.

Mahltig, B., Reibold, M., Gutmann, E., Textor, T., Gutmann, J., Haufe, H., & Haase, H. (2011). Preparation of silver nanoparticles suitable for textile finishing processes to produce textiles with strong antibacterial properties against different bacteria types. *Zeitschrift für Naturforschung B, 66*(9), 905–916. https://doi.org/10.1515/znb-2011-0907

Massella, D., Giraud, S., Guan, J., Ferri, A., & Salaün, F. (2019). Textiles for health: A review of textile fabrics treated with chitosan microcapsules. *Environmental Chemistry Letters, 17*(4), 1787-1800. https://doi.org/10.1007/s10311-019-00913-w

Mather, R., Warman, R., & Rona, S. (2019). *The chemistry of textile fibres* (3rd ed.). The Royal Society of Chemistry.

McIntyre, J. E. (Ed.). (2005). *Synthetic fibres: Nylon, polyester, acrylic, polyolefin*. Woodhead Publishing.

Michaleas, S. N., Laios, K., Charalabopoulos, A., Samonis, G., & Karamanou, M. (2022). Joseph Lister (1827-1912): A pioneer of antiseptic surgery. *Cureus, 14*(12), e32777. https://doi.org/10.7759/cureus.32777

Microxpress & BioShields. (2007). *A handbook of best practices*.

Mitchell, A., Spencer, M., & Edmiston, C. E., Jr. (2015). Role of healthcare apparel and other healthcare textiles in the transmission of pathogens: A review of the literature. *Journal of Hospital Infection, 90*(4), 285–292. https://doi.org/10.1016/j.jhin.2015.02.017

Morris, H., & Murray, R. (2020). Medical textiles. *Textile Progress, 52*(1-2), 1-127. https://doi.org/10.1080/00405167.2020.1824468

Morton, W. E., & Hearle, J. W. S. (2008). *Physical properties of textile fibres* (4th ed.). Woodhead Publishing.

Nawab, Y. (2016). Textile engineering. *Physical Sciences Reviews, 1*(7). https://doi.org/10.1515/psr-2016-0023

Nisar, S., Kashyap, P. K., Farooq, U., Shahid, U.-I., & Pandit, A. H. (2023). Recent advances in natural polymer based hydrogels for wound healing applications. In S. Ul-Islam, A. Majumdar, & B. Butola (Eds.), *Advances in healthcare and protective textiles* (pp. 135–151). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91188-7.00004-2

Özant, A., & Arslan, K. (2023). Synthetic meshes in hernia surgery. *Cyprus Journal of Medical Sciences, 8*(1), 1-7. https://doi.org/10.4274/cjms.2022.2021-217

Patersen, R. (2016). Carbon fiber biocompatibility for implants. *Fibers, 4*(1), 1. https://doi.org/10.3390/fib4010001

Peng, Y., & Cui, Y. (2024). Thermal management with innovative fibers and textiles: Manipulating heat transport, storage and conversion. *National Science Review, 11*. https://doi.org/10.1093/nsr/nwae295

Pereira-Lobato, C., Echeverry-Rendón, M., Fernández-Blázquez, J. P., Llorca, J., & González, C. (2025). PLA/PCL composites manufactured from commingled yarns for biomedical applications. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 163*, 106819. https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106819

Plakantonaki, S., Kiskira, K., Zacharopoulos, N., Chronis, I., Coelho, F., Togiani, A., Kalkanis, K., & Priniotakis, G. (2023). A review of sustainability standards and ecolabeling in the textile industry. *Sustainability, 15*(15), 11589. https://doi.org/10.3390/su151511589

Podgornik, B., Šandrić, S., & Kert, M. (2021). Microencapsulation for functional textile coatings. *Coatings, 11*(11), 1371. https://doi.org/10.3390/coatings11111371

Precedence Research. (2025). *Medical textiles market size, share, and trends 2025 to 2034*. https://www.precedenceresearch.com/medical-textiles-market

Qin, Y. (2016a). Biocompatibility testing for medical textile products. In *Medical textile materials* (pp. 191–201). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100618-4.00014-5

Qin, Y. (2016b). *Medical textile materials*. Woodhead Publishing. https://doi.org/

10.1016/B978-0-08-100618-4.00005-4

Rabe, E., Földi, E., Gerlach, H., Jünger, M., Lulay, G., Miller, A., Protz, K., Reich-Schupke, S., Schwarz, T., Stücker, M., Valesky, E., & Pannier, F. (2021). Medical compression therapy of the extremities with medical compression stockings (MCS), phlebological compression bandages (PCB), and medical adaptive compression systems (MAC). *Der Hautarzt, 72*, 37–50. https://doi.org/10.1007/s00105-020-04706-z

Rajendran, S., & Anand, S. C. (2002). Developments in medical textiles. *Textile Progress, 32*, 1–42. https://doi.org/10.1080/00405160208688956

Rajendran, S., & Anand, S. C. (2016). Smart textiles for infection control management. In *Advances in smart medical textiles* (pp. 93-117). https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-379-9.00005-0

Ramakrishna, S., Tian, L., Wang, C., Liao, S., & Teo, W. E. (2015). Quality management systems for medical device manufacture. In *Medical devices* (pp. 49-63). https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100289-6.00003-X

Ramazan, E. (2019). Advances in fabric structures for wound care. In S. Rajendran (Ed.), *Advanced textiles for wound care* (2nd ed., pp. 509-540). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102192-7.00018-7

Rengasamy, S. (2014). Composite nonwovens in wipes. In D. Das & B. Pourdeyhimi (Eds.), *Composite non-woven materials: Structure, properties and applications* (pp. 89–118). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9780857097750.58

