

---

## RESUMEN GENERAL

El presente documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria papelera refleja el intercambio de información que se ha llevado a cabo con arreglo al apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo y ha de contemplarse a la luz del prefacio, en el que se describen sus objetivos y forma de uso.

El papel es esencialmente una hoja hecha de fibras a la que se añaden varias sustancias químicas para modificar sus propiedades y su calidad. Además de fibras y sustancias químicas, la fabricación de papel requiere grandes cantidades de agua y energía en forma de vapor y electricidad. En consecuencia, los principales problemas medioambientales asociados a la producción de papel son las emisiones a las aguas, las emisiones atmosféricas y el consumo de energía. Es previsible que los residuos se conviertan en un problema cada vez mayor.

La pasta papelera puede obtenerse a partir de fibra virgen por medios químicos o mecánicos o bien a partir de papel recuperado. Una fábrica de papel puede limitarse a reconstituir la pasta fabricada en otro lugar o integrarse con el proceso de desfibrado en el mismo establecimiento.

En este documento se explican los aspectos medioambientales de la fabricación de papel a partir de diversos materiales fibrosos en papeleras integradas o no integradas. Las primeras fabrican pasta de madera y la utilizan para producir papel en el mismo establecimiento. Las segundas fabrican pasta para vender o compran pasta para fabricar papel. Las fábricas de pasta kraft pueden ser tanto integradas como no integradas, mientras que las fábricas de pasta al sulfito suelen estar integradas con la producción de papel. La fabricación de pasta mecánica y el reciclado de fibra suelen ser procesos integrados con la fabricación de papel, pero en algunos casos se han convertido en actividades independientes.

Este documento no se ocupa de los aspectos medioambientales de procesos previos como la gestión silvícola, la producción externa de productos químicos de proceso y el transporte de materias primas a fábrica, ni de procesos posteriores como la transformación o impresión del papel. Tampoco trata –o sólo brevemente– los aspectos medioambientales no relacionados específicamente con la producción de pasta y papel, como el almacenamiento y manipulación de productos químicos, la seguridad en el trabajo, las centrales térmicas y eléctricas, los sistemas de refrigeración y vacío y el tratamiento de las aguas brutas.

El documento consta de una introducción (capítulo 1) y cinco partes principales:

- fabricación de pasta kraft (capítulo 2),
- fabricación de pasta al sulfito (capítulo 3),
- fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica (capítulo 4),
- reciclado de fibra (capítulo 5), y
- fabricación de papel y procesos conexos (capítulo 6).

Cada uno de estos capítulos se subdivide en cinco apartados principales con arreglo al esquema general de los documentos de referencia sobre MTD en IPPC. Para la mayoría de los lectores no será necesario leer el documento en su totalidad, sino solamente los capítulos o apartados que les interesen. Por ejemplo, las fábricas de pasta kraft comercial irán directamente al capítulo 2, las fábricas integradas de pasta y papel kraft a los capítulos 2 y 6, y las fábricas integradas de papel reciclado a los capítulos 5 y 6.

Para facilitar la comprensión del documento, al final se incluye una lista de referencias y un glosario de términos y abreviaturas.

El capítulo 1 (información general) incluye datos estadísticos sobre el consumo de papel en Europa, la distribución de la producción papelera por la geografía europea, algunos aspectos económicos, una panorámica general del sector y sus principales problemas medioambientales,

---

y una clasificación de las industrias papeleras que funcionan en Europa. Este capítulo termina con algunas observaciones generales sobre la determinación de las MTD para el sector, que se caracteriza por una gran diversidad de productos y procesos y por un alto grado de integración de soluciones técnicas en el proceso.

En cada uno de los cinco capítulos principales, se presenta información sobre los siguientes aspectos: técnicas y procesos aplicados; principales problemas medioambientales, como la demanda de recursos y energía, las emisiones y los residuos; descripción de las técnicas aplicables de reducción de emisiones; reducción de los residuos y ahorro de energía; determinación de las mejores técnicas disponibles; y nuevas técnicas.

Al igual que en el caso de las cifras de emisiones y consumos, hay que tener en cuenta que, debido a los diversos métodos de medición que se utilizan en los distintos Estados miembros, los datos no siempre son estrictamente comparables de un país a otro. (Para más información sobre esta cuestión, véase el anexo III, aunque los diferentes métodos utilizados no alteran las conclusiones que se establecen en el presente documento.)

La discusión de las técnicas a considerar en la determinación de las MTD sigue en todos los casos la misma estructura: una breve descripción de la técnica, sus principales beneficios medioambientales, aplicabilidad, efectos cruzados, experiencia práctica, datos económicos, fuerzas motrices, plantas de referencia y bibliografía. La sección dedicada a las mejores técnicas disponibles incluye las gamas de emisiones y consumos relacionadas con su aplicación. Las conclusiones relativas a las MTD se basan en la experiencia adquirida en el mundo real y en el criterio experto del grupo de trabajo técnico.

La industria papelera es una actividad compleja que comprende muchos procesos y diferentes productos. Sin embargo, a fin de organizar el debate, la gran variedad de materias primas que se utilizan y de procesos que intervienen en la fabricación de pasta y papel pueden agruparse en una serie de operaciones. En este documento, los problemas medioambientales y las técnicas aplicables para prevenir y reducir las emisiones y los residuos y reducir el consumo de energía y materias primas se dividen en cinco clases principales (capítulos 2 a 6). Si es oportuno y necesario, estas clases se dividen a su vez en subclases.

