

## **RESUMEN GENERAL**

### **INTRODUCCIÓN**

El presente documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria textil refleja un intercambio de información realizado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo. El documento debe entenderse a la luz de lo expuesto en el prefacio, en el que se describe el objetivo del documento y su uso.

En el documento se analizan las actividades industriales especificadas en el apartado 6.2 del anexo I de la Directiva 96/61/CE de PCIC, concretamente: «Instalaciones para tratamiento previo (operaciones de lavado, blanqueo, mercerización) o para el tinte de fibras o productos textiles cuando la capacidad de tratamiento supere las 10 toneladas diarias».

Además, el BREF incorpora varios anexos que contienen información complementaria acerca de los auxiliares textiles, tintes y pigmentos, maquinaria textil, fórmulas habituales, etc.

Este resumen general pretende ser una sinopsis de las principales conclusiones que contiene el documento. Sin embargo, dado que resulta imposible reflejar todas sus complejidades en un breve resumen, es obligado remitirse al cuerpo principal del documento como única referencia válida para determinar las MTD para una instalación en particular.

### **LA INDUSTRIA TEXTIL**

El sector textil constituye una de las cadenas industriales más largas y complicadas. Se trata de un sector fragmentado y heterogéneo en el que predominan las PYME y cuya demanda tiene su origen sobre todo en tres usos finales: confección, ropa de hogar y aplicaciones industriales.

Italia es con diferencia el principal fabricante europeo de artículos textiles, seguido de Alemania, Reino Unido, Francia y España (por ese orden), países que representan en total más del 80% de la producción de la UE. Bélgica, Francia, Alemania y Reino Unido son los principales fabricantes europeos de alfombras.

En el año 2000, el sector europeo del textil y confección representaba el 3,4% de la facturación de la industria comunitaria, el 3,8% del valor añadido y el 6,9% del empleo industrial.

El sector textil consta de numerosos subsectores que abarcan todo el ciclo de producción, desde las materias primas (fibras artificiales) y los productos semiprocesados (artículos de hilo, tejidos y géneros de punto con sus procesos de fabricación) hasta los productos finales (alfombras, ropa de hogar, ropa de confección y artículos textiles de uso industrial). Dado que el documento tiene su ámbito de aplicación limitado a las actividades que implican procesos húmedos, se han establecido tres subsectores principales: descrudado de la lana, acabados textiles (salvo revestimientos de suelos) y alfombras.

### **TÉCNICAS Y PROCESOS APLICADOS**

La cadena textil comienza con la producción o recolección de fibras en bruto. Las técnicas y procesos aplicados que recoge el presente BREF son fundamentalmente los llamados «procesos de acabado»: tratamiento previo, tinte, estampado, acabado y revestimiento, inclusive lavado y secado. El documento también recoge brevemente procesos anteriores como la fabricación de fibras sintéticas, la hilatura, la tejeduría, el tricotado, etc., ya que pueden influir en gran medida en el impacto ambiental de las actividades de proceso húmedo posteriores. Los «procesos de acabado» pueden tener lugar en diferentes fases del proceso productivo (es decir, sobre el tejido,

el hilo, las fibras sueltas, etc.) y el orden de los tratamientos puede variar en función de las necesidades del usuario final.

Primero se describen los tratamientos de acabado como procesos unitarios, sin tener en cuenta las posibles secuencias en que pueden aplicarse. Más adelante, en el capítulo 2, se señalan algunas categorías de industrias habituales en los subsectores de descrudado de la lana, acabados textiles y alfombras y se describe brevemente la sucesión de procesos.

## **PROBLEMAS AMBIENTALES Y NIVELES DE EMISIÓN Y CONSUMO**

El principal problema ambiental que tiene el sector textil radica en las aguas residuales que genera y en la carga química que las mismas contienen. Otros problemas importantes son el consumo de agua, las emisiones atmosféricas, los residuos sólidos y los malos olores, que pueden resultar muy molestos en determinados tratamientos.

Las emisiones atmosféricas suelen recogerse en su punto de origen. Como hace tiempo que están sometidas a control en distintos países, existen datos históricos precisos de las emisiones atmosféricas generadas por procesos específicos. No es el caso de las emisiones acuosas. Los diversos flujos procedentes de los distintos procesos se mezclan y producen un efluente final cuyas características son consecuencia de una compleja combinación de factores, como los tipos de fibras y composiciones procesadas, las técnicas aplicadas y los tipos de productos químicos y auxiliares utilizados.

Como apenas hay datos disponibles en relación con las aguas residuales generadas por procesos específicos, se ha optado por establecer categorías muy concretas de fábricas textiles y realizar comparaciones de flujos totales entre fábricas pertenecientes a la misma categoría. Este sistema permite realizar una valoración preliminar aproximada, gracias a la cual es posible verificar los datos disponibles y detectar diferencias macroscópicas entre las distintas actividades mediante la comparación de niveles de emisión y consumo específicos. Por lo tanto, en el BREF se recogen diversas consideraciones sobre insumos y producción de varias categorías de fábricas, partiendo de una visión general de los flujos totales para llegar a un análisis más detallado de cada proceso si se dispone de datos al respecto. Este resumen recoge las principales conclusiones alcanzadas en relación con algunos procesos de particular importancia.

El descrudado de la lana con agua genera un efluente con un elevado contenido de materia orgánica (2-15 l/kg de lana grasa a razón de 150-500 g DQO/kg de lana) y cantidades variables de microcontaminantes debido a los plaguicidas aplicados al ovino. Los plaguicidas más comunes son los organofosforados (OP), los piretroides sintéticos (SP) y los insecticidas reguladores del crecimiento (IGR). Todavía se encuentran plaguicidas organoclorados (OC) en la lana de algunos países productores.

Un gran porcentaje de la carga total de emisión de las actividades de la industria textil es imputable a sustancias que ya están en la materia prima antes de entrar en el proceso de acabado (por ejemplo, impurezas y materiales afines para fibras naturales, agentes de preparación, lubricantes de hilatura, agentes de encolado, etc.). Todas estas sustancias suelen eliminarse de la fibra durante el proceso de tratamiento previo al tinte y al acabado. La eliminación de productos auxiliares como los lubricantes de hilatura, los aceites de tricotado y los agentes de preparación mediante tratamiento húmedo pueden generar vertidos, no sólo de sustancias orgánicas poco biodegradables como los aceites minerales, sino también de compuestos peligrosos como los hidrocarburos poliaromáticos, los alquifenoletoxilatos (APEO) y los biocidas. Las cargas típicas de DQO son del orden de 40-80 g por kg de fibra. Cuando el sustrato se somete a un proceso seco (termofijado) antes del lavado, los productos auxiliares

presentes en el sustrato pasan al aire (los compuestos a base de aceites minerales tienen unos factores de emisión típicos de 10-16 g C/kg).

El agua de lavado procedente del proceso de desencolado de los tejidos de algodón y mezcla de algodón puede contener un 70% de la carga total de DQO que lleva el efluente final. El factor de emisión puede ser muy bien del orden de 95 g DQO/kg de tejido, con concentraciones de DQO a menudo superiores a los 20.000 mg DQO/l.

El blanqueado con hipoclorito sódico da lugar a reacciones secundarias que forman compuestos organohalogenados (triclorometano en su mayor parte), que normalmente se cuantifican con el parámetro AOX. En la aplicación combinada de hipoclorito (1º paso) y peróxido de hidrógeno (2º paso), se observan valores de 90-100 mg Cl/l de AOX en el baño blanqueador de NaClO usado. En el baño blanqueador de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> usado todavía se detectan concentraciones de hasta 6 mg Cl/l, debido al arrastre del sustrato del baño anterior.

La cantidad de AOX que se forma durante el blanqueado con clorito es mucho menor que con el hipoclorito sódico. Las últimas investigaciones demuestran que la formación de AOX no se debe al clorito sódico propiamente dicho, sino más bien a la presencia de cloro o hipoclorito en forma de impurezas o como agentes activadores. La manipulación y almacenamiento de clorito sódico requiere especial atención debido a su toxicidad y riesgo de corrosión y explosión.

En el blanqueado con peróxido de hidrógeno, los problemas ambientales se derivan del empleo de agresivos agentes complejantes (estabilizantes).

Si las aguas de lavado generadas tras la mercerización no se valorizan o reutilizan, se produce un efluente alcalino muy concentrado (40-50 g NaOH/l).

Aparte de algunas excepciones (como el proceso termosol, la tintura con pigmentos, etc.), la mayoría de las emisiones que genera el proceso de tintura son acuosas. Las sustancias contaminantes de las aguas pueden tener su origen en los propios tintes (como la toxicidad acuática, los metales o el color), en los productos auxiliares que contiene la formulación del tinte (como agentes dispersantes o antiespumantes, etc.), en los productos químicos y auxiliares básicos que se utilizan en los procesos de tintura (como álcalis, sales, agentes reductores y oxidantes, etc.) y en los contaminantes residuales presentes en la fibra (como residuos de plaguicidas en la lana o acabados de hilado en las fibras sintéticas). Los niveles de emisión y consumo están muy relacionados con el tipo de fibra, su composición, la técnica de tintura y las máquinas utilizadas.

En la tintura discontinua, los niveles de concentración sufren notables variaciones a lo largo del proceso. Por regla general, los mayores niveles de concentración se encuentran en los baños de tinte usados (es habitual hallar valores muy superiores a 5.000 mg DQO/l). La aportación de los auxiliares de tinte (por ejemplo, agentes dispersantes y niveladores) a la carga de DQO es especialmente notable en la tintura con colorantes de tina o dispersos. Operaciones como el enjabonado, el tratamiento posterior reductivo y el suavizante también están relacionados con valores de DQO elevados. Las concentraciones presentes en los baños de lavado son entre 10 y 100 veces menores que en el baño de tinte agotado y el consumo de agua es de 2 a 5 veces mayor que en el proceso de tintura propiamente dicho.

En la tintura continua y semicontinua, el consumo de agua es menor que en los procesos de tintura discontinua, pero el vertido de licores de tinte residuales altamente concentrados puede acarrear una mayor carga contaminante si se procesa el material en pequeñas series (la DQO imputable a los tintes puede ser del orden de 2-200 g/l). La técnica de fulardado sigue siendo la más utilizada. La cantidad de licor que contiene el fular puede ser de 10 a 15 litros en los diseños modernos y hasta de 100 litros en los convencionales. La cantidad residual en el tanque de

preparación puede llegar a los 150-200 litros, si bien puede reducirse a tan sólo unos litros en condiciones de control optimizado. La cantidad total de licor residual aumenta con el número de lotes diarios.

