

89

Directores del capítulo
A. Lee Ivester y John D. Neefus

Sumario

La industria textil: historia y salud y seguridad <i>Leon J. Warshaw</i>	89.2
Tendencias mundiales en la industria textil <i>Jung-Der Wang</i>	89.4
Producción y desmotado del algodón <i>W. Stanley Anthony</i>	89.6
Producción de hilo de algodón <i>Phillip J. Wakelyn</i>	89.9
Industria de la lana <i>D.A. Hargrave</i>	89.12
Industria de la seda <i>J. Kubota</i>	89.14
Viscosa (rayón) <i>M.M. El Attal</i>	89.15
Fibras sintéticas <i>A.E. Quinn and R. Mattioli</i>	89.16
Productos de fieltro natural <i>Jerzy A. Sokal</i>	89.17
Tinción, estampado y acabado <i>J.M. Strother y A.K. Niyogi</i>	89.18
Generos textiles no tejidos <i>William A. Blackburn y Subhash K. Batra</i>	89.21
Tejido y tricotado <i>Charles Crocker</i>	89.23
Alfombras y moquetas <i>The Carpet and Rug Institute</i>	89.25
Alfombras tejidas o anudadas a mano <i>M.E. Radjabi</i>	89.28
Afecciones respiratorias y de otro tipo observadas en la industria textil <i>E. Neil Schachter</i>	89.30

● LA INDUSTRIA TEXTIL: HISTORIA Y SALUD Y SEGURIDAD

Leon J. Warshaw

La industria textil

El término *industria textil* (del latín *texere*, tejer) se refería en un principio al tejido de telas a partir de fibras, pero en la actualidad abarca una amplia gama de procesos, como el punto, el *tufting* o anudado de alfombras, el enfurtido, etc. Incluye también el hilado a partir de fibras sintéticas o naturales y el acabado y la tinción de tejidos.

Hilado

En épocas prehistóricas se utilizaban pelo de animales, plantas y semillas para obtener fibras. La seda empezó a utilizarse en China alrededor del año 2600 a.C., y a mediados del siglo XVIII de la era actual se crearon las primeras fibras sintéticas. Aunque las fibras sintéticas elaboradas a partir de celulosa o productos químicos derivados del petróleo, solas mezcladas entre sí o con fibras naturales se emplean cada vez más, no han conseguido eclipsar por completo a los tejidos de fibras naturales, como la lana, el algodón, el lino o la seda.

La seda es la única fibra natural formada por filamentos que se retuercen para obtener un hilo. Las demás fibras naturales hay que estirarlas, disponerlas en paralelo peinándolas y torsionándolas en una máquina continua de hilar que hace el hilo. El *huso* fue la primera herramienta para hilar; se mecanizó por primera vez en Europa alrededor del año 1400 d.C. con la invención de la rueda de hilar. A finales del siglo XVII se inventó la *máquina de hilar algodón*, que acciona varios husos a la vez. Más adelante, gracias a Richard Arkwright, que inventó la *continua de hilar* en 1769, y a Samuel Crompton, que introdujo la *selfactina*, que permitía a un solo operario manejar un millar de husos a la vez, la hilatura salió de los talleres artesanos rurales y se transformó en producción industrial.

Fabricación de tejidos

La fabricación de tejidos tiene una historia similar. Ya desde sus orígenes en la antigüedad, el telar manual ha sido la máquina básica para tejer. Las mejoras mecánicas empezaron en tiempos muy antiguos con el desarrollo del *lizo*, al que se van uniendo hilos de urdimbre alternos; en el siglo XIII d.C. se introdujo la *cárcola* o *pedal*, que permite manipular varios grupos de lizos. Con la incorporación del *batán sobre bancada*, que golpea la trama o los hilos de la trama para colocarlos en su lugar, el telar "mecanizado" se convirtió en el instrumento predominante en Europa y, excepto en las culturas tradicionales donde se mantuvo el manual, en todo el mundo.

La *lanzadera volante*, inventada por John Kay en 1733, permite al tejedor impulsar la lanzadera automáticamente a todo lo ancho del telar, y fue el primer paso hacia la mecanización de la tejeduría. Edmund Cartwright desarrolló el *telar accionado a vapor* y en 1788, junto con James Watt, fundó en Inglaterra la primera fábrica textil accionada por vapor. Esto acabó con la dependencia que los talleres textiles tenían del agua, necesaria para accionar las máquinas; ahora podían instalarse en cualquier lugar. Otro progreso importante fue la aparición del sistema de *tarjeta perforada*, inventado en Francia en 1801 por Joseph Marie Jacquard para tejer automáticamente patrones con dibujos. Los primeros telares motorizados eran de madera, y poco a poco se fueron sustituyendo por modelos de acero y otros metales. Desde entonces, el cambio tecnológico los ha ido sustituyendo por aparatos más grandes, más rápidos y mucho más automatizados.

Tintura y estampado

En un principio se utilizaban tintes naturales para dar color a hilos y tejidos, pero el descubrimiento de los colorantes derivados del alquitrán de hulla en el siglo XIX y de las fibras sintéticas en el XX estimuló el continuo perfeccionamiento de la tintorería. La primera técnica de estampado fue la impresión con bloques coloreados (la serigrafía para tejidos se desarrolló a mediados del siglo XVII), pero pronto fue sustituida por el estampado mecánico. Los cilindros de cobre grabados se utilizaron por primera vez en Inglaterra en 1785, y a esto siguió un perfeccionamiento rápido que culminó en el estampado mecánico con cilindros de seis colores y registro perfecto. Las actuales estampadoras mecánicas producen más de 180 m por minuto de tejido estampado en 16 colores o más.

Acabado

Al principio, los tejidos se acababan por cepillado o tundido de la superficie, relleno o apresto de la tela, o tratamiento en calandria de rodillos para darle aspecto lustroso. Ahora los géneros se preencogen, se *mercerizan* (los hilos y tejidos de algodón se tratan con soluciones cáusticas para mejorar la resistencia y el brillo) y se someten a muy variados tratamientos de acabado para hacerlos inarrugables, mantener los pliegues y mejorar la resistencia al agua, el fuego y el emohecimiento.

Con tratamientos especiales se producen *fibras de alto rendimiento*, llamadas así por su extraordinaria solidez y resistencia extrema a altas temperaturas. Así, la aramida, una fibra similar al nylon, es más fuerte que el acero, y el kevlar, que se elabora a partir de aramida, se utilizan en la confección de tejidos a prueba de balas y prendas de vestir resistentes tanto al calor como a los productos químicos. Otras fibras sintéticas combinadas con carbono, boro, silicio, aluminio y otros elementos se utilizan para confeccionar materiales superligeros y superfuertes, utilizados en aviones, naves espaciales, filtros y membranas resistentes a los productos químicos, y ropa de protección para la práctica deportiva.

De artesanía a industria

Inicialmente, la producción textil era una actividad artesana propia del medio rural en la que también participaban pequeños grupos de artesanos hábiles. Con el desarrollo tecnológico nacieron las grandes empresas textiles, cuya influencia económica se dejó sentir con especial fuerza en el Reino Unido y los países de Europa occidental. Los primeros colonos que se establecieron en Estados Unidos llevaron las fábricas textiles a Nueva Inglaterra (Samuel Slater, que había sido supervisor de telar en Inglaterra, construyó de memoria una continua de hilar en Providence, Rhode Island, en 1780); la *desmotadora de algodón*, una máquina inventada por Eli Whitney que limpiaba el algodón en rama a gran velocidad, espoleó la demanda de tejidos de algodón.

Este proceso se vio acelerado por la comercialización de la *máquina de coser*. A principios del siglo XVIII, varios inventores idearon máquinas para coser telas. En Francia, en 1830, Barthélemy Thimonnier obtuvo una patente por su máquina de coser; pero en 1841, cuando tenía ya 80 máquinas cosiendo uniformes para el ejército francés, la fábrica fue destruida por los sastres, que veían en ella una amenaza para su medio de vida. Más o menos por aquella época, en Inglaterra, Walter Hunt diseñó una máquina perfeccionada, pero abandonó el proyecto porque pensó que dejaría a las pobres costureras sin trabajo. En 1848, Elias Howe obtuvo una patente en Estados Unidos para una máquina muy parecida a la de Hunt, pero se vio envuelto en numerosos pleitos, que finalmente ganó, pues había acusado a muchos fabricantes de copiar su patente. El invento de la máquina de coser moderna se atribuye a Isaac Merritt Singer,

que diseñó el brazo voladizo, el prensatelas, una rueda que conduce el tejido hacia la aguja y un pedal en vez de una manivela, dejando así las dos manos libres para guiar el tejido. Además de diseñar y fabricar la máquina, fundó la primera empresa de producción a gran escala de máquinas de uso doméstico, con novedades como la publicidad, la venta a plazos y los contratos de mantenimiento.

De este modo, los avances tecnológicos que tuvieron lugar en el siglo XVIII no sólo impulsaron la industria textil moderna, sino que inauguraron el sistema fabril y los profundos cambios de la vida familiar y social que terminarían englobándose bajo la denominación de Revolución Industrial. El cambio continúa, pues los grandes establecimientos textiles se trasladan desde las zonas industrializadas hacia nuevas regiones que prometen mano de obra y energía más baratas, y la competencia fomenta el desarrollo tecnológico continuo, con innovaciones como el control por ordenador, para reducir la necesidad de mano de obra y mejorar la calidad. Mientras, los políticos discuten las cuotas, los cupos y otros obstáculos económicos para ofrecer o mantener las ventajas competitivas de sus países. De este modo, la industria textil no sólo suministra productos esenciales para la creciente población mundial, sino que además ejerce una profunda influencia en el comercio internacional y la economía de las naciones.

Problemas de seguridad y salud

A medida que iban siendo más grandes, más veloces y más complicadas, las máquinas introducían riesgos nuevos; la creciente complejidad de materiales y procesos multiplicaba los peligros potenciales del lugar de trabajo; y la mecanización y el aumento forzoso de la productividad provocaban un grado de estrés, casi siempre negado o infravalorado, que socavaba el bienestar de los trabajadores. Donde la Revolución Industrial dejó sentir con mayor fuerza su efecto fue probablemente en la vida social, ya que los trabajadores se trasladaban del campo a las ciudades, donde tenían que soportar todos los males de la urbanización. Estos efectos se repiten en la actualidad, cuando el textil y otros sectores se trasladan a países y regiones en vías de desarrollo; la única diferencia es que los cambios son ahora más rápidos.

Los peligros a que se enfrentan los diversos segmentos del sector se resumen en los demás artículos de este capítulo. Subrayan la importancia de la atención y el mantenimiento adecuado de máquinas y equipos, la instalación de protecciones efectivas y rejillas para evitar el contacto con las piezas móviles, la ventilación aspirante local (LEV) como complemento de la buena ventilación general y el control de la temperatura, y el uso de equipos de protección personal (EPP) adecuados siempre que un peligro no se pueda evitar o controlar totalmente con medidas de diseño y modificación o sustitución por materiales menos peligrosos. La necesidad de educación y formación continuas de los trabajadores a todos los niveles y una supervisión efectiva son también temas recurrentes.

Aspectos medioambientales

Los problemas medioambientales que plantea la industria textil proceden de dos fuentes: los métodos de fabricación de géneros textiles y los riesgos asociados con la forma de utilizar los productos.

Manufacturas textiles

Los principales problemas ambientales que provocan las fábricas de géneros textiles están relacionados con las sustancias tóxicas que liberan a la atmósfera y las aguas residuales. Además de los agentes potencialmente tóxicos, también los malos olores suelen ser motivo de preocupación, sobre todo cuando las plantas de

estampación y tintura están cerca de zonas residenciales. Las salidas de ventilación pueden contener vapores de disolventes, formaldehído, hidrocarburos, ácido sulfhídrico y compuestos metálicos. A veces los disolventes se recuperan y destilan para reutilizarlos. Las partículas se eliminan con un buen filtrado. La depuración es eficaz para los componentes volátiles solubles en agua, como el metanol, pero no funciona en el estampado con pigmentos, cuyas principales emisiones son hidrocarburos. Los productos inflamables se pueden incinerar, aunque esto es relativamente caro. La solución definitiva, sin embargo, es el uso de materiales con el mínimo de emisiones posible, y no sólo al elegir los tintes, aglutinantes y ligantes que se utilizan en el estampado, sino también con respecto al contenido de formaldehído y monómero residual de los tejidos.

La contaminación de las aguas residuales por tintes no fijados es un problema ambiental grave, no sólo debido al peligro potencial que representa para la salud humana y animal, sino también por el cambio de color, muy notorio. En la tintura ordinaria se logra una fijación de más del 90 % del tinte, pero en la estampación con tintes reactivos es habitual alcanzar sólo un valor del 60 % o menos. Esto significa que más de una tercera parte del tinte reactivo entra en las aguas residuales cuando se lava el tejido una vez teñido. También entran más tintes en las aguas residuales durante el lavado de los tamices, los paños de estampación y los tambores.

En varios países se han establecido límites para el cambio de color de las aguas residuales, pero a menudo son muy difíciles de cumplir sin un sistema de depuración muy costoso. Una solución sería usar colorantes menos contaminantes y desarrollar tintes y agentes espesantes sintéticos que aumenten el grado de fijación y reduzcan así el exceso vertido en las aguas residuales (Grund 1995).

Problemas medioambientales en el uso de textiles

Los residuos de formaldehído y algunos complejos de metales pesados (la mayoría de los cuales son inertes) pueden ser suficientes para irritar la piel y sensibilizar a quienes llevan tejidos teñidos.

El formaldehído y los disolventes residuales de las alfombras y tejidos utilizados en tapicería y cortinas continúan desprendiendo vapores durante algún tiempo. En los edificios cerrados herméticamente con acondicionamiento del aire por recirculación en lugar de por intercambio de aire con el exterior estas sustancias alcanzan en ocasiones una concentración suficiente para inducir síntomas en los ocupantes del edificio, tal como se explica en otros apartados de esta *Enciclopedia*.

Para garantizar la seguridad de los tejidos, Marks and Spencer, empresa minorista de confección británico-canadiense, estableció límites al contenido en formaldehído en las prendas que compran. Desde entonces, otros fabricantes, de forma destacada Levi Strauss en Estados Unidos, han seguido el ejemplo. En varios países, estos límites se han normalizado en forma de leyes (p. ej. Dinamarca, Finlandia, Alemania y Japón) y, como respuesta a la formación del consumidor, los fabricantes se han adherido voluntariamente a estos límites para tener derecho a utilizar etiquetas ecológicas (véase la Figura 89.1).

Conclusión

El desarrollo tecnológico sigue perfeccionando la gama de tejidos fabricados por la industria textil y aumenta su productividad. Sin embargo, es sumamente importante que este desarrollo se guíe también por el imperativo de mejorar la salud, la seguridad y el bienestar de los trabajadores. En cualquier caso, es difícil aplicar estas mejoras a las fábricas antiguas que apenas son viables económicamente y que no pueden efectuar las inversiones necesarias, así como en las regiones en vías de desarrollo, ansiosas de

Figura 89.1 • Etiquetas ecológicas para productos textiles.



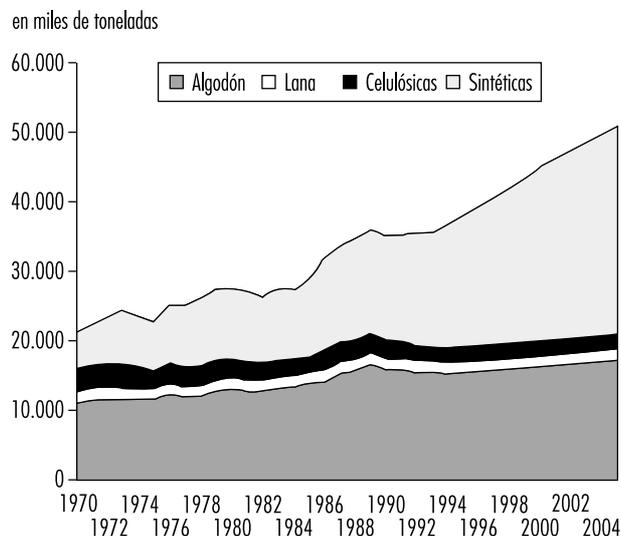
tener nuevas industrias aunque sea a costa de la salud y la seguridad de los trabajadores. Pero aún en estas circunstancias se avanza mucho mediante la educación y la formación de los trabajadores para reducir al mínimo los riesgos a que pueden verse expuestos.

● TENDENCIAS MUNDIALES EN LA INDUSTRIA TEXTIL

Jung-Der Wang

Desde que aparecieron sobre la Tierra, los seres humanos han recurrido a la ropa y el alimento para sobrevivir. La industria de la confección textil empezó muy pronto en la historia de la humanidad. El algodón y la lana empezaron a tejerse y tricotarse a mano para transformarlos en tejidos y prendas de vestir, y la Revolución Industrial no alteró esta forma de confección hasta el final del siglo XVIII y principios del XIX. El hombre empezó a utilizar distintas fuentes de energía para mover las máquinas. No obstante, el algodón, la lana y las fibras de celulosa siguen siendo las principales materias primas. A partir de la II Guerra Mundial, la producción de fibras sintéticas desarrollada por la industria

Figura 89.2 • Variación de la oferta de fibras en la industria textil antes de 1994 y extrapolación hasta 2004.



El crecimiento de la oferta de fibras sintéticas es abrumador.

	Total	Sintéticas	Algodón
1994→2000	3,5 %	5,8 %	1,2 %
2000→2005	2,5 %	3,6 %	1,2 %

En el año 2000 la oferta de fibras sintéticas representará más de la mitad de la oferta total de fibras.

	Sintéticas	Algodón
1994	48,2 %	41,3 %
2000	55,2 %	36,2 %
2005	58,3 %	34,0 %

Fuente: Ministerio de Industria y Comercio Internacional (Japón) 1996.

petroquímica experimentó un gran crecimiento. En 1994, el volumen de consumo de fibras sintéticas en los productos textiles del mundo era de 17,7 millones de toneladas, un 48,2 % del total de fibras, y se espera que sobrepase el 50 % a partir del año 2000 (véase la Figura 89.2).

Según el estudio sobre consumo mundial de fibra para prendas de vestir realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los índices anuales medios de crecimiento del consumo textil durante 1969-1989, 1979-1989 y 1984-1989 fueron 2,9 %, 2,3 % y 3,7 %, respectivamente. Partiendo de la tendencia de consumo anterior, del crecimiento de la población, del crecimiento

Tabla 89.1 • Número de empresas y empleados de la industria textil y de prendas de vestir en determinados países y territorios de la zona de Asia-Pacífico en 1985 y 1995.

Número de	Año	Australia	China	Hong Kong	India	Indonesia	Corea, República de	Malaisia	Nueva Zelanda	Paquistán
Empresas	1985	2.535	45.500	13.114	13.435	1.929	12.310	376	2.803	1.357
	1995	4.503	47.412	6.808	13.508	2.182	14.262	238	2.547	1.452
Empleados (×10³)	1985	96	4.396	375	1.753	432	684	58	31	N.D.
	1995	88	9.170	139	1.675	912	510	76	21	N.D.

Figura 89.3 • Peinado.



Witlawan Juengprasert, Ministerio de Sanidad Pública, Tailandia

del PIB (Producto Interior Bruto) per cápita y del aumento del consumo de cada producto textil asociado al aumento de los ingresos, la demanda de productos textiles en los años 2000 y 2005 será de 42,2 y de 46,9 millones de toneladas, respectivamente, tal como muestra la Figura 89.2. La tendencia señala que hay un crecimiento coherente de la demanda de productos textiles y que el sector seguirá empleando mucha mano de obra.

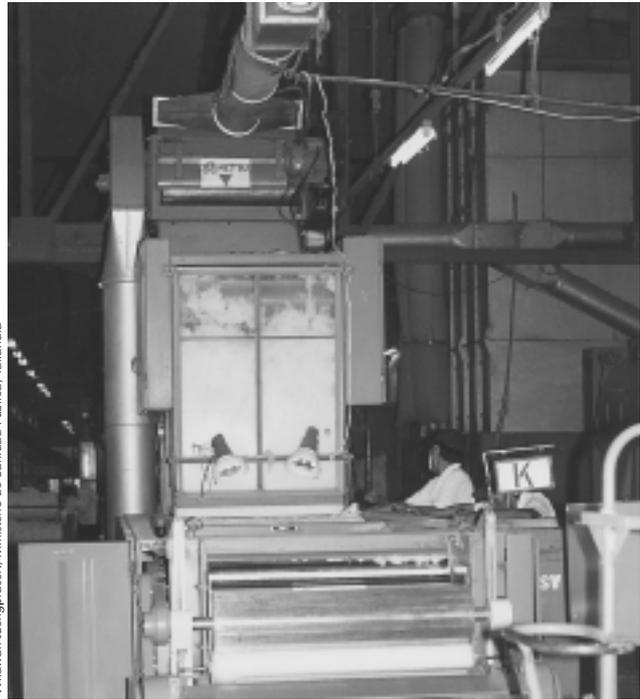
Otro cambio importante es la automatización progresiva de la tejeduría y el tricotado que, junto con el aumento del coste de la mano de obra, ha desplazado la industria desde los países desarrollados hacia los países en vías de desarrollo. Aunque la producción de hilo y tejidos, así como de algunas fibras sintéticas, se han quedado en los países desarrollados, una proporción considerable de los procesos finales del sector de la confección se ha trasladado a los países en vías de desarrollo. En la actualidad, el sector de la confección y textil de la región de Asia y el

Figura 89.4 • Cardado.



Witlawan Juengprasert, Ministerio de Sanidad Pública, Tailandia

Figura 89.5 • Batán moderno.



Witlawan Juengprasert, Ministerio de Sanidad Pública, Tailandia

Pacífico supone aproximadamente el 70 % de la producción mundial; la Tabla 89.1 muestra un cambio de tendencia del empleo en esa región. Por este motivo, la seguridad y salud laboral de los trabajadores textiles se ha convertido en un asunto importante en los países en vías de desarrollo; las figuras 89.3 a 89.6 ilustran algunos procesos de la industria textil tal como se llevan a cabo en las regiones menos desarrolladas.

Figura 89.6 • Urdido.



Witlawan Juengprasert, Ministerio de Sanidad Pública, Tailandia

● PRODUCCION Y DESMOTADO DEL ALGODON

W. Stanley Anthony

Producción de algodón

La producción de algodón propiamente dicha empieza en cuanto termina la recolección de la última cosecha. Las primeras labores consisten casi siempre en triturar los tallos, arrancar las raíces y labrar el suelo. Casi siempre se aplican fertilizantes y herbicidas antes de preparar la superficie para regar o plantar. Dado que las características del suelo y las prácticas anteriores de fertilización y cultivo determinan un grado de riqueza muy variable, los programas de abonado deberían basarse en análisis de muestras. El control de las malas hierbas es esencial para obtener grandes cantidades de borra de calidad, ya que reducen el rendimiento y la eficacia de la recolección hasta en un 30 %. Desde principios de los años sesenta los herbicidas se utilizan masivamente en muchos países para controlar las malas hierbas. Los métodos de aplicación incluyen un tratamiento antes de la plantación para eliminar las malas hierbas ya crecidas, la incorporación al suelo antes de plantar y el tratamiento antes y después de que las plantas despunten.

En la obtención de una buena cosecha de algodón intervienen la preparación del suelo, la humedad del suelo, la temperatura, la calidad de las semillas, las plagas, los fungicidas y la salinidad del suelo. Plantar semillas de gran calidad en un suelo bien preparado es esencial para obtener plántulas de crecimiento rápido, uniforme y vigoroso. Las semillas de buena calidad deben arrojar un índice de germinación del 50 % o más en la prueba de frío. En la prueba de frío y calor, el vigor de la semilla debería ser de 140 o más. Se recomienda una densidad de plantación de 12 a 18 semillas/metro lineal para obtener una población de 14.000 a 20.000 plantas/hectárea. Conviene utilizar un sistema adecuado de medición de plantación para asegurar el espaciado uniforme de las semillas, con independencia de su tamaño. Los índices de germinación de las semillas y de crecimiento de las plántulas dependen estrechamente del logro de una gama de temperaturas de 15 a 38 °C.

Las enfermedades precoces de las plántulas deterioran la uniformidad de la plantación y obligan a replantar. Los principales parásitos, como *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Thielaviopsis*, reducen la densidad y abren grandes claros entre las plántulas. Se aconseja plantar únicamente semillas que hayan sido tratadas de forma adecuada con uno o varios fungicidas.

El algodón es similar a otros cultivos en cuanto al uso de agua durante las diversas fases de desarrollo. Normalmente hacen falta menos de 0,25 cm al día desde el despunte hasta el primer cuarto de temporada. Durante este período la pérdida de humedad del suelo por evaporación puede sobrepasar la cantidad de agua transpirada por la planta. El consumo de agua aumenta considerablemente a medida que aparecen los primeros capullos, y llega a un nivel máximo de 1 cm/día en plena floración. Este volumen de agua se refiere a la cantidad total de agua (por precipitación o regadío) necesaria para que un cultivo de algodón prospere sin contratiempos.

Las poblaciones de insectos afectan mucho a la calidad y el rendimiento del algodón. El control precoz de estas poblaciones es importante para asegurar un desarrollo equilibrado de los frutos y la vegetación. Proteger los primeros frutos es esencial para obtener una buena cosecha. Más del 80 % del rendimiento se establece durante las primeras 3 ó 4 semanas de fructificación. Durante el período de fructificación es necesario vigilar los cultivos al menos dos veces por semana para controlar la actividad y el daño que estén ocasionando los insectos.

Un programa de defoliación bien gestionado reduce a la mitad de la hojarasca que puede afectar adversamente a la calidad del algodón cosechado. Los reguladores del crecimiento, como el PIX, son defoliantes útiles, porque controlan el crecimiento vegetativo y aceleran la fructificación.

Recolección

Hay dos clases de equipos para la recolección mecánica del algodón: el *recolector de husillo* es una cosechadora selectiva que utiliza husillos cónicos dentados para extraer el algodón de sus cápsulas. Para hacer cosechas estratificadas, basta recorrer el campo varias veces. Por el contrario, la *separadora de algodón* es una cosechadora no selectiva o de pasada única que recoge tanto las cápsulas abiertas como las agrietadas o cerradas junto con brácteas y otras impurezas.

Las prácticas agronómicas que rinden cosechas uniformes y de calidad suelen contribuir a la eficacia global del cultivo. El terreno ha de estar bien drenado y con las hileras dispuesta de modo que la maquinaria maniobre con eficacia. Los extremos han de estar limpios de hierbas y gramíneas y deben tener un pasillo libre de 7,6 a 9 metros para que las cosechadoras giren y se coloquen en línea con las hileras; también este reborde debe estar limpio de vegetación. La escarificación es perjudicial con tiempo lluvioso; en tal caso, es preferible eliminar las malas hierbas con productos químicos o segándolas. La altura idónea de la planta es no más de 1,2 metros para cosechadoras selectivas y no más de 0,9 metros para máquinas no selectivas; la altura se controla en cierta medida aplicando reguladores del crecimiento en la fase adecuada. Conviene seguir prácticas de cultivo tales que las cápsulas más bajas se formen al menos a 10 cm de altura sobre el suelo. Todas las labores —fertilización, cultivo, regadío— deben orientarse a la obtención de una cosecha de algodón bien formado.