El documento refleja, a escala sectorial, la diversidad de materias primas, fuentes de energía, productos y procesos que intervienen en la industria papelera europea. Sin embargo, en algunos casos, dentro de cada categoría principal de productos hay una determinada gama de materias primas y especificaciones de productos que difieren de la producción de calidades estándar y que pueden repercutir en las condiciones de explotación y en las posibilidades de mejora. En este sentido, cabe referirse a las fábricas de papeles especiales, cuyas máquinas producen muchas calidades diferentes de forma secuencial, o a las fábricas que producen “calidades especiales” de papel.

Este intercambio de información ha permitido llegar a algunas conclusiones acerca de las MTD. Los capítulos que las describen permiten comprender perfectamente estas técnicas y las emisiones que llevan aparejadas. A continuación se resumen las conclusiones principales.

### **MTD generales para todos los procesos**

Durante el intercambio de información se llegó a la conclusión de que la medida más eficaz para reducir las emisiones y el consumo y mejorar los resultados económicos consiste en aplicar el mejor proceso disponible y las mejores tecnologías de reducción de la contaminación, junto con las siguientes actuaciones:

- Formación, educación y motivación del personal.
- Optimización del control del proceso.
- Suficiente mantenimiento de las unidades técnicas y de las tecnologías de reducción de emisiones conexas.

- Sistema que optimice la gestión medioambiental, aumente la sensibilización del personal e incluya objetivos y medidas, instrucciones de proceso y de trabajo, etc.

### **MTD para la fabricación de pasta kraft (capítulo 2)**

El proceso de fabricación de pasta al sulfato o proceso kraft es el más utilizado en todo el mundo, debido a las excelentes propiedades del producto y su aplicabilidad a todo tipo de maderas. Los vertidos de aguas residuales, las emisiones atmosféricas –incluidos los gases fétidos– y el consumo de energía son sus principales problemas medioambientales, aunque también los residuos pueden llegar a serlo en algunos países. Las principales materias primas son recursos renovables (agua y madera) y los productos químicos que se utilizan en la cocción y en el blanqueado. Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son las sustancias orgánicas. Los efluentes de las plantas de blanqueado contienen compuestos organoclorados, que se miden en AOX. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de sustancias coloreadas pueden perjudicar a los seres vivos que habitan en el medio receptor. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos. Gracias a la aplicación de medidas en el propio proceso, se ha logrado reducir notablemente la concentración de sustancias orgánicas cloradas y no cloradas en los vertidos de estas industrias.

Las mejores técnicas disponibles para las fábricas de pasta kraft son las siguientes:

- Descortezado de la madera en seco.
- Aumento de la deslignificación previa a la planta de blanqueado, alargando o modificando la cocción y añadiendo etapas de oxigenación.
- Lavado eficiente de la pasta de descarga y tamizado de la misma en un circuito cerrado.
- Blanqueado sin cloro elemental (ECF), bajo en AOX, o totalmente sin cloro (TCF).
- Reciclado de parte de las aguas básicamente alcalinas utilizadas en la planta de blanqueado.
- Control, contención y recuperación eficaz de líquidos derramados.
- Licuefacción y reutilización de los condensados de la planta de evaporación.
- Instalación de una planta de evaporación de licor negro y una caldera de recuperación con capacidad suficiente para hacer frente a la carga adicional de licor y sólidos secos.
- Recogida y reutilización de las aguas limpias del proceso de refrigeración.
- Instalación de tanques de compensación con capacidad suficiente para almacenar los licores derramados en los procesos de cocción y recuperación y los condensados sucios con el fin de evitar que se produzcan repentinos picos de carga y trastornos ocasionales en la planta externa de tratamiento de aguas residuales.
- Además de las medidas integradas en el proceso, se consideran MTD las técnicas de tratamiento primario y tratamiento biológico.

En las fábricas de pasta kraft blanqueada y sin blanquear, los niveles de emisión a las aguas que se asocian a la aplicación de una combinación adecuada de las mejores técnicas disponibles son los siguientes:

	<b>Caudal m<sup>3</sup>/Tm (s.a.)*</b>	<b>DQO kg/Tm (s.a.)</b>	<b>DBO kg/Tm (s.a.)</b>	<b>TSS kg/Tm (s.a.)</b>	<b>AOX kg/Tm (s.a.)</b>	<b>N total kg/Tm (s.a.)</b>	<b>P total kg/Tm (s.a.)</b>
Pasta blanqueada	30 - 50	8-23	0,3-1,5	0,6-1,5	< 0,25	0,1-0,25	0,01-0,03
Pasta sin blanquear	15 - 25	5-10	0,2-0,7	0,3-1,0	-	0,1-0,2	0,01-0,02

\*Tonelada secada al aire

Estos niveles de emisión son promedios anuales. El caudal de agua se basa en el supuesto de que los vertidos de las aguas de refrigeración y otras aguas limpias se realicen por separado. Los valores indicados se refieren exclusivamente a la fabricación de pasta. En el caso de las

papeleras integradas habrá que añadir las emisiones correspondientes a la fabricación de papel (véase el capítulo 6) en función del surtido de productos que fabriquen.

El otro problema de relevancia medioambiental son los gases de escape que se originan en diferentes fuentes, como la caldera de recuperación, el horno de cal, el horno de corteza, el almacén de astillas de madera, la lejiadora, el lavado de la pulpa, la planta de blanqueado, la preparación de los productos químicos de blanqueado, la evaporación, el tamizado, el lavado, la preparación del licor blanco y diversos tanques. Parte de estas emisiones son difusas en varias fases del proceso, mientras que las fuentes puntuales más importantes son la caldera de recuperación, el horno de cal y las calderas auxiliares. Los principales contaminantes son óxidos de nitrógeno, compuestos sulfúreos como el dióxido de azufre y compuestos sulfúreos reducidos de olor fétido. También se producen emisiones de partículas.

