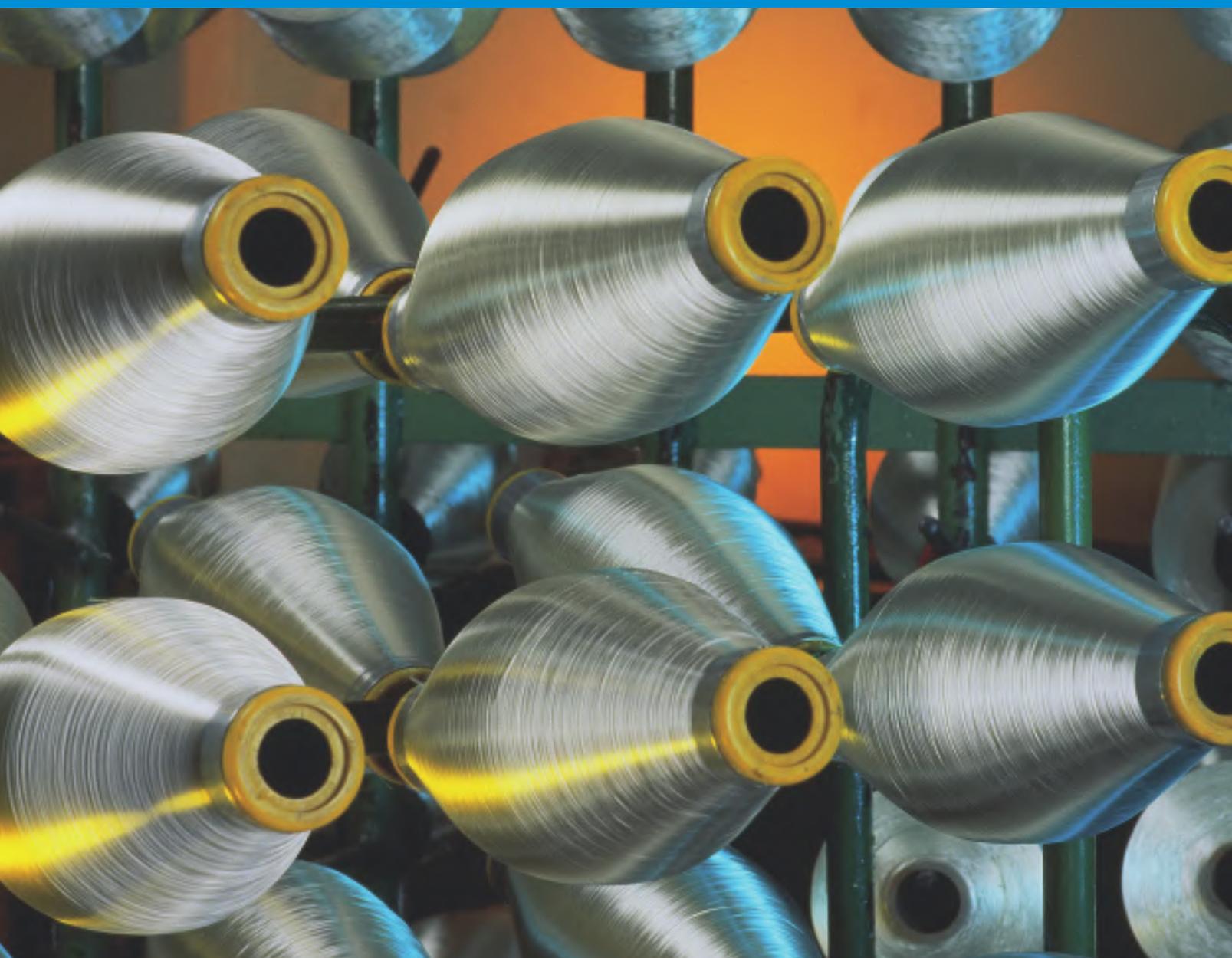


# Los tejidos inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil

JAVIER RAMÓN SÁNCHEZ MARTÍN

El sector textil, que fue uno de los motores de la Revolución Industrial, está viviendo una segunda época de esplendor con los tejidos más innovadores



## Introducción

Durante siglos, se diseñaba una prenda textil en función de las fibras conocidas en ese momento, dependiendo de la fibra empleada la mayoría de las propiedades de la prenda resultante.

Sin embargo, desde finales del siglo XIX, el textil ha sufrido grandes cambios a una velocidad sorprendente, con un profundo impacto en nuestras vidas.

En la actualidad los textiles pueden ser diseñados para aplicaciones específicas, con lo que es posible:

1. definir la aplicación para la que se concibe el textil y, en base a ella, concretar las características y prestaciones de éste, y,

2. en función de esas exigencias, elegir el material textil más adecuado de entre la amplia oferta existente.

Quizá fueran los textiles de uso técnico (TUT) los que terminaron con la creencia generalizada de que los tejidos sólo servían para vestir a las personas y poco más. Hoy día, la penetración de los TUT en los mercados es cada vez mayor, creciendo mucho más deprisa que los tradicionales. Así, a casi nadie sorprende ya la palabra “geotextiles”, que designa los productos utilizados en ingeniería civil, es decir, en construcción de carreteras, vías férreas, canales, presas, etc., pero tampoco que los TUT tengan aplicaciones en arquitectura y construcción, en transporte y automoción, en prendas para protección y seguridad para bomberos, ejército, deporte...

Además, y desde no hace mucho tiempo, han comenzado a hacerse un hueco en el mercado los llamados textiles inteligentes, integrantes del amplio grupo de los materiales de ese nombre, utilizados en numerosas disciplinas. Sus extensas aplicaciones harán sin duda que, en los próximos años, su uso se vaya generalizando cada vez más en el textil.