La defoliación química induce la caída de las hojas. La aplicación de defoliantes minimiza la contaminación por materia vegetal verde y acelera la evaporación del rocío que humedece la borra por las mañanas. No deben aplicarse defoliantes antes de que se hayan abierto al menos el 60 % de las cápsulas; la recolección debe hacerse como mínimo entre 7 y 14 días después de la defoliación (el tiempo exacto depende del producto y de las condiciones meteorológicas). Los desecadores químicos son útiles para preparar las plantas para la recolección. Se entiende por desecación la pérdida rápida de agua seguida de la muerte de los tejidos vegetales. El follaje muerto continúa unido a la planta.

La moderna producción de algodón tiende hacia el acortamiento de la temporada y la recolección en una sola pasada. Los productos químicos que aceleran la apertura de la cápsula se aplican junto con el defoliador o inmediatamente después de la caída de las hojas. Con estos productos se adelanta la recolección y aumenta el porcentaje de cápsulas que se recogen en la primera cosecha. Dado que provocan la apertura total o parcial de las cápsulas inmaduras, la calidad de la cosecha se puede ver gravemente perjudicada (es decir, el contenido en microaire puede ser bajo) si se aplican demasiado pronto.

Almacenamiento

El contenido de humedad del algodón antes y durante el almacenamiento es muy importante; el exceso hace que el algodón almacenado se caliente demasiado, lo que trae como consecuencia la pérdida de poder germinativo de las semillas, la decoloración de la borra e incluso el riesgo de combustión espontánea. No hay que almacenar jamás semillas de algodón con un contenido de humedad de más del 12 %. También hay que controlar la temperatura interna de los módulos de almacenamiento recién contruidos durante los primeros 5 o 7 días de

almacenamiento del algodón; los módulos que experimentan un aumento de la temperatura de más de 11 °C o donde se superan los 49 °C deberían desmotarse inmediatamente para evitar la posibilidad de pérdidas importantes.

Diversas variables influyen en la calidad de la semilla y la fibra. El contenido de humedad es la más importante. Otras variables son la duración del almacenamiento, la cantidad de materia extraña con un elevado contenido de humedad, la variación de la humedad a través de la masa almacenada, la temperatura inicial del algodón en semilla, la temperatura del algodón en semilla durante el almacenamiento, factores climáticos durante el almacenamiento (temperatura, humedad relativa, precipitación) y la protección del algodón contra la lluvia y la humedad del suelo. Si la temperatura es elevada, amarillea antes. Tanto los aumentos de temperatura como la temperatura máxima son muy importantes. El aumento de la temperatura está directamente relacionado con el calor generado por la actividad biológica.

Desmotado

Anualmente se producen en el mundo unos 80 millones de balas de algodón, de las cuales unos veinte millones proceden de las casi 1.300 desmotadoras que hay en Estados Unidos. La función principal de la desmotadora es separar la borra de la semilla, aunque también debe estar equipada para separar un porcentaje elevado de materia extraña que reduciría considerablemente el valor de la borra desmotada. El desmotado debe tener dos objetivos: *a)* producir borra de calidad satisfactoria para el mercado del productor; y *b)* desmotar el algodón con una merma mínima de la calidad de hilatura de la fibra, de modo que satisfaga la demanda de los usuarios finales, el hilandero y el consumidor. Por lo tanto, la conservación de la calidad durante el desmotado exige una selección y un manejo adecuado de cada máquina. La manipulación mecánica y el secado pueden alterar las características de calidad naturales del algodón. Como mucho, el desmotado sólo puede preservar las características de calidad que ya tiene el algodón al iniciar el tratamiento. En los apartados siguientes se comenta brevemente la función de los principales procesos y equipos mecánicos de desmotado.

Maquinaria para algodón en semilla

El algodón se traslada desde un remolque o módulo hasta una trampa para cápsulas verdes dispuesta en la desmotadora, donde se separan las cápsulas verdes, las piedras y demás materiales extraños pesados. El control automático de la alimentación de la máquina proporciona un flujo de algodón uniforme y bien disperso, de modo que el sistema de limpieza y secado de la desmotadora funciona más eficientemente. El algodón que no está bien disperso puede atravesar el sistema de secado en forma de grumos, y secarse sólo superficialmente.

En la primera fase del secado, el aire caliente recorre el algodón colocado en estanterías durante 10 o 15 segundos. La temperatura del aire se regula para controlar el grado de desecación. Para evitar daños en la fibra, esta temperatura no debe sobrepasar nunca los 177° C. Las temperaturas superiores a 150 °C pueden inducir cambios físicos permanentes en las fibras de algodón. Los sensores de temperatura del secador se montan lo más cerca posible del punto donde confluyen el algodón y el aire caliente. Si se sitúa cerca de la salida de la torre de secado, la temperatura del punto de mezcla podría ser entre 55 y 110 °C superior a la que marca el sensor. El descenso de temperatura según se avanza hacia la salida de la torre de secado se debe al efecto de la evaporación y la pérdida de calor a través de las paredes de la maquinaria y de las tuberías. El secado continúa a medida que el aire caliente mueve el algodón en semilla hasta el limpiador de cilindros, un grupo de

6 ó 7 cilindros con púas que giran a 400 o 500 rpm. Estos cilindros restriegan el algodón sobre una serie de varillas o rejillas, lo agitan y hacen que las partículas extrañas, como hojas, desechos y suciedad, pasen por las aberturas de la reja. Los limpiadores de cilindros rompen las madejas más gruesas y acondicionan el algodón para una nueva fase de limpieza y secado. Los ritmos de procesado suelen ser de 6 balas por hora por metro de longitud del cilindro.

La máquina de varillas elimina del algodón las partículas extrañas más grandes, como broza y ramas. Estas máquinas utilizan la fuerza centrífuga creada por cilindros de sierra que giran a 300 o 400 rpm para expulsar la materia extraña mientras la sierra sostiene la fibra. El material de desecho expulsado va a parar al sistema de manipulación de desechos. Los índices de procesado más habituales son de 4,9 a 6,6 balas por hora por metro de longitud del cilindro.

Desmotado (separación de la borra de las semillas)

Después de otra fase de secado y limpieza con cilindros, el algodón se distribuye en la plataforma de cada desmotadora con ayuda de una cinta transportadora y distribuidora. El alimentador-extractor situado sobre la plataforma de la desmotadora dosifica el algodón en semilla para que entre uniformemente a un ritmo controlable y, como función secundaria, lo limpia. El contenido de humedad de la fibra de algodón en la superficie del alimentador-extractor es esencial. La humedad debe ser suficientemente baja como para que sea fácil eliminar la materia extraña en la plataforma de la desmotadora. Pero tampoco debe ser demasiado baja (menos del 5 %), ya que provocaría la rotura de las fibras individuales al separarlas de la semilla. Esta rotura reduce apreciablemente tanto de la longitud de la fibra como el volumen de la borra. Desde el punto de vista de la calidad, el algodón con un elevado contenido de fibras cortas produce demasiados desechos en la fábrica textil y es menos apreciado. Se evita que se rompan demasiadas fibras manteniendo la humedad entre un 6 y un 7 % en la telera del alimentador-extractor.

Normalmente se utilizan dos tipos de desmotadoras: de sierra y de cilindros. En 1794, Eli Whitney inventó una desmotadora que separaba la fibra de la semilla mediante púas o sierras montadas en un cilindro. En 1796, Henry Ogden Holmes inventó una desmotadora con sierras y rebordes que sustituyó a la de Whitney y convirtió el desmotado en un proceso continuo en lugar de por lotes. El algodón, normalmente la especie *Gossypium hirsutum*, entra en la plataforma de la desmotadora de sierra a través de una descortezadora situada en la parte delantera. Las sierras agarran el algodón y lo tiran a través de varillas muy espaciadas denominadas varillas de la descortezadora. Los copos de algodón pasan de las varillas de la descortezadora hasta el fondo de la caja giratoria. El desmotado propiamente dicho —la separación de la borra y la semilla— tiene lugar en la caja giratoria de la plataforma de la desmotadora. La acción del desmotado la realiza un grupo de sierras que giran entre varillas. Las dientes de la sierra pasan entre las varillas en el punto de desmotado. El borde delantero de los dientes es aproximadamente paralelo a la varilla, y el diente tira de las fibras de las semillas, que son demasiado gruesas para pasar entre las varillas. El desmotado a un ritmo superior al que recomienda el fabricante puede reducir la calidad de la fibra, dañar la semilla y provocar atascos. También son importantes las velocidades de la sierra de la plataforma de la desmotadora. Una velocidad elevada suele agravar los daños de las fibras provocados durante el desmotado.

Las desmotadoras de cilindros constituyeron los primeros medios mecánicos para separar la borra de algodón de fibra larga (*Gossypium barbadense*) de la semilla. La desmotadora Churka, de origen desconocido, estaba formada por dos

cilindros de superficie dura que giraban juntos a la misma velocidad superficial y separaban la fibra con un rendimiento de alrededor de 1 kg de borra al día. En 1840, Fones McCarthy inventó una desmotadora de cilindro más eficaz que consistía en un cilindro desmotador de piel, una cuchilla fija apretada contra el cilindro y otra oscilante que extraía la semilla de la borra a medida que ésta quedaba sujeta entre el cilindro y la cuchilla fija. A finales del decenio de 1950, los fabricantes de máquinas desmotadoras y las empresas desmotadoras privadas de Estados Unidos, con la colaboración del Laboratorio de Investigación del Sudoeste para el Desmotado de Algodón del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, desarrollaron una desmotadora de cilindro con cuchilla giratoria. Es la única desmotadora de cilindro que se sigue utilizando en la actualidad en Estados Unidos.

Limpieza de la borra

El algodón se transporta desde la plataforma de la desmotadora mediante tubos para borra hacia los condensadores donde vuelve a formar un bloque. El bloque se saca del tambor del condensador y entra en un limpiador de borra de sierra. Dentro del limpiador, el algodón pasa a través de los rodillos de alimentación y la bandeja de alimentación que introduce las fibras en la sierra del limpiador. La sierra traslada el algodón bajo una parrilla que elimina las semillas inmaduras y las impurezas con ayuda de la fuerza centrífuga. Es importante que la separación entre los dientes de la sierra y las barras de la parrilla sea la correcta. Las barras de la parrilla deben alinearse con un borde saliente afilado para no mermar la eficacia de la limpieza y evitar la pérdida de borra. Aumentar el ritmo de entrada de borra en el limpiador por encima del ritmo recomendado por el fabricante disminuirá la eficacia de la limpieza y aumentará la pérdida de fibra de calidad. El algodón desmotado en desmotadora de cilindro suele limpiarse con limpiadores no agresivos, sin sierra, para minimizar el daño de la fibra.

Los limpiadores de borra mejoran la calidad del algodón eliminando la materia extraña. En algunos casos mejoran el color de un algodón ligeramente manchado mezclándolo transformándolo en blanco. También mejoran el color de algodones moteados, que salen clasificados como moteados claros o blancos.

Embalaje

El algodón limpio se comprime en balas que se cubren para protegerlas de la contaminación durante el transporte y el almacenamiento. Se producen tres tipos de balas: planas modificadas, densidad universal de compresión y densidad universal de desmotado. Estas balas se envasan con densidades de 224 y 449 kg/m³ para las balas planas modificadas y las de densidad universal, respectivamente. En la mayor parte de las desmotadoras, el algodón se embala en una prensa de "doble caja" donde la borra se compacta primero en una caja de prensar mediante un sistema mecánico o hidráulico; después la caja gira y la borra se comprime de nuevo a unos 320 o 641 kg/m³ mediante prensas para balas planas modificadas o de densidad universal de desmotado, respectivamente. Las balas planas modificadas se vuelven a comprimir para convertirlas en balas de densidad universal de compresión en una operación posterior para conseguir un volumen mínimo. En 1985, aproximadamente un 98 % de las balas de Estados Unidos eran balas de densidad universal de desmotado.

Calidad de la fibra

La calidad de la fibra es el resultado de las influencias de todas las fases de producción: selección de la variedad, recolección y desmotado. Algunas características de calidad son básicamente

genéticas, mientras que otras dependen de las condiciones ambientales o de los métodos de recolección y desmotado. Los errores cometidos en las operaciones de producción o procesado afectan de manera irreversible a la calidad de la fibra o reducen los beneficios del productor y del fabricante de géneros textiles.

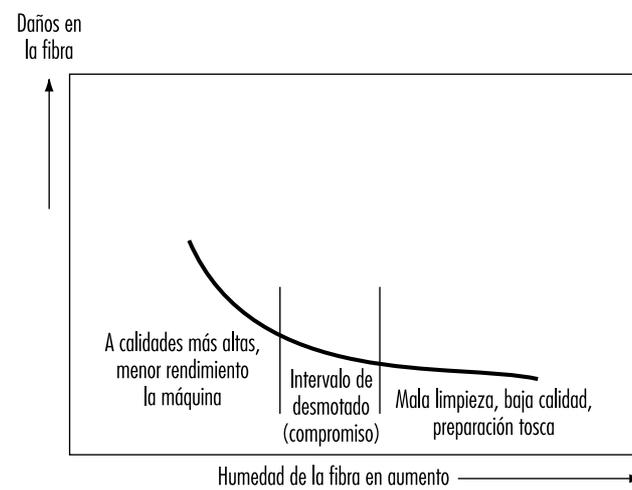
La calidad de la fibra es máxima el día en que se abre la cápsula de algodón. La exposición a la intemperie, la recolección mecánica, la manipulación, el desmotado y el proceso de fabricación pueden disminuir la calidad natural. Hay muchos factores que indican la calidad general de una fibra de algodón. Los más importantes son la resistencia, la longitud, el contenido de fibra corta (fibras de menos de 1,27 cm), la uniformidad de la longitud, la madurez, la pureza, el contenido de partículas extrañas, el color, el contenido de fragmentos de cáscaras y motas y la pegajosidad. El mercado suele reconocer estos factores, aunque no todos se miden en todas las balas.

El proceso de desmotado influye considerablemente en la longitud de la fibra, la uniformidad y el contenido de fragmentos de cáscaras de semillas, materias extrañas, fibras cortas y motas. Las dos operaciones de desmotado que más influyen en la calidad son la regulación de la humedad de la fibra durante el desmotado y la limpieza y el grado de limpieza de la borra con limpiadores de sierra que se aplique.

El grado de humedad de la borra recomendable durante el desmotado es del 6 al 7 %. Los limpiadores de la desmotadora eliminan más partículas extrañas con menos humedad, pero dañan más la fibra. Un grado de humedad mayor conserva la longitud de la fibra, pero complica el desmotado y la borra sale menos limpia, tal como ilustra la Figura 89.7. Si se seca más para eliminar más impurezas, disminuye la calidad del hilo. Aunque la fibra tenga mejor aspecto si se seca hasta un punto determinado, porque se eliminan más partículas extrañas, el mayor contenido de fibras cortas anula las ventajas de la mayor eliminación de partículas.

La limpieza influye poco en el cambio de color real de la fibra, pero peinar las fibras y eliminar las partículas extrañas cambia el color aparente. A veces, al limpiar la borra se mezclan las fibras de modo que se califiquen menos balas como manchadas o poco manchadas. El desmotado no influye en la finura y la madurez. Todos los dispositivos mecánicos o neumáticos utilizados durante la limpieza y el desmotado aumentan el contenido de motas, pero las limpiadoras de borras son las que más influyen. La cantidad de fragmentos de cáscaras en la

Figura 89.7 • Relación entre humedad y limpieza en el desmotado del algodón.



borra desmotada depende del estado de la semilla y la acción de desmotado. Los limpiadores de borra reducen el tamaño de los fragmentos, pero no su cantidad. La resistencia del hilo, el aspecto y la rotura al final del proceso son tres aspectos importantes para la calidad de la hilatura. Todos ellos dependen de la uniformidad de la longitud y, por lo tanto, de la proporción de fibras cortas o rotas. Estos tres aspectos suelen conservarse mejor cuando el algodón se desmota con el mínimo de maquinaria de secado y limpieza.

Se han formulado recomendaciones sobre la secuencia y la cantidad de maquinaria de desmotado para secar y limpiar el algodón recolectado selectivamente con el fin de obtener balas de valor aceptable y proteger la calidad natural del algodón. En general, se han seguido y confirmado en el sector algodonero de Estados Unidos durante varias décadas. Las recomendaciones tienen en cuenta las primas y los descuentos del sistema de comercialización así como la eficacia de la limpieza y los daños de la fibra provocados por las diversas máquinas. En condiciones de recolección especiales, es necesario introducir modificaciones en estas recomendaciones.

Si la maquinaria de desmotado se utiliza con la secuencia recomendada, se eliminan entre un 75 y un 85 % de las impurezas del algodón. Desgraciadamente durante este proceso la maquinaria también elimina pequeñas cantidades de algodón de buena calidad, de modo que la limpieza merma la cantidad de algodón comercializable. Por lo tanto, esta operación es un compromiso entre el contenido de materias extrañas y la pérdida y deterioro de fibras.

Problemas de seguridad y salud

La industria de desmotado del algodón, igual que otras industrias transformadoras, encierra muchos peligros. La información procedente de las demandas de indemnización de los trabajadores indica que la mayor parte de las lesiones afectan a las manos o a los dedos, seguidos de la espalda o la columna, los ojos, los pies o los dedos de los pies, los brazos o los hombros, las piernas, el tronco y la cabeza. Aunque la industria ha tomado parte activa en la reducción de riesgos y la formación en materia de seguridad, la seguridad del desmotado siguen siendo un problema grave. La principal fuente de preocupación es la elevada frecuencia de accidentes y las demandas de indemnización de los trabajadores, la gran cantidad de días de trabajo perdidos y la gravedad de los accidentes. El coste económico total de las lesiones y alteraciones de la salud debidas al trabajo en desmotadoras comprende los costes directos (médicos y demás indemnizaciones) y los indirectos (pérdida de días de trabajo, bajas, pérdida de capacidad laboral, mayor coste de los seguros para indemnizar a los trabajadores, pérdida de productividad y muchos otros factores). Los costes directos son más fáciles de determinar y mucho menores que los indirectos.

Muchos reglamentos internacionales en materia de seguridad y salud en relación con el desmotado del algodón proceden de la legislación estadounidense administrada por la Agencia de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) y la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA), que publica reglamentos sobre pesticidas.

También se aplican al desmotado otras normas del ámbito de la agricultura, como los requisitos de señalización de vehículos de circulación lenta aplicables a los tractores y remolques que circulan por las vías públicas, las disposiciones sobre estructuras de protección antivuelco de los tractores y las normas de acondicionamiento adecuado de los locales destinados a trabajadores temporeros. Aunque las desmotadoras se consideran empresas agrícolas y no quedan específicamente amparadas por

muchas normativas, es probable que los desmotadores prefieran cumplir algunas como la "Standards for General Industry, Part 1910" (Normas para la industria en general) de la OSHA. La OSHA tiene tres normas que los desmotadores deberían tener en cuenta: las de los planes para el caso de incendio y otras emergencias (29 CFR 1910.38a), salidas de emergencia (29 CFR 1910.35-40) y exposición al ruido en el trabajo (29 CFR 1910.95). En la 29 CFR 1910.36 y la 29 CFR 1910.37 se incluyen los principales requisitos en cuanto a salidas de emergencia. En otros países, donde los trabajadores agrícolas están cubiertos por el seguro obligatorio, estas normas son ineludibles. El cumplimiento de la normativa sobre ruidos y otros aspectos de la salud y la seguridad se trata en otros apartados de esta *Enciclopedia*.

Participación de los empleados en los programas de seguridad

Los programas más eficaces para el control de pérdidas son aquellos en los que la dirección motiva a los empleados para que sean conscientes de su seguridad. Esta motivación se impone estableciendo una política de seguridad que implique a los empleados en todos los aspectos del programa, participando en la formación en materia de seguridad, dando buen ejemplo y ofreciendo a los empleados los incentivos adecuados.

Las enfermedades profesionales se reducen obligando a usar EPP en las zonas designadas para ello y haciendo que los trabajadores cumplan prácticas de trabajo aceptables. Deberían utilizarse EPP para el oído (tapones u orejeras) y la respiración (mascarillas contra el polvo) siempre que la zona de trabajo tenga un nivel de ruido o una concentración de polvo elevados. Algunas personas son más sensibles a estos elementos que otras, e incluso con EPP deberían trabajar en otras zonas con niveles más bajos de ruido o de polvo. Los riesgos para la salud relacionados con el levantamiento de pesos o el calor excesivo se limitan mediante formación, el uso de equipos de manipulación de materiales, la indumentaria adecuada, la ventilación y la programación de pausas fuera de la zona de calor.

Todas cuantos intervienen en el desmotado deberían contribuir a la seguridad del trabajo. Para instaurar un ambiente seguro, todo el mundo debe estar motivado para participar plenamente en el programa de control de pérdidas.

PRODUCCION DE HILO DE ALGODON ●

Phillip J. Wakelyn

El algodón supone casi la mitad del consumo mundial de fibra textil. China, Estados Unidos, Federación Rusa, India y Japón son los principales países consumidores de algodón. El consumo se mide por la cantidad de fibra de algodón puro que se compra y se utiliza para confeccionar materias textiles. La producción mundial anual de algodón es de 80 a 90 millones de balas (17.400 a 9.600 millones de kg). China, Estados Unidos, India, Paquistán y Uzbequistán son los principales países productores, y representan más del 70 % de la producción mundial. El resto se reparte entre 75 países. Alrededor de 57 países exportan algodón en rama, y 65 tejidos de este material. Muchos países fomentan la producción nacional para reducir su dependencia de las importaciones.

La hilatura es una secuencia de operaciones que transforman las fibras de algodón en rama en un hilo adecuado para varios productos finales. Se requieren varios procesos para obtener un hilo uniforme, fuerte y limpio, apto para el mercado textil moderno. Un denso paquete de fibras entremezcladas (bala de algodón), que puede contener cantidades variables de materiales

distintos de la borra y fibras inutilizables (materias extrañas, restos de la planta, motas, etc.) se somete a las diversas operaciones continuas de apertura, mezcla, limpieza, cardado, estirado, mechado e hilatura, para transformar las fibras de algodón en hilo.

Aunque los actuales procesos de producción están muy perfeccionados, la presión de la competencia sigue animando a asociaciones y fabricantes individuales a buscar nuevos métodos y máquinas más eficaces para procesar el algodón que algún día puedan reemplazar a los actuales. Sin embargo, en el futuro inmediato se seguirán utilizando los actuales métodos de mezcla, cardado, estirado, mechado e hilatura. Sólo el espadillado del algodón está abocado a desaparecer en breve.

La hilatura produce hilos para diversos productos finales tejidos o tricotados (prendas de vestir o tejidos industriales), hilos de costura y cordelería. Se fabrican hilos de diversos diámetros y pesos diferentes por unidad de longitud. Aunque el proceso básico de fabricación de hilo no ha variado durante años, las velocidades de producción, la tecnología de control y las dimensiones de los paquetes han ido en aumento. Las propiedades del hilo y la eficacia del procesado están directamente relacionadas con las propiedades de las fibras de algodón procesadas. Las propiedades finales del hilo también dependen de las condiciones de procesado.

Procesos de producción de hilo

Apertura, mezcla y limpieza

En general, las fábricas textiles seleccionan las balas según las propiedades que necesitan para producir hilo para un uso determinado. La cantidad de balas mezcladas por las fábricas textiles en cada variedad oscila entre 6 o 12 y más de 50. El tratamiento empieza cuando las balas que hay que mezclar se llevan a la sala de apertura, donde se retiran los sacos y las cuerdas. Las capas de algodón se sacan de las balas a mano y se colocan en alimentadores equipados con cintas transportadoras dentadas, o bien se colocan las balas enteras sobre plataformas que las mueven hacia delante y atrás por debajo o encima de un mecanismo de desplumado. El objetivo es iniciar el proceso de producción secuencial convirtiendo las capas compactadas de algodón embalado en pequeños copos ligeros y esponjosos que facilitarán la eliminación de partículas extrañas. Esta operación se llama "apertura". Dado que las balas llegan a la fábrica con diferentes grados de densidad, lo habitual es cortar las cuerdas de la bala aproximadamente 24 horas antes de procesarlas, para que recuperen su volumen. Así el proceso de apertura es más fácil y se regula el ritmo de alimentación. Las máquinas de limpieza en las fábricas textiles realizan las funciones de apertura y primera fase de limpieza.

Cardado y peinado

La carda es la máquina más importante del proceso de producción de hilo. En gran parte de las fábricas textiles lleva a cabo la segunda y la última fase de limpieza. La carda es un grupo de tres cilindros cubiertos de alambres y una serie de barras planas también cubiertas de alambres que remueven sucesivamente pequeños copos y grupos de fibras, abriéndolos y separándolos; también eliminan un porcentaje elevado de impurezas y materias extrañas, agrupan las fibras en una cuerda llamada "torzal" y depositan éste en un recipiente en el que se conducirá a nuevos tratamientos (véase la Figura 89.4).

Tradicionalmente, el algodón ha entrado en la carda en forma de "tela de espadillado", formada sobre una "espadadora", una combinación de rodillos alimentadores y batidores con un mecanismo formado por tamices cilíndricos sobre los cuales se recogen y se enrollan en forma de bloque los copos de algodón

(véase la Figura 89.5). El bloque sale de los tamices en forma de lámina plana y uniforme y se enrolla. Pero las necesidades de mano de obra y la disponibilidad de sistemas de manipulación automática que mejoran la calidad están contribuyendo a eliminar el espadillado.

La eliminación del espadillado ha sido posible gracias a la instalación de equipos de apertura y limpieza más eficaces y de sistemas de alimentación por gravedad en las cardas. Con este último método, los copos de fibras limpios y abiertos se distribuyen en las cardas con un circuito neumático. Esto mejora la uniformidad y la calidad y reduce el número de trabajadores necesarios.

Algunas fábricas textiles producen hilo peinado, que es el hilo de algodón más limpio y uniforme. El peinado proporciona una limpieza más profunda que la carda. Elimina las fibras cortas, las motas y las impurezas, y el torzal resultante es muy limpio y lustroso. La peina es una máquina complicada formada por rodillos de alimentación ranurados y un cilindro parcialmente cubierto de agujas que extrae las fibras cortas (véase la Figura 89.3).

Estirado y mechado

El estirado es el primer proceso de producción de hilo que utiliza el estiramiento con cilindros. Según este método, prácticamente todo el estirado se produce por obra de los cilindros. Los contenedores con el torzal procedente del cardado se montan en la fileta de la máquina de estirado. El torzal entra en un sistema de pares de cilindros que se giran a velocidades distintas. El estirado refuerza las fibras del torzal y las estira de modo que la mayoría queden paralelas al eje del torzal. La paralelización es necesaria para conseguir las propiedades deseadas cuando las fibras después se convierten en hilo. El estirado también confiere uniformidad torzal en términos de peso por unidad de longitud y mejora la mezcla. Las fibras que se obtienen en el proceso final de estirado, llamado estirado de acabado, son casi rectas y paralelas al eje del torzal. El peso por unidad de longitud de un torzal que ha pasado por un proceso de estirado de acabado es demasiado elevado para que se pueda convertir en hilo con los sistemas normales de hilatura con anillos.

El mechado reduce el peso del torzal hasta un valor adecuado para la hilatura y la torsión, que mantiene la integridad de las hebras estiradas. Los recipientes con los torzales procedentes del estirado de acabado o del peinado se colocan en la fileta, y cada uno de los torzales pasa entre dos juegos de cilindros; el segundo gira más rápido, y reduce así el diámetro del torzal desde 2,5 cm al de un lápiz. La torsión se aplica pasando los haces de fibras por una mechera. El producto se llama mecha y se embala en una bobina de aproximadamente 37,5 cm de longitud y 14 cm de diámetro.