Las mejores técnicas disponibles para reducir las emisiones atmosféricas son las siguientes:

- Recogida e incineración de los gases fétidos concentrados y control de las emisiones de SO<sub>2</sub> resultantes. Los gases fuertes pueden quemarse en la caldera de recuperación, en el horno de cal o en un horno independiente, bajo en emisiones de NO<sub>x</sub>. Los gases de combustión de este último tienen una elevada concentración de SO<sub>2</sub> que se recupera con un depurador.
- También se recogen y se incineran los gases fétidos diluidos procedentes de diversas fuentes y se controlan las emisiones de SO<sub>2</sub> resultantes.
- Las emisiones de TRS (azufre reducido total) se reducen aplicando medidas eficientes de control de la combustión y comprobando el contenido de CO.
- Las emisiones de TRS del horno de cal se reducen controlando el exceso de oxígeno, utilizando combustible bajo en azufre y controlando el sodio soluble residual en el lodo de cal que se alimenta al horno.
- Las emisiones de SO<sub>2</sub> de las calderas de recuperación se controlan quemando en ellas licor negro con una elevada concentración de sólidos secos o utilizando un sistema de depuración de los gases de combustión.
- Una MTD es favorecer la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> en la caldera de recuperación (asegurando la correcta mezcla y separación del aire en la caldera), en el horno de cal y en las calderas auxiliares mediante el control de las condiciones de cocción, y en instalaciones nuevas o modificadas, también mediante un diseño apropiado.
- Las emisiones de SO<sub>2</sub> de las calderas auxiliares se reducen alimentándolas con corteza, gas, petróleo bajo en azufre o carbón, o controlando las emisiones de azufre con un depurador.
- Para reducir las emisiones de polvo, los gases de combustión generados por las calderas de recuperación, las calderas auxiliares (alimentadas con otros biocombustibles o combustibles fósiles) y el horno de cal se depuran por medio de precipitadores electrostáticos eficientes.

En las fábricas de pasta kraft blanqueada y sin blanquear, los niveles de emisión a la atmósfera que se asocian a la aplicación de una combinación de las mejores técnicas disponibles son los que se indican en la tabla siguiente. Estos niveles de emisión son promedios anuales y corresponden a condiciones estándar.

No se incluyen las emisiones de las calderas auxiliares; por ejemplo, las generadas por la producción del vapor utilizado en el proceso de secado de la pasta o del papel. Estas emisiones se tratan más adelante, en un apartado específico.

	Polvo en kg/Tm (s.a.)*	SO <sub>2</sub> (expres. en S) en kg/Tm (s.a.)	NOx (NO+NO <sub>2</sub> ) expres. en NO <sub>2</sub> ) en kg/Tm (s.a.)	TRS (expres. en S) en kg/Tm (s.a.)
Pasta kraft blanqueada y sin blanquear	0,2-0,5	0,2-0,4	1,0-1,5	0,1-0,2

\*Tonelada secada al aire

---

Los valores indicados se refieren exclusivamente a la fabricación de pasta. Ello significa que, en el caso de las papeleras integradas, las cifras no incluyen las emisiones procedentes de calderas de vapor o centrales eléctricas que puedan utilizarse para obtener la energía necesaria para la fabricación de papel.

En el caso de los residuos, las mejores técnicas disponibles son reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Si los residuos recogidos no pueden reutilizarse en el proceso, se considera MTD su aprovechamiento externo como material sustitutivo o la incineración de la materia orgánica en calderas de diseño adecuado que permitan recuperar energía.

A fin de reducir el consumo y aumentar la producción interna de vapor y electricidad, pueden adoptarse varias medidas. En las papeleras no integradas dedicadas a la fabricación de pasta con sistemas energéticamente eficientes, la producción del licor negro y la incineración de la corteza generan calor más que suficiente para todo el proceso productivo. Sin embargo, en algunas ocasiones es necesario utilizar fuel-oil para poner en marcha el proceso y, en muchas fábricas, también en el horno de cal.

Los consumos de calor y electricidad en las fábricas de pasta y papel kraft energéticamente eficientes son los siguientes:

- Papeleras no integradas dedicadas a la producción de pasta kraft blanqueada: 10-14 GJ/Tm (s.a.) y 0,6-0,8 MWh/Tm (s.a.) respectivamente.
- Papeleras integradas dedicadas a la producción de pasta y papel kraft blanqueados (por ejemplo, papel fino sin estucado): 14-20 GJ/Tm (s.a.) y 1,2-1,5 MWh/Tm (s.a.) respectivamente.
- Papeleras integradas dedicadas a la producción de pasta y papel kraft sin blanquear (por ejemplo, el papel para caras conocido como kraftliner): 14-17,5 GJ/Tm (s.a.) y 1-1,3 MWh/Tm (s.a.) respectivamente.

### **MTD para la fabricación de pasta al sulfito (capítulo 3)**

La producción de pasta al sulfito es mucho menor que la de pasta kraft. En la fabricación de este tipo de pasta pueden utilizarse diferentes productos químicos, pero el sulfito de magnesio es el más importante en términos de capacidad y número de fábricas en Europa.

En muchos aspectos, los procesos de fabricación al sulfato (kraft) y al sulfito son similares, sobre todo en lo que respecta a la posibilidad de aplicar distintas medidas internas y externas para reducir las emisiones al medio ambiente. Desde el punto de vista medioambiental, las diferencias más importantes entre ambos procesos radican en los productos químicos utilizados en el proceso de cocción, en el sistema de preparación y recuperación de productos químicos y en que la pasta al sulfito es más fácil de blanquear, debido a su mayor brillo inicial.