Rockwood, D. N., Preda, R. C., Yücel, T., Wang, X., Lovett, M. L., & Kaplan, D. L. (2011). Materials fabrication from *Bombyx mori* silk fibroin. *Nature Protocols, 6*(10), 1612–1631. https://doi.org/10.1038/nprot.2011.379

Rosen, M. J. (2009). Polyester-based mesh for ventral hernia repair: Is it safe? *American Journal of Surgery, 197*(3), 353-359. https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2008.11.003

Roy Choudhury, A. K. (2017). Introduction to finishing. In A. K. Roy Choudhury (Ed.), *Principles of textile finishing* (pp. 1–19). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100646-7.00001-1

Ruiz de Haro, M. I. (2012). Orígenes, evolución y contextos de la tecnología y la protohistoria. *Arqueología y Territorio, 9*, 133–145.

Sanders, D., Grunden, A., & Dunn, R. R. (2021). A review of clothing microbiology:

The history of clothing and the role of microbes in textiles. *Biology Letters, 17*(1). https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0700

Sharma, D., & Popli, H. (2018). An insight to medical textiles. *World Journal of Pharmaceutical Research, 7*(13), 352. https://doi.org/10.20959/wjpr201813-12788

Shirvan, A., & Nouri, A. (2021). Medical textiles. In *Advances in functional and protective textile*. https://doi.org/10.1201/9781003170570

Speke, R. (1954). Variables in padding processes. *Journal of the Society of Dyers and Colourists, 70*, 221-226. https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.1954.tb02032.x

Statista. (2025). *Salud: Gasto como porcentaje del PIB por países*. https://es.statista.com/estadisticas/636148/paises-con-el-mayor-gasto-en-salud-como-porcentaje-del-pib/

Sun, G. (2011). Disposable and reusable medical textiles. In *Textiles for hygiene and infection control* (pp. 125-135). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9780857093707.2.125

United Nations Industrial Development Organization. (2023). *Indian textiles & apparel sectorial system of innovation (ITASSI)*. UNIDO-DST Survey Report.

Varnaitė-Žuravliova, S., Sankauskaitė, A., Stygienė, L., Krauledas, S., Bekampienė, P., & Milčienė, I. (2016). The investigation of barrier and comfort properties of multifunctional coated conductive knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles, 45*(4), 585–610. https://doi.org/10.1177/1528083714564637

Venkatraman, P. D., Butler, J. A., & Britten, N. S. (2023). Advances in medical textiles. In S. Maity, K. Singha, & P. Pandit (Eds.), *Functional and technical textiles* (pp. 31-70). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91593-9.00003-1

Wang, A.-B., Zhang, X., Gao, L. J., Zhang, T., Xu, H. J., & Bi, Y. J. (2023). A review of filtration performance of protective masks. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(3), 2346. https://doi.org/10.3390/ijerph20032346

Wang, M., & Duan, B. (2019). Materials and their biomedical applications. In R. Narayan (Ed.), *Encyclopedia of biomedical engineering* (pp. 135-152). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.99860-X

Wang, Y., Rudym, D. D., Walsh, A., Abrahamsen, L., Kim, H.-J., Kim, H. S., Kirker-Head, C., & Kaplan, D. L. (2008). In vivo degradation of three-dimensional silk fibroin scaffolds. *Biomaterials, 29*(24-25), 3415-3428. https://doi.org/10.1016/j.bi

omaterials.2008.05.002

Wang, Z., Xiao, M., Guo, F., Yan, Y., Tian, H., Zhang, Q., Ren, S., & Yang, L. (2023). Biodegradable polyester-based nano drug delivery system in cancer chemotherapy: A review of recent progress (2021-2023). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11*, 1295323. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1295323

Xiong, Y., & Tao, X. (2018). Compression garments for medical therapy and sports. *Polymers, 10*(6), 663. https://doi.org/10.3390/polym10060663

Xu, K., Yuan, D., Wu, Z., Zhou, Y., Teng, J., & Ye, C. (2025). Biomechanical and biocompatibility study of carbon fibre/kevlar high tibial osteotomy elastic composite plate. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 145*(1), 234. https://doi.org/10.1007/s00402-025-05857-1

Yetisen, A. K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M. R., Hinestroza, J. P., Skorobogatiy, M., Khademhosseini, A., & Yun, S. H. (2016). Nanotechnology in textiles. *ACS Nano, 10*(3), 3042-3068. https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176

Zakaria, Z., Izzah, Z., Jawaid, M., & Hassan, A. (2012). Effect of degree of deacetylation of chitosan on thermal stability and compatibility of chitosan-polyamide blend. *BioResources, 7*(4), 5568-5580. https://doi.org/10.15376/biores.7.4.5568-5580

Zhao, X., Klemeš, J. J., Saxon, M., & You, F. (2022). How sustainable are the biodegradable medical gowns via environmental and social life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production, 380*, 135153. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135153

Zhezhova, S., Jordeva, S., Golomeova-Longurova, S., & Jovanov, S. (2021). Application of technical textile in medicine. *Tekstilna Industrija, 69*(2), 21-29. https://doi.org/10.5937/tekstind2102021z

Zhong, W. (2013). *An introduction to healthcare and medical textiles*. DEStech Publications.

Zhu, W., Chow, L., Ye, D., Qiu, Y., Li, J., Zhang, B., Guo, Y., & Jia, S. (2025). Advances in smart textiles for personal thermal management. *Med-X*. https://doi.org/10.1007/s44258-025-00050-w



EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

ISBN: 978-9942-572-63-9