Fuentes de emisión habituales en los procesos de estampado son los residuos de la pasta de estampado, las aguas residuales de las operaciones de enjuague y limpieza y los compuestos orgánicos volátiles del secado y fijado. Las pérdidas de pasta son especialmente notables en la serigrafía rotativa (son habituales pérdidas del orden de 6,5-8,5 kg por color aplicado en las materias textiles). Con series de producción pequeñas (es decir, menos de 250 m), las pérdidas pueden ser superiores a la cantidad de pasta aplicada sobre el sustrato textil. En la limpieza de equipos al final de cada serie se consumen unos 500 l de agua (sin contar el agua utilizada para limpiar la banda de estampado). Las pastas de estampado contienen sustancias con un elevado potencial de emisión atmosférica (como por ejemplo, amoníaco, formaldehído, metanol y otros alcoholes, ésteres, hidrocarburos alifáticos o monómeros como los acrilatos, vinilacetatos, estirenos, acronitrilos, etc.).

Dado que la mayoría de procesos de acabado continuo no necesitan operaciones de lavado posteriores al curado, las emisiones acuosas se limitan a las pérdidas del sistema y al agua utilizada para limpiar los equipos. Los licores residuales varían del 0,5% al 35% de la cantidad total de licor de acabado preparado (el valor inferior corresponde a las fábricas integradas, mientras que los valores más altos son típicos de las fábricas textiles que procesan pequeños lotes y distintos tipos de sustratos). Con demasiada frecuencia, estos licores se desaguan y se mezclan con otros efluentes. La concentración de DQO puede oscilar fácilmente entre 130 y 200 g/l. A menudo, los ingredientes de las formulaciones de acabado no son biodegradables ni bioeliminables y a veces son además tóxicos (como los biocidas). En las operaciones de secado y curado, las emisiones atmosféricas están relacionadas con la volatilidad de los ingredientes de las formulaciones y con el arrastre de procesos anteriores (es el caso de los textiles previamente tratados con portadores clorados o con percloroetileno).

Los procesos de lavado son consumidores de agua y energía. La carga contaminante de las aguas de lavado está relacionada con los contaminantes que transporta el flujo de agua (por ejemplo, las impurezas eliminadas del tejido, los productos químicos de procesos anteriores, los detergentes y otros auxiliares del proceso de lavado). El empleo de disolventes organohalogenados (sustancias persistentes) para la limpieza en seco también puede originar emisiones difusas, que acarrearán la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas y que también pueden tener efectos negativos en las emisiones atmosféricas de los procesos posteriores de alta temperatura.

## **TÉCNICAS QUE HAY QUE TENER EN CUENTA A LA HORA DE DETERMINAR LA MEJOR TÉCNICA DISPONIBLE**

### ***Buenas prácticas de gestión***

Con carácter general, las buenas prácticas de gestión empiezan por la formación del personal y terminan por la definición de procedimientos bien documentados para el mantenimiento de los equipos y el almacenamiento, manipulación, dosificación y dispensación de los productos químicos. Para una buena gestión también es esencial conocer mejor los insumos y productos del proceso: por un lado, materias primas textiles, productos químicos, calor, agua y electricidad; y por otro, productos terminados, aguas residuales, emisiones atmosféricas, lodos, residuos sólidos y subproductos. La vigilancia de los insumos y productos del proceso es el punto de partida para determinar las opciones y prioridades de mejora del comportamiento ambiental y del rendimiento económico.

Algunas medidas para mejorar la calidad y cantidad de los productos químicos utilizados son la revisión y evaluación periódica de las fórmulas, la optimización del programa de producción, el empleo de agua de alta calidad en los procesos húmedos, etc. Los sistemas automáticos de control de los parámetros del proceso (como la temperatura, el nivel de licor o la alimentación de productos químicos) evitan errores y permiten obtener mejores resultados, sin aumentar apenas el consumo de los productos químicos y auxiliares aplicados.

Para optimizar el consumo de agua en los procesos textiles, hay que empezar por controlar los niveles de consumo. A continuación se reduce el consumo de agua mediante varias acciones complementarias, como mejorar las prácticas de trabajo, reducir la proporción de licor utilizado en el proceso discontinuo, mejorar la eficiencia del lavado, combinar procesos (por ejemplo, el descrudado y el desencolado) y reutilizar o reciclar el agua. Con estas medidas se puede reducir notablemente el consumo de agua y también de la energía utilizada para calentar los baños de proceso. Para optimizar el consumo de energía existen otras técnicas específicas (por ejemplo, el aislamiento térmico de tuberías, válvulas, tanques y máquinas, la separación de los flujos de aguas residuales calientes y frías y la recuperación de calor del flujo caliente).

### ***Gestión de calidad de la fibra materia prima***

El primer paso para atacar la contaminación arrastrada desde procesos anteriores es disponer de información sobre las materias primas textiles. La información facilitada por el proveedor no sólo debe incluir las características técnicas del sustrato textil, sino también el tipo y cantidad de los agentes de preparación y encolado, monómeros residuales, metales y biocidas (por ejemplo, los ectoparasiticidas que se aplican a la lana) presentes en la fibra. Existen diversas técnicas que pueden reducir notablemente el impacto ambiental de los procesos anteriores.

En lo que respecta a los residuos de plaguicidas presentes en la fibra de lana cruda, varias organizaciones mantienen información sobre el contenido de plaguicidas en lanas grasas y descrudadas. Los fabricantes pueden utilizar esta información para minimizar en origen el consumo de plaguicidas legales (como los ectoparasiticidas OP y SP) y para evitar el procesado de lana contaminada con los productos químicos más peligrosos (como los plaguicidas OC), salvo que se obtenga un certificado analítico. De no existir este tipo de información, deberían realizarse pruebas con muestras para determinar su contenido de plaguicidas, pero esta opción aumenta los costes del fabricante. Los programas de cooperación entre asociaciones sectoriales y los principales países productores han dado lugar a una reducción progresiva del contenido medio en residuos de OP y SP en la lana, así como al desarrollo de sistemas de certificación de bajo contenido en residuos.

También es posible mejorar productos auxiliares como los agentes de preparación, los lubricantes de hilatura y los aceites de tricotado. Actualmente existen sucedáneos de los aceites minerales para la mayoría de aplicaciones. Los compuestos alternativos tienen un alto grado de biodegradabilidad o, cuando menos, de bioeliminabilidad; también son menos volátiles y más termoestables que los aceites minerales. De este modo, se reducen los malos olores y las emisiones atmosféricas que pueden producirse cuando se somete el sustrato a tratamientos de alta temperatura, como la termofijación.

El impacto ambiental del proceso de desencolado se reduce mediante la combinación de técnicas de baja adición —como la prehumectación de los hilos de urdimbre o la hilatura compacta— con una cuidada selección de los agentes de encolado. Es un hecho reconocido que actualmente existen compuestos fácilmente biodegradables o bioeliminables que satisfacen todas las necesidades. Más aún, los poliacrílatos de última generación son altamente eficientes y menos aditivos y pueden eliminarse del tejido fácilmente y por completo.

Por regla general, las fábricas integradas tienen medios para controlar la fuente de sus materias primas y productos químicos aplicados en la fibra. Las empresas no integradas (sobre todo, las empresas a comisión) tienen más difícil influir en los proveedores de procesos anteriores. Las formulaciones convencionales suelen ser más económicas. Los proveedores de materias primas (por ejemplo, los talleres de hilatura o tricotado) tienen especialmente en cuenta los aspectos económicos y el rendimiento de la sustancia en cuestión en su propio proceso, y no los problemas ambientales que generan los procesos posteriores (en el taller de acabados). En estos casos, es necesario establecer una colaboración con los clientes para eliminar estos materiales de la cadena de suministro.

### ***Selección y sustitución de los productos químicos utilizados***

El grupo de trabajo técnico ha propuesto varios sistemas de evaluación ecotoxicológica y clasificaciones de productos químicos para tener en cuenta en la determinación de las MTD. Con estas herramientas, a menudo es posible optar por la sustitución de las sustancias nocivas para reducir el impacto ambiental de un proceso.

Los tensioactivos tienen usos muy diversos en la industria textil (como detergentes, lubricantes, etc.). Algunos tensioactivos se consideran problemáticos debido a su escasa biodegradabilidad y a su toxicidad para las especies acuáticas. Los que más recelos despiertan actualmente son los APEO y, en particular, los NPE. La principal alternativa de los APEO son los etoxilatos de alcohol grasos, pero también otros tensioactivos tienen a menudo sucedáneos que pueden biodegradarse o bioeliminarse fácilmente en la depuradora de aguas residuales y que no forman metabolitos tóxicos.

Con frecuencia es posible evitar los agentes complejantes. No obstante, si resulta imprescindible utilizarlos, existen compuestos alternativos a los agentes secuestrantes convencionales que son fácilmente biodegradables o, cuando menos, bioeliminables y que no contienen N o P en su molécula (por ejemplo, los policarbonatos, poliácridatos, gluconatos, citratos y algunos copolímeros de ácido acrílico-azúcar). Los costes son comparables, aunque en algunos casos puede ser necesario emplear mayores cantidades.

Los agentes antiespumantes suelen formularse con aceites minerales. Los principios activos típicamente utilizados en los productos sin aceites minerales son las siliconas, los ésteres fosfóricos, los alcoholes de gran peso molecular, los derivados del flúor y las mezclas de estos componentes. Las siliconas sólo se eliminan por medio de procesos abióticos en las aguas residuales y por encima de determinadas concentraciones dificultan la transferencia/difusión del oxígeno a los lodos activados. Los tributilfosfatos despiden un olor muy intenso y son altamente irritantes y los alcoholes de gran peso molecular también tienen problemas de olores y no pueden utilizarse en licores calientes.