Al igual que en el proceso kraft, también las aguas residuales y las emisiones atmosféricas son los problemas medioambientales más importantes del proceso de fabricación al sulfito. Las principales materias primas son recursos renovables (madera y agua) y los productos químicos que se utilizan en la cocción y en el blanqueado. Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son las sustancias orgánicas. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de sustancias coloreadas pueden perjudicar a los seres vivos que habitan en el medio receptor. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos. En el proceso de blanqueado de la pasta al sulfito suele evitarse el uso de productos químicos clorados, es decir,

---

se aplica el proceso de blanqueado totalmente sin cloro (TCF). Por lo tanto, las aguas residuales de la planta de blanqueado no contienen cantidades importantes de compuestos organoclorados.

La información sobre las mejores técnicas disponibles en las fábricas de pasta al sulfito suele ser mucho menos detallada que en el caso de las fábricas de pasta kraft. Concretamente, los miembros del grupo de trabajo técnico han suministrado información muy limitada, por lo que sólo algunas de las técnicas utilizadas en el proceso de fabricación al sulfito han podido describirse con el mismo grado de detalle que en el proceso kraft. Los datos disponibles son relativamente escasos, aunque esta deficiencia se ha visto compensada en parte por las semejanzas intrínsecas de ambos procesos. En los casos de especial divergencia entre ambas tecnologías, se ha intentado recopilar la información necesaria. Sin embargo, en las descripciones y conclusiones sobre MTD, sólo ha sido posible contar con información de Austria, Alemania y Suecia. Gracias a la aplicación de medidas en el propio proceso, se han reducido notablemente las emisiones a las aguas.

Las mejores técnicas disponibles para las fábricas de pasta al sulfito son las siguientes:

- Descortezado de la madera en seco.
- Aumento de la deslignificación previa a la planta de blanqueado, alargando o modificando la cocción.
- Lavado eficiente de la pasta de descarga y tamizado de la misma en un circuito cerrado.
- Control, contención y recuperación eficaz de líquidos derramados.
- Cierre de la planta de blanqueado si se utilizan procesos de cocción a base de sodio.
- Blanqueado totalmente sin cloro (TCF)
- Neutralización del licor diluido antes de la fase de evaporación mediante la reutilización de la mayor parte del condensado del proceso o mediante tratamiento anaeróbico.
- A fin de prevenir cargas innecesarias y trastornos ocasionales en el tratamiento externo de las aguas residuales debido a los licores de cocción y recuperación y a los condensados sucios, se considera necesario disponer de tanques intermedios de almacenamiento de capacidad suficiente.
- Además de las medidas integradas en el proceso, se consideran MTD las técnicas de tratamiento primario y tratamiento biológico en las fábricas de pasta al sulfito.

En las fábricas de pasta al sulfito blanqueada, los niveles de emisión a las aguas que se asocian a la aplicación de una combinación adecuada de las mejores técnicas disponibles son los siguientes:

	<b>Caudal m<sup>3</sup>/Tm (s.a.)*</b>	<b>DQO kg/Tm (s.a.)</b>	<b>DBO kg/Tm (s.a.)</b>	<b>TSS kg/Tm (s.a.)</b>	<b>AOX kg/Tm (s.a.)</b>	<b>N total kg/Tm (s.a.)</b>	<b>P total kg/Tm (s.a.)</b>
Pasta blanqueada	40 - 55	20-30	1-2	1,0-2,0	-	0,15-0,5	0,02-0,05

\*Tonelada secada al aire

Estos niveles de emisión son promedios anuales. El caudal de las aguas residuales se basa en el supuesto de que los vertidos de las aguas de refrigeración y otras aguas limpias se realicen por separado. Los valores indicados se refieren exclusivamente a la fabricación de pasta. En el caso de las papeleras integradas habrá que añadir las emisiones correspondientes a la fabricación de papel (véase el capítulo 6) en función del surtido de productos que fabriquen.

El otro problema de relevancia medioambiental son los gases de escape que se originan en diferentes fuentes, como la caldera de recuperación y el horno de corteza. En las fases de lavado y tamizado, en los respiraderos de los evaporadores y en diversos tanques se generan emisiones de SO<sub>2</sub> menos concentradas. Parte de estas emisiones son difusas en varias fases del proceso. Los principales contaminantes emitidos son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y polvo.

---

Las mejores técnicas disponibles para reducir las emisiones atmosféricas son las siguientes:

- Recogida de las emisiones concentradas de SO<sub>2</sub> y recuperación de las mismas en tanques con distintos niveles de presión.
- Recogida de las emisiones difusas de SO<sub>2</sub> generadas en diversas fuentes e introducción de las mismas en la caldera de recuperación como aire de proceso.
- Control de las emisiones de SO<sub>2</sub> en las calderas de recuperación mediante precipitadores electrostáticos y sistemas de depuración de los gases de combustión en varias fases, junto con la recogida y depuración de las emisiones de varios respiraderos.
- Reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub> de las calderas auxiliares alimentándolas con corteza, gas, petróleo bajo en azufre o carbón, o controlando las emisiones de azufre.
- Reducción de los gases fétidos mediante sistemas de recogida eficientes.
- Reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> de las calderas de recuperación y calderas auxiliares controlando las condiciones de cocción.
- Depuración de los gases de combustión de las calderas auxiliares mediante precipitadores electrostáticos eficientes para reducir las emisiones de polvo.
- Incineración de los residuos con recuperación de energía y optimización de las emisiones.

Los niveles de emisión que se asocian a la aplicación de una combinación de las mejores técnicas disponibles en el proceso son los que se indican en la tabla siguiente.