## Algunos desarrollos previos

De forma somera merece la pena mencionar algunos desarrollos tecnológicos textiles que pueden considerarse precursores de los textiles inteligentes y que, desde luego, tienen absoluta vigencia en la actualidad. Entre los más significativos están las microfibras, que permiten fabricar tejidos de excepcional suavidad, transpirabilidad y ligereza, los elastanos (hilos elásticos) que han permitido fabricar prendas que moldean el cuerpo sin incomodar y hacen que especialmente las prendas ajustadas sean más fáciles de poner. Además, podemos citar las

prendas sin costuras<sup>1</sup>, que mejoran significativamente el confort en ropa interior, prendas deportivas, ropa de baño, etc, y las membranas impermeables-transpirables<sup>2</sup>, como el Gore-Tex®, que es una membrana de PTFE expandida, con poros cuyo tamaño medio es del orden de 100 nm, lo que las hace transpirables, es decir, expulsan la humedad (sudor) hacia fuera, manteniéndose a su vez impermeable al agua (lluvia, nieve...).

## Textiles inteligentes<sup>4,5,6,7,8</sup>

Se conocen con este nombre los textiles capaces de alterar su naturaleza en respuesta a la acción de diferentes estímulos externos, físicos o químicos, modificando alguna de sus propiedades, principalmente con el objetivo de conferir beneficios adicionales a sus usuarios. Algunos de estos materiales son conocidos desde hace años, pero la mayoría son de reciente aparición.

Quizá fuera más apropiado denominarlos tejidos funcionales, tejidos activos o incluso, en algunos casos, tejidos interactivos, pero lo cierto es que tanto en la comunidad científica como en los sectores de la empresa y del comercio se conocen ya popularmente como textiles inteligentes (en inglés: smart textiles, intelligent textiles.).

Entre ellos los hay de muchas clases, por ejemplo, que proporcionan calor o frío, o que cambian de color, con memoria de forma, que protegen de los rayos ultravioleta, que combaten las bacterias, o que regulan la distribución de perfumes (aromas), o de cosméticos, de medicamentos, etc.

Habitualmente se clasifican en tres categorías:

1. Pasivos: mantienen sus características independientemente del entorno exterior (sólo “sienten” los estímulos exteriores).

2. Activos: actúan específicamente sobre un agente exterior (no sólo “sienten” el estímulo exterior sino que reaccionan ante él).

3. Muy activos: este tipo de tejidos adaptan automáticamente sus propiedades al percibir cambios o estímulos externos.

Los textiles inteligentes pueden obtenerse empleando directamente en la fabricación del tejido las llamadas fibras inteligentes, que son aquellas que pueden reaccionar ante la variación de estímulos tales como la luz, el calor, el sudor, etc., en el lugar donde se produce dicha variación, pero que se comportan como

fibra normales allí donde el estímulo no actúa. Por ejemplo, una fibra inteligente sería aquella que, al percibir una variación de temperatura cambiara de color.

Pero también pueden obtenerse mediante la aplicación posterior de determinados acabados a un tejido, que produzcan los mismos o diferentes efectos que los logrados con las fibras citadas.

La tecnología de estos textiles puede solaparse con otras importantes tecnologías, como la microelectrónica, la informática, las nanotecnologías y los biomateriales.

Quizá sea interesante precisar que los textiles inteligentes están aún en el comienzo de su desarrollo, aunque están evolucionando rápidamente y es más que posible que en un plazo no muy dilatado puedan jugar un papel relevante incluso en nuestra vida diaria.

En opinión de los expertos, en el futuro puede alcanzar a casi todos los sectores de la población, dado que tendrán incidencia en el terreno laboral, de seguridad, salud, ocio, decoración, etc.

## Clases de textiles inteligentes

### Textiles que incorporan microcápsulas PCM<sup>2,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17</sup>

El microencapsulado es una técnica mediante la cual mínimas porciones de un principio activo (gas, líquido o sólido) son recubiertas por un envoltorio de un segundo material (membrana) para proteger dicho principio activo del entorno que lo rodea.

La membrana suele ser muy fina, del orden de 1µm de grosor, mientras que el diámetro habitual de las microcápsulas puede variar desde unas pocas micras hasta unos 150 µm, aunque puede haber tamaños mayores.

Un caso particular son las prendas que incorporan microcápsulas PCM (Phase Change Material), las cuales contribuyen a lograr un cierto aislamiento de su portador frente al calor o el frío. Su actuación se basa en la gran cantidad de calor que, sin variar de temperatura, se absorbe o se cede cuando una sustancia cambia de fase, es decir, el calor latente.

Así, y en función de las condiciones ambientales, las microcápsulas incorporadas al textil son capaces de absorber, almacenar y liberar el calor corporal en función de las condiciones ambientales. Por ejemplo, cuando el cuerpo siente calor, la energía que éste desprende se utiliza para aportar el calor latente necesario para que la sustancia encerrada en las microcápsulas cambie de fase sólida

## RESUMEN

Hasta hace unos años se tenía la sensación de que casi todo estaba inventado en la industria textil. Hoy día nos vemos sorprendidos casi a diario con la aparición de nuevos productos que están situando a esta industria entre las pioneras en desarrollos tecnológicos. Entre los avances más espectaculares están las llamadas "prendas inteligentes", que se caracterizan por llevar incorporados determinados elementos o sistemas que les permiten responder con cierta autonomía a las necesidades del cuerpo en función de las características del entorno. Pero, a pesar de las expectativas generadas, muchos de los nuevos desarrollos están aún en fase de experimentación, aunque otros son ya una realidad, como veremos en este trabajo.