### ***Descrudado de la lana***

La instalación de circuitos de eliminación de suciedad/recuperación de grasa permite ahorrar agua y energía (se ha demostrado que es posible conseguir unas cifras netas de consumo específico de agua de 2 a 4 litros por kilo de lana grasa, tanto en lanas gruesas como finas). Además, se obtiene un valioso subproducto (del 25% al 30% de la grasa que se estima presente en la lana sometida a descrudado), junto con una importante reducción de la carga orgánica que se envía a la depuradora. Si se combina el circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con evaporación del efluente e incineración de los lodos, con un reciclado total del agua y la energía utilizadas, se consiguen beneficios ambientales adicionales en términos de ahorro de agua y de reducción de la cantidad de residuos sólidos que es preciso eliminar. No obstante, la tecnología es compleja y acarrea costes de explotación y de capital muy elevados.

El descrudado de la lana con disolventes orgánicos evita el consumo de agua en el proceso de limpieza. La única fuente de emisiones acuosas es la humedad que se introduce con la lana, el vapor utilizado en los eyectores y la humedad recuperada del aire inyectado en los equipos. Este agua está contaminada con percloroetileno (PER). Para evitar todo riesgo de emisiones difusas, el flujo de agua se trata en dos fases: un separador de disolvente por aire y una destructora de disolvente residual. Como los plaguicidas se disgregan fácilmente con el disolvente y se eliminan con la grasa, se asume que la lana limpia está exenta de plaguicidas. Esto tiene implicaciones beneficiosas para los procesos posteriores, donde se realiza el acabado de la lana. Otro efecto positivo de esta técnica es que se consume menos energía, debido al menor calor latente que tiene un disolvente orgánico en comparación con el agua.

### ***Tratamiento previo***

Los agentes de encolado sintéticos y acuosolubles, como el PVA, los poliacrilatos y el CMC, pueden recuperarse del licor de lavado mediante UF y reutilizarse en el proceso. Recientemente se ha confirmado que también es posible reciclar los almidones modificados, como el almidón carboximetílico. Sin embargo, su reutilización en la tejeduría tiene sus dificultades. Hoy por hoy, los tejedores siguen mostrándose algo reacios a aceptar los encolados recuperados. Además, el transporte a larga distancia neutraliza todas las ventajas ecológicas, ya que el licor ha de transportarse en cisternas aisladas y en condiciones adecuadas. Por estas razones, los agentes de encolado sólo suelen recuperarse en las fábricas integradas, donde la tejeduría y el taller de acabados están en la misma instalación.

En las acerías no integradas, que trabajan con muy diversos tipos de tejidos y tienen más dificultades para ejercer un control directo sobre la fuente del tejido crudo, una opción viable es el proceso oxidativo. En determinadas condiciones (concretamente, con un pH superior a 13), el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> genera radicales libres que degradan todos los encolados de manera eficaz y uniforme y los eliminan del tejido. Este proceso produce moléculas preoxidadas más cortas y menos ramificadas, que son más fáciles de eliminar por lavado (con menor cantidad de agua) y de degradar en la depuradora. Es aconsejable combinar el blanqueo mediante peróxidos alcalinos con el descudado y regular el caudal de álcalis y peróxidos a contracorriente por las distintas fases de tratamiento previo, a fin de ahorrar agua, energía y productos químicos.

El peróxido de hidrógeno es actualmente el agente preferido para blanquear algodón y sus mezclas, como sucedáneo del hipoclorito sódico, aunque se afirma que todavía es necesario este último para conseguir mayor blancura y para los tejidos más frágiles, que pueden sufrir despolimerización. En estos casos puede utilizarse un proceso en dos fases, con la aplicación de peróxido de hidrógeno primero y de hipoclorito sódico después, a fin de reducir las emisiones de AOX (las impurezas en la fibra —que actúan como precursores en la reacción haloforme— se eliminan en la primera fase). Hoy en día también es posible utilizar un proceso de blanqueo en dos fases con la aplicación exclusiva de peróxido de hidrógeno, dejando el hipoclorito totalmente al margen. No obstante, esta opción es de dos a seis veces más cara.

También se otorga cada vez más crédito al blanqueo con peróxido en condiciones de fuerte alcalinidad, con el cual se puede conseguir una gran blancura tras proceder a una cuidadosa eliminación de los catalizadores mediante técnicas de reducción/extracción. La ventaja adicional que se dice obtener es la posible combinación del descudado y el blanqueado. El proceso de reducción/extracción, seguido de una fase de blanqueado/descudado fuertemente oxidativa, puede utilizarse para blanquear textiles altamente contaminados de todo tipo de composiciones y en todo tipo de máquinas (continuas y discontinuas).

El dióxido de cloro (obtenido de clorito o clorato sódico) es un excelente agente blanqueador para las fibras sintéticas y para el lino y demás fibras liberianas que no pueden blanquearse sólo con peróxido. Las últimas tecnologías (que utilizan peróxido de hidrógeno como agente reductor

del clorato sódico) son capaces de producir  $\text{ClO}_2$  sin generar AOX (blanqueado elemental sin cloro).

El agua de lavado que queda del tratamiento de mercerización (la llamada «lejía débil») puede reciclarse en el proceso tras concentrarse por evaporación.

### **Tinte**

Es posible evitar los conocidos portadores de tintes para PES (salvo mezclas de PES/WO y elastano/WO) mediante la tintura en condiciones de alta temperatura. Otra opción interesante es el empleo de fibras de PES que pueden teñirse sin portador, como las fibras de poliéster politrimetilentereftalato (PTT). Sin embargo, debido a diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas, estas fibras no cubren exactamente el mismo mercado y no pueden considerarse «sucedáneos» de las fibras de poliéster a base de PET. Si no es posible evitar los portadores, las sustancias activas convencionales —a base de compuestos aromáticos clorados, o-fenilfenol, bifenilo y otros hidrocarburos aromáticos— pueden sustituirse por compuestos menos nocivos, como el bencilbenzoato y la N-alkyleftalimida.

A fin de evitar el hidrosulfito sódico en el tratamiento posterior del PES, se proponen dos opciones: utilizar agentes reductores a base de un derivado especial del ácido sulfínico de cadena corta o utilizar tintes dispersos que puedan eliminarse en un medio alcalino por solubilización hidrolítica y no por reducción. Los derivados del ácido sulfínico de cadena corta son biodegradables, no son corrosivos, tienen una toxicidad muy baja y, a diferencia del hidrosulfito de hidrógeno, pueden aplicarse en condiciones ácidas sin necesidad de cambiar repetidamente el baño ni de variar el pH (ahorrando agua y energía). Con los tintes eliminables en álcalis, se puede evitar el empleo de hidrosulfito u otros agentes reductores.

Los agentes dispersantes normalmente presentes en las formulaciones de tintes dispersos, tintes de tina y tintes sulfurosos se han mejorado: 1) mediante su sustitución parcial por productos optimizados a base de ésteres de ácidos grasos; o 2) utilizando mezclas de ácidos sulfónicos aromáticos modificados. La primera opción sólo es aplicable a las formulaciones líquidas de tintes dispersos (la paleta de colorantes es actualmente limitada). Estos agentes dispersantes son bioeliminables y es posible reducir notablemente su presencia en la formulación en comparación con las formulaciones convencionales. Los agentes dispersantes de la segunda opción presentan un mayor grado de bioeliminación en comparación con los productos convencionales de la condensación del ácido naftalensulfónico con formaldehído y pueden utilizarse tanto con tintes dispersos como con tintes de tina (formulaciones sólidas y líquidas).

Los tintes sulfurosos sometidos a reducción previa (formulaciones líquidas con menos del 1% de sulfuro) o los tintes sin sulfuros y sin reducción previa pueden encontrarse en diferentes formas (acuosolubles en la forma líquida, en polvo u oxidada, o en suspensión estable). Todos estos tintes pueden reducirse sin sulfuro de sodio, utilizando tan sólo glucosa (sólo en un caso) o en combinación con ditionita, hidroxiacetona o ácido sulfínico de la formamidina. Los colorantes sin sulfuro y sin reducción previa estabilizados son más caros que los demás tipos de tintes sulfurosos.

La deficiente fijación del tinte es un antiguo problema del tinte reactivo, sobre todo en la tintura discontinua de fibras de celulosa, en la cual se suele añadir sal en cantidades importantes para mejorar el agotamiento del tinte. Gracias a la aplicación de modernas técnicas de ingeniería molecular ha sido posible diseñar tintes reactivos bajos en sal y bifuncionales que pueden superar el 95% de fijación incluso en fibras celulósicas, con un rendimiento (reproductibilidad y nivelación) considerablemente mayor que los tintes reactivos tradicionales. El lavado en caliente evita el uso de detergentes y agentes complejantes en las fases de lavado y neutralización posteriores al tinte. Sustituyendo el lavado en frío por el lavado en caliente se aumenta el consumo de energía, a menos que se recupere la energía térmica del efluente de lavado.

En la tintura discontinua-fulardada (pad-batch) de tejidos celulósicos se puede evitar el empleo de silicato de sodio mediante soluciones acuosas altamente concentradas y exentas de silicatos disponibles en el mercado en forma de productos preparados y fácilmente aplicables con los modernos sistemas de dosificación. También se describe un proceso alternativo que no requiere la adición de sustancias como la urea, el silicato de sodio y la sal, ni un tiempo de reposo prolongado para fijar los tintes. El propio proceso es sencillo y versátil y puede aplicarse a muy diversos tejidos, sea cual sea el tamaño del lote. Se pueden obtener importantes beneficios gracias a su mayor productividad, menor consumo de productos químicos y energía y reducción de las aguas residuales contaminadas que requieren tratamiento. No obstante, debido a la elevada inversión inicial necesaria, esta técnica es más adecuada para nuevas instalaciones o para aquellas que se plantean sustituir sus equipos.

Hace muy poco han salido al mercado nuevos tintes reactivos que tienen una gran solidez, equivalente a la que puede obtenerse con los tintes al cromo, incluso con tonos oscuros. Sin embargo, los tintes reactivos no han logrado imponerse con rapidez por varias razones, como la resistencia de los operadores a aceptar cambios radicales en un procedimiento muy consolidado. Además, algunas empresas de acabado siguen pensando que los tintes al cromo son los únicos que garantizan la solidez necesaria para la sobretintura. Con los tintes al cromo, se pueden adoptar técnicas de tintura estequiométrica baja o ultrabaja en cromo para minimizar la cantidad de cromo residual en el efluente final. Con la tintura ultrabaja en cromo se obtiene un factor de emisión de 50 mg de cromo por kg de lana tratada, que se corresponde con una concentración de 5 mg de cromo por litro de baño de tinte usado cuando se utiliza una relación de licor de 1:10.