No se incluyen las emisiones de las calderas auxiliares; por ejemplo, las generadas por la producción del vapor utilizado en el proceso de secado de la pasta o del papel. Estas emisiones se tratan más adelante, en un apartado específico.

	<b>Polvo en kg/Tm (s.a.)*</b>	<b>SO<sub>2</sub> (expres. en S) en kg/Tm (s.a.)</b>	<b>NOx (expres. en NO<sub>2</sub>) en kg/Tm (s.a.)</b>
Pasta blanqueada	0,02 - 0,15	0,5 - 1,0	1,0 – 2,0

\*Tonelada secada al aire

Estos niveles de emisión son promedios anuales y corresponden a condiciones estándar. Los valores indicados se refieren exclusivamente a la fabricación de pasta. Ello significa que, en el caso de las papeleras integradas, las cifras no incluyen las emisiones procedentes de calderas auxiliares o centrales eléctricas que puedan utilizarse para obtener la energía necesaria para la fabricación de papel.

En el caso de los residuos, las mejores técnicas disponibles son reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Si los residuos recogidos no pueden reutilizarse en el proceso, se considera MTD su aprovechamiento externo como material sustitutivo o la incineración de la materia orgánica en calderas de diseño adecuado que permitan recuperar energía.

A fin de reducir el consumo y aumentar la producción interna de vapor y electricidad, pueden adoptarse varias medidas. Las fábricas de pasta al sulfato son autosuficientes gracias a que aprovechan el valor calorífico del licor concentrado, de la corteza y de los residuos de madera. Las papeleras integradas necesitan energía adicional que obtienen por medio de centrales eléctricas internas o externas. El consumo de calor y electricidad de las fábricas integradas de pasta y papel al sulfato es de 18-24 GJ/Tm (s.a.) y 1,2-1,5 MWh/Tm (s.a.) respectivamente.

#### **MTD para la fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica (capítulo 4)**

En la fabricación de pasta mecánica, las fibras de la madera se separan aplicando energía mecánica. El objetivo es mantener la parte principal de la lignina a fin de conseguir un alto

---

rendimiento con unas propiedades de resistencia y brillo aceptables. Hay que distinguir dos procesos principales:

- Trituración de la madera: los troncos se astillan al pasar por una muela giratoria mientras se mojan con agua.
- Refino de la pasta mecánica: las astillas se desfibran al pasar entre unos discos refinadores.

Las características de la pasta pueden modificarse aumentando la temperatura de proceso y aplicando un tratamiento químico a la madera para reblanquecerla antes de pasar a la fase de refino. Este proceso se denomina quimiotermomecánico (CTMP) y también es objeto del presente documento.

La mayor parte de los procesos de fabricación de pasta mecánica están integrados con la fabricación de papel. Por lo tanto, los niveles de emisión asociados a la aplicación de las MTD se refieren a las papeleras integradas (excepto el proceso CTMP).

En la fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica, los problemas medioambientales más importantes son las aguas residuales y el consumo de electricidad de los motores que impulsan las muelas trituradoras o refinadoras. Las principales materias primas son recursos renovables (agua y madera) y algunos productos químicos que se utilizan en el blanqueado (en el caso del proceso CTMP, también en el pretratamiento químico de las astillas). Durante la fabricación de papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel). Los contaminantes que predominan en las emisiones a las aguas son sustancias orgánicas disueltas o dispersas en la fase acuosa. Estas emisiones aumentan notablemente si se utilizan una o dos etapas de aplicación de peróxidos alcalinos para blanquear la pasta mecánica. El blanqueado a base de peróxidos produce cargas adicionales de DQO, previas al tratamiento, de unos treinta kilos de oxígeno por tonelada secada al aire. Algunos de los compuestos vertidos por las industrias papeleras son tóxicos para los organismos acuáticos. Las emisiones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) pueden contribuir a la eutrofización de las aguas receptoras. Las aguas residuales contienen metales extraídos de la madera en bajas concentraciones, pero la carga total puede ser importante debido al gran caudal de los vertidos.

Buena parte de las técnicas a considerar en la determinación de las MTD se aplican a la reducción de las emisiones a las aguas. En las fábricas de proceso mecánico, los circuitos de agua suelen estar bastante próximos. Las aguas clarificadas que sobran en la máquina de papel suelen utilizarse para compensar el agua que sale del circuito con la pasta y con los rechazos.

Las mejores técnicas disponibles para las fábricas de pasta mecánica son las siguientes:

- Descortezado de la madera en seco.
- Máxima reducción de las pérdidas que generan los rechazos mediante procesos eficientes de manipulación de los mismos.
- Recirculación del agua en la nave de fabricación de pasta mecánica.
- Separación efectiva de los circuitos de agua para pasta y papel por medio de espesantes.
- Circuito de aguas blancas a contracorriente desde la fábrica de papel hasta la fábrica de pasta, en función del grado de integración.
- Instalación de tanques de compensación con capacidad suficiente para almacenar las aguas residuales concentradas procedentes del proceso (principalmente en el caso del CTMP).
- Tratamiento primario y biológico de los efluentes y, en algunos casos, también floculación o precipitación química.

En las fábricas de proceso CTMP, también se considera eficiente el tratamiento aeróbico y anaeróbico de las aguas residuales. Por último, una solución especialmente interesante para la modernización de fábricas podría ser la evaporación de las aguas residuales más contaminadas y la cocción del concentrado, más el tratamiento del resto con lodos activados.

A continuación se presentan los niveles de emisión asociados a la aplicación de una combinación adecuada de estas técnicas según se trate de fábricas no integradas de proceso CTMP o fábricas integradas de proceso mecánico. Estos valores son promedios anuales.