Hilatura

La hilatura es la fase más costosa de la conversión de las fibras en hilo. En la actualidad, más del 85 % del hilo del mundo se produce en máquinas continuas de hilar con anillos, diseñadas para estirar la mecha hasta el tamaño deseado, o número del hilo, y aplicarle la torsión precisa. El grado de torsión es proporcional a la fuerza del hilo. La proporción entre longitud obtenida y longitud suministrada oscila entre 10 y 50. Las bobinas de mechado se colocan en soportes que permiten que las mechas entren libremente en el rodillo de estirado de la continua de hilar con anillos. Después de la zona de estirado, el hilo pasa a través de un "cursor" hasta una bobina de hilado. El soporte que sostiene la bobina gira a gran velocidad, haciendo que el hilo se hinche a medida que se imparte la torsión. Las longitudes del hilo de la bobina son insuficientes para los procesos posteriores y se

trasladan a "cajas de hilado" que pasan a la operación siguiente de bobinado o devanado.

En la producción moderna de hilos bastos o más fuertes, la hilatura a cabo suelto está sustituyendo a la hilatura con anillos. Se introduce un torzal de fibras en un rotor de gran velocidad, donde la fuerza centrífuga convierte las fibras en hilos. No hace falta bobina, y el hilo se recoge directamente en el embalaje adecuado para la siguiente operación.

Se dedica mucho trabajo a la investigación y el desarrollo de nuevos métodos de hilatura. En la actualidad se prueban algunos sistemas que podrían revolucionar el sector y alterar la importancia relativa de las propiedades de la fibra tal como se perciben ahora. En general, cuatro de los planteamientos en que se basan los nuevos sistemas son adecuados al algodón. Los sistemas de alma hilada se utilizan para fabricar diversos hilos especiales y de costura. Se han producido comercialmente hilos sin torcer en cantidades limitadas uniendo las fibras con alcohol de polivinilo u otros agentes aglutinantes. La técnica sin torsión es compatible con un ritmo de producción muy rápido y rinde hilos muy uniformes. El punto y otros tejidos de vestir obtenidos con hilo sin torsión tienen un aspecto excelente. En la hilatura por torbellino, que en la actualidad estudian los fabricantes de maquinaria, el torzal se sitúa ante un cilindro abridor, similar al de la hilatura a cabo suelto. La técnica permite velocidades de producción elevadas, pero de momento los prototipos son muy sensibles a las variaciones en la longitud de la fibra y al contenido de partículas extrañas.

Bobinado y encarretado

Una vez obtenido el hilo, los fabricantes deben acondicionarlo. El tipo de acondicionamiento se elige en función del destino del hilo (tejido o tricotado). Bobinado, encarretado, retorcido y encanillado se consideran fases preparatorias para tejer o tricotar. En general, el producto del encarretado se utilizará como *hilo de urdimbre* (el que recorre el tejido longitudinalmente) y el del bobinado como *hilo de relleno* o *hilo de trama* (el dispuesto transversalmente al tejido). Los productos de la hilatura de cabo suelto se saltan estas fases y se envasan para trama o para urdimbre. Con el retorcido se consigue un hilo formado por dos o más hilos entrelazados para un nuevo procesado. En el proceso de encanillado, el hilo se enrolla en bobinas suficientemente pequeñas como para caber dentro de la lanzadera del telar de caja. A veces el encanillado se hace en el telar (véase también el artículo "Tejer y tricotar", en este mismo capítulo).

Tratamiento de los residuos

En las fábricas textiles modernas, donde el control del polvo es importante, es esencial el tratamiento correcto de los residuos. En las fábricas textiles tradicionales, los residuos se recogían manualmente y se llevaban a un almacén si no se podían reciclar en alguno de los sistemas. Se amontonaban hasta que había cantidad suficiente de un tipo para preparar una bala. Con la tecnología actual, los extractores centrales recuperan automáticamente los desechos de la apertura, el espadillado, el cardado, el estirado y el mechado. La aspiradora central limpia la maquinaria, recoge automáticamente los restos de debajo de las máquinas, como pelusa y motas del cardado, y devuelve los restos no reutilizables procedentes de los condensadores de filtro. La embaladora clásica es la prensa vertical que todavía forma la típica bala de 227 kg. En la tecnología moderna de tratamiento de residuos, los desechos del extractor central se acumulan en un depósito receptor que alimenta una prensa de balas horizontal. Los diversos residuos del sector de la hilatura se reciclan o reutilizan en otras industrias: hilado de estropajos,

elaboración de rellenos para colchonería y tapicería con residuos del espadillado, etc.

Problemas de seguridad y salud

Maquinaria

Todas las máquinas de manipulación del algodón pueden provocar accidentes, aunque la frecuencia no es elevada. La protección eficaz del gran número de piezas móviles es complicada y requiere atención constante. La formación del personal materia de seguridad en el trabajo es esencial, en particular para impedir que se hagan reparaciones mientras la máquina está en marcha, que es la causa de la mayoría de los accidentes. Todas las máquinas reciben alguna clase de energía (eléctrica, mecánica, neumática, hidráulica, inercial, etc.) que hay que controlar antes de cada reparación u operación de mantenimiento. Es preciso identificar las fuentes de energía, proporcionar el equipo necesario y formar al personal para asegurarse de que se desconectan todas las fuentes de alimentación mientras se manipula la máquina. Hay que realizar inspecciones regulares para garantizar la observación y aplicación correctas de todas las rutinas de bloqueo y señalización.

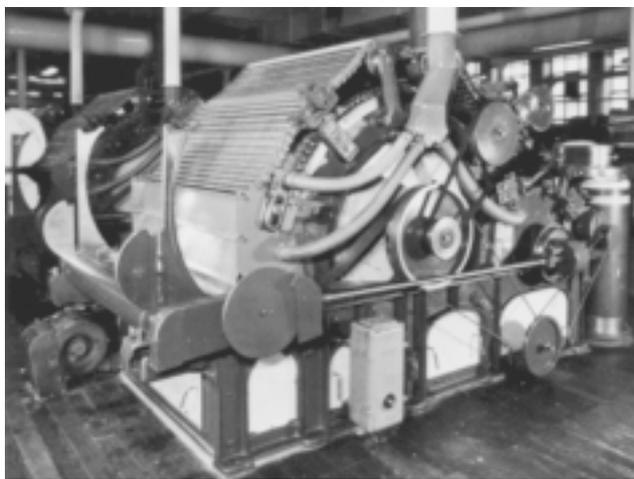
Inhalación de polvo de algodón (bisinosis)

Se ha demostrado que la inhalación del polvo generado en los procesos de conversión de la fibra de algodón en hilos y tejidos es la causa de una enfermedad del pulmón denominada bisinosis que afecta a los trabajadores del textil. Normalmente hacen falta entre 15 y 20 años de exposición a niveles elevados de polvo (más de 0,5 a 1,0 mg/m³) para que el trabajador presente los síntomas. Las normas de la OSHA y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) establecen que el límite de exposición al polvo de algodón en la fabricación de hilo debe ser de 0,2 mg/m³ de polvo respirable medido con un decantador vertical. El polvo, una masa de partículas suspendidas en el aire que se libera a la atmósfera durante la manipulación y transformación del algodón, es una mezcla compleja y heterogénea de restos botánicos, tierra y material microbiológico (bacterias y hongos) de composición y actividad biológica variables. No se conoce el agente etiológico ni la patogénesis de la bisinosis. Se cree que los restos de la fábrica de algodón mezclados con fibras y endotoxinas de las bacterias gram negativas presentes en estos materiales podrían ser la causa de la enfermedad o contener su agente etiológico. Lo que sí está claro es que la fibra de algodón en sí, que es principalmente de celulosa, no es la causa, ya que la celulosa es un polvo inerte que no provoca trastornos respiratorios. Un control técnico adecuado de las zonas de procesado textil del algodón (véase la Figura 89.8) junto con unos métodos de trabajo correctos, el control médico y el uso de EPP (Equipos de Protección Personal) pueden eliminar en gran parte la bisinosis. El lavado del algodón con agua templada en autoclave por lotes y los sistemas de bloques continuos reducen la concentración residual de endotoxina, tanto en la borra como en el polvo en suspensión en el aire, a valores inferiores a los asociados con la reducción aguda de la función pulmonar medida por el volumen de espiración forzada durante un segundo.

Ruido

El ruido es un problema en las operaciones de hilatura, aunque en algunas fábricas modernas los niveles se encuentran por debajo de los 90 dBA, que corresponde a la norma de Estados Unidos, pero sobrepasa la de muchos otros países. Gracias a los esfuerzos de los fabricantes de maquinaria y técnicos industriales, los niveles de ruido siguen disminuyendo a medida que aumenta la velocidad de la maquinaria. La solución para evitar el ruido es

Figura 89.8 • Sistema de extracción del polvo en una máquina cardadora.



instalar maquinaria más moderna y silenciosa. En Estados Unidos se exige un programa de protección del oído cuando los niveles de ruido sobrepasan los 85 dBA; este programa incluye un seguimiento del nivel de ruido, pruebas audiométricas y la disponibilidad de dispositivos de protección de los oídos para todos los empleados cuando la presión acústica no se pueden reducir a menos de 90 dBA.

Estrés debido al calor

Dado que la hilatura a veces exige temperaturas muy altas y humidificación artificial del aire, hay que tener siempre mucho cuidado para no sobrepasar los límites admisibles. Cada vez se utilizan más equipos de aire acondicionado bien diseñados y con buen mantenimiento en vez de los métodos más primitivos de regulación de la temperatura y la humedad.

Sistemas de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo

Muchas de las fábricas textiles más modernas consideran útil tener algún tipo de sistema de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo para controlar los riesgos a que los operarios se enfrentan en sus puestos de trabajo. Puede ser un programa voluntario, como el "Quest for the Best in Health and Safety" (En busca de lo mejor en salud y seguridad) creado por el American Textile Manufacturers Institute, u obligatorio, como el US State of California Occupational Injury and Illness Prevention Program (Title 8, California Code of Regulations, Section 3203) (Programa del Estado de California para la prevención de enfermedades y lesiones profesionales). Si se utiliza un sistema de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo, debe ser suficientemente flexible y adaptable para que cada fábrica lo ajuste a sus necesidades.

● INDUSTRIA DE LA LANA

*D.A. Hargrave**

Los orígenes de la industria de la lana se pierden en la antigüedad. Nuestros antepasados más remotos aprendieron a domesticar las ovejas, que satisfacían sus necesidades básicas de alimentación y abrigo. Las primeras sociedades humanas

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

frotaban las fibras que sacaban de la oveja para formar un hilo, y a partir de este principio básico se han ido perfeccionando los métodos de manipulación de las fibras. La industria textil lanera ha sido pionera en el desarrollo y la adaptación de métodos mecánicos, y por lo tanto fue una de las primeras en desarrollar el sistema de producción fabril.

Materias primas

La longitud de la fibra cuando se extrae del animal es el principal factor determinante, pero no el único, del tipo de tratamiento. La lana disponible se clasifica como: *a)* merino o australia; *b)* *cruzada* (*mestiza*) *fin*a, *media* o *basta*; y *c)* para alfombras. Pero dentro de cada grupo hay varias categorías. La lana merino suele tener menor diámetro y ser más corta, mientras que las lanas para alfombras son de fibra larga y mayor diámetro. Ahora se fabrican cada vez más fibras sintéticas similares a la lana que se mezclan con fibra natural y se procesan de la misma forma. También el pelo de otros animales —como el mohair (cabra), la alpaca (llama), el cachemir (cabra, camello), la angora (cabra) y la vicuña (vicuña o llama salvaje)— desempeña un papel importante, aunque secundario, en la industria; estas fibras suelen ser más caras, y normalmente se trabajan sólo en empresas especializadas.

Producción

Hay dos sistemas de producción diferentes: el cardado y el peinado. La maquinaria es similar en muchos aspectos, pero los objetivos son distintos. En esencia, el sistema de *peinado* utiliza las fibras más largas y durante las operaciones de cardado, preparación, paso por el *gill* y peinado de las fibras se mantienen paralelas y se rechazan las más cortas. El hilado proporciona un hilo fuerte y delgado que se teje para obtener un género ligero, con la suavidad y firmeza características de los trajes de caballero. En el sistema de *cardado*, el objetivo es entremezclar y entrelazar las fibras para formar un hilo suave y esponjoso, que cuando se teje proporciona una tela con volumen y una superficie "lanosa", como la que presentan tweeds, mantas y abrigos gruesos. Dado que la uniformidad de la fibra no es esencial en el sistema de cardado, el fabricante mezcla lana nueva, fibras más cortas rechazadas en el peinado, lanas recuperadas de la destrucción de prendas antiguas, etc.; el "shoddy" (lana regenerada) se obtiene de material regenerado blando y el "mungo" (lana de borra) de material regenerado duro.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que el sector es especialmente complejo y que la condición y el tipo de materia prima utilizada y la especificación de la prenda acabada influirán en el método de producción, en cada una de sus fases y en la secuencia de dichas fases. Así, la lana puede teñirse antes de procesarla, en la fase de hilado o al final del proceso, cuando la pieza ya está tejida. Además, algunas operaciones se efectúan en establecimientos diferentes.

Riesgos y prevención

Como en todos los subsectores de industria textil, las grandes máquinas con piezas que se mueven a alta velocidad encierran riesgos tanto por el ruido como por las posibles lesiones mecánicas. También el polvo puede ser un problema. Hay que emplear protecciones y cerramientos en la mayor medida posible para ciertas piezas de tipo general, como engranajes, cadenas y ruedas dentadas, ejes giratorios, correas y poleas, así como otras específicas del sector textil lanero:

- los rodillos de alimentación y los tambores de diversos tipos de máquinas abridoras de preparación (por ejemplo, desfibradores, depuradores, garneteadoras, trituradoras de trapos, etc.);

- los tomadores y rodillos adyacentes de máquinas desbarradoras y cardas;
- la entrada entre los cilindros tambor y llevador de las máquinas desbarradoras, cardas y garneteadoras;
- los cilindros y peines de las mecheras puercoespín;
- los ejes traseros de las continuas de estirar y mechar;
- las trampas entre el carro y el cabezal de las selfactinas;
- los pernos salientes, pivotes y otros elementos de fijación utilizados en el movimiento de plegado de urdimbre de las máquinas urdidoras;
- los rodillos compresores de las máquinas de desgrasado, enfurtido y escurrido;
- el espacio entre la tela y la enrolladora y el rodillo de las máquinas de vaporización;
- el cilindro de cuchillas giratorias de las máquinas de tundido;
- las palas de los ventiladores de los sistemas de transporte neumático (los paneles de inspección de las tuberías de estos sistemas deben situarse a una distancia segura del ventilador, y el operario ha de tener en cuenta el tiempo que tarda la máquina en desacelerar y detenerse una vez desconectada la corriente; este punto es especialmente importante, porque el operario que desbloquea el sistema normalmente no ve las palas en movimiento), y
- la lanzadera volante, que plantea un problema especial (los telares deberían tener protecciones bien diseñadas para evitar que la lanzadera salga de la calada y para limitar la distancia recorrida en caso de que salga).

El uso de protecciones para estas piezas peligrosas presenta problemas prácticos. El diseño de la protección debe tener en cuenta las prácticas de los operarios en relación con el proceso de que se trate y, sobre todo, evitar la posible retirada de la protección cuando el operario se encuentre en situación de máximo riesgo (por ejemplo, mecanismos de bloqueo). Hacen falta formación especial y supervisión estricta para impedir que la retirada de desechos y la limpieza se efectúen con la máquina en marcha. La mayor responsabilidad recae en los fabricantes de maquinaria, que deberían garantizar la incorporación de estos dispositivos de seguridad en las máquinas nuevas desde la misma fase de diseño, y en el personal de supervisión, que debería asegurarse de que los trabajadores han recibido formación suficiente para la manipulación segura de la maquinaria.

Distancia entre las máquinas

El riesgo de accidentes aumenta si no se deja espacio suficiente entre las máquinas. En muchas fábricas antiguas se aprovechaba el espacio al máximo a costa de reducir el espacio libre de pasillos y corredores y para el almacenamiento provisional de materias primas y productos acabados en el taller. En algunas de estas instalaciones, el paso entre las máquinas de cardado es tan estrecho, que es imposible encerrar las correas de los motores con defensas y hay que encajar la protección entre la correa y la polea en el punto de entrada. En estas circunstancias es importante disponer de un fijador de correa bien diseñado y liso. Hay que respetar las distancias mínimas que recomienda el comité del gobierno británico para determinadas máquinas de la industria textil lanera.

Manipulación de materiales

Si no se utilizan los métodos mecánicos modernos de carga y manipulación, hay riesgo de lesiones por levantamiento de cargas pesadas. La manipulación de materiales debe mecanizarse al máximo. Y si no es posible, hay que tomar las precauciones que se comentan en otros apartados de esta *Enciclopedia*. Es particularmente importante que los operarios que introducen y sacan plegadores pesados de los telares y manipulan balas pesadas y

voluminosas de lana en los primeros procesos de preparación utilicen técnicas de levantamiento adecuadas. Siempre que sea posible, hay que emplear carretillas o tren de rodillos para mover cargas voluminosas y pesadas.

Incendios

El riesgo de incendio es a veces grave, especialmente en las fábricas antiguas de varias plantas. La estructura y el diseño de la fábrica han de cumplir la normativa local en materia de salidas de emergencia, sistemas de alarma, extintores y mangueras, alumbrado de emergencia, etc. La limpieza y el buen mantenimiento evitarán la acumulación de polvo y borra, que favorecen la propagación del fuego. No hay que efectuar jamás en horas de trabajo reparaciones que exijan el uso de sopletes u otros equipos con llama. Es necesario enseñar al personal a actuar en caso de incendio; y efectuar simulacros de incendio a intervalos adecuados, a ser posible en coordinación con los bomberos, la policía y el servicio de urgencias médicas.

Seguridad general

Se ha prestado mucha atención a los accidentes propios del sector textil lanero. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mayoría de los accidentes que tienen lugar en las fábricas textiles ocurren en circunstancias similares a los de otras fábricas —caídas de personas y objetos, manipulación de productos, uso de herramientas manuales, etc.— y que los principios básicos de seguridad son los mismos en la industria lanera que en la mayoría de sectores.

Riesgos para la salud

Antrax

La enfermedad profesional que más se relaciona con la industria de la lana es el ántrax. En otras épocas era un peligro grave, especialmente para los clasificadores de lana, pero en la actualidad está prácticamente erradicada gracias a:

- la mejora de los métodos de producción de los países exportadores, donde el ántrax es endémico;
- la desinfección de los materiales susceptibles de transportar esporas de ántrax;
- la mejora de la manipulación del material posiblemente infectado bajo ventilación de escape durante los procesos de preparación;
- la exposición de la bala de lana a microondas durante tiempo suficiente y a una temperatura que exterminen los hongos. Este tratamiento también ayuda a recuperar la lanolina asociada a la lana;
- los progresos considerables del tratamiento médico, como la inmunización de los trabajadores que se encuentran en situaciones de alto riesgo, y
- la educación y formación de los trabajadores y la instalación de zonas de aseo, y en caso de necesidad, de equipos de protección personal.

Además de las esporas del hongo ántrax, se sabe que también hay en la lana esporas del hongo *Coccidioides immitis*, especialmente en el sudoeste de Estados Unidos. Este hongo puede causar la enfermedad conocida por coccidioidomycosis que, como el ántrax, es difícil de pronosticar. El ántrax encierra el peligro añadido de causar úlceras malignas o carbúnculos con un punto negro en el centro cuando entran en el cuerpo a través de una herida en la piel.

Productos químicos

Se utilizan productos químicos variados para desengrasar (dióxido de dietileno, detergentes sintéticos, tricloretileno y, en el

pasado, tetracloruro de carbono), desinfectar (formaldehído), blanquear (dióxido de azufre, cloro) y teñir (clorato potásico, anilinas). Los riesgos comprenden inhalación de gases, intoxicación, irritación de los ojos, las membranas mucosas y los pulmones y afecciones dermatológicas. En general la prevención se basa en:

- sustitución por productos químicos menos peligrosos;
- sistemas de ventilación de los locales;
- precaución durante el etiquetado, el almacenamiento y el transporte de líquidos corrosivos o nocivos;
- equipo de protección personal;
- instalaciones de aseo adecuadas (como duchas cuando sea posible), e
- higiene personal estricta.

Otros peligros

El ruido, la iluminación insuficiente y las temperaturas y humedades elevadas que exige el procesado de la lana afectan a la salud general, salvo que se ejerza un control muy estricto. En muchos países hay normas al respecto. El vapor y la condensación son difíciles de controlar efectivamente en las zonas de tintura, y a menudo se necesita el asesoramiento de personal técnico cualificado. En las zonas de tejido, el control del ruido constituye un problema grave, y en este aspecto todavía queda mucho por hacer. En todas partes debe haber una buena iluminación, sobre todo donde se fabrican tejidos oscuros.

Polvo

Al riesgo específico de la presencia de esporas de ántrax en el polvo producido en los primeros procesos hay que añadir las grandes cantidades de polvo que producen muchas máquinas, suficientes para provocar irritación de la mucosa de las vías respiratorias, sobre todo durante la operaciones de corte o cardado. Este polvo debe eliminarse con equipos eficaces de ventilación local por extracción (VLE).

Ruido

Debido a la gran cantidad de piezas móviles de las máquinas, especialmente los telares, las fábricas de lana suelen ser lugares muy ruidosos. Aunque el ruido se atenúa mediante una lubricación adecuada, habría que considerar también la introducción de reflectores de sonidos y otros avances técnicos. En general, la prevención de la pérdida de audición por motivos profesionales exige el uso de tapones u orejeras. Es esencial que los trabajadores reciban formación en torno al empleo adecuado de estos elementos de protección y que se supervisen para comprobar que los utilizan. En muchos países es obligatorio un programa de conservación de la audición, con realización periódica de audiogramas. A medida que se cambia o repara la maquinaria, convendría tomar medidas adecuadas para reducir el ruido.

Estrés en el trabajo

El estrés en el trabajo y sus repercusiones sobre la salud y el bienestar de los trabajadores es un problema común en la industria. Dado que muchas fábricas textiles funcionan durante las veinticuatro horas del día, el trabajo por turnos es inevitable. Para cumplir las cuotas de producción, las máquinas funcionan ininterrumpidamente, y cada trabajador está "atado" a una o varias, que no puede abandonar ni siquiera para ir al lavabo o hacer una pausa hasta que el relevo ocupa su puesto. Junto con el ruido ambiental y el uso de protectores contra el ruido, esta actividad extremadamente rutinaria y repetitiva supone un auténtico aislamiento de los trabajadores y una falta de interacción social que llega a provocar un estrés alto. La calidad de la supervisión y la disponibilidad de zonas de esparcimiento en el

lugar de trabajo influyen mucho en el grado de estrés de los trabajadores.

Conclusión

Mientras que las grandes empresas están en condiciones de invertir en nuevos desarrollos tecnológicos, muchas otras pequeñas y más antiguas siguen trabajando en plantas viejas con equipos desfasados que todavía funcionan. Los imperativos económicos impiden prestar la atención debida a la seguridad y la salud de los trabajadores. Además, en muchas zonas desarrolladas se abandonan las fábricas textiles y se abren nuevas plantas en países y zonas en vías de desarrollo donde la mano de obra es más barata y donde no hay normas de seguridad o es fácil incumplirlas. A escala mundial se trata de un importante sector que ocupa mucha mano de obra y en el que una inversión razonable en la salud y el bienestar de los trabajadores aportaría beneficios considerables, tanto para la empresa como para sus trabajadores.

INDUSTRIA DE LA SEDA

J. Kubota*

La seda es una fibra lustrosa, resistente y elástica producida por unas larvas llamadas gusanos de seda; el término abarca también el hilo o la tela procedentes de esta fibra. La industria de la seda tiene su origen en China, donde según la tradición era ya conocida el año 2640 a.C. Hacia el siglo III d.C., el gusano de seda y su producto llegaron a Japón a través de Corea; probablemente se difundió hacia la India un poco más tarde. Desde allí, la producción de seda fue avanzando lentamente hacia occidente, hasta Europa y el Nuevo Mundo.

La producción abarca una secuencia de fases que no necesariamente han de llevarse a cabo en una sola empresa o planta. Estas fases son:

- *Sericultura*. La producción de capullos para aprovechar los filamentos de seda cruda se conoce con el nombre de *sericultura*, término que abarca la alimentación de los gusanos, la formación de capullos, etc. Lo primero que se requiere es una reserva de moreras suficiente para alimentar a las larvas. Las bandejas en las que se crían los gusanos se mantienen en una sala a una temperatura constante de 25 °C, lo que obliga a utilizar calefacción artificial en los países y estaciones más fríos. Los capullos empiezan a formarse al cabo de unos 42 días.
- *Hilado o hilatura*. El proceso peculiar del hilado de la seda es el *devanado*, durante el cual los filamentos del capullo se convierten en una sola hebra continua, uniforme y regular. En primer lugar, la goma natural (sericina) se ablanda en agua hirviendo. Después, en un baño o barreño de agua caliente se unen los extremos de los filamentos de varios capullos, se estiran, se enganchan a una rueda de devanado y se arrollan para formar el hilo de seda cruda.
- *Molinaje*. En este proceso, las hebras se retuercen y se doblan para formar hilos más consistentes.
- *Desengomado*. En esta fase, la seda cruda se hierve en una solución de jabón y agua a aproximadamente 95 °C.
- *Blanqueo*. La seda cruda o hervida se blanquea con peróxido de hidrógeno o de sodio.
- *Tejido*. El hilo de seda se teje para formar una tela; normalmente esta operación tiene lugar en fábricas distintas del hilado.
- *Tinción*. La seda se puede teñir cuando todavía es un filamento o hilo o cuando ya está tejida.

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

Riesgos para la seguridad y la salud

Monóxido de carbono

En Japón, donde la sericultura es una industria muy extendida, se han registrado síntomas menos graves de intoxicación por monóxido de carbono —cefaleas, vértigos y a veces náuseas y vómitos— a causa del uso de fuegos de carbón vegetal en salas de cría mal ventiladas.

Dermatitis

El *Mal de los baldes*, una dermatitis de las manos de las mujeres que trabajan en el devanado de seda cruda, era bastante habitual en Japón, donde en los años veinte se registró un índice de mortalidad entre las devanadoras del 30 al 50 %. El 14 % de las trabajadoras afectadas perdieron un promedio de tres días laborables al año. Las lesiones en la piel, localizadas principalmente en los dedos, las muñecas y los antebrazos, se caracterizaban por eritemas cubiertos con pequeñas vesículas que se convertían en crónicas, pustulares o eczematosas, y eran extremadamente dolorosas. La causa solía atribuirse a los productos en descomposición de las crisálidas muertas y a los parásitos del capullo, pero la experiencia japonesa más reciente indica que es posible que la enfermedad esté relacionada con la temperatura del baño de devanado; hasta 1960, esta temperatura era casi siempre de 65 °C, pero desde la introducción de nuevas instalaciones con temperaturas de 30 a 45 °C, no ha habido más informes de lesiones dérmicas entre las devanadoras.

La manipulación de seda cruda induce reacciones alérgicas de la piel en algunos trabajadores de devanado. Se han observado inflamaciones faciales y oculares aun sin contacto local directo con el baño de devanado. También se han observado casos de dermatitis entre los operarios del molinaje.