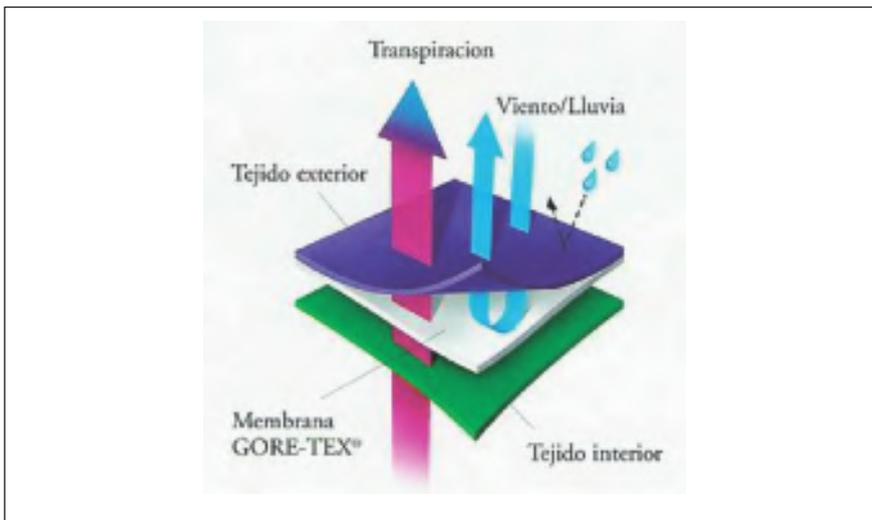


Figura 1. Esquema de un tipo de prendas de GoreTex®.

a líquida, almacenando dicha energía. Cuando cambian las condiciones ambientales y el cuerpo siente frío, la energía previamente almacenada en las microcápsulas es liberada, pasando la misma sustancia del estado líquido al sólido, sin cambiar de temperatura, proporcionando así el calor necesario para que el cuerpo no se enfríe.

Es importante precisar que, mientras los PCM de la ropa están absorbiendo o desprendiendo calor, el flujo de éste entre la persona y el exterior a través de esa prenda queda interrumpido.

El factor clave para seleccionar los PCM a incorporar al tejido es la temperatura de cambio de fase de la sustancia encerrada en las microcápsulas, que debe

ser próxima a la temperatura de las distintas partes del cuerpo. Pero también hay que tener en cuenta factores como el coste, la toxicidad y la disponibilidad. Los principales PCM empleados son ceras y parafinas (alcanos), cuyo calor latente puede estar alrededor de 200 kJ/kg. Entre los alcanos más corrientemente utilizados están el octadecano, nonadecano y eicosano, de puntos de fusión 28,2, 32,1 y 36,8 °C, respectivamente.

Las microcápsulas se pueden incorporar directamente a la propia fibra sintética en el proceso de hilatura por extrusión, teniendo en cuenta que si el número fuera excesivo, afectaría a la resistencia a la tracción. Pero también pueden añadirse durante el acabado (en ese caso habrá que tener cuidado con el tacto, resistencia a la abrasión, al lavado, lavado en seco). En la figura 2 se observan los dos casos citados:

Hay varias marcas comerciales que utilizan PCM, tales como Outlast, Thermabsorb, ConforTemp, Interactive, etc.

### Cosmetotextiles<sup>10,19,20</sup>

Pueden ayudar a la piel humana a prevenir infecciones de agentes externos, aunque también pueden desprender aromas frescos; en definitiva, se trata de aumentar la sensación de bienestar de la persona que los usa.

Son productos microencapsulados que se aplican por acabado y en los que las materias activas utilizadas son de naturaleza muy diversa: aromas (figura 3), reactivos químicos o bioquímicos, vitaminas, cristales líquidos, etc.

Las cápsulas pueden romperse progresivamente bien por presión, por fricción, por biodegradación... (figura 4).

Entre las aplicaciones más conocidas de los cosmetotextiles están las medias

Figura 2. Microcápsulas PCM incorporadas directamente a la fibra (izquierda)<sup>9,10</sup> y aplicadas al tejido como un acabado (derecha)<sup>18</sup>.

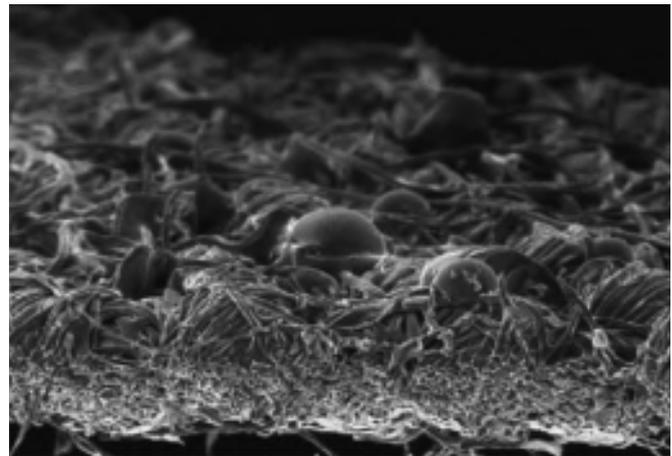
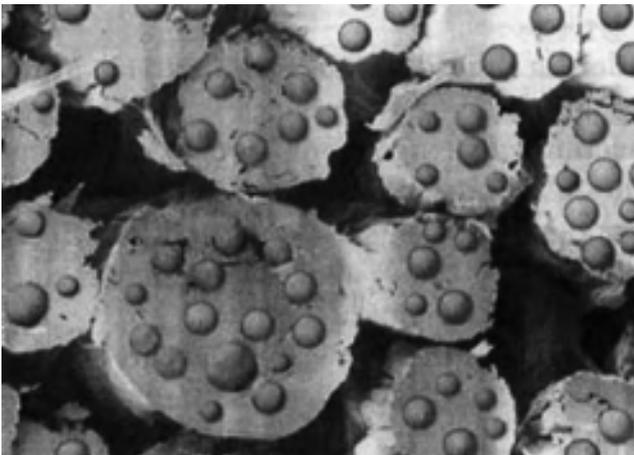




Figura 3. El aroma de lavanda están entre los más utilizados.