En general, con los tintes controlados por pH (como los tintes ácidos y básicos) es conveniente realizar la tintura en condiciones isotérmicas que impongan un perfil de pH. Una de sus ventajas frente a los procesos de tinte controlados por temperatura es que se puede conseguir el máximo agotamiento de los tintes y de los repelentes de insectos con un mínimo consumo de niveladores orgánicos. En la tintura de lanas con colorantes a base de complejos metálicos, es posible conseguir niveles superiores de agotamiento y fijación controlando el PH y utilizando auxiliares especiales con una elevada afinidad con la fibra y el tinte. El mayor índice de agotamiento está en correlación directa con los menores niveles de cromo residual en el baño de tinte usado (10-20 mg/kg de lana tratada, correspondiente a 1-2 mg/l de cromo con una relación de licor de 1:10). La técnica referenciada se ha diseñado para teñir fibra de lana suelta y cinta peinada, pero también pueden conseguirse los mismos rendimientos con otras composiciones, utilizando las técnicas de control de pH para lograr el máximo agotamiento del baño final.

En el BREF se describen varias técnicas para mejorar el efecto medioambiental de los procesos de tintura continuos y discontinuos en general. Entre los fabricantes de maquinaria de tintura discontinua se observa una clara tendencia a reducir la relación del baño. Además, una característica destacada de las máquinas modernas es que pueden trabajar con una relación de licor aproximadamente constante y con una carga muy inferior a su capacidad nominal. Esto es especialmente ventajoso para las empresas a comisión, que normalmente necesitan mayor flexibilidad en la producción. Asimismo, varias funciones típicas del proceso continuo se han transferido a las máquinas discontinuas, que permiten la máxima separación entre diferentes lotes y abren nuevas posibilidades de reutilización del baño de tinte y de mejora del tratamiento de los flujos concentrados.

En lo que respecta a los procesos de tintura continua, se pueden limitar las pérdidas del sistema realizando la impregnación mediante rodillos o reduciendo al mínimo la capacidad de la cubeta de inmersión. Otras formas de mejorar el sistema son dispensar el tinte y los auxiliares en flujos separados y dosificar el licor de fulardado en función del valor de captación medido. La cantidad de licor de tinte que se consume se determina en referencia a la cantidad de tejido procesado.

Los valores resultantes se procesan automáticamente y se utilizan en la preparación del siguiente lote comparable, a fin de minimizar los residuos de licor de tinte sin usar. No obstante, este sistema no evita la presencia de licor de tinte residual en el tanque de alimentación. La técnica de tinte rápido discontinuo representa una mejora adicional, porque en lugar de prepararse de una sola vez (para todo el lote) antes de comenzar a teñir, se prepara la solución de tintura justo a tiempo, en varias veces, de acuerdo con el valor de captación medido en línea.

### ***Estampado***

En la serigrafía rotativa, las pérdidas de pasta de estampado se reducen en gran medida si se minimiza el volumen del sistema de alimentación (es decir, el diámetro de los tubos y rasquetas). Esta reducción puede ser todavía mayor si se mejora la recuperación de pasta del propio sistema de alimentación. Una técnica reciente consiste en insertar una bola en la rasqueta antes de llenar el sistema. Al final de una serie, la bola es empujada hacia atrás para devolver la pasta que contiene el sistema al tambor, para su posterior reutilización. Hoy en día, los sistemas informáticos ofrecen más posibilidades de reciclado. Los sistemas de recuperación y reciclado de pasta se aplican en los talleres de acabado textil (para tejidos planos), pero no para alfombras. La principal razón es que la goma guar (el espesante más utilizado en alfombras) tiene una duración limitada (por ser un compuesto biodegradable) y, por consiguiente, no puede permanecer en almacén durante mucho tiempo.

Las pantallas, las cubetas y los sistemas de alimentación de pasta deben ser objeto de una limpieza minuciosa antes de utilizarse con nuevos colores. Hay varios métodos económicos de reducir el consumo de agua (como el control de arranque/parada de la limpieza de la banda de estampado, la reutilización del agua de lavado generada en la limpieza de la banda, etc.).

Una alternativa al estampado analógico es el empleo de técnicas digitales, que adquieren cada vez mayor importancia en la industria textil y en el subsector de alfombras. En el estampado digital, los tintes seleccionados se dosifican sobre demanda, según las necesidades computadas. De este modo se evita que queden residuos de pasta al final de cada serie.

La técnica digital de estampado por inyección de tinta es adecuada para los tejidos planos, pero todavía no alcanza velocidades de producción suficientes para sustituir a la técnica analógica tradicional, si bien ya ofrece ventajas significativas en la producción de series cortas.

Lo último en máquinas de estampado por inyección para alfombras y tejidos voluminosos son las máquinas en las que se inyecta el color, con precisión quirúrgica, en lo más profundo del haz del tejido, sin que ninguna parte de la máquina toque el sustrato. En estos procesos, la cantidad de licor aplicada al sustrato (que puede variar según se trate, por ejemplo, de artículos ligeros o tejidos reforzados) no sólo se controla modificando el «tiempo de inyección», sino también la presión de bombeo.

La pasta de estampado reactiva puede contener hasta 150 g de urea por kilo. La urea puede sustituirse en el proceso de una sola fase por la adición controlada de humedad, ya sea mediante la técnica de espumado o mediante la nebulización de una cantidad de agua determinada. Sin embargo, el sistema de nebulización no puede sustituir a la urea en los artículos de seda y viscosa, ya que no tiene suficiente fiabilidad para garantizar una dosificación uniforme de la baja adición de humedad que requieren estas fibras.

Por el contrario, la técnica de espumado se ha demostrado capaz de eliminar por completo la urea en la viscosa. En principio, este sistema también debería ser técnicamente viable en seda, aunque todavía no se ha demostrado. Es sabido que la seda es una fibra menos problemática que la viscosa, pero normalmente se procesa en series más cortas. Sin la técnica de espumado, el consumo de urea puede reducirse a unos 50 g por kilo de pasta en seda y 80 g/kg en viscosa.

Otra técnica que permite evitar el uso de urea, si bien más lenta y compleja, es el estampado en dos fases.

Aunque parece ser que en Europa ya no se utilizan los espesantes de agua en aceite y que las pastas de estampado de emulsión media (aceite en agua) sólo se utilizan ocasionalmente, en el aire de escape todavía se encuentran hidrocarburos (principalmente alifáticos), generados sobre todo por los aceites minerales que contienen los espesantes sintéticos. Su potencial de emisión puede ser de hasta 10 g de C orgánico por kg de textil. Los espesantes de nueva generación no contienen disolventes orgánicos volátiles o sólo en cantidades mínimas. Además, las pastas de estampado optimizadas están exentas de APEO, tienen un contenido menor de amoníaco y contienen ligantes pobres en formaldehído.

### ***Acabado***

A fin de reducir la captación, se van imponiendo las llamadas técnicas de aplicación mínima (como los sistemas de aplicación por rodillos tangenciales, nebulización y espumado) en sustitución de los sistemas de fulardado.

Además, existen varias técnicas para reducir el consumo de energía en los bastidores de rame (por ejemplo, los equipos mecánicos para deshidratar los tejidos utilizados como materia prima, el control optimizado del aire de escape del horno o la instalación de sistemas de recuperación de calor).

Para cada proceso de acabado hay técnicas que reducen el impacto ambiental causado por las sustancias específicas utilizadas. El BREF se centra tan sólo en algunos procesos de acabado. En los tratamientos «Easy-care» (lavar y usar), se pueden reducir notablemente las emisiones de formaldehído (presunto cancerígeno) utilizando productos exentos de este componente o con un bajo contenido del mismo (inferior a 75 mg/kg de textil, o incluso inferior a 30 ppm según la necesidad del consumidor).

Algunas técnicas generales para reducir al mínimo las emisiones de agente antipolillas son los procedimientos de manipulación para reducir los derrames durante la dispensación y el transporte de los concentrados de estos agentes en la tintorería, así como técnicas especiales de trabajo para reducir en la medida de lo posible los residuos de principio activo en el licor de tinte usado y en el agua de lavado. Dos medidas eficaces son 1) asegurar un pH inferior a 4,5 al final del proceso de tintura (y si esto no fuera posible, aplicar el repelente de insectos en otra fase con reutilización del baño) y 2) evitar el uso de auxiliares de tinte que retarden la absorción de repelente (como agentes niveladores o bloqueadores de PA).

Otras técnicas son el sobretratamiento proporcional, la aplicación del antipolillas desde el cilindro de bajo volumen situado al final de la línea de descrudado de hilo, la aplicación del repelente directamente sobre el pelo de la alfombra durante la operación de revestimiento del envés o aplicación de látex, etc. El empleo de estas técnicas es específico para cada uno de los tres procesos identificados de fabricación de hilo, es decir, el «proceso de hilatura en seco», «la producción de hilo descrudado y fibra teñida suelta» y la «producción de hilo teñido».

La aplicación de suavizantes mediante fulares o sistemas de nebulización o espumado es mejor, desde el punto de vista ecológico, que el tratamiento suavizante de los lotes directamente en la máquina de tintura una vez finalizado ésta, ya que puede evitarse el empleo de suavizantes catiónicos y reducirse la pérdida de productos químicos a un pequeño porcentaje. Otra ventaja es que con ello es posible reutilizar los baños de tinte o lavado, porque ya no es problema la presencia de suavizantes catiónicos residuales, que de otro modo limitaría la adsorción del tinte en el proceso de tintura posterior.

### **Lavado**

El «vaciado y llenado» y el «lavado inteligente» son técnicas de lavado discontinuo más eficientes que el lavado convencional en cascada. Además, las máquinas modernas están equipadas con dispositivos de ahorro de tiempo y otros sistemas especiales para evitar las limitaciones típicas del método de «vaciado y llenado» tradicional (como un ciclo de producción más largo, etc.). Con las técnicas de «lavado inteligente» y «vaciado y llenado» es posible mantener el licor de tinte concentrado agotado y las aguas de lavado en flujos separados (que facilitan la segregación de los flujos de residuos y la recuperación de agua y energía)

En el lavado continuo, el ahorro de agua y energía debe empezar por la aplicación de sencillas medidas de conservación, que pueden ser desde la parametrización del caudal óptimo mediante caudalímetros en las lavadoras hasta la instalación de válvulas de retención que cierren el paso de agua en cuanto se produzca una parada. Es posible lograr mejoras adicionales aumentando la eficiencia del proceso, principalmente mediante el lavado a contracorriente y la reducción del arrastre (por ejemplo, con extractores). Una medida sencilla y eficaz suele ser la instalación de equipos de recuperación del calor en las lavadoras continuas.