Afecciones de las vías respiratorias

En la antigua Unión Soviética apareció un extraño brote de tonsilitis en las hilaturas de seda debido a las bacterias del agua de los barreños de devanado y de la atmósfera de la zona de capullos. La desinfección y el cambio frecuente del agua del baño de devanado, junto con una buena ventilación en la sala de devanado de capullos, mejoró rápidamente la situación.

Las abundantes observaciones epidemiológicas a largo plazo llevadas a cabo en la antigua Unión Soviética han demostrado además que los trabajadores del sector de la seda natural pueden desarrollar alergias respiratorias que cursan con asma bronquial, bronquitis asmática o rinitis alérgica. Parece que la seda natural puede provocar sensibilización en todas las fases de la producción.

También se ha informado de una situación que ocasiona trastornos respiratorios entre los trabajadores de las continuas de hilar cuando embanan o reembanan la seda en estas máquinas o en bobinadoras. Según la velocidad de la máquina, se forma un aerosol con la sustancia proteica que envuelve el filamento de la seda. Este aerosol, cuando se respira en grandes cantidades, provoca una reacción pulmonar muy similar a la de la reacción bisinótica al polvo del algodón.

Ruido

La exposición al ruido llega a alcanzar niveles dolorosos para los trabajadores de las máquinas de hilado y devanado de las hebras de seda y en los talleres de tejido. La lubricación correcta de la maquinaria y la interposición de reflectores de sonido reducen algo la presión acústica, pero la exposición continua durante toda la jornada laboral tiene efecto acumulativo. Si es imposible reducir el ruido, hay que recurrir a los elementos de protección personal. Como en todos los casos de exposición al ruido, es

deseable aplicar un programa de protección auditiva que obligue a realizar audiogramas periódicos.

Medidas de salud y seguridad

El control de la temperatura, la humedad y la ventilación son importantes en todas las fases de la industria de la seda. Habría que supervisar incluso a quienes trabajan en el hogar, comprobar que la ventilación de las salas de cría es suficiente, y sustituir las estufas de carbón vegetal o queroseno por calefactores eléctricos u otros dispositivos de calentamiento.

Disminuir la temperatura de los baños de devanado ayuda a prevenir la dermatitis. El agua debe cambiarse a menudo y la ventilación ha de ser suficiente. Hay que evitar en la medida de lo posible el contacto directo de la piel con la seda cruda sumergida en los baños de devanado.

Es esencial disponer buenas instalaciones sanitarias y prestar atención a la higiene personal. En Japón se ha demostrado que lavarse las manos con una solución de ácido acético al 3 % es un buen remedio.

También es deseable someter a revisión médica a los trabajadores nuevos y efectuar exámenes posteriores.

Los riesgos propios de la maquinaria de la industria de la seda son similares a los de la industria textil en general. La prevención de accidentes se consigue con buen mantenimiento, protección adecuada de las piezas móviles, formación continua de los trabajadores y supervisión real. Los telares mecánicos deben estar provistos de guardas para evitar los accidentes provocados por las lanzaderas volantes. La preparación de hilos y tejidos exige una iluminación excelente.

VISCOSA (RAYON)

M.M. El Attal*

El rayón es una fibra sintética procedente de celulosa (pasta de madera) tratada químicamente. Se utiliza solo o mezclado con otras fibras sintéticas o naturales para confeccionar tejidos fuertes, muy absorbentes y suaves, que se pueden teñir con colores intensos y duraderos.

La fabricación del rayón tiene su origen en la búsqueda de una seda artificial. En 1664, el científico británico Robert Hooke, conocido por sus observaciones sobre la célula vegetal, predijo la posibilidad de imitar la seda por medios artificiales; casi dos siglos después, en 1855, se conseguían fibras a partir de una mezcla de ramitas de morera y ácido nítrico. El primer proceso comercial efectivo lo desarrolló en 1884 el inventor francés Hilaire de Chardonnet y, en 1891, los científicos británicos Cross y Bevan perfeccionaron el proceso de la viscosa. En 1895 el rayón ya se producía comercialmente a escala bastante reducida y su uso creció rápidamente.

Métodos de producción

Hay varias formas de fabricar rayón, que dependen de su uso previsto.

En el *proceso de la viscosa*, la celulosa procedente de pasta de madera se moja en una solución de hidróxido sódico, y se extrae el líquido sobrante por compresión para obtener una celulosa alcalina. Se eliminan las impurezas y, una vez triturada en fragmentos similares a grumos blancos que se dejan reposar durante varios días a temperatura controlada, la celulosa alcalina disgregada se transfiere a otro tanque donde se trata con bisulfuro de carbono para formar grumos de xantato de celulosa de color naranja-dorado. Estos grumos se disuelven en hidróxido sódico

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

diluido para formar un líquido viscoso anaranjado denominado *viscosa*. Se mezclan varios lotes de viscosa para obtener una calidad uniforme. La mezcla se filtra y se deja madurar durante varios días en condiciones estrictamente controladas de temperatura y humedad. A continuación se pasa por unas boquillas metálicas con orificios muy finos (espineretes o hileras para la extrusión de hilados) y el hilo se sumerge en un baño de ácido sulfúrico al 10 %. Se devana en forma de filamento continuo (tortas) o se corta a longitudes determinadas y se teje como la lana o el algodón. El rayón de viscosa se utiliza para prendas de vestir y tejidos resistentes.

En el *proceso de cupramonio*, utilizado para elaborar tejidos con aspecto de seda y medias finas, la pulpa de celulosa disuelta en la solución de hidróxido sódico se trata con óxido de cobre y amoníaco. Los filamentos salen de las hileras, pasan por una tolva de hilado y se estiran hasta alcanzar la finura deseada por obra de un chorro de agua.

En los procesos de viscosa y cupramonio la celulosa se reconstituye, pero el acetato y el triacetato son ésteres de la celulosa y algunos los consideran una clase de fibra diferente. Los tejidos de acetato destacan por su capacidad para aceptar colores vivos y por su buena caída, características que los hacen idóneos para la confección de prendas de vestir. Las fibras cortas de acetato se utilizan para rellenar almohadas, colchones y colchas. Los hilos de triacetato tienen muchas características similares al acetato, pero destacan principalmente por su capacidad para conservar las pinzas y el plisado en la ropa.

Riesgos y prevención

Los principales riesgos del proceso de la viscosa son las exposiciones al bisulfuro de carbono y al sulfuro de hidrógeno. Ambos ejercen una serie de efectos tóxicos según la intensidad y la duración de la exposición y los órganos afectados; van desde fatiga y mareo, irritación de las vías respiratorias y síntomas gastrointestinales hasta profundos trastornos neuropsiquiátricos, perturbaciones auditivas y visuales, inconsciencia profunda y muerte.

Además, con un punto de inflamación inferior a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y unos límites de deflagración del 1,0 al 50 %, el bisulfuro de carbono lleva aparejado un grave riesgo de incendio y explosión.

Los ácidos y álcalis utilizados en el proceso están bastante diluidos, pero siempre hay riesgos en la preparación de las diluciones adecuadas y por salpicaduras a los ojos. Los grumos alcalinos formados durante el troceado irritan las manos y los ojos de los trabajadores, y los vapores que desprenden los ácidos y el sulfuro de hidrógeno en el baño de hilado pueden causar queratoconjuntivitis, caracterizada por lagrimeo excesivo, fotofobia y fuertes dolores oculares.

Mantener concentraciones de bisulfuro de carbono y sulfuro de hidrógeno por debajo de los límites de exposición seguros exige un control riguroso, como el que proporciona un aparato automático de registro continuo. Es aconsejable encapsular completamente la maquinaria y dotarla de mecanismos de ventilación eficientes (con entradas a nivel del suelo, dado que los gases son más pesados que el aire). Los trabajadores deben recibir formación sobre medidas de emergencia por fugas y, además, disponer del equipo protector adecuado. Los trabajadores de mantenimiento y reparación necesitan instrucciones concretas y supervisión para evitar niveles de exposición innecesarios.

Las salas de descanso y las instalaciones sanitarias son requisitos imprescindibles, no lujos. Es deseable someter a examen médico al personal antes de la contratación y practicar revisiones regulares de todos los empleados.

FIBRAS SINTÉTICAS

A.E. Quim and R. Mattioli*

Las fibras sintéticas están hechas de polímeros sintetizados a partir de elementos químicos o de compuestos desarrollados por la industria petroquímica. Contrariamente a las fibras naturales (lana, algodón y seda), usadas desde muy antiguo, las sintéticas tienen una historia relativamente corta que se remonta sólo al perfeccionamiento del proceso de la viscosa en 1891 por Cross y Bevan, dos científicos británicos. Pocos años más tarde empezó la producción de rayón a pequeña escala, y a principios del siglo XX se producía ya a escala comercial. Desde entonces se ha creado una amplia gama de fibras sintéticas, cada una con unas características especiales que la hacen adecuada para elaborar un tipo determinado de tejido, sola o mezclada con otras fibras. Seguirles la pista es difícil, pues una misma fibra tiene nombres comerciales diferentes en cada país.

Las fibras se crean colando los polímeros líquidos por los orificios de una hilera para obtener un filamento continuo. Este se teje directamente o bien, para conferirle las características de las fibras naturales, por ejemplo, se texturiza para que tenga más volumen, o se prensa para convertirlo en fibra cortada e hilarla.

Clases de fibras sintéticas

Los principales tipos de fibras sintéticas que se utilizan comercialmente son:

- *Poliámidas (nilon)*. Las amidas poliméricas de cadena larga se identifican con una cifra que indica el número de átomos de carbono de sus componentes químicos, de los cuales se considera que la diamina es el primero. Por tanto, el primer nilon producido a partir de diamina de hexametileno y ácido adipico se denomina en los Estados Unidos y el Reino Unido nilon 66 o 6,6, ya que tanto la diamina como el ácido dibásico tienen seis átomos de carbono. En Alemania se comercializa como Perlon T, en Italia como Nilon, en Suiza como Nylsuisse, en España como Anid y en Argentina como Ducilo.
- *Poliésteres*. Introducidos por primera vez en 1941, los poliésteres se obtienen mediante reacción de etilenglicol y ácido tereftálico para formar un material plástico formado por largas cadenas de moléculas que, fundido, se bombea a través de las hileras y se deja que el filamento se endurezca en el aire frío. Sigue una operación de estirado. Los poliésteres tienen nombres comerciales como Terylene en el Reino Unido, Dacron en Estados Unidos, Tergal en Francia, Terital y Wistel en Italia, Lavsán en la Federación Rusa y Tetoran en Japón.
- *Polivinilos*. El poliacrilonitrilo o fibra acrílica, que se introdujo por primera vez en 1948, es el miembro más importante de este grupo. Se conoce por varios nombres comerciales: Acrilan y Orlon en Estados Unidos, Crylor en Francia, Leacril y Vélícron en Italia, Amanian en Polonia, Courtelle en el Reino Unido, etc.
- *Polioléfinas*. La fibra más conocida de este grupo, llamada Courlene en el Reino Unido, se obtiene de forma similar al nilon. El polímero fundido a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ pasa por las hileras y se enfría al aire o en agua para formar el filamento, que después se estira.
- *Polipropileno*. Este polímero, conocido por el nombre de Hostalen en Alemania, Meraklon en Italia y Ulstron en el Reino Unido, se hila en estado de fusión, se estira y después se endurece por recocido.
- *Poliuretanos*. Producidos por primera vez en 1943 con el nombre de Perlon D por reacción de 1,4-butanodiol con diisocianato de hexametileno, los poliuretanos se han convertido en

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

la base de un nuevo tipo de fibra muy elástica llamada *spandex*. Estas fibras a veces se denominan elásticas o elastoméricas, por su elasticidad similar a la de la goma. Se fabrican a partir de una goma de poliuretano lineal, que fragua por tratamiento a temperaturas y presiones elevadas y se convierte en un poliuretano "vulcanizado" con gran cantidad de enlaces transversales que se extruye en forma de monofilamento. Este hilo, que se utiliza mucho en prendas de vestir que requieren elasticidad, se cubre con rayón o nylon para mejorar su aspecto sin renunciar a su resistencia. Los hilos de spandex se conocen en Estados Unidos como Lycra, Vyrene y Glospan, y en el Reino Unido como Spandrell.

Operaciones especiales

Corte de fibras

La seda es la única fibra natural que se presenta en forma de filamento continuo; todas las demás son fibras cortas o discontinuas. Las fibras de algodón suelen tener una longitud de 2,6 cm, las de la lana de 6 a 10 cm, y de 30 a 50 cm las de lino. Los filamentos sintéticos continuos a veces se hacen pasar a través de una máquina cortadora para asimilarlos a las fibras naturales. Se pueden rehilar en máquinas de hilado de algodón o lana para lograr un acabado exento del aspecto vítreo de algunas fibras sintéticas. Durante el hilado se combinan fibras sintéticas y naturales, o se mezclan diversas fibras sintéticas entre sí.

Rizado

Para dar a las fibras sintéticas el aspecto y el tacto de la lana, las fibras cortadas retorcidas o enredadas se rizan por diversos métodos. La máquina rizadora tiene unos rodillos estriados calientes que forman un rizo permanente. Otra opción es aplicar productos químicos que controlan la coagulación del filamento y dan lugar a fibras de sección asimétrica (con un lado grueso y otro fino, por ejemplo). Si la fibra está húmeda, el lado grueso suele curvarse y formar un rizo. Para obtener hilo texturizado, llamado en Estados Unidos "sin torsión", el hilo sintético se tricota en forma de tejido, se fija térmicamente y después se deshace el tejido con una rebobinadora. El método más nuevo consiste en pasar dos hebras de nylon por un calentador, que eleva su temperatura hasta 180 °C, y después por un huso que gira a alta velocidad para rizarlas. Los husos de la primera máquina giraban a 60.000 revoluciones por minuto (rpm), pero los modelos más nuevos alcanzan velocidades del orden de 1,5 millones de rpm.

Fibras sintéticas para ropa de trabajo

La resistencia química de la tela de poliéster la hace especialmente adecuada para confeccionar prendas protectoras en las operaciones de manipulación de ácidos. Los tejidos de poliolefina son protectores adecuados en exposiciones largas a ácidos o álcalis. El nylon, que resiste temperaturas muy elevadas, protege bien frente al fuego y el calor; a temperatura ambiente ofrece resistencia elevada a disolventes como el benceno, la acetona, el tricloretileno y el tetracloruro de carbono. La resistencia de determinados tejidos de propileno a una amplia gama de sustancias corrosivas los hace que adecuados para confeccionar prendas de trabajo y de laboratorio.

La ligereza de estas fibras sintéticas las hace preferibles a los tejidos muy vulcanizados o plastificados necesarios para lograr una protección comparable. También son mucho más cómodas en atmósferas calurosas y húmedas. Al seleccionar una prenda protectora confeccionada con fibras sintéticas, hay que comprobar el nombre genérico de la fibra y propiedades tales como el encogimiento, la sensibilidad a la luz, los agentes de

limpieza en seco y los detergentes, la resistencia al aceite, los productos químicos corrosivos y los disolventes comunes, la resistencia al calor y la propensión a acumular cargas electrostáticas.

Riesgos y prevención

Accidentes

Además de una buena limpieza, que supone mantener los suelos y pasillos limpios y secos para reducir al mínimo los resbalones y las caídas (las cubetas deben ser estancas y, a ser posible, llevar defletores para contener las salpicaduras), las máquinas, las correas, las poleas y los ejes deben estar debidamente protegidos. Las máquinas para las operaciones de hilado, cardado, bobinado y urdido deben protegerse para evitar que los materiales y las piezas salgan disparados y que las manos de los trabajadores entren en zonas peligrosas. Los dispositivos de bloqueo deben estar en su lugar para evitar que las máquinas se pongan en marcha mientras se realizan operaciones de limpieza y mantenimiento.

Incendio y explosión

La industria de las fibras sintéticas emplea grandes cantidades de materiales tóxicos e inflamables. Las zonas de almacenamiento de sustancias inflamables deben situarse al aire libre o dentro de una estructura especial resistente al fuego, y deben encerrarse con muros de contención o diques para contener los derrames. La automatización de la entrega de sustancias tóxicas inflamables mediante un sistema bien mantenido de bombas y tubos reducirá el peligro que supone trasladar y vaciar los recipientes. Hay que proporcionar prendas y equipos de extinción de incendios y formar a los trabajadores en su uso mediante simulacros periódicos, preferiblemente realizados bajo la supervisión del servicio local de bomberos.

A medida que los filamentos emergen de las hileras para ser secados o hilados, se liberan grandes cantidades de vapores de disolventes que constituyen un notable peligro de intoxicación y explosión y que hay que eliminar con dispositivos de ventilación por extracción. Es preciso controlar las concentraciones para comprobar que permanecen por debajo de los límites de deflagración del disolvente. Los vapores extraídos se destilan y recuperan o se queman; bajo ningún concepto deben liberarse a la atmósfera exterior.

Si se utilizan disolventes inflamables debe prohibirse fumar y hay que eliminar las luces abiertas, las llamas y las chispas. La instalación eléctrica debe ser resistente al fuego y las máquinas han de estar conectadas a tierra para evitar la acumulación de electricidad estática y la formación de chispas con consecuencias catastróficas.

Riesgo de intoxicación

La exposición a disolventes y productos químicos tóxicos debe mantenerse por debajo de las concentraciones máximas admisibles con ventilación de extracción adecuada. Hay que proporcionar equipos protectores de la respiración a los operarios de mantenimiento y reparación y a los encargados de responder a las emergencias ocasionadas por derrames, fugas o incendios.

PRODUCTOS DE FIELTRO NATURAL

Jerzy A. Sokal

El fieltro es un material fibroso que se obtiene entrelazando fibras de piel, pelo o lana mediante aplicación de calor, humedad, fricción y otros tratamientos hasta formar una tela no tejida

densamente apelmazada. También hay fieltros de telar de agujas, en los que el fieltro se une a una tela de soporte ligera, normalmente lana o yute.

Procesado del fieltro de pelo

El fieltro de pelo, el más utilizado para sombreros, suele ser de pelo de roedores (conejos, liebres, ratones almizcleros, coipos y castores) aunque, con menos frecuencia, se utilizan también otros animales. Después de clasificarlo, el pelo se trata con peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico y a continuación se corta, se endurece y se tiñe. Para la tinción suelen utilizarse productos sintéticos (colorantes ácidos o tintes con compuestos metálicos complejos). El fieltro teñido se carga con goma laca o poliacetato de vinilo.

Procesado del fieltro de lana

La lana utilizada para la fabricación de fieltro puede ser nueva o recuperada. El yute, que generalmente se obtiene de sacos viejos, se emplea para determinados fieltros de aguja, y se pueden añadir otras fibras como algodón, seda y fibras sintéticas.

La lana se clasifica y selecciona. Para separar las fibras se rompe en una máquina desfibradora de trapos, un cilindro con púas que gira y rompe el tejido, y después se deshila en una máquina con rodillos y cilindros cubiertos con alambres con dientes de sierra. Las fibras se carbonizan en una solución con un 18 % de ácido sulfúrico y, después de secarlas a una temperatura de 100° C, se mezclan y, cuando es necesario, se lubrican con aceite mineral y un emulsionante. Después del deshilachado y el cardado, que mezcla aún más las fibras y las dispone de forma más o menos paralela unas con otras, el material se deposita en una cinta móvil en forma de capas de tela fina que se enrollan en varillas para formar bloques. Los bloques sueltos se llevan a una sala de endurecido, donde se rocían con agua y se presionan entre dos placas pesadas, de las cuales la superior vibra y hace que las fibras se encrespen y enganchen unas con otras.

Para completar la operación de preparación del fieltro, el material se coloca en recipientes de ácido sulfúrico diluido y se golpea con pesados martillos de madera. Se lava (con incorporación de tetracloroetileno), se escurre el agua y se tiñe, normalmente con colorantes sintéticos. Se pueden añadir productos químicos para que el fieltro sea más resistente a la putrefacción. Las fases finales son secado (a 65 °C los fieltros suaves y a 112 °C los duros), esquilado, lijado, cepillado, planchado y rebordeado.

Riesgos para la seguridad y la salud

Accidentes

Las máquinas utilizadas para fabricar fieltro tienen cintas móviles, cadenas y motores con ruedas dentadas, tambores y cilindros con púas que se utilizan para el garneteado y deshilachado, prensas pesadas, rodillos y martillos, etc., y todo ello debe estar debidamente protegido y disponer de sistemas de bloqueo para evitar lesiones durante las operaciones de mantenimiento o limpieza. La buena limpieza es vital para evitar resbalones y caídas.

Ruido

Muchas de las operaciones son ruidosas; si no se alcanzan niveles de ruido seguros mediante encapsulamiento, pantallas y una lubricación adecuada, deben facilitarse equipos de protección personal para los oídos. En muchos países es obligatorio aplicar un programa de conservación de la audición con elaboración periódica de audiogramas.

Polvo

Los lugares de trabajo de la industria del fieltro son polvorientos y no se recomiendan a personas con afecciones respiratorias crónicas. Aunque, afortunadamente, el polvo no está relacionado con ninguna enfermedad particular, es necesario disponer de ventilación por extracción adecuada. El pelo animal provoca reacciones alérgicas en sujetos sensibles, pero parece ser que el asma bronquial es poco frecuente. El polvo también puede ser un peligro en caso de incendio.

Productos químicos

La solución de ácido sulfúrico que se utiliza en la producción de fieltro suele estar diluida, pero hay que tener cuidado mientras se diluye el ácido concentrado. El peligro de salpicaduras y derrames exige tener muy cerca un lugar para lavarse los ojos y que los trabajadores vayan equipados con prendas protectoras (gafas, delantales, guantes, calzado).

La curtición de determinados fieltros utilizados en la fabricación de papel obliga a usar quinona, que provoca lesiones graves en la piel y las membranas mucosas. El polvo y los vapores de este compuesto provocan manchas en la conjuntiva y la córnea y, en caso de exposición prolongada o repetida, llega a afectar a la visión. Hay que mojar los polvos de quinona para evitar la suspensión de partículas en el aire, manipularlos en recipientes o cámaras cerradas con ventilación por extracción, y equipar a los operarios con protección para las manos, los brazos, la cara y los ojos.

Calor e incendios

La elevada temperatura del material (60 °C) propia del proceso de conformación manual de sombreros obliga a los trabajadores a utilizar protectores para las manos.

El fuego es un riesgo común a las primeras fases, polvorientos, de la producción de fieltro. Pueden iniciarlo una chispa emitida por algún objeto metálico de los que aparecen en la lana reciclada, las elevadas temperaturas de los cojinetes en movimiento o defectos de la conexiones eléctricas. El riesgo se repite en las operaciones de acabado si los vapores de los disolventes inflamables penetran en los hornos de secado. Dado que daña el material y oxida la maquinaria, el agua se emplea menos para la extinción de incendios que los extintores de polvo seco. Los equipos modernos llevan unas aberturas a través de las cuales se pulveriza el material extintor, o están provistos de un dispositivo de liberación automática de dióxido de carbono.

Antrax

Aunque raramente, se han descrito algunos casos de ántrax por exposición a lana contaminada importada de regiones donde este bacilo es endémico.

TINCION, ESTAMPADO Y ACABADO

*J.M. Strother y A.K. Niyogi**

Tinción

La tinción se basa en una combinación de productos químicos o en una fuerte afinidad física entre el tinte y la fibra del tejido. Se utiliza una amplia gama de tintes y procesos, según el tejido y acabado que se persigue.

* El apartado sobre tintura se ha adaptado de la colaboración de A.K. Niyogi' en la 3ª edición de la *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

Clases de tintes

Los tintes ácidos o básicos se utilizan en un baño de ácido débil para lana, seda o algodón. Algunos tintes ácidos se aplican después de tratar las fibras con un mordiente de óxido metálico, ácido tánico o dicromato. Los tintes directos, que no son fijos, se utilizan para teñir lana, rayón y algodón; estas fibras se tiñen mediante cocción. Para teñir tejidos de algodón con tintes de azufre se prepara un baño con el tinte, carbonato sódico anhidro, sulfito sódico y agua caliente. Este proceso de tintura también se efectúa mediante ebullición. Para teñir algodón con colorantes azoicos, se disuelve naftol en sosa cáustica acuosa. El algodón se impregna con la solución del naftóxido sódico que se forma y después se trata con una solución de un compuesto diazoico para fijar el tinte en el material. Los colorantes a la tina se transforman en leuco-compuestos con hidróxido sódico e hidrosulfito sódico; este proceso se lleva a cabo a una temperatura de 30 a 60 °C. Los tintes dispersos se utilizan para teñir todas las fibras sintéticas hidrófobas. Hay que utilizar agentes de esponjamiento o portadores de naturaleza fenólica para que estos tintes actúen. Los tintes minerales son pigmentos inorgánicos en forma de sales de hierro y cromo. Después de la impregnación, se precipitan añadiendo una solución alcalina caliente. Los tintes reactivos para el algodón se utilizan en un baño caliente o frío de carbonato sódico anhidro y sal común.

Preparación de tejidos para la tinción

La preparación previa a la tintura de tejidos de algodón consta de las siguientes etapas: la tela pasa por una tundidora que corta las fibras sueltas adheridas y después, para completar el arreglo se somete brevemente a la acción de una hilera de llamas de gas; las chispas se extinguen pasando el material por una caja de agua. El apresto se elimina pasando la tela por una solución de diastasa. Para eliminar otras impurezas, se lava en un autoclave con hidróxido sódico diluido, carbonato sódico o aceite sulfonado durante 8 a 12 horas a temperatura y presión elevadas.

Para el material tejido de color se utiliza un autoclave abierto y se evita el hidróxido sódico. La coloración natural de la tela se elimina con una solución de hipoclorito en pozos de blanqueado, después de lo cual la tela se seca al aire, se lava, se decolora con una solución de bisulfito sódico, se aclara de nuevo y se lava a fondo con ácido sulfúrico o clorhídrico diluido. Después de un nuevo lavado final, la tela está lista para la tinción o el estampado.

Proceso de tinción

La tinción se lleva a cabo en una máquina jigger o fulard, en la cual la tela pasa por una solución de tinte en reposo que se prepara disolviendo el polvo del colorante en un producto químico adecuado y diluyéndolo después en agua. Después de la tintura, la tela se somete a un tratamiento de acabado.

Tintura del nilon

La preparación de las fibras de poliamida (nilon) para la tinción comienza con un lavado a fondo, algún tratamiento de fijación y, en ciertos casos, un blanqueado. El tratamiento adoptado para lavar a fondo los tejidos de poliamida depende principalmente de la composición del apresto. Los aprestos solubles en agua a base alcohol polivinílico o ácido poliacrílico se eliminan en un baño con jabón y amoníaco o Lissapol N u otro detergente similar y carbonato sódico anhidro. Después de lavado, el material se aclara a fondo y ya está listo para la tinción o el estampado, normalmente en una máquina jigger o una barca de torniquete.

Tintura de la lana

La lana en bruto se lava a fondo mediante un proceso de emulsión, en el que se utiliza una solución de jabón y carbonato sódico

anhidro. La operación se efectúa en una máquina de lavar que consiste en una gran tina con rastrillos, un fondo falso y escurridores a la salida. Una vez lavada, la lana se blanquea con peróxido de hidrógeno o bióxido de azufre. Si se utiliza éste último, los productos húmedos se dejan expuestos toda una noche al gas de dióxido de azufre. El gas ácido se neutraliza pasando el tejido por un baño de carbonato sódico y lavando a fondo. Los artículos teñidos se aclaran, se les extrae el agua y se secan.