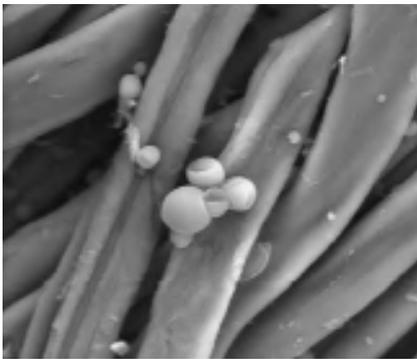


Figura 4. En la foto del microscopio electrónico (1000 aumentos) se ven fibras pertenecientes a un tejido que contiene microcápsulas con aroma de lavanda. En la parte superior de la imagen se ven algunas ya rotas, que han soltado ya su contenido<sup>21</sup>.

hidratantes, refrescantes..., las prendas de vestir interiores o exteriores perfumadas, etc. Así, las microcápsulas que contienen aloe vera, y que se rompen a causa de la fricción con la piel, proporcionan sensación de frescura y suavidad, pudiendo aguantar en las prendas que las contienen hasta 20 lavados.

#### Textiles crómicos o camaleónicos<sup>4,9,10,22,23,24</sup>

Se les denomina también textiles camaleónicos, porque pueden cambiar su color en consonancia con las condiciones externas. La clasificación se realiza en función del estímulo al que responden en:

- 1. Luz → foto
  - 2. Calor → termo
  - 3. Electricidad → electro
  - 4. Presión → piezo
  - 5. Líquido → solvato
- crómico

*Textiles fotocrómicos* son aquellos que cambian de color al actuar determinadas radiaciones sobre ellos. Una de las formas de obtenerlos es aplicando microcápsulas que contengan agregados de colorantes sensibles a la acción de la luz, lo que permite aumentar la velocidad de las reacciones fotoquímicas que se

encuentran en fase líquida en el interior de la cápsula. Otra forma es mediante la aplicación directa, por alguno de los procedimientos de estampación, de ciertas tintas sensibles a la luz.

Los más utilizados son los sensibles a las radiaciones UV. Por ejemplo, prendas de vestir que cambian de color cuando se pasa del interior al exterior de un edificio, debido al componente ultravioleta que tiene de la radiación solar (figura 5).

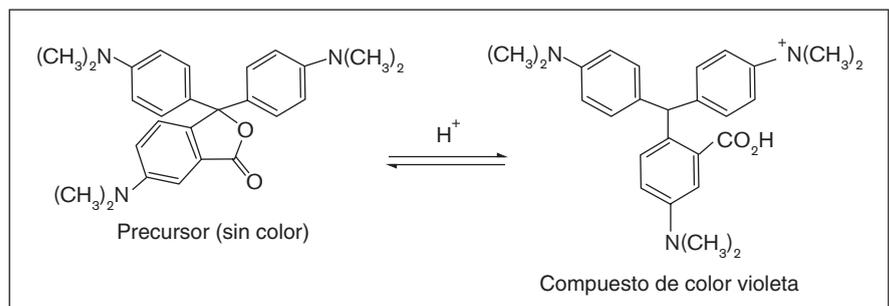
Las principales aplicaciones de los textiles fabricados con estos tejidos son en actividades lúdicas, como espectáculos, disfraces, para vestidos de noche, etc.

*Textiles termocrómicos* son aquellos que cambia su coloración al modificarse la temperatura exterior. Se obtienen mediante determinados pigmentos que son indicadores reversibles de temperatura.



Figura 5. Camiseta de algodón con colorantes sensibles a la luz (DelSol). A la sombra (izquierda) y al sol (derecha)<sup>25</sup>.

Figura 6. Espirolactonas, que aportan propiedades termocrómicas a los textiles<sup>4</sup>.



Los hay de dos tipos, ambos aplicados en forma de microcápsulas como acabado textil:

1. de cristal líquido (el termocrómismo resulta de la reflexión selectiva de luz por el cristal líquido),

2. colorantes que sufren un reordenamiento molecular (leucocolorantes) como consecuencia de un cambio de temperatura, por ejemplo las espirolactonas (figura 6).

El problema es que el plazo de envejecimiento de estas moléculas es aún demasiado corto, alrededor de tres meses.

También se puede hablar de “textiles solvatocrómicos”, que son los que cambian de color por efecto de la humedad, y que se pueden utilizar por ejemplo en bañadores. A veces se añade un reactivo químico que permite su aplicación a pañales, etc.

#### Textiles que conducen la electricidad<sup>2,14,26</sup>

Se utilizan en salas limpias, para bomberos, etc, pero en el futuro puede generalizarse su uso incluso a la vestimenta normal, debido a la incidencia que tiene sobre el confort la disipación de cargas eléctricas generadas, por ejemplo, por el roce entre fibras sintéticas.

Algunos hablan incluso de que los hilos conductores hacen que las prendas

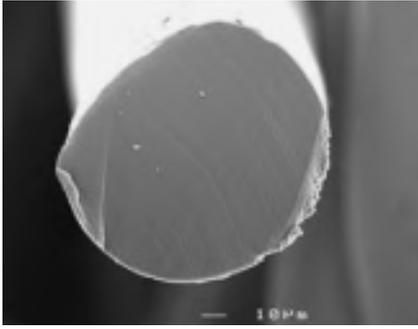


Figura 7. Hilo Protex Ag (Carolina Silver Technologies) recubierto de plata<sup>[26]</sup>.