Las nuevas instalaciones de lavado con disolventes organohalogenados están provistas de filtros de carbón activo en circuito cerrado, evitándose de este modo la salida de aire al ambiente exterior. A fin de minimizar las emisiones de agua contaminada con PER, la mayor parte del PER disuelto en agua se extrae y se recupera mediante un proceso en dos fases: separación por aire y absorción en carbón activo (PER < 1 mg/l en el efluente final). Dado que el caudal de agua es bastante pequeño (0,5 m<sup>3</sup>/h), los procesos de oxidación avanzada (como el proceso Fenton) son aptos para tratar este efluente in situ. Además, el rediseño completo de la sección de destilación principal ha reducido de forma drástica el residuo de disolvente en los lodos (un 1% en peso, frente a más del 5% en las instalaciones convencionales).

### **Tratamiento de aguas residuales**

Aun los compuestos menos biodegradables pueden ser degradados en plantas biológicas con una baja relación alimento/masa (F/M), pero no así las sustancias no biodegradables. Los flujos de aguas residuales concentradas que contengan este tipo de compuestos deberán ser tratados en origen. En el subsector de acabados textiles, se propone la oxidación avanzada con una reacción tipo Fenton como técnica viable de tratamiento previo (en función del tipo de efluente, la eliminación de la DQO puede alcanzar del 70% al 85%, y la DQO residual, que es en buena medida biodegradable debido a la modificación del compuesto, es apta para tratamiento biológico. Sin embargo, es posible mantener los residuos más agresivos, como la pasta de estampado residual y los licores de fulardado, fuera del flujo de aguas residuales y utilizar otras vías de eliminación.

En relación con las aguas residuales que contienen pasta de estampado pigmentada o látex de bases de alfombras, la precipitación/floculación e incineración de los lodos resultantes es una alternativa viable a la oxidación química. Además, en relación con los colorantes azoicos, el tratamiento anaeróbico del licor de fulardado y de las pastas de estampado previo a un tratamiento aeróbico es eficaz para eliminar el color.

Se proponen las siguientes técnicas para lograr un rendimiento equivalente en el tratamiento de un efluente mixto:

?? tratamientos terciarios después del proceso de tratamiento biológico, como adsorción sobre carbón activo con reciclado de éste en el sistema de lodos activados y destrucción de los compuestos adsorbidos no biodegradables por incineración o tratamiento radical del exceso de lodos (biomasa y carbón activado usado).

- ?? tratamientos biológicos físicos y químicos combinados con la adición de carbón activo y sales de hierro en polvo al sistema de lodos activados con reactivación del exceso de lodos por «oxidación húmeda» o «peroxidación húmeda» (si se utiliza peróxido de hidrógeno).
- ?? ozonización de compuestos recalcitrantes antes del sistema de lodos activados.

En relación con las aguas residuales del descrudado de lana, se comentan varias situaciones diferentes. El efecto medioambiental de una planta de evaporación es muy superior al de una planta de floculación. Sin embargo, el coste inicial de la planta de evaporación parece ser muy superior y las fábricas pequeñas (3.500 Tm de lana/año) tardan 4 ó 5 años en completar su amortización (frente al vertido a la red de alcantarillado). Para las fábricas medianas (15.000 Tm de lana/año), la evaporación es ligeramente más barata que la floculación en un horizonte de 10 años. El empleo de un circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa combinado con la evaporación otorga todavía más interés a esta opción, ya que puede utilizarse un evaporador más pequeño, con lo cual se reduce la aportación de capital inicial. El circuito de recuperación también permite reducir los costes de explotación, gracias a los ingresos que genera la venta de la grasa (este efecto es más notable en los talleres de descrudado de lana fina).

La combinación del circuito de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con la evaporación del efluente y la incineración de los lodos, junto con el pleno reciclado de agua y energía, es la mejor opción desde el punto de vista ecológico. Sin embargo, la complejidad de la técnica y el coste de capital inicial la hacen más adecuada para 1) nuevas instalaciones, 2) instalaciones existentes sin tratamiento de efluentes in situ y 3) instalaciones que se plantean sustituir su depuradora de efluentes obsoleta.

Es un hecho conocido que en Europa (particularmente en Italia) existen talleres de descrudado que utilizan sobre todo procesos biológicos para el tratamiento de los efluentes, pero no se ha facilitado información precisa al respecto.

Se ha demostrado que los lodos generados por el descrudado de la lana tienen excelentes propiedades técnicas cuando se mezclan con arcilla para fabricar ladrillos. Los detalles económicos dependerán fundamentalmente del acuerdo que se alcance entre la empresa de descrudado y el fabricante de ladrillos. De acuerdo con la información recibida, esta técnica sería más económica que el depósito en vertederos, el compostaje y la incineración. En el BREF no se ha presentado información sobre otras opciones de reciclado disponibles.

## **MTD GENÉRICAS (PARA EL CONJUNTO DE LA INDUSTRIA TEXTIL)**

### ***Gestión***

Es un hecho aceptado que las mejoras tecnológicas deben ir acompañadas de una buena gestión medioambiental y de buenas prácticas de conservación. La gestión de una instalación que utiliza procesos potencialmente contaminantes requiere la implantación de muchos de los elementos de un sistema de gestión medioambiental. Poner en marcha un sistema de vigilancia de los insumos y productos de un proceso es un requisito indispensable para determinar los ámbitos prioritarios y las opciones de mejora del efecto medioambiental.

### ***Dosificación y dispensación de productos químicos (excepto tintes)***

La MTD consiste en instalar sistemas automáticos de dosificación y dispensación que miden las cantidades exactas de los productos químicos y auxiliares necesarios y las suministran directamente a las diversas máquinas a través de canalizaciones, sin intervención humana.

### ***Selección y uso de productos químicos***

La MTD consiste en aplicar determinados principios generales a la hora de seleccionar y gestionar los productos químicos:

- ?? cuando sea posible conseguir que el proceso obtenga los resultados deseados sin utilizar productos químicos, se evitará su uso;
- ?? cuando no sea posible, se adoptará un sistema de selección de productos químicos y formas de uso basado en el criterio del menor riesgo global.

Existen varias listas y herramientas de clasificación de productos químicos. Algunas de las formas de uso que garantizan el menor riesgo global son los circuitos cerrados y la destrucción de contaminantes dentro del circuito. Por supuesto, es esencial que se otorgue el debido reconocimiento a la legislación comunitaria pertinente.

De acuerdo con estos principios, se han extraído una serie de conclusiones pormenorizadas con respecto a las MTD, sobre todo en relación con los agentes tensioactivos, complejantes y antiespumantes. Más información en el capítulo 5.

### ***Selección de la fibra***

Es un hecho admitido que el fabricante necesita conocer la calidad y cantidad de las sustancias (por ejemplo, agentes de preparación, plaguicidas o aceites de tricotado) que se aplican sobre la fibra durante los procesos anteriores a fin de prevenir y controlar el impacto ambiental que causan dichas sustancias. La MTD consiste en colaborar con los socios de los procesos anteriores de la cadena textil para crear una cadena de responsabilidad ambiental. Es aconsejable intercambiar información sobre el tipo y carga de los productos químicos que se aplican y permanecen sobre la fibra en cada fase del ciclo de vida del producto. Se han identificado una serie de MTD para distintas materias primas:

- ?? Fibras artificiales: la MTD consiste en seleccionar material tratado con agentes de preparación biodegradables/ bioeliminables y de baja emisión.
- ?? Algodón: los principales problemas son la presencia de sustancias peligrosas como los PCP y la calidad y cantidad de los agentes de encolado utilizados (selección de material encolado con técnicas de baja adición y agentes bioeliminables de alta eficiencia). Debe otorgarse preferencia al algodón cultivado con técnicas biológicas si las condiciones del mercado lo permiten.
- ?? Lana: se hace hincapié en utilizar la información disponible y en fomentar las iniciativas de colaboración entre órganos competentes a fin de evitar que se procese lana contaminada con plaguicidas de OC y minimizar en origen cualquier ectoparasitocida ovino de uso legal. La selección de hilos de lana hilados con agentes biodegradables en lugar de formulaciones a base de aceites minerales o que contengan APEO también forma parte de la MTD.

Todas estas medidas dan por hecho que las fibras materia prima utilizadas en el procesado textil se producen con alguna clase de sistema de aseguramiento de la calidad, de modo que el la empresa de acabado puede disponer de la información necesaria sobre los tipos y cantidades de contaminantes.

### ***Gestión de agua y energía***

El ahorro de agua y de energía suelen estar relacionados en la industria textil, porque el uso principal de la energía es calentar los baños de proceso. La MTD comienza por la vigilancia del consumo de agua y energía en los diversos procesos, junto con el control mejorado de los parámetros de proceso. La MTD incluye el empleo de maquinaria con una relación de licor reducida en el procesado discontinuo y técnicas de baja adición en el procesado continuo, aplicando las últimas técnicas para mejorar la eficiencia de lavado. La MTD también consiste en investigar las posibilidades de reutilización y reciclado de agua mediante una caracterización sistemática de la calidad y el volumen de los diversos flujos de proceso.

## DESCRUDADO DE LA LANA

### *Descrudado con agua*

La MTD consiste en utilizar circuitos de recuperación de grasa y suciedad. Los valores de consumo de agua asociados a la MTD son de 2 a 4 l/kg de lana grasa en fábricas medianas y grandes (15.000 toneladas anuales de lana grasa) y 6 l/kg en fábricas pequeñas. Los valores asociados a la recuperación de grasa oscilan entre el 25% y el 30% de la grasa que se estima presente en la lana sometida a descrudado. Igualmente, los valores de consumo de energía asociados a la MTD son de 4 a 4,5 MJ/kg de lana grasa procesada, correspondientes aproximadamente a 3,5 MJ/kg de energía térmica y 1 MJ/kg de energía eléctrica. Sin embargo, por falta de datos resulta imposible determinar si los mencionados valores de consumo de agua y energía asociados a la MTD son aplicables también a la lana extrafina (fibra de 20 µm de diámetro o menor).