Riesgos de la tinción y prevención

Incendio y explosión

El mayor riesgo de incendio asociado con la tinción lo plantean los disolventes y determinados colorantes inflamables. Ambos tipos de productos deben almacenarse en lugares seguros diseñados de forma adecuada y construidos con materiales resistentes al fuego, con un reborde elevado y en rampa a la entrada, de modo que el líquido de los posibles escapes quede dentro del local y no llegue a ningún sitio en el que pueda explosionar. Es preferible que los almacenes de este tipo se sitúen fuera del edificio principal de la fábrica. Si se guardan grandes cantidades de líquidos inflamables en depósitos externos, la zona debe terraplearse para contener las fugas.

Iguales medidas deben adoptarse cuando el combustible gaseoso utilizado en las máquinas chamuscadoras proceda de una fracción ligera del petróleo. Es preferible que la planta de gasificación y los almacenes de productos petrolíferos volátiles se ubiquen fuera del edificio principal.

Riesgos asociados con los productos químicos

Muchas fábricas utilizan soluciones de hipoclorito para blanquear; en otras, el agente blanqueador es cloro gaseoso o polvo decolorante, que libera cloro cuando se vierte en el depósito. En cualquiera de estos casos, los trabajadores pueden quedar expuestos a concentraciones peligrosas de cloro, que irrita la piel y los ojos y es peligroso para el tejido pulmonar porque causa edema pulmonar retardado. Para limitar la liberación de cloro en el aire que respiran los trabajadores, las tinas de blanqueo deben ser recipientes cerrados con lumbreras que reduzcan al mínimo el escape de cloro, de modo que no se sobrepasen los límites de exposición máximos recomendados. Además, hay que comprobar periódicamente las concentraciones de cloro en el ambiente para asegurar que no se supera el límite de exposición.

Las válvulas y demás controles del depósito desde el cual el cloro líquido pasa a las zonas de tintura deben estar bajo la responsabilidad de un operario competente, pues las consecuencias de un escape incontrolado podrían ser catastróficas. Cuando hay que entrar en algún depósito que ha contenido cloro u otros gases o vapores peligrosos, hay que tomar todas las precauciones que se aconsejan para el trabajo en lugares cerrados.

El uso de álcalis y ácidos corrosivos en el tratamiento de tejidos por ebullición expone a los trabajadores al riesgo de quemaduras. Tanto el ácido clorhídrico como el sulfúrico se utilizan muy a menudo en la tinción. La sosa cáustica se utiliza en las operaciones de blanqueo, mercerizado y tinción. Las pequeñas partículas sólidas suspendidas en el aire constituyen un riesgo para los trabajadores. El dióxido de azufre, que se utiliza en el blanqueo, y el bisulfuro de carbono, usado como disolvente en el tratamiento de la viscosa, también contaminan el ambiente del taller. Los hidrocarburos aromáticos, como el benceno, el tolueno o el xileno, las naftas disolventes y las aminas aromáticas, como los colorantes de anilina, son productos químicos peligrosos a los que es probable que los trabajadores queden expuestos. El diclorobenceno forma una emulsión con agua con ayuda de un agente emulsionante y se utiliza para teñir fibras de

poliéster. Es fundamental el uso de dispositivos de ventilación por extracción.

Muchos colorantes irritan la piel y provocan dermatitis; además, los trabajadores caen a menudo en la tentación de utilizar mezclas peligrosas de abrasivos, álcalis y agentes blanqueadores para eliminar de las manos las manchas de colorante.

Los disolventes orgánicos que se utilizan en los procesos y para limpiar las máquinas también ocasionan dermatitis o hacen la piel más vulnerable a la acción irritante de otras sustancias peligrosas. Algunos, como la metil-butil-cetona, causan neuropatías periféricas. Se ha comprobado también que ciertos colorantes, como rodamina B, magenta, β -naftilamina y determinadas bases como la dianisidina, son cancerígenos. El uso de β -naftilamina prácticamente se ha abandonado ya en la tintura; este asunto se trata con más detalle en otras partes de esta *Enciclopedia*.

Además de los materiales de fibra y sus contaminantes, la alergia puede ser consecuencia de los aprestos e incluso de los enzimas que se utilizan para eliminarlos.

Hay que proporcionar equipos de protección personal adecuados, también para los ojos, a fin de evitar el contacto con estos productos peligrosos. Es preciso verificar si las cremas protectoras aplicadas en algunos casos son eficaces y si se eliminan con agua. Pocas veces la protección que ofrecen es tan segura como la que proporcionan unos guantes adecuados. Las prendas protectoras deben limpiarse a intervalos regulares, y cuando tengan salpicaduras o estén contaminadas de materiales de tintura deben sustituirse por otras limpias lo antes posible. Los trabajadores deben disponer de instalaciones sanitarias adecuadas para lavarse, bañarse y cambiarse de ropa, y hay que fomentar su uso; la higiene personal es especialmente importante en las operaciones de tintorería. Por desgracia, ha habido casos en que, aún adoptando todas las medidas de protección posibles, ciertos trabajadores siguen siendo vulnerables a los efectos de estas sustancias; la única alternativa es trasladarlos a otros puestos de trabajo.

Accidentes

Se han dado casos de quemaduras graves por entrada accidental de líquido hirviendo en un autoclave durante la preparación de la tela antes del tratamiento. Esto puede ocurrir si se abre una válvula accidentalmente o si el baño caliente se vierte en un conducto de descarga común de otro autoclave de la serie y entra en el ocupado por una salida abierta. Cuando un trabajador está dentro de un autoclave por cualquier motivo, la entrada y la salida deben estar cerradas, y el autoclave aislado de los demás. Si el dispositivo de bloqueo funciona con llave, ésta debe guardarla siempre el trabajador expuesto a sufrir lesiones en caso de entrada accidental de líquido caliente, y ha de conservarla hasta salir del recipiente.

Estampado

Las telas se estampan en máquinas de cilindros. El tinte o el pigmento se espesa con almidón o se emulsiona, con disolventes orgánicos en el segundo caso. Esta pasta o emulsión es recogida por unos rodillos grabados que estampan el material, y el color se fija después en el vaporizador o la máquina de curado. La tela estampada recibe después el tratamiento de acabado adecuado.

Estampado en húmedo

El estampado en húmedo se lleva a cabo con sistemas similares a los de tinción, en tina o con colorantes reactivos. Estos métodos se utilizan sólo para los tejidos 100 % de algodón o rayón. Los riesgos para la salud relacionados con este tipo de estampado son los mismos que los mencionados en el apartado anterior.

Estampado con pigmentos basados en disolventes

Estos sistemas de estampado utilizan grandes cantidades de alcoholes minerales y otros disolventes en el sistema de espesamiento. Los riesgos principales son:

- *Incendio.* Los sistemas espesantes contienen hasta un 40 % de disolventes y son muy inflamables. Deben almacenarse con mucho cuidado en zonas debidamente ventiladas y con los circuitos eléctricos conectados a tierra. Hay que tener cuidado durante el traslado de estos productos para evitar las chispas de electricidad estática.
- *Emisiones a la atmósfera.* Los disolventes de este sistema de estampado se evaporan del horno durante el secado y curado. La normativa local dicta los valores admisibles de emisión de compuestos orgánicos volátiles.
- *Fangos.* Dado que este sistema de impresión se basa en disolventes, la pasta de impresión jamás debe entrar en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Deben eliminarse como residuo sólido. Los vertederos de fangos son fuente potencial de contaminación del suelo y las aguas subterráneas. Las zonas de almacenamiento de fangos deben estar impermeabilizadas para evitar este problema.

Estampado con pigmentos al agua

Ninguno de los riesgos mencionados en relación con el estampado con pigmentos basados en disolventes se asocia a los sistemas de estampado con pigmentos al agua. También se utilizan algunos disolventes, pero en cantidades insignificantes. El principal riesgo para la salud es la presencia de formaldehído.

El estampado con pigmentos exige un reticulador para aglutinar los pigmentos en el tejido. Los reticuladores se aplican en forma de productos independientes (melamina, por ejemplo) o de componentes de otros productos químicos, como los aglutinantes, los compuestos antimecha o los propios pigmentos. El formaldehído desempeña un papel necesario en la función de los reticuladores.

El formaldehído sensibiliza e irrita y provoca reacciones, a veces violentas, en los trabajadores expuestos a este compuesto por inhalación del aire que rodea la máquina estampadora, mientras funciona o al entrar en contacto con el tejido estampado. Estas reacciones van desde una simple irritación de los ojos hasta ampollas en la piel y graves dificultades para respirar. Se ha descubierto que el formaldehído es cancerígeno en los ratones, pero aún no se ha asociado definitivamente con el cáncer en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) lo ha clasificado como producto cancerígeno del Grupo 2A ("Probablemente cancerígeno en humanos").

Para proteger el ambiente local hay que controlar las emisiones de la fábrica para asegurar que los niveles de formaldehído no sobrepasan los estipulados por la normativa vigente.

Otro riesgo importante es el amoniaco. Dado que la pasta de estampado es sensible al pH (acidez), a menudo se utiliza amoniaco como espesante. Hay que tener cuidado y manipular el amoniaco en una zona bien ventilada y llevar protección respiratoria si es necesario.

Dado que todos los colorantes y pigmentos utilizados en el estampado suelen ser líquidos, la exposición al polvo no constituye un peligro, como ocurre en el de tintura.

Acabado

Acabado es un término que se aplica a una gama muy amplia de tratamientos que suelen llevarse a cabo durante la fase final de fabricación, antes de la confección. Algunos acabados se aplican incluso después de la confección.

Acabado mecánico

Este tipo de acabado cambia la textura y el aspecto del tejido sin productos químicos. Hay muchos tipos de acabado mecánico:

- *Sanforizado*. El tejido pasa entre una cinta de caucho y un cilindro caliente, y después entre un cilindro caliente y una mantilla sinfin para controlar el encogimiento y suavizar el tacto.
- *Calandrado*. El tejido pasa entre grandes cilindros de acero que aplican una presión de hasta 100 toneladas. A veces se calientan con vapor o con gas a temperaturas de hasta 232 °C. El tratamiento modifica el tacto y el aspecto del tejido.
- *Lijado*. El tejido pasa sobre unos rodillos cubiertos de arena que modifican la superficie y suavizan el tacto.
- *Gofrado*. El tejido pasa entre rodillos de acero calientes grabados con un motivo que se transfiere permanentemente al tejido.
- *Termofijado*. En este proceso el tejido sintético, normalmente poliéster, pasa por un rame o una máquina termofijadora por semicontacto a temperaturas suficientemente elevadas como para iniciar la fusión molecular del tejido. Estabiliza y evita el encogimiento.
- *Cepillado*. El tejido pasa por unos cepillos que giran a altas velocidades para modificar la superficie y el tacto de la tela.
- *Esmerilado*. El tejido pasa entre un cilindro de acero pequeño y otro grande cubierto de papel esmeril que modifica el aspecto y el tacto del género.

Los principales riesgos son el calor, las elevadas temperaturas que se aplican y las líneas de contacto entre rodillos en las piezas móviles de las máquinas. Hay que proteger adecuadamente la maquinaria para evitar accidentes y lesiones.

Acabado químico

El acabado químico se aplica con diversas máquinas (impregnadoras, barcas de tinción, máquinas de tinción al chorro, cubetas, barras atomizadoras, autoclaves, máquinas de paletas, rodillos tangenciales y espumadores).

Hay una clase de acabado químico que no va acompañado de reacción: la aplicación de un suavizante o un mejorador del tacto para modificar la sensación y la textura del tejido o hacerlo más fácil de coser. No implica riesgos importantes, excepto la posibilidad de irritación por contacto de la piel o los ojos, que se evita usando guantes o gafas adecuados.

El otro tipo de acabado químico sí cursa con reacción: es el acabado con resina de tejidos de algodón para inducir ciertas propiedades físicas, como resistencia al encogimiento y suavidad. Para tejidos de algodón, por ejemplo, se cataliza una resina de dimetildihidroxietilén urea y se aglutina con las moléculas del tejido para modificarlo de forma permanente. El principal riesgo asociado a este tipo de acabado es que la mayoría de las resinas liberan formaldehído durante la reacción.

Conclusión

Como otras actividades textiles, la tinción, el estampado y el acabado se realizan en plantas antiguas, generalmente pequeñas, donde apenas se presta atención a la seguridad, la salud y el bienestar del trabajador, y en otras más modernas con tecnología de vanguardia donde, en la medida de lo posible, la maquinaria se ha diseñado teniendo en cuenta el control de riesgos. Además de los riesgos específicos analizados en este apartado, subsisten otros de orden general, como la falta de iluminación, el ruido, la maquinaria sin protección, el levantamiento y la manipulación de objetos muy pesados o muy voluminosos, la falta de limpieza, etc. Por lo tanto, es necesario elaborar un programa de salud y seguridad bien formulado y bien aplicado que incluya la formación y la supervisión eficaz de los trabajadores.

GENEROS TEXTILES NO TEJIDOS

William A. Blackburn y Subhash K. Batra

Los géneros textiles no tejidos empezaron a investigarse a finales del decenio de 1940, entró en fase de desarrollo durante el siguiente, e inició la difusión comercial en el de 1960. En el curso de los 35 años siguientes, la industria de los géneros no tejidos maduró y abrió mercados, atraídos tanto por sus prestaciones y su buen precio en comparación con los géneros tradicionales como por la oferta de productos desarrollados específicamente para determinados usuarios finales. Este sector ha sobrevivido a las recesiones mucho mejor que el de los textiles convencionales, y ha crecido a un ritmo más rápido. Los problemas de salud y seguridad que plantea son similares a los del resto de la industria textil (ruido, partículas en suspensión, productos químicos para aglutinar las fibras, superficies de trabajo, piezas puntiagudas, quemaduras por exposición a temperaturas elevadas, dolores de espalda, etc.).

En general, el sector goza de buen nivel de seguridad y el número de lesiones por unidad de trabajo estándar es baja y ha respondido a los retos que planteaban las leyes sobre limpieza del agua y del aire. En Estados Unidos, la Administración para la Salud y la Seguridad en el Trabajo (OSHA) ha promulgado varias normas de protección de los trabajadores que exigen formación en materia de seguridad y métodos de trabajo seguros y han mejorado notablemente la protección del trabajador. En todo el mundo, empresas responsables adoptan prácticas parecidas.

Las materias primas utilizadas por el sector son similares a las de los textiles convencionales. Se ha estimado que en este sector consume casi mil millones de kilogramos de diversas materias primas al año. Las fibras naturales utilizadas son principalmente algodón y pasta de madera. Las fibras artificiales son rayón, poliolefinas (polietileno y polipropileno), poliésteres y, en menor medida, nilon, fibras acrílicas, aramidas y otras).

El número de tipos de géneros no tejidos aumentó al principio muy deprisa hasta aproximadamente una decena: ligamento hilado, fusión-soplado, pulpa y mezclas acolchadas al aire, en mojado y en seco (aglutinadas con aguja, térmica químicamente) y procesos de cosido-tricotado. En Estados Unidos, la industria ha saturado muchos de sus mercados finales y en la actualidad busca otros nuevos. En el segmento de los materiales compuestos, los géneros no tejidos experimentan un fuerte crecimiento. El mercado de laminados de géneros no tejidos con películas y otros revestimientos es cada vez más importante. Recientemente se ha puesto bajo sospecha el almacenamiento de géneros no tejidos en rollos, debido a la inflamabilidad de algunos productos que tienen densidades muy bajas y gran superficie. Se considera que los rollos cuya proporción volumen/peso supera un determinado factor de esponjosidad plantean problemas de almacenaje.

Materias primas**Fibras celulósicas**

El volumen de algodón blanqueado utilizado en géneros no tejidos ha ido aumentando sin interrupción, y las mezclas de algodón-poliéster y rayón-poliéster aglutinadas por tratamiento en agua son muy atractivas para aplicaciones médicas y de higiene femenina. Ha suscitado interés el uso de algodón sin blanquear en materiales no tejidos, y el tratamiento de aglutinación en agua ha permitido obtener telas experimentales muy atractivas.

El rayón ha sido objeto de ciertas presiones por parte de grupos ecologistas, preocupados por el impacto de los

subproductos del proceso sobre el medio ambiente. Algunas empresas productoras de rayón de Estados Unidos han preferido abandonar el sector antes que enfrentarse al coste de cumplir la normativa impuesta por las leyes de limpieza del aire y el agua. Las empresas que habían optado por cumplir la normativa parecen ahora satisfechas con la modificación de sus procesos.

Las fibras de pasta de madera son un componente importante de los pañales desechables, productos de incontinencia y otros géneros absorbentes. Se utilizan fibras de madera dura y kraft (celulosa al sulfato). Sólo en Estados Unidos, el consumo de fibras de pasta supera los mil millones de kilogramos anuales. Un porcentaje muy pequeño se utiliza en género no tejidos fijados por chorro de aire. Se trata de productos de uso común, como toallas para aplicaciones que van desde la cocina hasta el deporte.

Fibras sintéticas

Las dos fibras de poliolefina más comunes son el polietileno y el polipropileno. Estos polímeros se convierten en fibras cortadas que después se transforman en géneros no tejidos o en telas de ligamento hilado por extrusión de los polímeros para formar filamentos que se convierten en mallas y se aglutinan térmicamente. Algunos de los géneros así producidos se convierten en prendas protectoras; en 1995 se habían fabricado ya más de 400.000.000 de monos de trabajo con una tela de polietileno muy común obtenida mediante ligamento hilado.

El principal uso de los géneros no tejidos en Estados Unidos (aproximadamente diez mil millones de metros cuadrados) es el revestimiento de pañales desechables. Es el material que entra en contacto con la piel del bebé y los separa de los demás componentes del pañal. Las materiales confeccionadas con estas fibras también se utilizan para productos no desechables y en algunas aplicaciones geotextiles, pues se espera que duren indefinidamente. Los tejidos se degradan por acción de la luz ultravioleta o de algunos otros tipos de radiación.

Las fibras termoplásticas de los copolímeros y polímeros de poliéster se utilizan muchísimo en materiales no tejidos, tanto en los procesos de fibra cortada como en los de ligamento hilado. El volumen total estimado de los polímeros de poliolefina y poliéster que consumidos en Estados Unidos para las géneros no tejidos se ha cifrado en más de 250 millones de kilogramos anuales. Las mezclas de fibras de poliéster con pasta de madera fijada en mojado y después aglutinada por tratamiento con agua y protegida con un revestimiento repelente se utilizan mucho en gorros y paños desechables para cirugía. En 1995, el uso de géneros no tejidos como productos desechables para medicina en Estados Unidos sobrepasó los dos mil millones de metros cuadrados anuales.

Las fibras de nylon se utilizan sólo en pequeñas cantidades en forma de fibras cortadas y en un volumen limitado en materiales no tejidos de ligamento hilado. Una de las aplicaciones principales de los géneros no tejidos de nylon de ligamento hilado es el refuerzo de las bases de moquetas y filtros de fibra de vidrio. Estos materiales proporcionan una superficie de baja fricción a las moquetas, lo que facilita su colocación. En los filtros de fibra de vidrio, este tipo de tela ayuda a retener la fibra de vidrio en el filtro y evita que se incorpore a la corriente de aire filtrado. Otros productos no tejidos especiales, como las aramidas, se utilizan en mercados nicho donde se recomienda su uso debido a propiedades como la baja inflamabilidad. Algunos de estos géneros no tejidos se utilizan en la industria del mueble como ignífugos, para reducir la inflamabilidad de sillas y sofás.

Procesos

Ligamento hilado y fusión-soplado

Los métodos de *ligamento hilado* y *fusión-soplado* parten de polímeros sintéticos que funden, filtran, extruyen, estiran, cargan con electricidad estática, disponen en forma de malla, aglutinan y bobinan. Desde el punto de vista de la seguridad, el proceso exige unas prácticas similares a las del trabajo con extrusionadoras calientes, filtros, hileras y cilindros calentados utilizados para aglutinar.

Los trabajadores deben llevar la protección adecuada para los ojos y evitar las prendas sueltas, corbatas, anillos y demás piezas de joyería que puedan quedar atrapadas en la maquinaria. Además, estos procesos casi siempre implican el uso de grandes volúmenes de aire, y hay que adoptar precauciones especiales para evitar diseños que favorezcan el fuego, como colocar las reactancias de las luces en los conductos de aire. Apagar un fuego en estos conductos es difícil. Es importante que las superficies de trabajo sean seguras, así como mantener el suelo que rodea a la maquinaria libre de obstáculos que impidan la circulación rápida.

En los procesos de *ligamento hilado* y *fusión-soplado* es necesario limpiar una parte de la maquinaria quemando los residuos de polímero acumulados. Normalmente ello implica el uso de hornos muy calientes, tanto para limpiar como para almacenar las piezas limpias. Obviamente, estas operaciones exigen el uso de guantes adecuados y otras protecciones térmicas, así como ventilación adecuada para reducir el calor y los vapores desprendidos.

Los procesos de ligamento hilado deben sus ventajas económicas en parte al hecho de que son relativamente rápidos y las bobinas tomadoras se pueden cambiar sin interrumpir el proceso. El diseño del equipo de cambio de rollos y la formación de los operarios deben dejar un margen de seguridad adecuado para estas operaciones.

Colchado en seco

Los procesos de apertura de balas de fibras, mezcla de fibras para mantener una alimentación uniforme de la carda, cardado para formar mallas de fibras, contrapeado de las mallas para lograr una resistencia óptima en todas las direcciones y aglutinación de la malla, son similares —desde el punto de vista de la seguridad— a las operaciones textiles convencionales. Hay que proteger todos los lugares donde las manos queden expuestas a los rodillos en movimiento. Algunos procesos de colchado en seco generan pequeñas cantidades de fibras en suspensión. El trabajador debe disponer de equipos de protección personal para evitar la inhalación de la fracción respirable de estas fibras.

Si las mallas de fibras obtenidas deben aglutinarse térmicamente, normalmente habrá una pequeña cantidad (del orden del 10 % en peso) de fibra de menor punto de fusión o en polvo mezclada con el resto. Este material se funde en un horno o con rodillos calientes y después se enfría para formar las láminas de tejido. Hay que asegurar la protección contra la exposición a los entornos calientes. En Estados Unidos se producen anualmente alrededor de 100 millones de kilogramos de géneros no tejidos aglutinados térmicamente.

Si las mallas se aglutinan mediante punzonado, se utiliza un telar de aguja. Se monta una hilera de agujas en los tableros y se pasan por la malla. Las agujas capturan las fibras de la superficie, las transportan a la cara inferior del material y las sueltan en la carrera de vuelta. El número de perforaciones por unidad de superficie puede ser pequeño (tejidos muy esponjosos) o grande (fieltros punzonados). Hay telares de agujas que actúan por las dos caras del género y admiten varios tableros. Las agujas rotas deben cambiarse. Es imprescindible un mecanismo de

bloqueo de seguridad de los telares para evitar accidentes durante el mantenimiento. Como en el caso del cardado, se generan fibras cortas, y se recomienda buena ventilación y usar respiradores. Además, se aconseja proteger los ojos contra los fragmentos de agujas rotas, que pueden salir disparados. En Estados Unidos se fabrican anualmente unos 100 millones de kilogramos de géneros no tejidos perforadas con agujas.

La aglutinación con adhesivos suele hacerse pulverizando el aglutinante en una cara del género y vulcanizándolo con aire caliente o de algún otro modo. Después se invierte la malla y se repiten todas las operaciones por la otra cara. A veces se realiza una tercera pasada por el horno para completar el proceso de vulcanización. Obviamente, la zona debe estar bien ventilada para evitar los gases del horno; hay que extraer y eliminar las emanaciones tóxicas (en Estados Unidos así lo exigen algunas leyes sobre limpieza del aire en varios estados). Este tipo de tratamiento ha sido objeto de abundantes presiones a escala internacional para reducir las emisiones de formaldehído a la atmósfera. Recientemente, en Estados Unidos, la EPA ha reducido los límites de liberación de formaldehído a una décima parte de los que se aceptaban antes. Preocupa el hecho de que los nuevos límites desafían el grado de precisión de las actuales técnicas de laboratorio. La industria de adhesivos ha reaccionado ofreciendo nuevos aglutinantes sin formaldehído.

Colchado al aire

Hay cierta confusión terminológica en relación con los géneros no tejidos colchados al aire. Una de las variantes del proceso de cardado comprende la distribución aleatoria de las fibras en una corriente de aire. A menudo este proceso se denomina "proceso de material no tejido colchado al aire". Otro proceso muy diferente, también llamado de colchado al aire, consiste en la dispersión de las fibras en una corriente de aire, normalmente con un batán de martillos, y el traslado de la suspensión de fibras a un dispositivo que las deposita en una cinta móvil. La malla que se forma se rocía con aglutinador y se polimeriza. Este proceso se puede repetir de forma continua con diferentes tipos de fibras para obtener géneros no tejidos formados por capas de distinta composición. Este método admite fibras muy cortas, y hay que adoptar precauciones para evitar la exposición a estas fibras en suspensión.

Colchado en mojado

La tecnología de elaboración de géneros no tejidos fijados en mojado se ha tomado de la fabricación de papel, y consiste en la formación de mallas a partir de dispersiones acuosas de fibras. Este proceso requiere el uso de dispersantes que evitan la formación de grumos irregulares de fibras. La dispersión de fibras se filtra a través de cintas móviles y se escurre presionándolas entre fieltros. En algún punto del proceso suele incorporarse un aglutinante que fija la malla por efecto del calor de secado. O bien, en un método más nuevo, la malla se aglutina por tratamiento con chorros de agua a presión muy elevada. La operación final es el secado, que en ocasiones comprende tratamientos de microencrepamiento y otras técnicas similares para suavizar el producto. No se conocen riesgos importantes relacionados con este proceso, y los programas de seguridad suelen basarse en las prácticas comunes de fabricación.

Cosido-tricotado

Algunas definiciones del concepto de géneros no tejidos excluyen esta técnica, pues se vale de hilos para transformar las mallas en géneros textiles. Ciertas definiciones de productos no tejidos excluyen a todos los que contienen "hilo". En este proceso, la malla se carga en máquinas de cosido-tricotado convencionales

para obtener estructuras similares a las del punto, que ofrecen gran número de posibilidades, como el uso de hilos elásticos para elaborar géneros con interesantes propiedades de estiramiento y recuperación. Tampoco este proceso se ha asociado con riesgos excepcionales.

Acabado

Los acabados de los géneros no tejidos incluyen tratamientos superficiales retardantes de la llama, hidrófobos, antiestáticos, suavizantes, antibacterianos, fusibles, lubricantes, etc. Se aplican en la línea de producción o fuera de ella, según el tratamiento y el tipo de acabado. Los antiestáticos suelen aplicarse en la línea de producción, al igual que tratamientos superficiales como el grabado por efecto corona. Los acabados retardantes del fuego e ignífugos suelen aplicarse fuera de la línea. Hay tratamientos muy especializados, como la exposición de la malla a plasma de elevada energía para determinar la polaridad de los géneros y mejorar su comportamiento en aplicaciones de filtración. La seguridad de estos procesos químicos y físicos varía con cada aplicación y debe considerarse por separado.

TEJIDO Y TRICOTADO

Charles Crocker

Tejer y tricotar son los dos métodos principales de fabricación de tejidos. En la industria textil moderna, estas operaciones se llevan a cabo con máquinas eléctricas automáticas, y los géneros resultantes encuentran una amplia gama de aplicaciones finales, como prendas de vestir, textiles para el hogar y aplicaciones industriales.