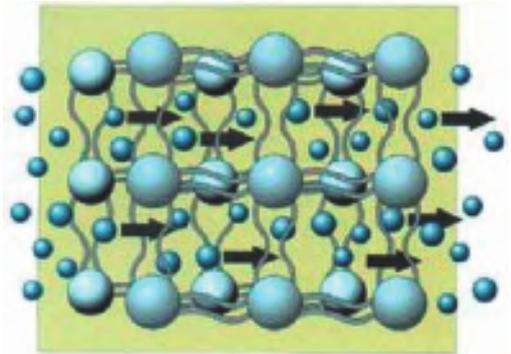
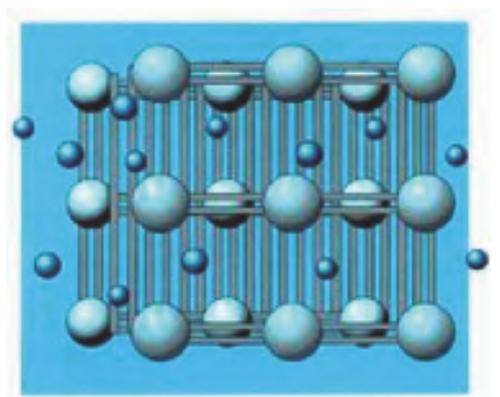


Figura 9. Membrana del material Diaplex por debajo de la temperatura de activación (izquierda) y por encima de ésta (derecha)<sup>[26]</sup>.

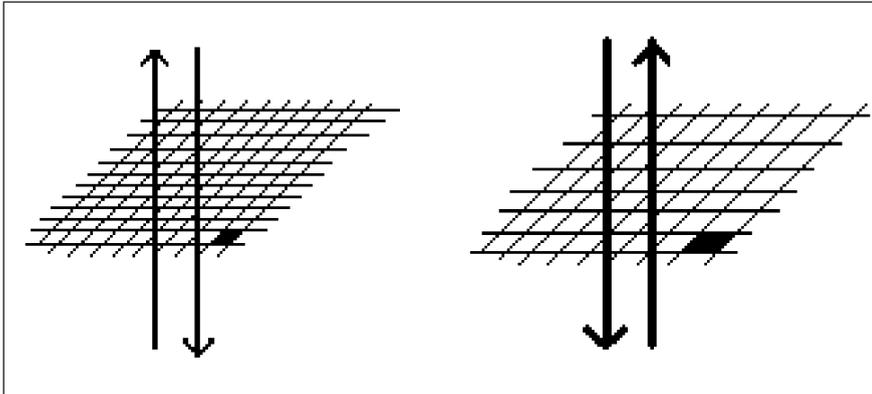


Figura 8. Esquema de un tejido con memoria de forma, cuya estructura se abre con el calor (derecha) y se cierra con el frío (izquierda).

fabricadas con ellos tengan propiedades antiestrés.

Los tejidos conductores de la electricidad se obtienen:

1. Por utilización de fibras intrínsecamente conductoras: metálicas, de carbono.
2. Fibras con partículas conductoras aplicadas en su superficie: Resistat (BASF), P-140 (DuPont),...
3. Hilos híbridos.
4. Hilos metalizados: Rhodiastat (Rhône-Poulenc), Texmet (Texmet)...

En la *figura 7* se observa el hilo Protex Ag, cuyo proceso de fabricación permite depositar plata pura con la concentración adecuada sobre fibras, hilos o tejidos. Este sistema hace que adquiera conductividad eléctrica y térmica, además de un incremento del poder antimicrobiano, en definitiva todos los beneficios de la plata.

#### Materiales con memoria de forma<sup>4,8,14,22,27,28</sup>

Estos materiales son capaces de deformarse desde su forma actual hasta otra previamente fijada, generalmente por acción del calor, aunque también puede ser por cambios magnéticos y de otros tipos. Esto ha permitido diversas apli-

caciones prácticas pues, además, es un proceso que puede ser repetido varias veces.

En prendas de vestir se ha experimentado con películas de poliuretanos (PU) termoplásticos incorporadas entre capas adyacentes de tejido. Cuando baja la temperatura y estos materiales alcanzan la temperatura de activación, la bolsa de aire (que es la responsable del aislamiento térmico) encerrada entre esas dos capas muy próximas incrementa su volumen y, por tanto, su capacidad de aislamiento y protección contra el frío. Si hace calor, el sentido de la deformación de las capas de PU es inverso.

Existen también materiales textiles de permeabilidad variable que, al aumentar el calor desprendido por el cuerpo, incrementan el tamaño de los intersticios (*figura 8*) y, por tanto, la capacidad de evaporación del sudor a su través. Por el contrario, cuando el cuerpo se enfría, el material textil recupera su forma inicial aumentando su capacidad de abrigo.

En la vestimenta, las temperaturas necesarias para activar la memoria de forma deben ser próximas a la temperatura del cuerpo.

Diaplex afirma que ha fabricado un "material inteligente" que reacciona a

una temperatura de transición, provocando vibraciones térmicas en la estructura de las moléculas de una membrana (*figura 9*). Esto provoca la creación de microporos y hace que varíe automáticamente la permeabilidad del material, permitiendo el paso del vapor de agua y del calor y adaptándose a las variaciones en el ambiente interior y externo, aumentando el confort de la ropa.

#### Desarrollos que incorporan la electrónica y la informática a los textiles<sup>8,14,22,29,30,31,32,33,34</sup>

Los tejidos electrónicos hacen referencia a la unión de la microelectrónica y el textil a partir de la incorporación de una nueva propiedad a los polímeros textiles, la conductividad.

En la incorporación de elementos electrónicos a la vestimenta humana han sido claves la sustitución de estructuras rígidas por otras flexibles y la miniaturización.

Así, las prendas de vestir pueden incorporar, por ejemplo, pequeños sensores, o diminutas fibras conductoras. El problema es que estos elementos no deben afectar al estilo de la prenda ni a su tacto, y ser suficientemente robustos para, en determinados casos, resistir el



Figura 10. Camisa Life-Shirt de Vivometrics<sup>30</sup>.



Figura 11. Tejidos luminiscentes<sup>30</sup>.