	<b>Caudal m<sup>3</sup>/Tm</b>	<b>DQO kg/Tm</b>	<b>DBO kg/Tm</b>	<b>TSS kg/Tm</b>	<b>AOX kg/Tm</b>	<b>N total kg/Tm</b>	<b>P total kg/Tm</b>
Papeleras no integradas de proceso CTMP (sólo pasta)	15-20	10-20	0,5-1,0	0,5-1,0	-	0,1-0,2	0,005-0,01
Papeleras integradas de proceso mecánico (como fábricas de papel de periódico, papel estucado de bajo gramaje y papel supercalandrado)	12-20	2,0-5,0	0,2-0,5	0,2-0,5	< 0,01	0,04-0,1	0,004-0,01

En el caso de las papeleras integradas de proceso CTMP, habrá que añadir las emisiones correspondientes a la fabricación de papel (véase el capítulo 6) en función del surtido de productos que fabriquen.

En el caso de las papeleras integradas de proceso mecánico, los niveles de emisión corresponden a la fabricación conjunta de pasta y papel, y están expresados en kilos de contaminantes por tonelada de papel producida.

En la fabricación de pasta mecánica, los valores de DQO dependen especialmente del porcentaje de la composición fibrosa que se blanquea con peróxidos, porque este tipo de blanqueado produce mayores cargas iniciales de sustancias orgánicas previas al tratamiento. Por lo tanto, el nivel máximo de la gama de emisiones asociadas a las MTD es aplicable a las industrias que fabrican una elevada proporción de pasta termomecánica blanqueada con peróxidos.

Las emisiones atmosféricas proceden principalmente de la generación de calor y electricidad en calderas auxiliares. También se generan emisiones de carbonos orgánicos volátiles (COV) en los almacenes de astillas de madera y en los sistemas que extraen el aire de las tinas de lavado de las astillas y de otras tinas y condensados que forman parte del sistema de recuperación de vapor de los refinadores, contaminados por los componentes volátiles de la madera. Parte de estas emisiones son difusas en varias fases del proceso.

Las mejores técnicas disponibles para reducir las emisiones atmosféricas son la recuperación de calor de los refinadores y la supresión de las emisiones de COV con el vapor contaminado. Aparte de las emisiones de COV, la fabricación de pasta mecánica genera emisiones atmosféricas que no están relacionadas con el proceso, sino que están originadas por la producción de energía en la fábrica. Para generar calor y electricidad, se queman distintos tipos de combustibles fósiles o residuos de la madera, como la corteza. Las MTD para las calderas auxiliares se tratan más adelante.

En el caso de los residuos, las mejores técnicas disponibles son reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Si los residuos recogidos no pueden reutilizarse en el proceso, se considera MTD su aprovechamiento externo como material sustitutivo o la incineración de la materia orgánica en calderas de diseño adecuado que permitan recuperar energía, reduciendo así las cantidades que se depositan en los vertederos.

A fin de reducir el consumo de vapor primario y electricidad, pueden adoptarse varias medidas. Los consumos de calor y electricidad en las papeleras de proceso mecánico energéticamente eficientes son los siguientes:

- 
- Fábricas no integradas de proceso CTMP: en el secado de la pasta, puede utilizarse calor recuperado del proceso (es decir, no hace falta vapor primario) y el consumo de electricidad es de 2-3 MWh/Tm (s.a.).
  - Fábricas integradas de papel de periódico: 0 a 3 GJ/Tm y 2-3 MWh/Tm respectivamente. La demanda de vapor depende de la composición fibrosa y del vapor que se recupera de los refinadores.
  - Fábricas integradas de papel estucado de bajo gramaje: 3-12 GJ/Tm y 1,7-2,6 MWh/Tm respectivamente. Hay que señalar que en la composición fibrosa de este tipo de papel sólo suele haber una tercera parte de pasta desfibrada a presión o de pasta termomecánica, siendo el resto pasta kraft blanqueada y rellenos y colores de estucado. Si la producción de papel kraft blanqueado se realiza en el mismo establecimiento (integrado), habrá que sumar la demanda energética de este proceso en función de los tipos de composiciones fibrosas que se fabriquen.
  - Fábricas integradas de papel supercalandrado (SC): 1-6 GJ/Tm y 1,9-2,6 MWh/Tm respectivamente.

### **MTD para el reciclado de fibra (capítulo 5)**

La fibra usada se ha convertido en una materia prima indispensable para el sector de fabricación de papel, porque su precio es favorable en comparación con las clases correspondientes de pasta virgen y porque muchos países europeos han fomentado el reciclado de papel recuperado. Los sistemas de transformación de papel recuperado varían en función de la clase de papel que se desea producir –por ejemplo, papel de embalaje, papel de periódico, testliner o papel de seda– y del tipo de composición utilizado. En general, los procesos de reciclado de fibra pueden dividirse en dos categorías principales:

- Procesos con limpieza exclusivamente mecánica, es decir, sin destintado. Comprenden productos como el papel para caras con revestimiento kraft conocido como “testliner”, papel para ondular, cartón para embalajes y cartón para envases de consumo.
- Procesos con fase mecánica y fase química, es decir, con destintado. Comprenden productos como el papel de periódico, el papel de seda, el papel de impresión y copia, el papel para revistas (supercalandrado o estucado de bajo gramaje), algunas clases de cartón para envases o pasta destintada comercial.