Tejeduría

La tejeduría es una operación que consiste en entrelazar perpendicularmente dos o más hilos estirados. Es la técnica de fabricación de telas más antigua, pues el telar manual se conoce desde tiempos prebíblicos. La idea básica de entrelazar los hilos continúa vigente en la actualidad.

Los hilos de la urdimbre provienen de una gran bobina llamada *plegador*, montada en la parte posterior del telar. El extremo de cada hilo de la urdimbre se enhebra a un *cuadro de lizos*. Este sube o baja los hilos a medida que se teje. El tejido más simple requiere dos cuadros, y los más complicados admiten seis como máximo. El telar jacquard sirve para fabricar telas más decorativas; su principal característica es que los hilos de la urdimbre suben y bajan individualmente. Cada uno de los extremos de los hilos pasa por un *peine* de piezas de metal montadas en paralelo y muy juntas en el *batán* de la máquina. El batán describe un movimiento de arco en torno a un pivote de anclaje. Los extremos de los hilos se unen al rodillo tomador. La tela tejida se bobina en este rodillo.

La técnica más antigua para pasar el hilo de trama por entre los hilos de urdimbre es la *lanzadera*, que, impulsada en vuelo libre, atraviesa toda la anchura de la urdimbre y va dispensando el hilo de trama de una pequeña bobina. Las tecnologías más modernas y rápidas, como la ilustrada en la Figura 89.9, llamadas *sin lanzadera*, utilizan chorros de aire o de agua, pequeños proyectiles que corren por una guía, o diminutos *espaldines* para trasladar el hilo de trama.

Los trabajadores de los telares suelen agruparse en una de las cuatro funciones siguientes:

1. Operarios de máquina, comúnmente llamados *tejedores*, que controlan el área de producción que se les ha asignado para comprobar la producción del tejido, corregir algunos fallos

Figura 89.9 • Tejedora de chorro de aire.



Tsurakoma Corp

- básicos de la máquina como roturas de hilo y arrancar las máquinas paradas.
2. Técnicos de máquina, llamados también *mecánicos de telar*, que ajustan y reparan los telares.
 3. Auxiliares de producción directos, que transportan y cargan la materia prima (hilos de urdimbre y trama) en los telares y descargan y transportan los productos acabados (rollos de tela).
 4. Auxiliares de producción indirectos, que realizan tareas de limpieza, lubricación de las máquinas, etc.

Riesgos para la seguridad

La tejeduría encierra un riesgo moderado para la seguridad del trabajador. Sin embargo, hay varios peligros típicos y una serie de medidas para reducirlos al mínimo.

Caídas

Las piezas móviles de la maquinaria y las manchas de aceite, grasa o agua en el suelo pueden provocar caídas. La buena limpieza es especialmente importante en este sector, dado que en muchos procesos los trabajadores pasan el día circulando por la zona con los ojos fijos en el proceso de producción, no en el suelo.

Maquinaria

Los mecanismos de transmisión y casi todos los objetos puntiagudos suelen estar protegidos. El batán de la máquina, los cuadros y demás piezas a las que los trabajadores deben acceder con frecuencia son las únicas piezas que sólo están protegidas parcialmente. Hay que prever espacios amplios de trabajo y circulación alrededor de las máquinas y un buen método de trabajo ayuda a los trabajadores a evitar estas exposiciones. Cuando se teje con lanzadera hay que montar protecciones en el batán para evitar que salga disparada o para desviarla hacia abajo. También hacen falta dispositivos de bloqueo, enclavamientos mecánicos, etc. para evitar la entrada de energía peligrosa cuando los técnicos u otras personas realizan reparaciones u operaciones de mantenimiento en máquinas paradas.

Manipulación de materiales

Comprende el levantamiento y traslado de rollos de tela pesados, conos de urdimbre, etc. Las carretillas manuales ayudan a

descargar o trasladar y transportar pequeñas piezas de tela de los tomadores del telar y reducen el riesgo de lesiones, pues cargan parte del peso del rollo. Se pueden utilizar carretillas industriales motorizadas para trasladar y transportar grandes rollos de tejido desde los tomadores situados delante de la máquina de tejer. Las carretillas con sistemas auxiliares hidráulicos manuales o motorizados son útiles para manipular los conos de urdimbre, que suelen pesar varios cientos de kilos. Los trabajadores que manipulan la urdimbre deben llevar calzado de seguridad.

Extinción de incendios

La tejeduría genera una cantidad considerable de borra, polvo y partículas de fibra que presentan riesgo de incendio si las fibras son combustibles. Los controles comprenden sistemas de extracción de polvo (situados bajo las máquinas en las fábricas modernas), limpieza regular de la máquina por los trabajadores de mantenimiento y equipos eléctricos diseñados para evitar chispas (por ejemplo, Clase III, División 1, ubicaciones peligrosas).

Riesgos para la salud

En la tejeduría moderna los riesgos generales para la salud se limitan a la pérdida de audición a causa del ruido y a trastornos pulmonares relacionados con algunas de las fibras que entran en la composición del hilo.

Ruido

Debido al número de máquinas instaladas en un taller textil normal, la mayoría de los telares emiten niveles de ruido que generalmente sobrepasan los 90 dBA. En algunos telares con lanzadera y otros sin lanzadera de gran velocidad, la contaminación acústica puede sobrepasar los 100 dBA. Para evitar lesiones, casi siempre es necesario utilizar protectores adecuados para los oídos y seguir un programa de conservación de la audición.

Polvo de fibra

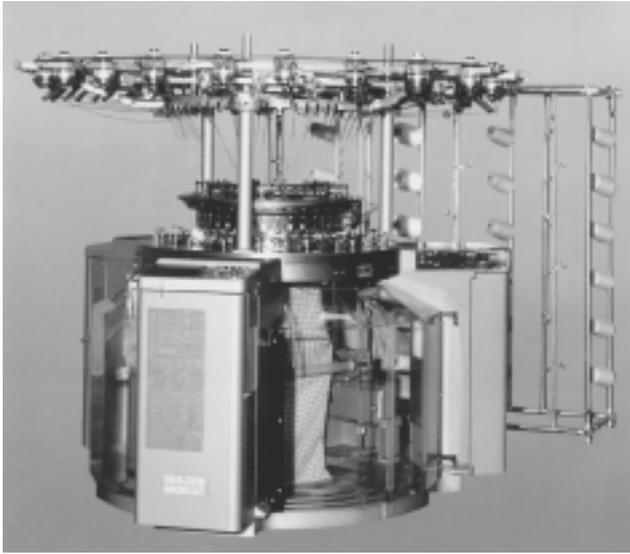
Hace mucho que se asocian ciertos trastornos pulmonares (bisirosis) con el polvo del procesado del algodón en rama y las fibras de lino, asunto que se comenta con más detalle en otros puntos de este capítulo y de la *Enciclopedia*. En general, una buena ventilación con sistemas de limpieza y filtración del aire del taller y extracción del polvo en la zona de trabajo, mantiene los niveles de polvo por debajo de los máximos permitidos (es decir, 750 µg/m³ de aire según la normativa OSHA aplicable al polvo del algodón). Además, se necesitan respiradores de polvo como protección temporal durante las actividades de limpieza. Hay que imponer un programa de control médico de los trabajadores centrado especialmente en el efecto de estos polvos.

Tricotado a máquina*

Se llama tricotado mecánico al entrelazamiento de bucles de hilo en máquinas automáticas (véase la Figura 89.10). Las máquinas están equipadas con hileras de pequeñas agujas terminadas en un gancho que tiran de los bucles de hilo recién formado para pasarlos a través de los formados en la pasada anterior. Las agujas tienen un pestillo especial que cierra el gancho para tirar mejor del hilo y después lo abre para soltarlo. Las tricotasas circulares tienen las agujas dispuestas en círculo, y el tejido que forman sale de la máquina en forma de tubo que se enrolla en un cilindro tomador. Por el contrario, las tricotasas rectilíneas y de urdimbre, tienen las agujas dispuestas en línea recta, y el tejido sale de la

* Un porcentaje muy elevado de productos tricotados a mano provienen de talleres familiares. No hay datos fiables sobre el número de trabajadores, generalmente mujeres, empleados en este sector. Recomendamos al lector que consulte el capítulo *Actividades culturales, artísticas y de entretenimiento* para hacerse una idea general de los riesgos más probables. Nota del editor.

Figura 89.10 • Tricotosa circular.



Salzer Morat

máquina en forma de hoja plana que se enrolla en el cilindro. Las tricotasas circulares y las rectilíneas suelen tomar el hilo de unos conos, y las de urdimbre de unos plegadores similares a los de telar, pero más pequeños.

Los trabajadores de fábricas de tricotado se clasifican por funciones similares a las de los tejedores. Los nombres de los puestos de trabajo reflejan la denominación del proceso.

Riesgos para la seguridad

Los riesgos para la seguridad en el tricotado son similares a los de la tejeduría, aunque en general inferiores. En el tricotado suelen caer más manchas de aceite en el suelo, pues las agujas requieren más lubricación. El riesgo de quedar atrapado en la máquina es menor, porque hay menos objetos puntiagudos y la mayor parte de la maquinaria se presta a una buena protección. Siguen siendo obligatorios los mecanismos de bloqueo de la alimentación.

La manipulación de rollos de tejido sigue encerrando riesgo de lesiones para el trabajador, pero el peligro propio de la manipulación de plegadores de urdimbre está limitado al tricotado por urdimbre. Las medidas de control de riesgos son similares a las de la tejeduría. Las tricotasas no producen tanta cantidad de borra, partículas y polvo como los telares, pero el aceite que requiere su funcionamiento hace que el riesgo de incendio sea elevado. Los controles son similares a los de la tejeduría.

Riesgos para la salud

También los riesgos para la salud en el tricotado suelen ser en general inferiores a los de la tejeduría. Los niveles de ruido oscilan entre 80 dBA y poco más de 90 dBA. Los trastornos respiratorios de los trabajadores de tricotado que procesan algodón en rama y lino no parecen ser especialmente importantes, y las normativas para estos materiales no suelen aplicarse al tricotado.

● ALFOMBRAS Y MOQUETAS

The Carpet and Rug Institute

En Persia se empezaron a confeccionar alfombras tejidas y anudadas a mano varios siglos antes de nuestra era. La primera

fábrica de alfombras de Estados Unidos se fundó en 1791 en Filadelfia. En 1839, la industria experimentó un gran cambio cuando Erastus Bigelow inventó el telar mecánico. Ahora casi todas las alfombras y moquetas se confeccionan a máquina en fábricas modernas por uno de los dos procesos siguientes: *alfombras de nudos* y *alfombras tejidas*.

La técnica de nudos es la más común. En Estados Unidos, por ejemplo, aproximadamente el 96 % de todas las alfombras de nudos se hacen a máquina, siguiendo un método ideado a partir de la manufactura de cubrecamas del noroeste de Georgia. La alfombra de nudos se elabora insertando un haz de hilos en un cañamazo de soporte (normalmente polipropileno) y añadiendo a continuación un segundo tejido de soporte con una capa de látex sintético que sujeta los hilos en su lugar y une los dos soportes, a fin de que la alfombra sea más estable.

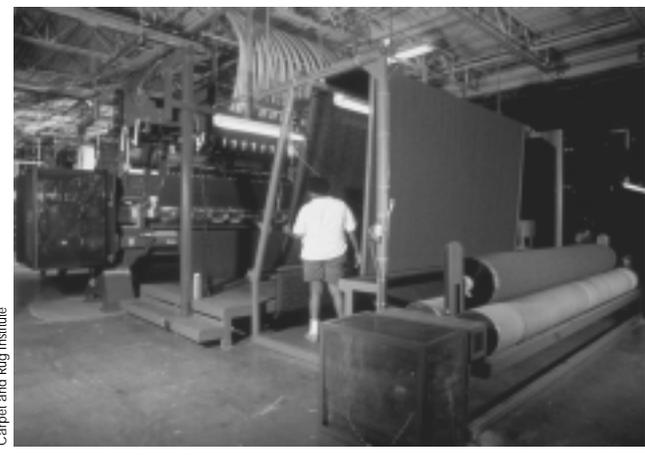
Confección de alfombras

Alfombras de mechones hechas a máquina (tufting)

La máquina de anudar utilizada para fabricar alfombras de nudos tiene centenares de agujas (hasta 2.400) montadas en una barra horizontal que cubre toda la anchura del telar (véase la Figura 89.11). La fileta, o hilo en conos dispuesto en raquetas, pasa por unos delgados tubos de guía hacia las agujas de la máquina dispuestas en una barra móvil. En general, cada aguja se alimenta a partir de dos carretes de hilo. El final del primer carrete se empalma con el extremo delantero del segundo, de modo que cuando se agota aquél empieza a utilizarse éste sin necesidad de detener la máquina. Cada extremo de hilo discurre por un tubo guía para evitar que los hilos se enmarañen. A continuación, los hilos pasan por una serie de guías fijas alineadas verticalmente y unidas al cuerpo de la máquina y entran en una última guía situada en el extremo de un brazo que se extiende a partir de la barra de agujas móvil de la máquina. Cuando esta barra se mueve hacia arriba y hacia abajo, la relación entre las dos guías se modifica. La Figura 89.12 ilustra la moqueta de nudos normalmente utilizada en viviendas.

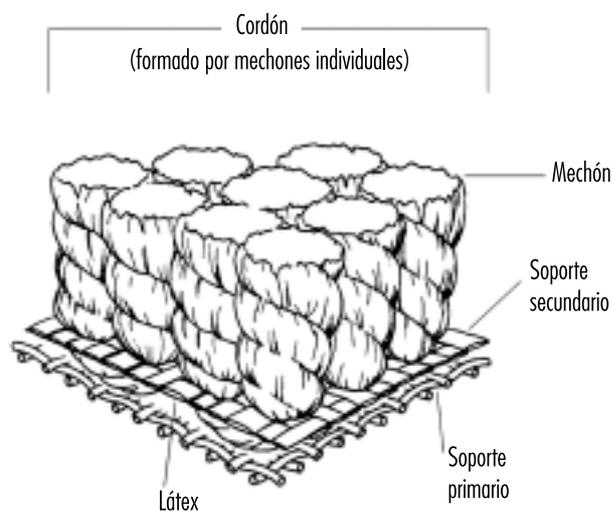
La barra recoge el hilo suelto liberado durante el movimiento ascendente de las agujas. Los hilos se enhebran en las agujas de la barra que les corresponden. Las agujas funcionan simultáneamente a razón 500 carreras por minuto o más en las que describen un movimiento alternativo ascendente y descendente. Una máquina de anudar produce de 1.000 a 2.000 metros cuadrados de alfombra en 8 horas de funcionamiento.

Figura 89.11 • Máquina de anudar alfombras.



Carpet and Rug Institute

Figura 89.12 • Sección de moqueta doméstica.



Carpet and Rug Institute

El cañamazo primario en el que se insertan los hilos procede de un rollo situado en la parte delantera de la máquina. La velocidad del rollo de soporte controla la longitud de la puntada y el número de puntadas por unidad de longitud. En sentido transversal, el número de agujas por unidad de longitud determina la densidad del tejido, que suele ser 3/16 o 5/32.

Bajo la barra de agujas de la máquina de anudar se encuentran los engarzadores de bucles o una combinación de engarzadores y cuchillos, que recogen y sostienen momentáneamente los hilos que alimentan las agujas. Cuando se forma un bucle, los engarzadores, que tienen forma de palo de hockey invertido, se colocan en la máquina de manera que los bucles formados se alejan de los engarzadores en el momento en que el cañamazo.

Los engarzadores para pelo cortado tienen forma de "C" invertida, con un filo cortante en el lado interior del borde superior; actúan en combinación con unas cuchillas de borde afilado. A medida que el cañamazo recorre la máquina hacia los engarzadores de pelo cortado, los hilos recogidos por las agujas se cortan como con unas tijeras entre el engarzador y el filo cortante de la cuchilla. Las Figuras 89.13 y 89.14 ilustran los bucles ya formados y unidos al cañamazo y varios tipos de bucles comunes.

Alfombras tejidas

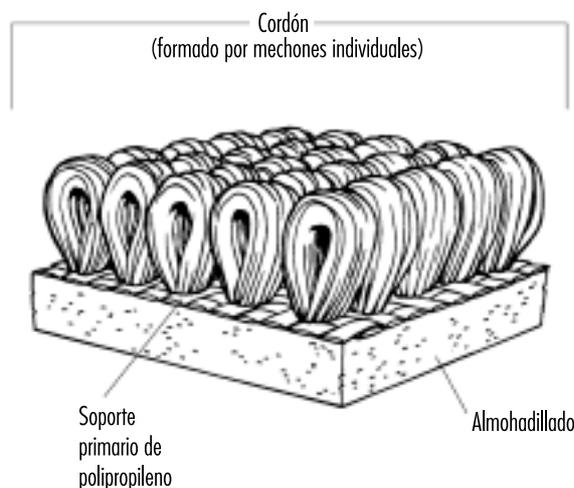
La alfombra tejida tiene un superficie de pelo que se teje simultáneamente con las hebras de urdimbre y trama que forman el soporte integrado. El cañamazo de soporte suele ser de yute, algodón o polipropileno. El pelo es de lana, algodón o cualquier fibra sintética, como nylon, poliéster, polipropileno, fibras acrílicas, etc. El cañamazo se protege con un recubrimiento que mejora la estabilidad. Este tipo de confección no exige cañamazo secundario, que casi nunca se utiliza. La técnica de tejido tiene numerosas variantes, como terciopelo, Wilton o Axminster.

Hay otras técnicas de confección de alfombras y moquetas —punto, punzonado con agujas, aglutinación por fusión— pero se utilizan mucho menos y sólo para mercados especializados.

Producción de fibra e hilo

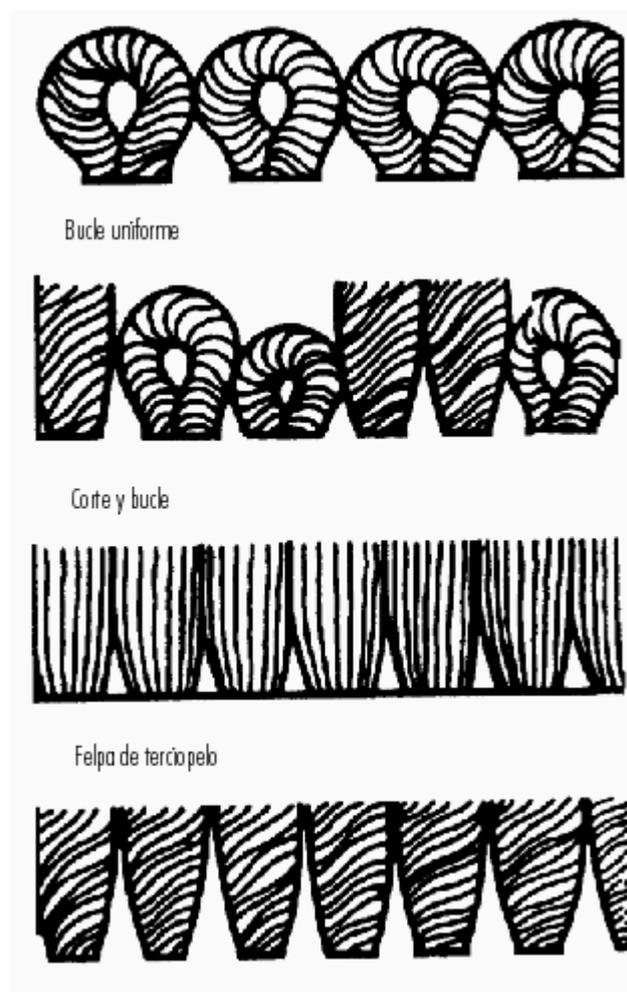
La moqueta se fabrica principalmente a partir de hilos sintéticos —nylon, polipropileno (olefina), poliéster— con cantidades menores de fibra acrílica, lana, algodón y mezclas de cualquiera de estos materiales. En los años sesenta, las fibras sintéticas

Figura 89.13 • Sección de moqueta utilizada en ambientes no residenciales.



Carpet and Rug Institute

Figura 89.14 • Bucle uniforme; corte y bucle; felpa de terciopelo; sajonia.



Carpet and Rug Institute

cobraron gran importancia, porque rinden un producto de calidad, duradero y asequible.

Los hilos sintéticos se forman por extrusión de un polímero fundido que pasa a través de los diminutos agujeros de una placa de metal o hilera. Se incorporan ciertos aditivos al polímero fundido para obtener fibras teñidas o no completamente transparentes, más blancas, más duraderas o con otras características. Cuando los filamentos emergen de la hilera, se enfrían, se estiran y se texturizan.

La extrusión confiere a las fibras sintéticas distintas secciones —circular, trilobada, pentalobada, octolobada, cuadrada— en función del diseño y la forma de las perforaciones de la hilera. De estas formas dependen muchas propiedades de la moqueta, como el lustre, el volumen, la retención de la textura y la capacidad de disimular la suciedad.

La fibra extruída se somete a tratamientos como el estirado y el recocado (calentamiento/enfriado), que aumentan la resistencia a la tracción y en general mejoran las propiedades físicas de la alfombra. El manojo de filamentos pasa entonces por un proceso de encrespamiento o texturización, que convierte los filamentos rectos en fibras ensortijadas, rizadas o aserradas.

El hilo se produce a granel, en forma de filamento continuo, o cortado. El hilo continuo es un haz continuo de fibras sintéticas. El hilo extruído se obtiene devanando un número mayor o menor de filamentos, según el calibre denier que quiera obtenerse, en un envase tomador.

La fibra cortada se transforma en hilo mediante operaciones textiles de torcido. La producción de esta clase de fibra empieza con la extrusión de grandes haces llamados "cables". Este cable se encrespa y se corta en fragmentos de 10 a 20 cm de longitud. El hilado de las fibras va precedido de tres fases críticas: mezcla, carda y peinado. La mezcla tiene por objeto combinar las fibras de varias balas para que el hilo final teñido no presente estrías de coloración desigual. La carda estira las fibras y las organiza en forma de torzal o mecha. El peinado desempeña tres funciones principales: mezcla las fibras, las coloca en paralelo y reduce el peso por unidad de longitud del haz de fibra, lo que facilita las operaciones de torcido e hilado.

Después del hilado, que adelgaza el torzal hasta el calibre deseado, el hilo se pliega y se retuerce para conseguir diversos efectos. Por último se bobina en conos y queda listo para las operaciones de fijación térmica y trenzado.

Técnicas de coloración

Dado que las fibras sintéticas tienen varias formas, toman los tintes también de forma distinta y presentan características de coloración diferentes. Las fibras del mismo tipo se pueden tratar o modificar para alterar su afinidad por determinados tintes y obtener así un efecto multicolor o de dos tonos.

Las alfombras y moquetas se colorean tiñendo la fibra o el hilo antes de tejerlos (tintura previa) o tiñendo el género ya anudado (tintura posterior o de productos crudos) antes de aplicar el segundo soporte y los tratamientos de acabado. La tintura previa se aplica en solución, en rama o en el hilo. Las técnicas de tinción posterior son variadas: tintura en pieza; tinción en baño de moqueta sin acabar; tinción en cubeta para lotes de moqueta en crudo de hasta 150 m; y tintura continua, una técnica con la que se colorean cantidades casi ilimitadas, pues se basa en la aplicación de tintas por inyección sobre toda la anchura de la moqueta a medida que avanza en el telar. La maquinaria utilizada en el estampado de alfombras es la misma que en el resto de la industria textil, pero necesariamente reforzada y modificada. Se utilizan estampadoras planas y de pantalla rotativa.

Acabado de alfombras

El acabado de alfombras y moquetas persigue tres objetivos independientes: anclar cada uno de los nudos al cañamazo de soporte primario, adherir éste a un segundo soporte y tundir y limpiar el pelo de la superficie para darle un aspecto atractivo. El segundo soporte, de polipropileno tejido, yute o material acolchado, aporta estabilidad a la moqueta.

Primero se recubre el reverso de la moqueta, normalmente por medio de un cilindro que gira en una mezcla de látex sintético y está provisto de una cuchilla dosificadora que extiende el producto. El látex es una solución con una viscosidad de 8.000 a 15.000 centipoise. Normalmente se aplican 750 a 950 g de látex por metro cuadrado.

El rollo de soporte secundario se coloca con cuidado sobre el revestimiento de látex y el conjunto se comprimen con un rodillo. Este laminado, que se mantiene plano y sin curvar, pasa por un horno largo, de 24 a 49 metros de longitud, donde se seca a temperaturas de 115 a 150 °C durante 2 a 5 minutos en tres zonas de calentamiento. Para secar la moqueta es importante que el índice de evaporación sea elevado, y el aire caliente pasa exactamente por las zonas de calentamiento controlado.

Para la superficie, en la que se habrá formado algo de borra durante las operaciones de tintura y acabado, la moqueta se tunde ligeramente. La tundidora es una máquina que cepilla el pelo y lo deja erguido y uniforme; la moqueta pasa por una serie de cuchillas giratorias que tunden o cortan las puntas de la fibra a una altura exacta, ajustable. Dos o cuatro cuchillas operan en tándem. La "tundidora doble" tienen un doble juego de cepillos de cerdas duras o de nylon y dos cuchillas tundidoras por unidad, que funcionan en tándem.

La moqueta debe superar un exhaustivo proceso de inspección y se embala y se almacena, o se corta, se embala y se expide.

Prácticas de trabajo seguras en fábricas de moqueta

Las modernas fábricas de moquetas e hilaturas aplican normas de seguridad, supervisan su cumplimiento y, en caso necesario, investigan los accidentes de manera rápida y completa. La maquinaria de producción de alfombras está equipada con protecciones para el personal. Mantener el equipo en buenas condiciones es de gran importancia para mejorar la calidad y la productividad y para la protección de los trabajadores.

Los trabajadores deben recibir formación sobre el uso seguro de la maquinaria eléctrica y los métodos de trabajo ideados para evitar lesiones a consecuencia del arranque inesperado de las máquinas. También deben estar en condiciones de identificar las fuentes de energía peligrosas, el tipo y la magnitud de la energía disponible y los métodos necesarios para aislarla y controlarla. Necesitan asimismo estar capacitados para diferenciar entre los componentes descubiertos que conducen electricidad y el resto de los elementos eléctricos; para determinar la tensión nominal de los componentes expuestos; y para calcular las distancias que es preciso respetar y las tensiones correspondientes. En las zonas provistas de dispositivos de bloqueo, los trabajadores deben conocer las normas que prohíben poner de nuevo en marcha o alimentar la maquinaria.

Si la maquinaria es antigua, hay que llevar a cabo inspecciones frecuentes e incorporar mejoras cuando sea aconsejable. Los ejes giratorios, las cintas transportadoras, las correas de transmisión de poleas, las transmisiones de cadenas y ruedas dentadas y las grúas y maquinillas deben inspeccionarse periódicamente y protegerse con defensas siempre que sea posible.

Como en las hilaturas se utilizan carretillas de mano para trasladar el material y como la borra en suspensión y otros residuos de la producción se acumulan en el suelo, hay que limpiar las ruedas para que giren mejor.

Los empleados deben recibir formación sobre la manipulación segura del aire comprimido que suele utilizarse para limpiar.