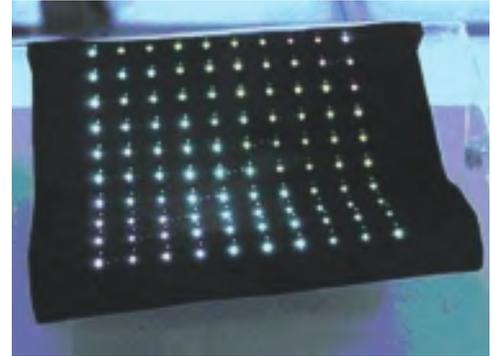


Figura 12. Tejido con LEDs integrados, de Phillips<sup>31</sup>



Figura 13. Prototipo de pantalla flexible de fibras ópticas tejida (France Télécom R&D)<sup>32</sup>.



Figura 14. Prenda térmica<sup>33</sup>.

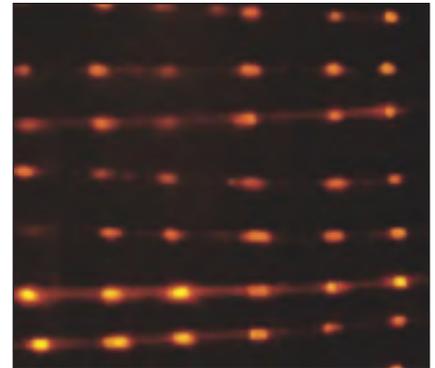


Figura 15. The energy curtain (The RE:FORM Studio, Suecia). Foto: M. Jacobs, Interactive Institute<sup>34</sup>.

lavado, la limpieza en seco o incluso los desgarros.

La energía necesaria para que el dispositivo electrónico funcione puede proceder de pequeñas baterías cosidas al tejido, lo cual puede ocasionar algún problema de salud. Pero en el futuro se prevé que la energía proceda del movimiento del portador de la prenda o incluso de la energía solar.

Entre los numerosos desarrollos recientes podemos citar:

1. La incorporación de sensores a prendas de vestir, alfombras, paredes tapiadas,..., para controlar la luz, temperatura, seguridad, etc. Así, por ejemplo, Aitex y Unifam han desarrollado una alfombra inteligente de detección de personas, que puede ser utilizada como alarma de intrusión, como contador de entrada a hoteles, centros comerciales, etc.

2. La camisa Life-Shirt de Vivometrics (figura 10) monitoriza 30 funciones vitales en continuo mediante un sistema de sensores integrados en el textil. Según sus fabricantes soporta más de 100 lavados sin alteración.

3. La "smart T-shirt", con aplicaciones en medicina militar, consta de una red de fibras ópticas y conductoras que

puede enviar datos de un soldado herido de bala, acerca de la localización y la naturaleza de la herida, que son recibidos en una central en la que el médico puede evaluar la herida y aconsejar el tratamiento. Esto podría tener también aplicaciones para bomberos, policías, etc.

4. Prendas luminiscentes. Pueden fabricarse de varias maneras, por ejemplo, utilizando hilos conductores que terminan en *leds*, fibras ópticas, o por adhesión de materiales luminiscentes al tejido, entre otras posibilidades. En las figuras 11 y 12 se ven tejidos luminiscentes de diferentes tipos.

5. France Télécom R&D ha diseñado un prototipo de pantalla flexible de fibras ópticas tejidas, capaz de recibir información y de mostrar gráficos o elementos animados sobre una prenda de vestir (figura 13).

6. Tejidos térmicos: Son hilos y tejidos con propiedades electrotérmicas y que, por tanto, pueden generar calor conectándose a baterías de tamaño variable (preferiblemente pequeñas), tal y como se observa en el esquema de la figura 14.

7. The Re:Form Studio (Suecia) ha diseñado una cortina para ventanas que responde al ciclo diario de la luz solar

(figura 15). Una cara de esta cortina almacena la luz del sol durante el día (contiene colectores solares), y la otra cara la emite durante la noche (contiene materiales emisores de luz), por lo que se ahorraría energía.

No obstante, la utilización de la electrónica y la informática en la industria textil suscita algunas dudas. Por ejemplo, se requiere en los tejidos sistemas capaces de conducir la electricidad para comunicar sus componentes electrónicos entre sí. E incluso, en prendas de verano, los componentes electrónicos se comunican entre ellos mediante pequeñas descargas eléctricas que se transmiten a través del cuerpo humano, que actuaría como "cable". Estas emisiones a través del cuerpo humano, ¿podrían provocar o aumentar el riesgo de sufrir determinadas enfermedades por los usuarios?

#### Nanotecnologías<sup>35,36,37,38,39,40</sup>

El fundamento de las nanotecnologías es el cambio sustancial que se produce en las propiedades de las sustancias cuando su tamaño se reduce a niveles nanométricos.

Para aplicar estas técnicas pueden utilizarse microscopios de fuerza atómica y de efecto túnel que permiten no sola-



Figura 16. Las propiedades autolimpiadoras e hidrófobas de los textiles fabricados por el procedimiento nanotecnológico denominado Effet-Lotus® (© V.v.Arnim-ITV Denkendorf)<sup>40</sup>.

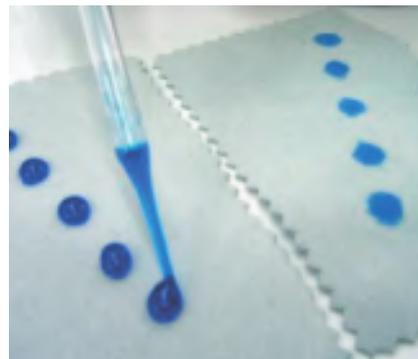


Figura 17. Tejido sometido a un proceso de plasmapolimerización para conferir al tejido un nanoacabado superficial hidrófobo. (Fuente: AITEX, Instituto Tecnológico Textil, Alcoy).

mente ver, sino también manipular las estructuras moleculares y sus átomos a escala nanométrica ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ).