### *Descrudado con disolventes orgánicos*

El descrudado con disolventes orgánicos se considera MTD siempre que se adopten todas las medidas necesarias para reducir al mínimo las pérdidas fugitivas y evitar cualquier posible contaminación de las aguas subterráneas por accidente o contaminación difusa. Estas medidas se describen en el apartado 2.3.1.3.

## ACABADOS TEXTILES Y ALFOMBRAS

### *Tratamiento previo*

#### Eliminación de los lubricantes de tricotado de los tejidos

La MTD consiste en aplicar uno de los siguientes métodos:

- ?? Seleccionar tejido de punto que se haya procesado utilizando lubricantes acuosolubles y biodegradables, en lugar de los convencionales a base de aceites minerales (véase el apartado 4.2.3). Eliminarlos mediante un lavado con agua. Con los tejidos de punto hechos de fibras sintéticas, la fase de lavado debe realizarse antes de la termofijación (para eliminar los lubricantes y evitar que sean liberados en forma de emisiones atmosféricas).
- ?? Realizar la fase de termofijación antes del lavado y tratar las emisiones atmosféricas generadas por el bastidor de rame mediante sistemas de electrofiltrado en seco que permiten la recuperación de energía y la recogida selectiva del aceite. De este modo, se reduce la contaminación del efluente (véase el apartado 4.10.9).
- ?? Eliminar los aceites no solubles en agua mediante un lavado con disolventes orgánicos. Después se adoptan las medidas descritas en el apartado 2.3.1.3, así como las disposiciones necesarias para la destrucción de los contaminantes persistentes dentro del circuito (por ejemplo, mediante procesos de oxidación avanzada). De este modo, se evitará cualquier posible contaminación de las aguas subterráneas por accidente o contaminación difusa. Es conveniente recurrir a esta técnica cuando el tejido presenta otros agentes de preparación no solubles en agua, como los aceites de silicona.

#### Desencolado

La MTD consiste en aplicar uno de los siguientes métodos:

- ?? Seleccionar materia prima procesada con técnicas de baja adición (como la prehumectación del hilo de urdimbre; véase el apartado 4.2.5) y agentes de encolado que puedan bioeliminarse de manera más eficaz (véase el apartado 4.2.4), junto con la aplicación de sistemas de lavado eficientes para el desencolado y técnicas de tratamiento de aguas residuales de baja relación alimento/masa ( $F/M < 0,15$  kg de  $DBO_5$ /kg de  $MLSS \cdot d$ , adaptación del lodo activado y temperaturas superiores a 15°C; véase el apartado 4.10.1) para mejorar la bioeliminabilidad de los agentes de encolado.
- ?? Adoptar el proceso oxidativo si no es posible controlar la fuente de la materia prima (véase el apartado 4.5.2.4).

- ?? Combinar el desencolado/descrudado y el blanqueado en una sola fase, como se indica en el apartado 4.5.3.
- ?? Recuperar y reutilizar los agentes de encolado mediante ultrafiltración, como se indica en el apartado 4.5.1.

#### Blanqueado

La MTD consiste en:

- ?? Utilizar peróxido de hidrógeno como agente blanqueador preferente, junto con técnicas para minimizar el empleo de estabilizadores de peróxido de hidrógeno, tal como se indica en el apartado 4.5.5, o utilizar los agentes complejantes biodegradables/bioeliminables descritos en el apartado 4.3.4.
- ?? Utilizar clorito sódico para el lino y las fibras liberianas, que no pueden blanquearse solamente con peróxido de hidrógeno. La opción preferente es un proceso de blanqueado en dos fases al peróxido de hidrógeno-dióxido de cloro. Debe emplearse exclusivamente dióxido de cloro sin cloro elemental. Este producto químico se obtiene utilizando peróxido de hidrógeno como reductor del clorato sódico (véase el apartado 4.5.5).
- ?? Limitar el uso de hipoclorito sódico únicamente a los casos en que sea imprescindible lograr un alto grado de blancura y a los tejidos más frágiles y susceptibles de despolimerización. En estos casos especiales, para reducir la formación de AOX peligrosos, se blanquea al hipoclorito sódico en un proceso de dos fases, utilizándose el peróxido en la primera y el hipoclorito en la segunda. Los efluentes generados por el blanqueo al hipoclorito se mantienen separados del resto de flujos y efluentes mixtos, a fin de reducir la formación de AOX peligrosos.

#### Mercerización

La MTD consiste en:

- ?? recuperar y reutilizar los álcalis de las aguas de lavado de la mercerización, como se indica en el apartado 4.5.7,
- ?? o reutilizar los efluentes alcalinos de otros tratamientos de preparación.

#### ***Tinte***

##### Dosificación y dispensación de formulaciones de tinte

La MTD consiste en aplicar los siguientes métodos:

- ?? Reducir el número de tintes (una manera de hacerlo es utilizar sistemas tricromáticos).
- ?? Utilizar sistemas automáticos de dosificación y dispensación de tintes, limitando el procedimiento manual a los tintes de uso infrecuente.
- ?? En las líneas continuas más largas, donde el volumen inerte de la línea de distribución es comparable con el volumen del fular, dar preferencia a las estaciones automatizadas descentralizadas que no mezclan los distintos productos químicos con los tintes previamente al proceso y que se limpian por completo de forma automática.

##### MTD general para los procesos de tintura discontinua

La MTD consiste en:

- ?? Utilizar máquinas equipadas con: controladores automáticos de volumen de llenado, temperatura y otros parámetros del ciclo de tintura, sistemas de calefacción y refrigeración indirecta, campanas de extracción y puertas para minimizar las pérdidas de vapor.
- ?? Elegir la máquina más adecuada al tamaño del lote de proceso, a fin de que pueda trabajar con la gama de relaciones de licor nominales para la cual esté diseñada. Las máquinas modernas pueden trabajar con una relación de licor aproximadamente constante y con un nivel de carga de tan sólo un 60% de su capacidad nominal (o incluso el 30% de su capacidad nominal en el caso de las máquinas de tintura de hilo) (véase el apartado 4.6.19).

- ?? Seleccionar nuevas máquinas que, en la medida de lo posible, cumplan los requisitos descritos en el apartado 4.6.19:
  - ?? relación de licor baja o ultrabaja,
  - ?? separación del baño y el sustrato durante el proceso,
  - ?? separación interna del licor de proceso y el licor de lavado,
  - ?? extracción mecánica del licor para reducir el arrastre y mejorar la eficiencia de lavado,
  - ?? duración reducida del ciclo.
- ?? Sustituir el método de lavado en cascada/inundación por el método de vaciado y llenado u otras técnicas (lavado inteligente de tejidos) descritas en el apartado 4.9.1.
- ?? Reutilizar las aguas de lavado para la próxima tintura o reconstitución y reutilización del baño de tintura cuando las consideraciones técnicas lo permitan. Esta técnica (véase el apartado 4.6.22) es más fácil de aplicar en la tintura de fibras sueltas, donde se utilizan máquinas de carga superior. El portador de la fibra puede eliminarse de la máquina de tintura sin vaciar el baño. Sin embargo, las modernas máquinas de tintura discontinua están equipadas con tanques integrados que permiten la separación automática e ininterrumpida de los concentrados del agua de lavado.

#### MTD para los procesos de tintura continua

La tintura continua y semicontinua consume menos agua que la discontinua, pero produce residuos altamente concentrados.

La MTD consiste en reducir las pérdidas de licor concentrado y para ello:

- ?? Utilizar sistemas de aplicación de licor de baja adición y minimizar el volumen de la cubeta de inmersión si se utilizan técnicas de fulardado.
- ?? Adoptar sistemas de dispensación que distribuyan los productos químicos en línea en flujos separados, para mezclarlos justo antes de ser alimentados al aplicador.
- ?? Utilizar una de las siguientes técnicas de dosificación del licor de fulardado, en función del valor de captación medido (véase el apartado 4.6.7):
  - ?? Medir el consumo de licor de tinte con referencia a la cantidad de tejido proceso (longitud de tejido multiplicada por su peso específico). Los valores resultantes se procesan automáticamente y se utilizan para preparar el siguiente lote comparable.
  - ?? Utilizar la técnica de tinte rápido discontinuo, donde en lugar de preparar la solución de tintura para todo el lote antes de comenzar a teñir, se prepara justo a tiempo, en varias veces, de acuerdo con el valor de captación medido en línea. Esta segunda técnica es la preferida cuando las consideraciones económicas lo permiten (véase el apartado 4.6.7).
- ?? Aumentar la eficiencia de lavado de acuerdo con los principios de lavado a contracorriente y reducción de arrastre que se describen en el apartado 4.9.2.

#### Tintura de PES y sus mezclas con tintes dispersos

La MTD consiste en:

- ?? Evitar el empleo de portadores peligrosos por medio de las siguientes técnicas (por orden de prioridad):
  - ?? Utilizar fibras de poliéster teñible sin portador (PET o PTT modificado), como se indica en el apartado 4.6.2., cuando las consideraciones comerciales lo permitan.
  - ?? Teñir en condiciones de alta temperatura sin portadores. Esta técnica no es aplicable a las mezclas de PES/WO y elastano/WO.
  - ?? Sustituir los portadores de tinte convencionales por compuestos de bencilbenzoato y N-alquileftalimida, para teñir fibras de WO/PES (véase el apartado 4.6.1).
- ?? Sustituir la ditionita sódica en el tratamiento posterior del PES aplicando una de las dos técnicas propuestas (como se indica en el apartado 4.6.5):

- ?? Sustituir la ditionita sódica por un agente reductor a base de derivados del ácido sulfínico. Esta técnica debe combinarse con medidas que aseguren que sólo se consume la cantidad de agente reductor estrictamente necesaria para reducir el tinte (por ejemplo, utilizando nitrógeno para eliminar el oxígeno del licor y del aire de la máquina).
- ?? Utilizar tintes dispersos que puedan eliminarse en un medio alcalino por solubilización hidrolítica en lugar de reducción (véase el apartado 4.6.5).
- ?? Utilizar formulaciones de tinte optimizadas que incorporen agentes dispersantes con un alto grado de bioeliminabilidad, como se indica en el apartado 4.6.3.