Las carretillas elevadoras, eléctricas o de propano, se utilizan en todas las fases de la producción de alfombras y en los almacenes. Es esencial mantenerlas correctamente y prestar mucha atención a la carga de combustible segura, al cambio de baterías, etc. Dado que se utilizan en zonas donde hay otros trabajadores, conviene aplicar medidas como las siguientes: vías señalizadas para evitar accidentes (por ejemplo, vías reservadas exclusivamente a los trabajadores, donde las carretillas no puedan circular); colocar señales de stop portátiles en pasillos con movimiento continuo de carretillas; limitar el acceso a los almacenes y muelles a los operadores de las carretillas y al personal encargado de las operaciones de carga y descarga; definir un circuito de circulación en un único sentido.

Modificar el diseño de las máquinas para reducir al mínimo los movimientos repetitivos ayudaría a disminuir la incidencia de lesiones por esta causa. Puede resultar útil animar a los trabajadores a que practiquen regularmente ejercicios sencillos de mano y muñeca y establecer pausas de trabajo adecuadas y cambios de tarea frecuentes.

Las lesiones musculares y óseas debidas al levantamiento y transporte de materiales pesados o voluminosos se reducen con dispositivos elevadores, carretillas manuales y motorizadas, apilando los materiales en plataformas y mesas y procurando en la medida de lo posible mantener el volumen y el peso dentro de valores manejables. También es útil la formación en técnicas de levantamiento adecuadas y la realización de ejercicios de estiramiento muscular, en especial para los trabajadores que se reincorporan al trabajo después de un episodio de dolor de espalda.

Es aconsejable aplicar un programa de conservación de la audición para evitar las lesiones debidas a la presión acústica que generan algunas operaciones fabriles. Un estudio de distribución acústica delimitará las zonas insuficientemente controladas por los dispositivos técnicos y en las que los trabajadores deben llevar equipos de protección y pasar pruebas audiométricas anuales.

Todas las fábricas textiles deben respetar la normativa vigente en materia de ventilación y aspiración de calor, borra y polvo.

● ALFOMBRAS TEJIDAS O ANUDADAS A MANO

*M.E. Radjabi**

Todas las alfombras "orientales" están tejidas a mano. Muchas se elaboran en lugares de trabajo domésticos, donde todos los miembros de la familia, incluso niños muy pequeños, trabajan en el telar durante largas jornadas y a menudo hasta bien entrada la noche. A veces se trata sólo de una ocupación secundaria de la familia, y en algunas zonas la confección de alfombras se ha trasladado del hogar a una fábrica, casi siempre pequeña.

Operaciones

Las operaciones de confección de una alfombra son: preparación del hilo, que consiste en clasificar la lana, lavarla, hilarla y teñirla; diseño de la alfombra, y tejeduría propiamente dicha.

* Adaptado de la 3ª edición, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

Preparación del hilo

En algunos casos, el hilo ya se recibe hilado y teñido. En otros, la fibra bruta, normalmente de lana, se prepara, hila y tiñe en el mismo lugar donde después se va a tejer. Una vez clasificada la fibra de lana por calidades, trabajo que normalmente realizan las mujeres sentadas en el suelo, la lana se lava y se hila a mano. La tintura se efectúa al aire libre en recipientes abiertos con tintes de anilina o alizarina; los tintes naturales ya no se utilizan.

Diseño y tejeduría

En los telares artesanos (o tribales, como a veces se les llama), se emplean diseños tradicionales que no es preciso renovar. Pero en los establecimientos industriales que emplean a varios trabajadores hay a veces un diseñador que esboza el diseño en un papel y a continuación lo traslada en color a un cartón cuadrulado a partir del cual el tejedor determina el número y la disposición de los nudos que formarán la alfombra.

El telar casi siempre adopta la forma de dos cilindros de madera horizontales apoyados sobre montantes. Uno de ellos está a 10 o 30 cm del suelo y el otro a unos 3 metros de altura. El hilo de la urdimbre pasa del rodillo superior al inferior siguiendo un plano vertical. Normalmente hay un solo trabajador por telar, pero en las alfombras más anchas puede haber hasta seis colocados uno junto a otro. En la mitad de los casos, los tejedores se sientan en cuclillas en el suelo, frente al rodillo inferior. En otros se instala un estrecho tablón horizontal que se eleva poco a poco hasta unos cuatro metros por encima del suelo a medida que el trabajo avanza. El tejedor anuda trozos cortos de hilo de lana o seda alrededor de dos hilos de urdimbre y a continuación desplaza a mano el lazo de hilo hasta el extremo ya tejido. Las pasadas de hilo de trama se abatanan en la fibra de la alfombra con un batidor o un peine de mano. Los mechones de hilo que sobresalen de la fibra se recortan con unas tijeras.

A medida que se teje, la alfombra se enrolla en el cilindro inferior, cuyo diámetro va en aumento. Cuando los trabajadores están sentados en cuclillas en el suelo, el bulto de este rodillo inferior les impide estirar las piernas, y a medida que aumenta el diámetro de la alfombra ya tejida deben ir retrocediendo e inclinar el cuerpo cada vez más hacia delante para anudar los hilos (véase la Figura 89.15). Este inconveniente se evita cuando los tejedores se sientan en un tablón, que se eleva hasta unos cuatro metros por encima del suelo; pero aún así, no siempre hay espacio suficiente para las piernas, y se ven forzados a

Figura 89.15 • Trabajo en cuclillas ante un telar.



sentarse en posiciones incómodas. En algunos casos, el tejedor cuenta con un respaldo y una almohada (de hecho, una silla sin patas) que se desplaza horizontalmente a lo largo del tablón a medida que el trabajo avanza. Hace poco se han desarrollado nuevos modelos de telares elevados que permiten al tejedor sentarse en una silla con espacio suficiente para sus piernas.

En algunas zonas de la República Islámica de Irán, la urdimbre del telar de la alfombra es horizontal en vez de vertical, y el trabajador se sienta en la misma alfombra mientras trabaja, lo que dificulta todavía más la tarea.

Riesgos propios de la tejeduría de alfombras

Como industria familiar, la tejeduría de alfombras participa de los riesgos normales en las casas pobres, con habitaciones pequeñas y atestadas, poca luz y mala ventilación. Los útiles y las técnicas se transmiten de generación en generación, y las oportunidades de formación y mejora de los métodos tradicionales son escasas o nulas. Los tejedores de alfombras sufren deformaciones óseas y trastornos visuales y están expuestos a riesgos mecánicos y tóxicos.

Deformaciones óseas

La posición en cuclillas que han de adoptar los tejedores en telares antiguos y la necesidad de inclinarse hacia delante para anudar los hilos acaban por causar alteraciones óseas graves, a las que frecuentemente se suman las deficiencias nutricionales propias de la pobreza. Los tejedores, sobre todo los que empiezan a trabajar desde niños, desarrollan deformaciones de las piernas (*genu valgum*) o artritis en la articulación de la rodilla. El estrechamiento de la pelvis que afecta a muchas mujeres les obliga a someterse a cesárea para parir. También son comunes la desviación lateral de la columna vertebral (escoliosis) y la lordosis.

Trastornos de la visión

La constante concentración de la vista en el punto de tejido o anudado impone un esfuerzo ocular considerable, sobremanera si la iluminación es insuficiente. Hay que observar que muchos hogares no disponen de luz eléctrica, y el trabajo, que a menudo se realiza también por la noche, se hace a la luz de lámparas de aceite. Ha habido casos de ceguera total al cabo de unos 12 años de dedicación a este trabajo.

Lesiones en manos y dedos

El constante atar de nudos pequeños y el tirar de la trama a través de la urdimbre provoca inflamación de las articulaciones de los dedos, artritis y neuralgias que culminan en la inutilidad permanente de los dedos.

Estrés

El alto nivel de cualificación y la atención constante al detalle durante largas horas componen un potente factor de estrés psicosocial, a menudo unido a la explotación y a una disciplina muy estricta. A los niños se les roba la infancia, y cuando se hacen adultos, la falta de contactos sociales esenciales para el equilibrio emocional favorece el desarrollo de enfermedades nerviosas, que se manifiestan en temblor de manos (que merma el rendimiento en el trabajo) y, a veces, trastornos mentales.

Riesgos mecánicos

Como no se utiliza maquinaria, prácticamente no hay riesgos mecánicos. Si los telares no se mantienen correctamente, la palanca de madera que tensa la urdimbre puede romperse y golpear al tejedor. Este peligro se evita usando tensores especiales de la urdimbre.

Riesgos químicos

Los colorantes, especialmente los que contienen potasio o bicromato sódico, pueden provocar infecciones de la piel o dermatitis. También son peligrosos el amoníaco y los ácidos y álcalis fuertes. Los diseñadores utilizan a veces pigmentos de plomo, y se han dado casos de intoxicación por la costumbre de pasar la punta del pincel entre los labios; los pigmentos de plomo deben sustituirse por colorantes no tóxicos.

Riesgos biológicos

Hay riesgo de infección por el ántrax de la lana bruta contaminada procedente de zonas donde el bacilo es endémico. Los organismos públicos competentes deben asegurarse de que se esteriliza la lana antes de entregarla a los talleres o a las fábricas.

Medidas preventivas

La clasificación de la materia prima —lana, pelo de camello o de cabra, etc.— debe hacerse sobre una reja metálica equipada con un extractor de potencia suficiente para arrastrar el polvo hacia un colector situado fuera del lugar de trabajo.

Las salas donde se lava y tiñe la lana deben estar bien ventiladas y los trabajadores han de llevar guantes de goma y delantales impermeables. Conviene neutralizar todos los líquidos residuales antes de arrojarlos a los desagües o alcantarillas.

La sala de diseño y tejeduría ha de estar bien ventilada. Como ya se ha dicho, la falta de luz es un problema grave donde no hay electricidad y cuando el trabajo continúa después de la puesta del sol.

Quizás la mejora mecánica más importante sea la elevación del cilindro inferior del telar. De esta forma los tejedores no tendrían que sentarse en cuclillas sobre el suelo en una postura poco saludable e incómoda, y podrían trabajar en una silla confortable. Esta mejora ergonómica no sólo beneficiaría la salud de los trabajadores, sino que, una vez adoptada, incrementaría la eficacia y la productividad.

Las salas de trabajo deben mantenerse limpias y bien ventiladas, y los suelos de tierra deben ser sustituidos por pisos debidamente revestidos o pavimentados. Durante la estación fría hace falta una calefacción adecuada. La manipulación manual de la urdimbre impone a los dedos un esfuerzo considerable y puede ocasionar artritis; siempre que sea posible hay que utilizar cuchillos con gancho para las operaciones de sostener y tejer. Sería deseable que los trabajadores pasaran revisiones médicas antes de ser contratados y durante su vida laboral.

Alfombras con mechones hechas a mano

La confección manual de alfombras de nudos de hilo es muy lenta. El número de nudos oscila entre 2 y 360 por centímetro cuadrado, según la calidad de la alfombra. Una pieza muy grande con un diseño complicado se tarda en hacer un año y tiene centenares de miles de nudos.

La alternativa a esta técnica es usar una herramienta manual especial provista de una aguja a través de la cual se enhebra el hilo. Se suspende verticalmente una tela de algodón en rama en la que se ha dibujado el diseño de la alfombra; el tejedor apoya la herramienta contra la tela y presiona un botón; la aguja atraviesa la tela, se retrae y deja un bucle de hilo de unos 10 mm de profundidad en el reverso. La herramienta se mueve horizontalmente 2 o 3 mm y en el anverso de la tela queda un bucle; se oprime de nuevo el botón disparador para formar otro bucle en el reverso. Cuando se adquiere destreza, se pueden hacer casi 30 bucles por minuto. Según el diseño, el tejedor tiene que pararse de vez en cuando para cambiar el color del hilo, según exijan las diversas partes del modelo. Una vez terminada la formación de bucles, la alfombra se descuelga y se coloca en el suelo boca abajo. Se aplica una solución de goma que se cubre

con una lona de yute. La alfombra se vuelve boca arriba y los bucles de hilo que sobresalen se recortan con una maquinilla eléctrica portátil. En algunos casos, el dibujo se forma cortando los bucles a diversas longitudes.

Los riesgos de esta técnica de confección de alfombras son considerablemente menores que los del anudado manual. El operario suele sentarse en un tablón delante del tejido y tiene mucho espacio para las piernas. El tablón se eleva a medida que el trabajo avanza. Estaría más cómodo si tuviera un respaldo y un asiento tapizado que se desplazara horizontalmente a lo largo del tablón a medida que el trabajo avanzara. Esta técnica exige menos tensión visual y es poco probable que los movimientos de las manos y los dedos causen problemas.

La solución de goma con que se remata este tipo de alfombras suele contener un disolvente tóxico y muy inflamable. El tratamiento debe aplicarse en salas separadas y con buena ventilación, con al menos dos salidas para casos de incendio y sin llamas ni luces abiertas. Las conexiones eléctricas y la maquinaria de esta sala deben ser a prueba de chispas y de incendio, con el correspondiente certificado. Sólo hay que guardar en las salas la cantidad mínima imprescindible de solución inflamable y tener a mano los extintores correspondientes. El almacén de productos inflamables no debe situarse en el interior de un edificio ocupado, sino en una parcela abierta.

Legislación

En muchos países, las disposiciones generales de la legislación laboral cubre las normas en materia de seguridad y salud de los trabajadores de este sector. Pero es posible que no sean aplicables a las empresas familiares ni al trabajo doméstico, y son difíciles de controlar en las pequeñas empresas diseminadas por el territorio que, en conjunto, ocupan a muchos trabajadores. La industria tiene fama de explotar a sus trabajadores y utilizar mano de obra infantil, a menudo desafiando la normativa vigente. A mediados del decenio de 1990, los compradores de alfombras de nudos y mechones confeccionadas a mano empezaron a rechazar las piezas elaboradas por trabajadores ilegales o sobreexplotados; esta tendencia se va afianzando en todo el mundo, y cabe esperar que termine con esta forma de esclavitud.

● AFECCIONES RESPIRATORIAS Y DE OTRO TIPO OBSERVADAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL

E. Neil Schachter

Durante casi 300 años, el trabajo en la industria textil se ha considerado peligroso. Ramazzini (1964), a principios del siglo XVIII, describió una forma peculiar de asma entre los cardadores de lino y cáñamo. El "polvo sucio y venenoso" que observó "hace que los trabajadores tosan constantemente y desarrollen progresivamente síntomas asmáticos". Que estos síntomas aparecieron realmente en los inicios de la industria textil lo demostraron Bouhuys y colaboradores (1973) en los estudios psicológicos llevados a cabo en Phillipsburg Manor (un proyecto de recreación de la vida en las primeras colonias holandesas de North Tarrytown, Nueva York, en Estados Unidos). Mientras en Europa muchos autores del siglo XIX y principios del XX describían cada vez con más frecuencia los síntomas respiratorios de enfermedades relacionadas con el trabajo en las fábricas textiles, éstas siguieron sin ser reconocidas en Estados Unidos hasta que estudios preliminares dirigidos a mediados del siglo XX por Richard Schilling (1981) indicaron

que, a pesar de las afirmaciones en contra del sector y del gobierno, la bisinosis era una realidad (*American Textile Reporter* 1969; Britten, Bloomfield y Goddard 1933; DOL 1945). Muchas investigaciones posteriores han demostrado que trabajadores textiles de todo el mundo se ven afectados por su entorno de trabajo.

Visión general histórica de los síndromes clínicos en la industria textil

El trabajo en la industria textil se ha asociado con muchos síntomas de afecciones de las vías respiratorias, pero el más prevalente y el más característico es la *bisinosis*. Muchas fibras vegetales, aunque no todas, cuando se procesan para obtener tejidos, pueden causar bisinosis, como se señala en el capítulo *Aparato respiratorio*. La principal característica de la historia clínica de la bisinosis es su relación con la semana laboral. El trabajador, después de varios años en el sector, describe una presión en el pecho que empieza la tarde del lunes (o el primer día de la semana laboral). La presión remite por la noche, y el trabajador se encuentra bien durante el resto de la semana, hasta el lunes siguiente, cuando vuelve a experimentar el mismo síntoma. Esta disnea del lunes puede mantenerse invariable años o progresar, y entonces los síntomas se presentan en otros días de la semana y finalmente también durante el fin de semana o las vacaciones. Cuando los síntomas ya son permanentes, la disnea es proporcional al esfuerzo. En esta fase puede aparecer tos no productiva. Los síntomas del lunes vienen acompañados de insuficiencia pulmonar durante la jornada, que puede presentarse también otros días, incluso en ausencia de otros síntomas, pero las alteraciones fisiológicas no son acusadas (Bouhuys 1974; Schilling 1956). El funcionalismo pulmonar basal (lunes antes del cambio de turno) se deteriora a medida que la enfermedad progresa. Las alteraciones fisiológicas y respiratorias características que se observan en los trabajadores bisinóticos se han clasificado en una serie de categorías (véase la Tabla 89.2) que en la actualidad son la base de la mayoría de investigaciones clínicas y epidemiológicas. Además de la opresión en el pecho, son frecuentes entre los trabajadores textiles la tos y la bronquitis. Estos síntomas probablemente son variantes de la irritación de las vías respiratorias que causa la inhalación del polvo.

Desgraciadamente no hay ninguna prueba sencilla para establecer el diagnóstico de bisinosis. Este se basa en los síntomas del trabajador y el conocimiento y la familiaridad del médico con las condiciones clínicas e industriales que favorecen la enfermedad. Los datos sobre la función pulmonar, aunque no siempre específicos, pueden ser muy útiles para establecer el diagnóstico y definir el grado de deterioro.

Tabla 89.2 • Grados de bisinosis.

Grado 0	Normal; no hay síntomas de opresión en el pecho ni tos.
Grado 1/2	Opresión ocasional en el pecho o tos o ambas cosas el primer día de la semana laboral.
Grado 1	Opresión en el pecho todos los primeros días de la semana laboral.
Grado 2	Opresión en el pecho todos los primeros días de la semana laboral y algún otro día.
Grado 3	Síntomas del nivel 2 con manifestaciones de incapacidad permanente por reducción de la capacidad ventilatoria.

Fuente: Bouhuys 1974.

Además de la bisinosis clásica, los trabajadores textiles están expuestos a otros complejos de síntomas; en general, cursan con fiebre y son independientes del primer día de la semana laboral.

Las *fiebres textiles* (fiebre del algodón, fiebre del cáñamo) cursan con hipertermia, tos, escalofríos y rinitis que se declaran al primer contacto con la fábrica o al reincorporarse al trabajo después de una ausencia prolongada. La opresión en el pecho no parece asociada con este síndrome. La frecuencia de estos síntomas entre los trabajadores es muy variable, y oscila entre el 5 % (Schilling 1956) y la mayoría del personal (Uragoda 1977; Doig 1949; Harris y cols. 1972). Normalmente, los síntomas remiten al cabo de unos días, aunque continúe la exposición en la fábrica. Se cree que la causa es una endotoxina del polvillo vegetal. La fiebre textil se ha asociado con una entidad que ahora se describe habitualmente en las industrias que utilizan materiales orgánicos: el síndrome del polvo orgánico tóxico (SPOT), que se estudia en el capítulo *Aparato respiratorio*.

La *"tos del tejedor"* es una afección primordialmente asmática que cursa característicamente con fiebre; afecta tanto a los trabajadores nuevos como a los antiguos. Los síntomas (a diferencia de la fiebre textil) persisten durante meses. El síndrome se ha relacionado con los materiales utilizados para tratar el hilo, como el polvo de semilla de tamarindo (Murray, Dingwall-Fordyce y Lane 1957) y la goma de algarrobo (Vigliani, Parmeggiani y Sassi 1954).

El tercer síndrome no bisinótico asociado con las operaciones textiles es la *"fiebre del colchonero"* (Neal, Schneiter y Caminita 1942). El nombre se refiere al contexto en que se describió esta enfermedad, caracterizada por un episodio agudo de fiebre y otros síntomas sistémicos, como trastornos gastrointestinales y malestar retroesternal en los trabajadores que manipulan algodón de baja calidad. El brote se atribuyó a la contaminación del algodón por *Aerobacter cloacae*.

En general, se considera que estos síndromes febriles son clínicamente muy distintos de la bisinosis. Así, en estudios realizados con 528 trabajadores del algodón por Schilling (1956), 38 tenían antecedentes de fiebre textil. La incidencia de esta fiebre entre los trabajadores con bisinosis "clásica" era del 10 % (14/134), frente al 6 % (24/394) de los trabajadores que no tenían bisinosis. Las diferencias no son estadísticamente significativas.

La bronquitis crónica, tal como la define la historia médica, es muy común entre los trabajadores textiles, especialmente entre los no fumadores. Este descubrimiento no es sorprendente, pues la principal característica histológica de la bronquitis crónica es la hiperplasia de las glándulas mucosas (Edwards y cols. 1975; Moran 1983). Hace falta un examen meticuloso para diferenciar los síntomas de la bronquitis crónica y la bisinosis clásica, aunque las molestias de los bronquíticos y los bisinóticos suelen coincidir, y entre los trabajadores textiles concurren probablemente diferentes manifestaciones patofisiológicas de una misma inflamación de las vías respiratorias.

Los estudios patológicos entre los trabajadores textiles son limitados, pero presentan un modelo patológico coherente que interesa a las grandes vías respiratorias (Edwards y cols. 1975; Rooke 1981a; Moran 1983) sin indicios de destrucción del parénquima pulmonar (por ejemplo, enfisema) (Moran 1983).

Curso clínico de la bisinosis

Enfermedad aguda y enfermedad crónica

En el sistema de clasificación de la Tabla 89.2 hay implícita una progresión que va de los "síntomas agudos del lunes" a los trastornos respiratorios crónicos y normalmente irreversibles de los trabajadores con bisinosis. Esta progresión se ha demostrado con los datos contrastados de estudios como el de los trabajadores del

algodón de Lancashire, Reino Unido, que reveló que la bisinosis era más grave cuando la exposición era más elevada (Schilling 1956). Otros autores describen observaciones similares (Molyneux y Tombleson 1970). Además, esta progresión puede empezar relativamente pronto después de la contratación (es decir, durante los primeros años) (Mustafa, Bos y Lakha 1979).

Los datos de muestras representativas también revelan que otros síntomas y complejos sintomáticos respiratorios crónicos, como la bronquitis jadeante o crónica, son mucho más prevalentes entre los trabajadores más antiguos de la industria del algodón que en poblaciones de control similares (Bouhuys y cols. 1977; Bouhuys, Beck y Schoenberg 1979). Los trabajadores del algodón sufren en todos los casos más bronquitis crónica que los controles, incluso ponderando los factores de sexo y tabaquismo. La bisinosis de grado 3 indica que, además de los síntomas, los trabajadores textiles muestran alteraciones de la función respiratoria. La progresión de la primera fase de la bisinosis (grado 1) a la enfermedad avanzada (grado 3) sugiere la asociación de pérdida de funcionalismo pulmonar y grados más graves de bisinosis en los estudios de muestras representativas de trabajadores textiles. Varios de estos estudios de muestras representativas corroboran la hipótesis de que las alteraciones de la función pulmonar durante la jornada (correlacionadas con los episodios agudos de opresión torácica) están relacionadas con alteraciones crónicas irreversibles.

Tras la asociación entre la enfermedad aguda y la enfermedad crónica en los trabajadores textiles se oculta una relación dosis-respuesta de los síntomas agudos que Roach y Schilling documentaron por primera vez en un estudio presentado en 1969. Estos autores descubrieron una fuerte relación lineal entre la respuesta biológica y la concentración total de polvo en el lugar de trabajo. Basándose en estos hallazgos, recomendaron 1 mg/m³ de polvo bruto como nivel de exposición razonablemente seguro. Este resultado fue adoptado más adelante por la ACGIH, y hasta finales de los años setenta fue utilizado como umbral límite para el polvo en la industria del algodón de Estados Unidos. Observaciones posteriores demostraron que la fracción fina de polvo (<7 μm) respondía prácticamente de toda la incidencia de bisinosis (Molyneux y Tombleson 1970; McKerrow y Schilling 1961; McKerrow y cols. 1962; Wood y Roach 1964). En 1973, Merchant y colaboradores elaboraron un estudio sobre los síntomas respiratorios y la función pulmonar en 1.260 trabajadores del algodón, 803 trabajadores de textiles mixtos (algodón-fibras sintéticas) y 904 trabajadores de fibras sintéticas-madera en 22 plantas textiles de Carolina del Norte (Estados Unidos). El estudio confirmó la asociación lineal entre la incidencia de la bisinosis (y la disminución de la función pulmonar) y las concentraciones de polvo sin borra.

La validación de las alteraciones de la función respiratoria indicada por los estudios de muestras de referencia proviene de varias investigaciones longitudinales que complementan y amplían los resultados de estudios anteriores. Estos estudios han subrayado la pérdida acelerada de funcionalismo pulmonar entre los trabajadores textiles del algodón, así como la elevada incidencia de nuevos síntomas.

En una serie de investigaciones con varios miles de trabajadores de fábricas textiles examinados a finales del decenio de 1960 durante un intervalo de cinco años, Fox y colaboradores (1973a; 1973b) descubrieron un aumento de los índices de bisinosis correlacionado con los años de exposición, así como una disminución anual siete veces mayor del volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV₁) (expresada como porcentaje del volumen esperado) en comparación con los grupos de control.

A principios de los años setenta, Arend Bouhuys inició un estudio singular sobre la enfermedad crónica del pulmón en los trabajadores textiles (Bouhuys y cols. 1977). El estudio era una

novedad, porque incluía trabajadores activos y jubilados. Estos empleados textiles, de Columbia, Carolina del Sur, en Estados Unidos, trabajaban en una de las cuatro fábricas textiles locales. La selección del grupo se describe en el análisis original. En un principio el grupo estaba formado por 692 individuos, pero el análisis se limitó a 646 blancos que tenían 45 años o más en 1973. Estos individuos habían trabajado una media de 35 años en las fábricas textiles. El grupo de control de los resultados contrastados consistió en blancos de 45 años de edad o más procedentes de tres comunidades estudiadas transversalmente: Ansonia y Lebanon, Connecticut, y Winnsboro, Carolina del Sur. A pesar de las diferencias geográficas y socioeconómicas, los residentes de la comunidad no diferían en cuanto a la función pulmonar de los trabajadores textiles que habían ejecutado los trabajos menos polvorientos. Dado que no se observaron diferencias en la función pulmonar o los síntomas respiratorios entre las tres comunidades, sólo se utilizó la muestra de Lebanon, Connecticut, que se estudió en 1972 y 1978, como control para el estudio longitudinal de los trabajadores textiles estudiados en 1973 y en 1979 (Beck, Doyle y Schachter 1981; Beck, Doyle y Schachter 1982).

Tanto los síntomas como la función pulmonar se han examinado exhaustivamente. En el estudio prospectivo se determinó que los índices de incidencia de siete síntomas respiratorios o síndromes (incluyendo la bisinosis) eran más elevados entre los trabajadores textiles que entre los controles, incluso ponderando el tabaquismo (Beck, Maunder y Schachter 1984). Al clasificar a los trabajadores textiles entre activos y jubilados, se observó que los que se retiraban durante el curso del estudio eran quienes tenían la mayor incidencia de síntomas. Este descubrimiento sugirió que no eran los trabajadores activos los únicos expuestos al riesgo de padecer síntomas respiratorios, sino que también los trabajadores jubilados seguían en situación de riesgo, seguramente a causa del daño irreversible que habían sufrido sus pulmones.

En esta cohorte se midió la pérdida de funcionalismo pulmonar durante un período de 5 años. El promedio de disminución entre los trabajadores y trabajadoras textiles (42 ml/año y 30 ml/año, respectivamente) era significativamente mayor que entre los hombres y mujeres de los grupos de control (27 ml/año y 15 ml/año). Al diferenciar entre fumadores y no fumadores, los trabajadores textiles seguían mostrando pérdidas del FEV₁ superiores a las observadas en los grupos de control.