Las materias primas que se utilizan en la producción de papel a base de fibra reciclada son principalmente papel recuperado, agua, aditivos químicos y energía en forma de vapor y electricidad. Las aguas de proceso y refrigeración se utilizan en grandes cantidades. Durante la fabricación del papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel). Los problemas medioambientales de las fábricas de papel reciclado son básicamente las emisiones a las aguas, los residuos sólidos (especialmente si se aplica el proceso de destintado, como en las fábricas de papel de seda) y las emisiones atmosféricas. Estas últimas están relacionadas principalmente con la producción de energía por medio de centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles.

La mayoría de los procesos de reciclado de papel usado están integrados en la fábrica de papel. Por lo tanto, los niveles de emisión asociados a la aplicación de las MTD se refieren a las papeleras integradas.

Buena parte de las técnicas a considerar en la determinación de las MTD se aplican a la reducción de las emisiones a las aguas.

Las mejores técnicas disponibles para las fábricas de papel reciclado son las siguientes:

- Separación de las aguas menos contaminadas de las más contaminadas y reciclado de las aguas de proceso.

- Optimización de la gestión del agua (distribución de los circuitos de agua), clarificación del agua por sedimentación, técnicas de flotación o filtración y reciclado de las aguas de proceso para diferentes usos.
- Estricta separación de los circuitos de agua y flujo a contracorriente de las aguas de proceso.
- Producción de agua clarificada para las plantas de destintado (flotación).
- Instalación de una pileta de compensación y tratamiento primario.
- Tratamiento biológico de las aguas residuales. Una opción eficaz para las calidades destintadas (y, según las condiciones, también para las no destintadas) es el tratamiento biológico aeróbico y, en algunos casos, la floculación y la precipitación química. La opción preferible para las calidades no destintadas es el tratamiento mecánico con tratamiento biológico anaeróbico/aeróbico posterior. Estas fábricas suelen tener que tratar aguas residuales más concentradas debido a que sus circuitos de agua son más cerrados.
- Reciclado parcial de las aguas sometidas a tratamiento biológico. Las posibilidades de reciclado dependen de las clases concretas de papel que se fabrican. En el caso del papel destintado, ésta es la mejor técnica disponible, pero suele precisar una fase de abrillantado adicional (tratamiento terciario) y hay que estudiar a fondo sus ventajas e inconvenientes.
- Tratamiento de los circuitos de agua internos.

En las fábricas integradas de papel reciclado, los niveles de emisión asociados a la aplicación de una combinación adecuada de las mejores técnicas disponibles son los siguientes:

	<b>Caudal m<sup>3</sup>/Tm</b>	<b>DQO kg/Tm</b>	<b>DBO kg/Tm</b>	<b>TSS kg/Tm</b>	<b>N total kg/Tm</b>	<b>P total kg/Tm</b>	<b>AOX kg/Tm</b>
Fábricas integradas de papel reciclado sin destintado (p.ej., wellen-stoff, testliner, bicolor con cara blanca, cartón para envases, etc.)	< 7	0,5-1,5	<0,05-0,15	0,05-0,15	0,02-0,05	0,002-0,005	<0,005
Fábricas de papel reciclado con destintado (p.ej. papel de periódico, papel de escribir y papel de impresión, etc.)	8 - 15	2-4	<0,05-0,2	0,1-0,3	0,05-0,1	0,005-0,01	<0,005
Fábricas de papel de seda a base de fibra reciclada	8-25	2,0-4,0	<0,05-0,5	0,1-0,4	0,05-0,25	0,005-0,015	<0,005

Estos niveles de emisión son promedios anuales y corresponden a procesos con y sin destintado. El caudal de aguas residuales se basa en el supuesto de que los vertidos de las aguas de refrigeración y otras aguas limpias se realicen por separado. Los valores indicados se refieren a las papeleras integradas, es decir, el desfibrado del papel usado y la fabricación de papel reciclado se realizan en el mismo establecimiento.

También se considera MTD el tratamiento común de las aguas residuales de una fábrica de papel reciclado o de un consorcio de fábricas de este tipo en la depuradora municipal, si ésta es apropiada para tratar los vertidos de las industrias papeleras. Hay que calcular la eficiencia del sistema común y establecer la eficiencia comparable o la concentración de las emisiones antes de considerar esta posibilidad como MTD.

Las emisiones atmosféricas de las fábricas de papel reciclado proceden principalmente de las plantas instaladas para la producción de calor y, en algunos casos, para la cogeneración de electricidad. Por lo tanto, el ahorro de energía lleva aparejada la reducción de las emisiones

---

atmosféricas. Las centrales eléctricas suelen ser calderas normales y pueden tratarse como cualquier otra instalación de este tipo. Para reducir el consumo de energía y las emisiones atmosféricas, se consideran MTD las siguientes medidas: cogeneración de calor y electricidad, mejora de las calderas existentes y, si se cambian los equipos, instalación de sistemas con menor consumo de energía. Los niveles de emisión asociados a la aplicación de MTD en calderas auxiliares se tratan más adelante, en un apartado específico.

En el caso de los residuos, las mejores técnicas disponibles son reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Si los residuos recogidos no pueden reutilizarse en el proceso, se considera MTD su aprovechamiento externo como material sustitutivo o la incineración de la materia orgánica en calderas de diseño adecuado que permitan recuperar energía. Una forma de reducir los residuos sólidos puede ser optimizar la recuperación de fibra modernizando las plantas de preparación de la pasta húmeda, optimizando el número de fases de limpieza en dicha preparación y aplicando el proceso de flotación del aire disuelto como tratamiento de los circuitos de agua en línea para recuperar fibras y rellenos y clarificar las aguas de proceso. Hay que establecer un equilibrio entre la limpieza de la pasta, las pérdidas de fibra y los costes y necesidades de energía, que suele depender de las clases de papel. Otra MTD es reducir las cantidades de residuos que se depositan en los vertederos. Esto puede conseguirse mediante un sistema eficiente de manipulación de rechazos y lodos en fábrica para obtener mayor proporción de sólidos secos (deshidratación) y su posterior incineración con recuperación de energía. La ceniza obtenida puede utilizarse como materia prima en el sector de la construcción. Hay distintas opciones de incineración, cuya aplicabilidad está limitada por las dimensiones de la fábrica y, en cierta medida, por el combustible utilizado para generar vapor y electricidad, respectivamente.