Estas tecnologías pueden emplearse para la fabricación de nanofibras de polímeros (entre 50 y 500 nm), para aplicar nanoacabados a materiales textiles, para obtener capas de tejidos con nanopartículas, etc.

Las nanotecnologías están siendo orientadas en la industria textil a la fabricación de tejidos con propiedades antimanchas, antibacterias, antiviruses, antiolor, retardantes de llama, absorbentes de rayos UV, con propiedades antiestáticas, etc.

Por ejemplo, aunque los acabados frescos se pueden obtener con productos antimicrobianos microencapsulados, su efecto no es duradero a los lavados y por ello podría emplearse la nanoencapsulación a fin de obtener una resistencia al lavado con detergentes.

Nanotex (USA) y Schoeller (CH) han creado tejidos hechos con nanomateriales que repelen las manchas. Estos materiales, a pesar de su apariencia pulida, tienen una nanosuperficie muy rugosa, que hace que las sustancias no penetren y evita así la suciedad.

También se ha reproducido por procedimientos nanotecnológicos, en la superficie de materiales tejidos, el efecto autolimpiador que tienen ciertas plantas (como la de loto) y las alas de algunos insectos, que les permite mantenerse limpias de polvo y agua. Es la aplicación que se conoce como Effet-Lotus® (figura 16).

Los tratamientos con plasma permiten cambiar las características superficiales de fibras y tejidos, modificando principalmente las propiedades vinculadas a la higroscopicidad de los materiales, transformando su nanoestructura, como puede verse en la figura 17.

Se han conseguido tejer una camisa

que utiliza nanotubos de carbono de forma conjunta con las fibras tradicionales. Es ultraligera, resistente, transpirable, antimanchas, prácticamente no requiere de plancha..., pero es todavía demasiado cara como para poder difundirse en el mercado.

No obstante, y a pesar de las supuestas bondades de las nanotecnologías, hay voces críticas que alertan de las desconocidas consecuencias que pueden tener para la salud humana estas ultrapequeñas partículas que pueden penetrar fácilmente a través de la piel en el torrente sanguíneo<sup>41</sup>. ¿Con qué efectos? Es necesario realizar un estudio detenido de esta cuestión.

#### Otros desarrollos

Se han comentado algunos de los desarrollos más significativos en el campo de los llamados textiles inteligentes. Sin embargo, hay otros muchos que van cobrando importancia, entre los que se pueden citar:

1. Los textiles antimicrobianos, para evitar la aparición de las bacterias que causan olor a transpiración o evitar que se desarrollen. Por ejemplo, los iones  $\text{Ag}^+$  contenidos en la fibra de Trevira bioactiva actúan sobre la membrana celular de las bacterias, impidiendo su proliferación.

2. Los que protegen de las radiaciones ultravioleta. Los especialistas están alertando continuamente del peligro para la piel de exposiciones prolongadas al sol, aconsejando la utilización de cremas de alta protección. Hoy día es posible la utilización de tejidos que preservan de la radiación solar. Así, por ejemplo, con este fin BASF ha puesto en el mercado una fibra de nailon 6 con partículas de titanio finamente divididas que protegen contra la radiación UV.

3. También podrían citarse determinados textiles con aplicaciones en medi-

cina, como los que incorporan microcápsulas que dosifican medicamentos, o las ropas que pueden incluso regular la medicación de un usuario diabético, a partir del análisis del sudor, etc.

#### Conclusiones

Hace unos años parecía que todo estaba inventado en el campo del textil. Hoy día nos vemos sorprendidos casi a diario con nuevos descubrimientos que están situando a la industria textil entre las pioneras en desarrollos tecnológicos.

El sector textil, que fue motor de la Revolución Industrial, está a punto de provocar otra revolución capaz de sacudir los cimientos de la sociedad y de la economía.

#### Referencias

1. T. Caniato, Historia de la tecnología sin costura. *Internacional Textile Bulletin*, 4/2004, (2004), 7-12.
2. J. Detrell, S. Carreño, Las fibras del próximo decenio, *Revista de la Industria Textil*. N.º. 386, Marzo (2001), 76-91.
3. Gore-Tex fabrics. *Retailer's Manual*, Prendas 2003.
4. R.R. Mather, Intelligent textiles. *Rev. Prog. Col.*, 31 (2001), 36-41.
5. M. Bonet, Bioencapsulados biomateriales, *Revista de la Industria Textil*. N.º. 404, Enero (2003), 44-52.
6. S. Burley, citado por B. Ariyatun *et al.*: The future design and direction of smart clothing, *Journal of the Textile Institute*, Vol. 96, N.º. 4, (2005), 199-212.
7. Zhang and Tao, Smart textiles (1): Passive Smart, *Textile Asia*, 32 (6), (2001) 45-49.
8. J. Cegarra, Textiles inteligentes. *Revista de la Industria Textil*, N.º. 432, Noviembre (2005), 52-63.
9. G. Nelson, Microencapsulation in textile finishing, *Review of Progress in Coloration*, 31 (2001), 57-64.
10. G. Nelson, Application of microencapsulation in textiles, *International Journal of Pharmaceutics*, 242 (2002), 55-62.
11. Ian Holme, Microencapsulation: The changing face of finishing. *Textiles Magazine*, N.º. 4 (2004), 7-10.
12. E. Delaye, La microencapsulation appliquée aux textiles. *L'Industrie Textile* N.º. 1340, Avril (2002), 54-56.
13. E. Delaye, Microencapsulation, nouveaux progrès. *L'Industrie Textile* N.º. 1363, Juillet-Août (2004), 60-61.