Muchos autores han planteado la posibilidad de que el problema del tabaquismo pueda dar lugar a confusiones. Dado que muchos trabajadores textiles son fumadores, se ha dicho que la enfermedad crónica del pulmón que se asocia con la exposición al polvo textil podría atribuirse al tabaco. Tomando como base la población de trabajadores textiles de Columbia, la respuesta a esta cuestión se presenta de dos formas. En un estudio de Beck, Maunder y Schachter (1984) se utiliza un doble análisis de varianza para todas las mediciones de la función pulmonar; los resultados demuestran que los efectos del polvo del algodón y el tabaquismo sobre la función pulmonar son aditivos; es decir, el grado de pérdida de función pulmonar debida a un factor (tabaco o exposición al polvo del algodón) no cambia en presencia o ausencia del otro factor. Los efectos sobre la FVC (capacidad vital forzada) y el FEV₁ son de la misma magnitud (historial de fumador medio de 56 años-cajetilla, exposición textil media de 35 años). En un estudio afín, Schachter y cols. (1989) demostraron que utilizando el ángulo beta, un parámetro que describe la forma de la curva de volumen del caudal espiratorio máximo, se apreciaban diferentes pautas de anomalías de la función pulmonar para los efectos del tabaco y el algodón, de acuerdo con las conclusiones a que antes había llegado Merchant.

Mortalidad

Los estudios sobre mortalidad por exposición al polvo de algodón no han demostrado una relación causa-efecto coherente. Una revisión de la experiencia de finales del siglo XIX y principios del siglo XX en el Reino Unido sugirió un exceso de mortalidad cardiovascular en los trabajadores textiles de más edad (Schilling y Goodman 1951). En cambio, el estudio de la experiencia de las ciudades textiles de Nueva Inglaterra desde finales del siglo XIX no reveló una mortalidad excesiva (Arlidge 1892). También Henderson y Enterline (1973) obtuvieron resultados negativos en un estudio de los trabajadores de las fábricas textiles de Georgia empleados entre 1938 y 1951. En cambio, un estudio de Dubrow y Gute (1988) sobre trabajadores textiles varones de Rhode Island fallecidos entre 1968 y 1978 demostró un aumento significativo del índice de mortalidad proporcional (IMP) por afecciones respiratorias no malignas. El incremento del IMP era coherente con el aumento de la exposición al polvo, pues los operarios de las máquinas de cardar, abrir y peinar arrojaban valores de IMP más altos que los demás trabajadores de la industria textil. Un descubrimiento interesante de éste y otros estudios (Dubrow y Gute 1988; Merchant y Ortmeier 1981) es la baja mortalidad por cáncer de pulmón entre estos trabajadores, un hallazgo que se ha utilizado para argumentar que el tabaquismo no es una causa de mortalidad importante en estos grupos.

La observación de un grupo de Carolina del Sur sugiere que la enfermedad pulmonar crónica es, en realidad, la causa principal de mortalidad (o un factor de predisposición), dado que entre los trabajadores de 45 a 64 años que murieron durante un seguimiento de 6 años, la función pulmonar medida como FEV₁ residual (observado - previsto) mostró un marcado deterioro en el estudio inicial (FEV₁ medio = -0,9l) en los varones no fumadores que murieron durante el seguimiento de seis años (Beck y cols. 1981). Es posible que el efecto de la exposición en las fábricas textiles se hubiera visto moderado por un efecto de selección (efecto del trabajador sano). Finalmente, en términos de mortalidad, Rooke (1981b) estimó que de un promedio de 121 muertes que observó anualmente entre trabajadores discapacitados, 39 ocurrieron a consecuencia de la bisinosis.

Más control, menos enfermedad

Los estudios más recientes procedentes del Reino Unido y Estados Unidos sugieren que la incidencia y las pautas de enfermedad pulmonar entre los trabajadores textiles ha cambiado gracias a la aplicación de normas de calidad del aire más estrictas en las fábricas textiles de estos países. En 1996, Fishwick y colaboradores, por ejemplo, describieron un estudio de una muestra representativa de 1.057 operarios hilanderos en 11 hilaturas de Lancashire. Se hicieron pruebas a un 97 % de los empleados; la mayoría (713) trabajaban con algodón, y el resto con fibras sintéticas. Se diagnosticó bisinosis tan sólo en un 3,5 % de los operarios, y bronquitis crónica en un 5,3 %. Pero el FEV era bajo en los trabajadores expuestos a grandes concentraciones de polvo. Estas incidencias son muy inferiores a las mencionadas en los estudios previos efectuados en estas mismas fábricas. Parece que la baja incidencia de bisinosis y bronquitis se debe a la tendencia decreciente de los niveles de polvo en el Reino Unido. En este grupo, tanto el tabaco como la exposiciones al polvo de algodón influyeron en la pérdida de capacidad pulmonar.

En Estados Unidos, Glindmeyer y colaboradores (1991; 1994) llevaron a cabo entre 1982 y 1987 un estudio prospectivo de 5 años entre los trabajadores de 9 fábricas textiles (6 de algodón y 3 de fibras sintéticas), con un total 1.817 empleados dedicados exclusivamente a la fabricación de hilo, encolado o tejeduría de algodón o de fibras sintéticas. En conjunto, menos del 2 % de estos trabajadores habían tenido episodios bisinóticos. Pero los que se dedicaban a la fabricación de hilo mostraban una mayor

pérdida anual de función pulmonar que los trabajadores de encolado o tejeduría. Los operarios del proceso de hilado mostraban una pérdida de la función pulmonar proporcional a la dosis y asociada también con la calidad del algodón manipulado. Estas fábricas textiles cumplían las normas de la OSHA, y las concentraciones medias de polvo de algodón respirable sin borra en suspensión en el aire en un promedio de 8 horas eran de $196 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la fabricación de hilo y $455 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el encolado y la tejeduría. Los autores (1994) describieron alteraciones durante la jornada (el equivalente a la función pulmonar objetiva de los síntomas bisinóticos) con descensos longitudinales del funcionalismo pulmonar. Se descubrió que estas alteraciones a lo largo de la jornada era predictores significativos de los cambios longitudinales.

Aunque en la actualidad el trabajo en las fábricas textiles del mundo desarrollado se asocia con enfermedades menos graves y de menor incidencia, no ocurre lo mismo en los países en vías de desarrollo. Todavía se detecta una gran incidencia de bisinosis en todo el mundo, especialmente donde la normativa oficial es muy tolerante o falta. En una revisión reciente de la literatura, Parikh (1992) comentaba que la incidencia de bisinosis estaba muy por encima del 20 % en países como la India, Camerún, Etiopía, Sudán y Egipto. En un estudio elaborado por Zuskin y cols. (1991), se siguió a 66 trabajadores de fábricas textiles de algodón de Croacia, donde las concentraciones medias de polvo respirable seguían siendo de $1,0 \text{ mg}/\text{m}^3$. La incidencia de bisinosis se duplicó, y la pérdida anual de función pulmonar era casi el doble de la que se estimaba a partir de las ecuaciones de predicción para no fumadores sanos.

Trastornos no respiratorios asociados con el trabajo en fábricas textiles

Además de los síndromes respiratorios bien caracterizados que afectan a los trabajadores textiles, se han asociado otros riesgos con las condiciones de trabajo y los productos peligrosos manipulados en el sector.

El trabajo en la industria textil se ha asociado con *oncogénesis*. Varios estudios preliminares indican una gran incidencia de cáncer colorrectal entre los trabajadores de fábricas textiles de fibras sintéticas (Vobecky y cols. 1979; Vobecky, Devroede y Caro 1984). Un estudio retrospectivo de las fábricas textiles de fibras sintéticas, elaborado por Goldberg y Theriault (1994a), sugiere una asociación con el tiempo pasado en las unidades de extrusión de triacetato de celulosa y polipropileno. Estos autores observaron también otras asociaciones con enfermedades neoplásicas, pero se consideró que eran "no convincentes" (1994b).

La exposición a los colorantes azoicos se ha relacionado con cáncer de vejiga en varias industrias. Siemiatycki y cols. (1994) descubrieron una débil asociación entre el cáncer de vejiga y la manipulación de fibras acrílicas y polietileno. En concreto, se comprobó que los trabajadores que tiñen estos textiles se encontraban en situación de mayor riesgo. Los trabajadores con antigüedad en este sector presentaban un riesgo 10 veces mayor (significación estadística marginal) de cáncer de vejiga. Otros autores han informado de hallazgos similares, aunque también hay que tener en cuenta los estudios negativos (Anthony y Thomas 1970; Steenland, Burnett y Osorio 1987; Silverman y cols. 1989).

El *trauma por movimientos repetitivos* es un riesgo reconocido en la industria textil y vinculado con la maquinaria más rápida (Thomas 1991). Una descripción del síndrome del túnel carpiano (Forst y Hryhorczuk 1988) en el trabajo de una costurera con una máquina de coser eléctrica ilustra la patogénesis de este trastorno. La revisión de las lesiones de la mano atendidas entre 1965 y 1984 en la Unidad Regional de Cirugía Plástica a la que acuden los trabajadores de la lana de Yorkshire reveló que, aunque el empleo en este sector se había dividido por cinco, la incidencia anual de lesiones de la mano se mantenía constante, lo que indicaba que el riesgo en esta población iba en aumento (Myles y Roberts 1985).

La *intoxicación hepática* entre trabajadores textiles ha sido considerada por Redlich y colaboradores (1988) una consecuencia de la exposición a la dimetilformamida en una fábrica de revestimiento de tejidos. Esta toxicidad se identificó en el contexto de un brote de enfermedades del hígado en New Haven, Connecticut, en una fábrica de tejidos revestidos con poliuretano.

El *bisulfuro de carbono* (CS_2) es un compuesto orgánico utilizado en la preparación de textiles sintéticos, y se ha asociado con un aumento de la mortalidad por isquemia cardíaca (Hernberg, Partanen y Nordman 1970; Sweetnam, Taylor y Elwood 1986). Esta observación puede estar relacionada con sus efectos sobre los lípidos de la sangre y la presión diastólica (Eyeland y cols. 1992). Además, este agente se ha asociado también con neurotoxicidad periférica, lesiones de los órganos sensoriales y trastornos de la función hormonal y reproductora. En general, se cree que estos resultados son consecuencia de la exposición prolongada a concentraciones superiores a 10-20 ppm (Riihimaki y cols. 1992).

Se han documentado *reacciones alérgicas* a los colorantes reactivos, entre ellas eczema, urticaria y asma, en trabajadores de tintura de textiles (Estlander 1988; Sadhro, Duhra y Foulds 1989; Seidenari, Mauzini y Danese 1991).

También se ha descrito *infertilidad* en hombres y mujeres a causa de exposiciones en la industria textil (Rachootin y Olsen 1983; Buiatti y cols. 1984).

Referencias

- American Textile Reporter. 1969. (10 julio).
- Anthony, HM, GM Thomas. 1970. Tumors of the urinary bladder. *J Natl Cancer Inst* 45:879-95.
- Arlidge, JT. 1892. *The Hygiene, Diseases and Mortality of Occupations*. Londres: Percival and Co.
- Beck, GJ, CA Doyle, EN Schachter. 1981. Smoking and lung function. *Am Rev Resp Dis* 123:149-155.
- . 1982. A longitudinal study of respiratory health in a rural community. *Am Rev Resp Dis* 125:375-381.
- Beck, GJ, EN Schachter, L Maunder, A Bouhuys. 1981. The relation of lung function to subsequent employment and mortality in cotton textile workers. *Chest* suppl. 79:26S-29S.
- Beck, GJ, LR Maunder, EN Schachter. 1984. Cotton dust and smoking effects on lung function in cotton textile workers. *Am J Epidemiol* 119:33-43.
- Bouhuys, A, CA Mitchell, RSF Schilling, E Zuskin. 1973. A physiological study of byssinosis in colonial America. *Trans New York Acad Sciences* 35:537-546.
- Bouhuys, A, GJ Beck, J Schoenberg. 1979. Epidemiology of environmental lung disease. *Yale J Biol Med* 52:191-210.
- Bouhuys, A, JB Schoenberg, GJ Beck, RSF Schilling. 1977. Epidemiology of chronic lung disease in a cotton mill community. *Lung* 154:167-186.
- Bouhuys, A. 1974. *Breathing*. Nueva York: Grune & Stratton.
- Britten, RH, JJ Bloomfield, JC Goddard. 1933. *Health of Workers in Textile Plants*. Boletín nº 207. Washington, DC: US Public Health Service.
- Buiatti, E, A Barchielli, M Geddes, L Natasi, D Kriebel, M Franchini, G Scarselli. 1984. Risk factors in male infertility. *Arch Environ Health* 39:266-270.
- Department of Labor (DOL). 1945. *Special Bulletin* nº 18. Washington, DC: DOL, Labor Standards Division.
- Doig, AT. 1949. Other lung diseases due to dust. *Postgrad Med J* 25:639-649.
- Dubrow, R, DM Gute. 1988. Cause-specific mortality among male textile workers in Rhode Island. *Am J Ind Med* 13: 439-454.
- Edwards, C, J Macartney, G Rooke, F Ward. 1975. The pathology of the lung in byssinosis. *Thorax* 30:612-623.
- Estlander, T. 1988. Allergic dermatoses and respiratory diseases from reactive dyes. *Contact Dermat* 18:290-297.
- Eyeland, GM, GA Burkhardt, TM Schnorr, FW Hornung, JM Fajen, ST Lee. 1992. Effects of exposure to carbon disulphide on low density lipoprotein cholesterol concentration and diastolic blood pressure. *Brit J Ind Med* 49:287-293.
- Fishwick, D, AM Fletcher, AC Pickering, R McNiven, EB Faragher. 1996. Lung function in Lancashire cotton and man-made fibre spinning mill operatives. *Occup Environ Med* 53:46-50.
- Forst, L, D Hryhorczuk. 1988. Occupational tarsal tunnel syndrome. *Brit J Ind Med* 45:277-278.
- Fox, AJ, JBL Tomblason, A Watt, AG Wilkie. 1973a. A survey of respiratory disease in cotton operatives: Part I. Symptoms and ventilation test results. *Brit J Ind Med* 30:42-47.
- . 1973b. A survey of respiratory disease in cotton operatives: Part II. Symptoms, dust estimation, and the effect of smoking habit. *Brit J Ind Med* 30:48-53.
- Glindmeyer, HW, JJ Lefante, RN Jones, RJ Rando, HMA Kader, H Weill. 1991. Exposure-related declines in the lung function of cotton textile workers. *Am Rev Respir Dis* 144:675-683.
- Glindmeyer, HW, JJ Lefante, RN Jones, RJ Rando, H Weill. 1994. Cotton dust and across-shift change in FEV₁. *Am J Respir Crit Care Med* 149:584-590.
- Goldberg, MS, G Theriault. 1994a. Retrospective cohort study of workers of a synthetic textiles plant in Quebec II. *Am J Ind Med* 25:909-922.
- . 1994b. Retrospective cohort study of workers of a synthetic textiles plant in Quebec I. *Am J Ind Med* 25:889-907.
- Grund, N. 1995. Environmental considerations for textile printing products. *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 111 (1/2):7-10.
- Harris, TR, JA Merchant, KH Kilburn, JD Hamilton. 1972. Byssinosis and respiratory diseases in cotton mill workers. *J Occup Med* 14: 199-206.
- Henderson, V, PE Enterline. 1973. An unusual mortality experience in cotton textile workers. *J Occup Med* 15: 717-719.
- Hernberg, S, T Partanen, CH Nordman. 1970. Coronary heart disease among workers exposed to carbon disulphide. *Brit J Ind Med* 27:313-325.
- McKerrow, CB, RSF Schilling. 1961. A pilot enquiry into byssinosis in two cotton mills in the United States. *JAMA* 177:850-853.
- McKerrow, CB, SA Roach, JC Gilson, RSF Schilling. 1962. The size of cotton dust particles causing byssinosis: An environmental and physiological study. *Brit J Ind Med* 19:1-8.
- Merchant, JA, C Ortmeyer. 1981. Mortality of employees of two cotton mills in North Carolina. *Chest* suppl. 79: 6S-11S.
- Merchant, JA, JC Lumsden, KH Kilburn, WM O'Fallon, JR Ujda, VH Germino, JD Hamilton. 1973. Dose-response studies in cotton textile workers. *J Occup Med* 15:222-230.
- Ministerio de Industria y Comercio Internacional (Japón). 1996. *Asia-Pacific Textile and Clothing Industry Form, June 3-4, 1996*. Tokio: Ministerio de Industria y Comercio Internacional.
- Molyneux, MKB, JBL Tomblason. 1970. An epidemiological study of respiratory symptoms in Lancashire mills, 1963-1966. *Brit J Ind Med* 27:225-234.
- Moran, TJ. 1983. Emphysema and other chronic lung disease in textile workers: An 18-year autopsy study. *Arch Environ Health* 38:267-276.
- Murray, R, J Dingwall-Fordyce, RE Lane. 1957. An outbreak of weaver's cough associated with tamarind seed powder. *Brit J Ind Med* 14:105-110.
- Mustafa, KY, W Bos, AS Lakha. 1979. Byssinosis in Tanzanian textile workers. *Lung* 157:39-44.
- Myles, SM, AH Roberts. 1985. Hand injuries in the textile industry. *J Hand Surg* 10:293-296.
- Neal, PA, R Schneider, BH Caminita. 1942. Report on acute illness among rural mattress makers using low grade, stained cotton. *JAMA* 119:1074-1082.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1985. Final Rule for Occupational Exposure to Cotton Dust. *Federal Register* 50, 51120-51179 (13 dic. 1985). 29 CFR 1910.1043. Washington, DC: OSHA.
- Parikh, JR. 1992. Byssinosis in developing countries. *Brit J Ind Med* 49:217-219.
- Rachootin, P, J Olsen. 1983. The risk of infertility and delayed conception associated with exposures in the Danish workplace. *J Occup Med* 25:394-402.
- Ramazzini, B. 1964. *Diseases of Workers [De morbis artificum, 1713]*, traducido al inglés por WC Wright. Nueva York: Hafner Publishing Co.
- Redlich, CA, WS Beckett, J Sparer, KW Barwick, CA Riely, H Miller, SL Sigal, SL Shalat, MR Cullen. 1988. Liver disease associated with occupational exposure to the solvent dimethylformamide. *Ann Int Med* 108:680-686.
- Riihimaki, V, H Kivisto, K Peltonen, E Helpio, A Aitio. 1992. Assessment of exposures to carbon disulfide in viscose production workers from urinary 2-thiothiazolidine-4-carboxylic acid determinations. *Am J Ind Med* 22:85-97.
- Roach, SA, RSF Schilling. 1960. A clinical and environmental study of byssinosis in the Lancashire cotton industry. *Brit J Ind Med* 17:1-9.
- Rooke, GB. 1981a. The pathology of byssinosis. *Chest* suppl. 79:67S-71S.
- . 1981b. Compensation for byssinosis in Great Britain. *Chest* suppl. 79:124S-127S.
- Sadhro, S, P Duhra, IS Foulds. 1989. Occupational dermatitis from Synocril Red 3b liquid (CI Basic Red 22). *Contact Dermat* 21:316-320.
- Schachter, EN, MC Kapp, GJ Beck, LR Maunder, TJ Witek. 1989. Smoking and cotton dust effects in cotton textile workers. *Chest* 95: 997-1003.
- Schilling, RSF, N Goodman. 1951. Cardiovascular disease in cotton workers. *Brit J Ind Med* 8:77-87.
- Schilling, RSF. 1956. Byssinosis in cotton and other textile workers. *Lancet* 1:261-267, 319-324.
- . 1981. Worldwide problems of byssinosis. *Chest* suppl. 79:3S-5S.
- Seidenari, S, BM Mauzini, P Danese. 1991. Contact sensitization to textile dyes: Description of 100 subjects. *Contact Dermat* 24:253-258.
- Siemiatycki, J, R Dewar, L Nadon, M Gerin. 1994. Occupational risk factors for bladder cancer. *Am J Epidemiol* 140:1061-1080.
- Silverman, DJ, LI Levin, RN Hoover, P Hartge. 1989. Occupational risks of bladder cancer in the United States. I. White men. *J Natl Cancer Inst* 81:1472-1480.
- Steenland, K, C Burnett, AM Osorio. 1987. A case control study of bladder cancer using city directories as a source of occupational data. *Am J Epidemiol* 126:247-257.
- Sweetnam, PM, SWS Taylor, PC Elwood. 1986. Exposure to carbon disulphide and ischemic heart disease in a viscose rayon factory. *Brit J Ind Med* 44:220-227.
- Thomas, RE. 1991. Report on a multidisciplinary conference on control and prevention of cumulative trauma disorders (CDT) or repetitive motion trauma (RMT) in the textile, apparel and fiber industries. *Am Ind Hyg Assoc J* 52:A562.
- Uragoda, CG. 1977. An investigation into the health of kapok workers. *Brit J Ind Med* 34:181-185.
- Vigliani, EC, L Parmeggiani, C Sassi. 1954. Studio de un epidemio di bronchite asmatica fra gli operai di una tessitura di cotone. *Med Lau* 45:349-378.
- Vobecky, J, G Devroede, J Caro. 1984. Risk of large-bowel cancer in synthetic fiber manufacture. *Cancer* 54:2537-2542.
- Vobecky, J, G Devroede, J La Caille, A Waiter. 1979. An occupational group with a high risk of large bowel cancer. *Gastroenterology* 76:657.
- Wood, CH, SA Roach. 1964. Dust in cardrooms: A continuing problem in the cotton spinning industry. *Brit J Ind Med* 21:180-186.
- Zuskin, E, D Ivankovic, EN Schachter, TJ Witek. 1991. A ten year follow-up study of cotton textile workers. *Am Rev Respir Dis* 143:301-305.

Otras lecturas recomendadas

- Bouhuys, A, A Barbero, SE Lindell, SA Roach, RSF Schilling. 1967. Byssinosis in hemp workers. *Arch Environ Health* 14:533-544.

- Bouhuys, A, JV Duyn, HJV Lennep. 1961. Byssinosis in flax workers. *Arch Environ Health* 3:499-509.
- Bouhuys, A, LJ Heaply, RSF Schilling, JW Welborn. 1967. Byssinosis in the United States. *N Engl J Med* 277:170-175.
- Bouhuys, A, SE Lindell, SA Roach, RSF Schilling. 1967. Byssinosis in hemp workers. *Arch Environ Health* 14:533-544.
- Castellan, RM, SA Olenchock, KB Kingsley, JL Hankinson. 1987. Inhaled endotoxin and decreased spirometric values: An exposure-response relationship for cotton dust. *N Engl J Med* 317:605.
- Chwat, M, R Mordish. 1963. Byssinosis investigations into cotton plants in Israel. *14th International Conference in Occupational Health*. International Congress Series No 62. Amsterdam: Excerpta Medica.
- Collis, EL. 1909. *Report of the Inspector of Factory Workshops*. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Corn, JK. 1981. Byssinosis—An historical perspective. *Am J Ind Med* 2:331-351.
- Department of Employment. 1974. *Safety Recommendations—Joint Standing Committee on Safety in the Cotton and Allied Fibres Weaving Industry*. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Gandevia, B, J Milne. 1965. Ventilatory capacity changes on exposure to cotton dust and their relevance to byssinosis in Australia. *Brit J Ind Med* 22:295-304.
- Gilson, JC, H Stott, BEC Hopwood, SA Roach, CB McKerrow, RSF Schilling. 1962. Byssinosis: The acute effect on ventilatory capacity of dusts in cotton ginneries, cotton, sisal and jute mills. *Brit J Ind Med* 18:9-18.
- Glindmeyer, HW, JJ Lefante, RN Jones, RJ Rando, HNA Kader, H Weill. 1991. Exposure-related declines in lung function of cotton textile workers: Relationship to current workplace standards. *Am Rev Respir Dis* 144:675.
- Grandjean, E. 1978. Management of the workplace SO₂. *Prevent Med* 23:372-378.
- Greenhow, EH. 1860. *Third Report of the Medical Officer of the Privy Council, Sir John Simon*, Appendix 6. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Grund, N. 1995. Environmental considerations for textile printing products. *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 111(1/2):7-10.
- Health and Safety Executive. 1975. *Safety in the Cotton and Allied Fibres Industry: Spinning, Winding, and Sizing*. Health and Safety at Work Series No. 49C. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- . 1980. *Opening Processes: Cotton and Allied Fibres*. Health and Safety Series Booklet HS(G). Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Heyden, S, P Pratt. 1980. Exposure to cotton dust and respiratory disease. Textile workers, brown lung and lung cancer. *JAMA* 244(16):1797-1798.
- Hill, AB. 1930. *Sickness among Operatives in Lancashire Cotton Spinning Mills*. Industrial Health Research Board Report No. 59. Londres: Her Majesty's Stationery Office.
- Hussman, T. 1996. Health effects of indoor-air microorganisms. *Scand J Work Environ Health* 22:5-13.
- Kavaressi, N. 1976. Ergonomics in traditional Iranian industries. *J Hum Ergol (Tokio)* 5:145-147.
- Kay, JP. 1831. Observations and experiments concerning molecular irritation of the lungs as one source of tubercular consumption; and on spinner's phthisis. *North Engl Med Surg J* 1:348-363.
- Leach, J. 1863. Surat cotton, as it bodily affects operatives in cotton mills. *Lancet* 2:648-649.
- Lu, P, DC Christiani, T Ye, N Shi, Z Gong, H Pai, W Zhang, J Huang, M Liu. 1987. The study of byssinosis in China. *Am J Ind Med* 12:743-753.
- Manuaba, A. 1976. Problems of ergonomics in Bali, Indonesia. *J Hum Ergol (Tokio)* 5:117-131.
- Marks, R, ATC Robinson. 1976. *Principles of Weaving*. Manchester: Textile Institute.
- Morgan, PGM, SG Ong. 1981. First report of byssinosis in Hong Kong. *Brit J Ind Med* 38:290-292.
- Mustafa, KY, AS Lakha, MH Milla, U Dalioma. 1978. Byssinosis, respiratory symptoms and spirometric lung function tests in Tanzanian sisal workers. *Brit J Ind Med* 35:123-128.
- Perkins, HH Jr., SA Olenchock. 1995. Washing cotton by batch processes to control dust and endotoxin. *Ann Agric Environ Med* 2:45.
- Proust, AA. 1877. *Traité d'hygiène publique et privée*. Paris: Masson.
- Rylander, R, HR Imbus, MW Suh. 1979. Bacterial contamination of cotton as an indicator of respiratory effects among card room workers. *Brit J Ind Med* 36(4):299-304.
- Schrag, PE, AD Gullett. 1970. Byssinosis in cotton textile mills. *Am Rev Respir Dis* 101:497-503.
- Spencer, DJ. 1983. *Knitting Technology*. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Takam, J, B Nemery. 1988. Byssinosis in a textile factory in Cameroon: A preliminary study. *Brit J Ind Med* 45: 803-809.
- Wakelyn, PJ, GA Greenblatt, DF Brown, VW Tripp. 1976. Chemical properties of cotton dust. *Am Ind Hyg Assoc J* 37(1):22-31.
- Wakelyn, PJ, RR Jacobs, IW Kirk (eds.). 1986. *Washed Cotton: Washing Techniques, Processing Characteristics, and Health Effects*. Nueva Orleans, Luisiana: USDA.