#### Tintura con tintes sulfurosos

La MTD consiste en (véase el apartado 4.6.6):

- ?? Sustituir los tintes sulfurosos convencionales, líquidos y en polvo, por tintes estabilizados sin sulfuros y sin reducción previa o por formulaciones de tinte líquido con reducción previa con menos del 1% de sulfuro.
- ?? Sustituir el sulfuro de sodio por agentes reductores sin sulfuro o por ditionita sódica, por ese orden de preferencia.
- ?? Adoptar medidas que aseguren que sólo se consume la cantidad de agente reductor estrictamente necesaria para reducir el tinte (por ejemplo, utilizando nitrógeno para eliminar el oxígeno del licor y del aire de la máquina).
- ?? Utilizar peróxido de hidrógeno como oxidante preferente.

#### Tintura discontinua con tintes reactivos

La MTD consiste en:

- ?? Utilizar tintes reactivos de alta fijación y bajos en sal, como los descritos en los apartados 4.6.10 y 4.6.11.
- ?? Evitar el uso de detergentes y complejantes en las fases de lavado y neutralización posteriores a la tintura, aplicando un lavado en caliente integrado con la recuperación de la energía térmica del efluente de lavado (véase el apartado 4.6.12).

#### Tintura discontinua-fulardada (pad-batch) con tintes reactivos

La MTD consiste en emplear técnicas de tintura que obtengan rendimientos equivalentes a los descritos en el apartado 4.6.13. La técnica descrita es más eficaz en función del coste que la tintura pad-batch en términos de costes totales de procesado, pero requiere una importante inversión inicial de capital para cambiar a la nueva tecnología. Sin embargo, el factor coste no es tan importante para las nuevas instalaciones y para aquellas que se plantean cambiar sus equipos. En todo caso, la MTD consiste en evitar el empleo de urea y utilizar métodos de fijación sin silicatos (véase el apartado 4.6.9).

#### Tintura de lanas

La MTD consiste en:

- ?? Sustituir los tintes al cromo por tintes reactivos o, si esto no fuera posible, utilizar una técnica de tintura ultrabaja en cromo que cumpla todos los requisitos siguientes, como se indica en el apartado 4.6.15:
  - ?? que se obtenga un factor de emisión de 50 mg de cromo por kg de lana tratada, correspondiente a una concentración de 5 mg de cromo por litro de baño de tinte usado cuando se utiliza una relación de licor de 1:10;
  - ?? que no pueda detectarse cromo hexavalente en el agua residual (con un método estándar capaz de detectar Cr VI a concentraciones inferiores a 0,1 mg/l).
- ?? Asegurar el mínimo vertido de metales pesados a las aguas residuales cuando se tiña lana con tintes complejos metálicos. Los valores asociados a la MTD son factores de emisión de 10-20 mg/kg de lana tratada, correspondientes a 1-2 mg/l de cromo en el baño de tinte usado cuando se utiliza una relación de licor de 1:10. Estos rendimientos pueden obtenerse:

- ?? utilizando auxiliares que mejoren la absorción del tinte, como por ejemplo el proceso descrito en el apartado 4.6.17 para fibras sueltas y cintas;
- ?? utilizando métodos de control por pH a fin de agotar al máximo el baño para otras composiciones.
- ?? Dar preferencia a un proceso controlado por pH si se utilizan tintes que puedan controlarse de esta manera (tintes ácidos y básicos), de forma que se obtenga una tintura a nivel con el máximo agotamiento de los tintes y agentes repelentes de insectos y con el mínimo consumo de agentes niveladores orgánicos (véase el apartado 4.6.14).

## ***Estampado***

### Proceso en general

La MTD consiste en:

- ?? Reducir las pérdidas de pasta de estampado en la serigrafía rotativa:
  - ?? minimizando el volumen de los sistemas de alimentación de pasta (véase el apartado 4.7.4);
  - ?? recuperando la pasta del sistema de alimentación al final de cada serie mediante la técnica descrita en el apartado 4.7.5;
  - ?? reciclando la pasta residual (véase el apartado 4.7.6).
- ?? Reducir el consumo de agua en las operaciones de limpieza mediante una combinación de las siguientes técnicas (véase el apartado 4.7.7):
  - ?? control de arranque/parada de la limpieza de la banda de estampado;
  - ?? reutilización de la parte más limpia del agua procedente de la limpieza de las rasquetas, pantallas y cubetas;
  - ?? reutilización del agua procedente de la limpieza de la banda de estampado.
- ?? Utilizar máquinas de estampado digital por inyección de tinta para la producción de series cortas (menos de 100 m) de tejidos planos, cuando las consideraciones comerciales lo permitan (véase el apartado 4.7.9). No se considera MTD aplicar una descarga de disolvente para evitar el bloqueo mientras la estampadora no está en servicio.
- ?? Utilizar las máquinas de estampado digital por inyección descritas en el apartado 4.7.8 para la producción de alfombras y tejidos voluminosos, salvo el estampado de resistencia y de reserva y situaciones similares.

### Estampado reactivo

La MTD consiste en evitar el consumo de urea mediante:

- ?? el proceso de una sola fase con la adición controlada de humedad, donde ésta se aplica en forma de espuma o nebulizando una cantidad determinada de agua (véase el apartado 4.7.1),  
O BIEN
- ?? el método de estampado de dos fases (véase el apartado 4.7.2).

En lo que respecta a la seda y a la viscosa, la técnica de nebulización no es fiable con el proceso de una sola fase, debido a la baja adición de humedad que requieren estas fibras. La técnica de espumado con eliminación completa de la urea está demostrada para la viscosa, pero todavía no para la seda. Existe una máquina de espumado relacionada con una capacidad de producción máxima de 80.000 metros lineales diarios, que acarrea un elevado coste de inversión inicial, de alrededor de 200.000 euros. Esta técnica se ha puesto en marcha en condiciones de viabilidad económica en plantas de 30.000, 50.000 y 140.000 metros lineales diarios de capacidad. Queda la duda de si esta técnica será económicamente viable en las plantas más pequeñas.

Si no se utiliza la técnica de espumado, el consumo de urea puede reducirse a unos 50 g por kilo de pasta de estampado en seda y 80 g/kg en viscosa.

### Estampado con pigmentos

La MTD consiste en utilizar pastas de estampado optimizadas que cumplan los siguientes requisitos (véase el apartado 4.7.3):

- ?? Espesantes con baja emisión de carbono orgánico volátil (o exentos de disolventes volátiles por completo) y ligantes pobres en formaldehído. El valor de emisión atmosférica asociado es inferior a 0,4 g de C orgánico por kg de textil (en el supuesto de 20 m<sup>3</sup> de aire/kg textil).
- ?? Ausencia de APEO y alto grado de bioeliminabilidad.
- ?? Reducción del contenido de amoníaco. Valor de emisión asociado: 0,6 g de NH<sub>3</sub>/kg textil (en el supuesto de 20 m<sup>3</sup> de aire/kg textil).

### **Acabado**

#### Proceso en general

La MTD consiste en:

- ?? Minimizar el licor residual:
  - ?? utilizando técnicas de aplicación mínima (como aplicación de espuma o nebulización) o reduciendo el volumen de los fulares;
  - ?? reutilizando los licores de fulardado si ello no afecta a la calidad.
- ?? Minimizar el consumo de energía en bastidores de rame (véase el apartado 4.8.1):
  - ?? utilizando equipos mecánicos para deshidratar el tejido entrante;
  - ?? optimizando el caudal de aire de escape a través del horno, manteniendo la humedad de escape automáticamente entre 0,1 y 0,15 kg de agua/kg de aire seco, considerando el tiempo que se tarda en alcanzar condiciones de equilibrio;
  - ?? instalando sistemas de recuperación de calor;
  - ?? instalando sistemas aislantes;
  - ?? optimizando el mantenimiento de los quemadores en los bastidores de rame con calefacción directa.
- ?? Utilizar fórmulas optimizadas de baja emisión atmosférica. Un ejemplo de clasificación/selección de las fórmulas de acabado es el concepto «factor de emisión», descrito en el apartado 4.3.2.

#### Tratamiento «easy-care»

La MTD consiste en utilizar agentes reticulantes sin formaldehídos en el sector de alfombras y agentes reticulantes sin formaldehídos o pobres en formaldehídos (< 0,1% en la formulación) en la industria textil (véase el apartado 4.8.2).

#### Tratamientos antipolillas

##### ?? Proceso en general

La MTD consiste en:

- ?? Adoptar medidas adecuadas de manipulación de materiales, como se indica en el apartado 4.8.4.1.
- ?? Asegurar una eficiencia del 98% (transferencia del repelente a la fibra).
- ?? Adoptar las siguientes medidas adicionales cuando se aplica el repelente desde un baño de tintura:
  - ?? asegurar que se alcance un pH < 4,5 al final del proceso y, si esto no fuera posible, aplicar el repelente en una fase independiente, con reutilización del baño;
  - ?? añadir el repelente tras la ampliación del baño de tintura a fin de evitar derrames por rebosamiento;
  - ?? seleccionar auxiliares de tinte que no retarden la absorción (agotamiento) del repelente durante el proceso de tintura (véase el apartado 4.8.4.1).
- ?? Protección antipolillas del hilo producido por hilatura en seco

La MTD consiste en utilizar alguna de las técnicas siguientes (descritas en el apartado 4.8.4.2):

- ?? Combinar el tratamiento posterior al ácido (para aumentar la absorción del principio activo antipolillas) y reutilizar el baño de lavado en la siguiente fase de tintura.
- ?? Aplicar un sobretreatmento proporcional del 5% de la mezcla de fibra total combinado con máquinas de tintura y sistemas de reciclado de aguas residuales para minimizar las emisiones acuosas del principio activo.

?? Protección antipolillas de la producción de fibra suelta teñida o hilo descrudado

La MTD consiste en (véase el apartado 4.8.4.3):

- ?? Utilizar sistemas de aplicación de bajo volumen específicos, situados al final de la máquina de descrudado de hilo.
- ?? Reciclar el licor de proceso de bajo volumen entre lotes y utilizar procesos específicamente diseñados para eliminar el principio activo del licor de proceso usado. Estas técnicas pueden ser tratamientos de adsorción o degradación.
- ?? En la fabricación de alfombras, aplicar el antipolillas directamente al pelo mediante la tecnología de aplicación de espuma.