14. J. Mumburú, Textiles inteligentes, Revista de la Industria Textil. N.º 412, Noviembre (2003), 78-96.
15. J. E. McIntyre (Ed.), Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin; Woodhead Publ. Ltd., Cambridge, England (2005), 219-222.
16. J. Rupp, Tejidos activos que regulan la temperatura corporal, ITB International Textile Bulletin, 1 (1999), 58-59.
17. H. Shim, E. A. McCullough and W. Jones, Using Phase Change Materials in clothing, Textile Research Journal, 71(6), (2001), 495-502.
18. J.F. Rodríguez, J.R. Sánchez, S. Sacristán *et al*, Proyecto conjunto sobre PCMs entre las Universidades de Castilla la Mancha y de Salamanca, y el Centro Tecnológico ASINTEC (inédito).
19. M. Renner, Séminaire Euroforum: Les cosméto-textiles, Technical Usage Textiles (TUT), N.º. 45(3), (2002), 90-92.
20. E. Lempa, Ways of odor inhibition on home textiles, Melliland English, 6 (2005), E102-E103.
21. J.R. Sánchez, J. Ovejero, A. Ramírez, Trabajo sobre microencapsulación (inédito). Foto: Servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Salamanca.
22. C.A. Norstebo, Intelligent textiles, soft products, (2004), 6. (<http://design.ntnu.no/fag/PD9/2003/artikkel/Norstebo.pdf>)
23. R. M. Christie and D. Bryant, An evaluation of thermochromic print based on microencapsulated liquid crystals using variable temperature colour measurement, Coloration Technology, 121 (2005), 187-192.
24. [www.colorchange.com](http://www.colorchange.com)
25. [www.delsol.com](http://www.delsol.com)
26. J. Perry, C. Aguilar, Ventajas de la aplicación textil de la plata, Actas del III Congreso Internacional de Aplicaciones Técnicas de los Materiales Textiles (Aplimatec'06), Valencia (2006), Foro 7, 5ª conferencia.
27. X. Tao (Ed.), Smart fibres, fabrics and clothing. The Textile Institute and Woodhead Pub. Ltd, Cambridge, England. 1st Ed. (2001), reprinted (2005), 280-81.
28. <http://www.diaplex.com>
29. Ferrán Soldevila, Tejidos electrotérmicos, Actas del III Congreso Internacional de Aplicaciones Técnicas de los Materiales Textiles (Aplimatec'06), Valencia (2006), Foro 4, 3ª conferencia.
30. C. Schneegluth, Desfile de tejidos inteligentes en Barcelona, Revista de la Industria Textil. N.º 413, Diciembre (2003), 83-85.
31. [http://www.ifa-show.com/2005/philips\\_review/104\\_philips\\_display.html](http://www.ifa-show.com/2005/philips_review/104_philips_display.html)
32. <http://axxon.com.ar/not/115/c-115InfoPantalla-Flexible.htm>
33. <http://www.softswitch.co.uk/technology/heat.html>
34. <http://www.sweden.se>
35. J. Cegarra, Nanotecnología textil, Revista de la Industria Textil, N.º. 421, Octubre (2004), 22-25.
36. M. Bonet, La nanotecnología aplicada a la industria textil, Actas del II Congreso Internacional Aplimatec'04, Valencia (2004), Foro 1, 3ª conferencia.
37. L. Qian, J. P. Hinostroza, Aplicación de la nanotecnología para tejidos inteligentes [http://www.vestex.com.gt/revista/2004/03/p\\_20rm.htm](http://www.vestex.com.gt/revista/2004/03/p_20rm.htm)
38. L. Qian, J. P. Hinostroza, Application of nanotechnology for high performance textiles, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Vol. 4, Issue 1, Summer (2004), 1-7.
39. N. Martín León, La microtecnología ha muerto. ¡Viva la nanotecnología!. Diario EL PAÍS, 18 de enero (2006), 30.
40. [http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/45/01/article\\_2491\\_es.html](http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/45/01/article_2491_es.html)
41. [www.ecoport.net/content/view/full/52280](http://www.ecoport.net/content/view/full/52280). (Ver también: [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)).

## AUTOR

**Javier Ramón Sánchez Martín**  
jrs@usal.es

Ingeniero técnico textil, licenciado en Ciencias Químicas y doctor. Actualmente es catedrático EU (área de Ingeniería Textil) en la E. T. S. de Ingeniería Industrial de Béjar, en la Universidad de Salamanca, centro del que fue director de 1993 a 1996. Trabajó también en una industria de química aplicada en Navarra.

Es autor de cerca de una treintena de publicaciones en revistas españolas, del resto de Europa y americanas, de numerosas ponencias a congresos, así como coautor de un libro editado en 2005 en Brasil y de una patente. Ha impartido también conferencias sobre temas textiles en España y en varios países de Sudamérica.

## Técnica Industrial

## Tarifas de publicidad

### Editor:

Fundación Técnica Industrial  
Consejo General de Colegios de Ingenieros  
Técnicos Industriales de España  
[www.fundacionindustrial.org](http://www.fundacionindustrial.org)

**Fecha de aparición:** 1952

**Tirada:** 63.000 ejemplares  
(controlados por ).

**Difusión:** 61.500 ejemplares  
(distribución directa por suscripción a colegiados a nivel nacional), 1.500 (suscripciones, promoción y publicidad).

**Periodicidad:** bimestral (seis números al año).

### Próximos números:

**267** Febrero 07, **268** Abril 07,  
**269** Junio 07, **270** Agosto 07,  
**271** Octubre 07, **272** Diciembre 07.

Interior  
de portada  
3.000 €

Interior  
contraportada  
3.000 €

Contraportada  
3.600 €

Página  
interior color  
2.200 €

1/2 página  
vertical color  
1.500 €

1/2 página  
horizontal  
color  
1.500 €

1/4 página  
color  
600 €

- Por emplazamiento preferencial: recargo del 15%.
- La confección del material corre a cargo del anunciante.
- El material se entregará en soporte digital.  
(en formato pdf cerrado o tif) en un CD con prueba de color en papel.
- Precios sin IVA.
- Se admiten publirreportajes y encartes (precios a determinar según características).