?? Protección antipolillas de la producción de hilo teñido

La MTD consiste en (véase el apartado 4.8.4.4):

- ?? Utilizar un proceso de tratamiento posterior separado para minimizar las emisiones de los procesos de tintura que se realizan en condiciones menos que óptimas para la absorción del antipolillas.
- ?? Utilizar maquinaria de aplicación semicontinua de bajo volumen o centrifugadoras modificadas.
- ?? Reciclar el licor de proceso de bajo volumen entre lotes de hilo y utilizar procesos específicamente diseñados para eliminar el principio activo del licor de proceso usado. Estas técnicas pueden ser tratamientos de adsorción o degradación.
- ?? En la fabricación de alfombras, aplicar el antipolillas directamente al pelo mediante la tecnología de aplicación de espuma.

?? Tratamientos suavizantes

La MTD consiste en aplicar los agentes suavizantes mediante fulares, o mejor, mediante sistemas de aplicación por nebulización y espumado, en lugar de realizar este tratamiento por agotamiento directamente en la máquina de tintura discontinua (véase el apartado 4.8.3).

### ***Lavado***

La MTD consiste en:

- ?? Sustituir el lavado en cascada por los sistemas de vaciado/llenado o las técnicas de «lavado inteligente» que se han descrito en el apartado 4.9.1.
- ?? Reducir el consumo de agua y energía en los procesos continuos mediante:
  - ?? La instalación de lavadoras de alta eficiencia con arreglo al principio descrito en el apartado 4.9.2. La tabla 4.38 recoge los valores asociados al lavado continuo de alta eficiencia de tejidos sintéticos y celulósicos a lo ancho.
  - ?? La introducción de equipos de recuperación de calor.
- ?? Si no pueden evitarse los disolventes organohalogenados (por ejemplo, con tejidos muy cargados con preparaciones como los aceites de silicona, que son difíciles de eliminar con agua), utilizar equipos de circuito totalmente cerrado. Es esencial que los equipos cumplan los requisitos descritos en el apartado 4.9.3 y que se adopten medidas para la destrucción de los contaminantes persistentes dentro del circuito (por ejemplo, mediante procesos de oxidación avanzada), a fin de evitar cualquier posible contaminación de las aguas subterráneas por accidente o contaminación difusa.

### ***Tratamiento de aguas residuales***

El tratamiento de aguas residuales sigue al menos tres estrategias diferentes:

- ?? Tratamiento centralizado en una depuradora biológica in situ.
- ?? Tratamiento centralizado externo en una depuradora municipal.
- ?? Tratamiento descentralizado in situ (o externo) de determinados flujos de aguas residuales segregados.

Las tres estrategias son opciones de MTD si se aplican debidamente a la situación concreta de aguas residuales. La gestión y el tratamiento de las aguas residuales se basan en algunos principios generalmente aceptados:

- ?? Caracterizar los diferentes flujos de aguas residuales generados por el proceso (véase el apartado 4.1.2).
- ?? Segregar los efluentes en origen según el tipo y carga de contaminantes, antes de mezclarlos con otros flujos. De este modo se asegura que la instalación de tratamiento reciba únicamente los contaminantes que puede manejar. Además, permite la aplicación de opciones de reciclado o reutilización del efluente.
- ?? Asignar los flujos de aguas residuales contaminadas al tratamiento más adecuado.
- ?? Evitar la introducción de componentes de las aguas residuales en sistemas de tratamiento biológico cuando puedan causar averías en ellos.
- ?? Tratar los flujos residuales que contengan una fracción no biodegradable significativa mediante técnicas adecuadas, antes o en lugar del tratamiento biológico final.

De acuerdo con esto, las técnicas siguientes se consideran MTD generales para el tratamiento de las aguas residuales generadas por los subsectores de alfombras y de acabados textiles:

- ?? Tratamiento de las aguas residuales en un sistema de lodos activados con una baja relación de alimento/microorganismos, tal como se indica en el apartado 4.10.1, con la condición de que los flujos concentrados que incorporen compuestos no biodegradables se sometan a un tratamiento previo por separado.
- ?? Tratamiento previo de determinados flujos de aguas residuales individuales, segregados y muy cargados ( $DQO > 5.000 \text{ mg/l}$ ), que contengan compuestos no biodegradables, por oxidación química (por ejemplo, la reacción Fenton descrita en el apartado 4.10.7). Los flujos de aguas residuales candidatos son licores de fulardado de procesos de tintura y acabado continuos o semicontinuos, baños de desencolado, pastas de impresión, residuos de bases de alfombras y baños de tinte y acabado agotados.

Determinados residuos específicos de procesos, como las pastas de estampado residuales y los licores de fulardado residuales, son muy agresivos y, en la medida de lo posible, deben mantenerse separados de los flujos de aguas residuales.

Estos residuos deben eliminarse de forma adecuada: la oxidación térmica puede ser una técnica adecuada debido a su alto valor calorífico.

En casos específicos de aguas residuales que contengan pasta de estampado pigmentada o látex de bases de alfombras, la precipitación/floculación e incineración de los lodos resultantes es una alternativa viable a la oxidación química (descrita en el apartado 4.10.8).

En relación con los colorantes azoicos, el tratamiento anaeróbico del licor de fulardado y de las pastas de estampado previo a un tratamiento aeróbico, como se indica en el apartado 4.10.6, es eficaz para eliminar el color.

Si no es posible tratar por separado los flujos de aguas residuales concentradas que incorporen compuestos no biodegradables, será necesario aplicar tratamientos físico-químicos adicionales para conseguir un rendimiento total equivalente. Por ejemplo:

- ?? Tratamientos terciarios posteriores al proceso de tratamiento biológico. Un ejemplo es la adsorción sobre carbono activado con reciclado de éste en el sistema de lodos activados, seguida de destrucción de los compuestos adsorbidos no biodegradables por incineración o tratamiento con radicales libres (proceso que genera  $\text{OH}^*$ ,  $\text{O}_2^{*-}$ ,  $\text{CO}_2^{*-}$ ) del exceso de lodos (biomasa junto con el carbono activado usado) (véase la planta 6 en el apartado 4.10.1).
- ?? Tratamientos biológicos físicos y químicos combinados con la adición de carbón activo y sales de hierro en polvo al sistema de lodos activados, con reactivación del exceso de lodos por «oxidación húmeda» o «peroxidación húmeda» (si se utiliza peróxido de hidrógeno), como se indica en el apartado 4.10.3.
- ?? Ozonización de compuestos recalcitrantes antes del sistema de lodos activados (véase la planta 3 en el apartado 4.10.1).

#### Tratamiento de efluentes en el subsector de descrudado de lanas (proceso acuoso)

La MTD consiste en:

- ?? Combinar los circuitos de eliminación de suciedad/recuperación de grasa con el tratamiento de los efluentes por evaporación, con incineración integrada de los lodos resultantes y reciclado total de agua y energía para: 1) nuevas instalaciones, 2) instalaciones existentes sin tratamiento de efluentes in situ y 3) instalaciones que se plantean sustituir su depurador de efluentes obsoleta. Esta técnica está descrita en el apartado 4.4.2.
- ?? Aplicar el tratamiento de coagulación/floculación en las fábricas existentes que ya lo utilicen junto con el vertido al sistema de alcantarillado y tratamiento biológico aeróbico.

El tratamiento biológico no podrá considerarse MTD de forma definitiva hasta que se obtenga más información sobre sus costes y resultados.

#### *Eliminación de lodos*

#### Lodos generados por el tratamiento de las aguas residuales procedentes del descrudado de lana

La MTD consiste en:

- ?? Utilizar los lodos en la fabricación de ladrillos (véase el apartado 4.10.12) o adoptar cualquier otro proceso de reciclado adecuado.
- ?? Incinerar los lodos con recuperación de calor, siempre que se adopten medidas para controlar las emisiones de  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  y polvo y para evitar las emisiones de dioxinas y furanos generadas por el cloro orgánico de los plaguicidas que los lodos puedan contener.

### **OBSERVACIONES FINALES**

Principales conclusiones generales:

- ?? El intercambio de información ha sido un éxito y se ha alcanzado un alto grado de consenso tras la segunda reunión del grupo de trabajo técnico.
- ?? Debido a la condición de la industria textil (un sector muy complejo y diverso), los efectos de la aplicación de las MTD determinadas dependerán de las características de cada fábrica. Por lo tanto, la rapidez con que se apliquen será una cuestión especialmente sensible para esta industria.
- ?? Teniendo en cuenta las dificultades que algunas empresas pueden tener actualmente para controlar o seleccionar la fuente de la fibra materia prima, se reconoce que hace falta un sistema de aseguramiento de la calidad de las materias primas textiles a fin de realizar la aplicación de forma adecuada para obtener el permiso de PCIC. Por consiguiente, la MTD consiste en colaborar con los socios de los procesos anteriores de la cadena textil, no sólo a nivel específico de la instalación, sino también a nivel de toda la industria, a fin de crear una cadena de responsabilidad ambiental.

Principales recomendaciones para futuros trabajos:

- ?? Es necesario un proceso más sistemático de recopilación de datos sobre niveles actuales de emisión y consumo y sobre el resultados de las técnicas a considerar en la determinación de las MTD, especialmente en relación con las aguas residuales.
- ?? Es necesaria una valoración más detallada de los costes y beneficios relacionados con dichas técnicas, a fin de facilitar la determinación de las MTD.
- ?? Recopilar información sobre aspectos no tratados adecuadamente en el BREF por falta de información. En el capítulo 7 se indica en qué ámbitos concretos se carece de información suficiente.

La CE va a poner en marcha y a financiar, a través de sus programas RTD, una serie de proyectos relacionados con tecnologías limpias, tecnologías emergentes de tratamiento y reciclado de efluentes y estrategias de gestión. Estos proyectos pueden ser aportaciones útiles a futuras revisiones del BREF. Por lo tanto, se invita al lector a comunicar a la Oficina Europea de PCIC los resultados de cualquier investigación que afecte al ámbito de aplicación del presente documento (véase también el prefacio).