Los consumos de calor y electricidad en las fábricas de papel reciclado energéticamente eficientes son los siguientes:

- Fábricas integradas de papel reciclado sin destintado (por ejemplo, testliner, papel tripa): 6-6,5 GJ/Tm y 0,7-0,8 MWh/Tm respectivamente.
- Fábricas integradas de papel de seda con instalación de destintado: 7-12 GJ/Tm y 1,2-1,4 MWh/Tm respectivamente;
- Fábricas integradas de papel de periódico o de papel de impresión y papel de escribir con instalación de destintado: 4-6,5 GJ/Tm y 1-1,5 MWh/Tm respectivamente.

## **MTD para la fabricación de papel y procesos conexos (capítulo 6)**

En los capítulos 2 a 5 se describen los procesos de obtención de las fibras que se utilizan para fabricar papel. En el capítulo 6 se describe la fabricación de papel y cartón con independencia de la fabricación de pasta. Se ha hecho de esta forma porque todas las industrias papeleras necesitan los mismos procesos en torno a la máquina de papel y cartón, esté integrada con la producción de pasta o no. La descripción del proceso de fabricación de papel dentro de las papeleras integradas sería mucho más compleja en sus aspectos técnicos. Por último, en Europa son mayoría las papeleras no integradas.

Este capítulo interesa a las papeleras integradas porque trata de la fabricación del papel.

El papel se hace con fibras, agua y aditivos químicos. Además, se necesita mucha energía para llevar a cabo todo el proceso. Los diversos motores y el proceso de refinado de la pasta consumen corriente eléctrica. Se necesita calor para calentar el aire, el agua y otros líquidos, para evaporar el agua en el secador de la máquina de papel y para transformar el vapor en energía eléctrica (en el caso de la cogeneración). Las aguas de proceso y refrigeración se utilizan en grandes cantidades. Durante la fabricación de papel se aplican diversos aditivos para facilitar el proceso y mejorar las propiedades del producto resultante (auxiliares del papel).

---

Los problemas medioambientales más importantes de las industrias papeleras son las emisiones a las aguas y el consumo de energía y productos químicos. También se generan residuos sólidos. Las emisiones atmosféricas se deben principalmente a la producción de energía en centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles.

Las mejores técnicas disponibles para reducir las emisiones a las aguas son las siguientes:

- Reducir al mínimo el consumo de agua para distintas clases de papel mediante un mayor reciclado de las aguas de proceso y un sistema de gestión del agua.
- Controlar las desventajas que pueden derivarse del cierre de los circuitos de agua.
- Construir un sistema equilibrado de almacenamiento de aguas blancas, filtrado (transparente) y papel con taras y, siempre que sea posible, utilizar montajes, diseños y máquinas con un consumo de agua reducido. Esto suele hacerse en el momento de cambiar o reformar máquinas o componentes.
- Aplicar medidas para reducir la frecuencia y los efectos de los vertidos accidentales.
- Recoger y reutilizar las aguas limpias de refrigeración y estanquedad, o separar los vertidos.
- Separar el pretratamiento de las aguas residuales generadas por el proceso de estucado.
- Sustituir las sustancias potencialmente nocivas por otras menos perjudiciales.
- Tratar los vertidos de aguas residuales por medio de una pileta de compensación.
- Disponer de tratamiento primario, de tratamiento secundario biológico y, en algunos casos, de tratamiento secundario químico por precipitación o floculación de las aguas residuales. Si sólo se aplica el tratamiento químico, los vertidos de DQO serán algo mayores, aunque constituidos principalmente por materia fácilmente degradable.

En el caso de las papeleras no integradas, se presentan en la siguiente tabla los niveles de emisión asociados a la aplicación de las MTD según se trate de papel de seda o papel fino estucado y sin estucar, aunque las diferencias entre estas clases de papel no son muy grandes.

Parámetros	Unidades	Papel fino sin estucar	Papel fino estucado	Papel de seda
DBO <sub>5</sub>	kg/Tm de papel	0,15-0,25	0,15-0,25	0,15-0,4
DQO	kg/Tm de papel	0,5-2	0,5-1,5	0,4-1,5
TSS	kg/Tm de papel	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
AOX	kg/Tm de papel	< 0,005	< 0,005	< 0,01
P total	kg/Tm de papel	0,003-0,01	0,003-0,01	0,003-0,015
N total	kg/Tm de papel	0,05-0,2	0,05-0,2	0,05-0,25
Caudal	m <sup>3</sup> /Tm de papel	10-15	10-15	10-25

Los niveles de emisión son promedios anuales y no incluyen la fabricación de pasta. Aunque estos valores se refieren a papeleras no integradas, también pueden utilizarse para calcular de forma aproximada las emisiones que producen las máquinas de papel en las fábricas integradas. El caudal de aguas residuales se basa en el supuesto de que los vertidos de las aguas de refrigeración y otras aguas limpias se realicen por separado.

También se considera MTD el tratamiento común de las aguas residuales de una fábrica o de un consorcio de ellas en la depuradora municipal, si ésta es apropiada para tratar los vertidos de las industrias papeleras. Hay que calcular la eficiencia del sistema común y establecer la eficiencia comparable o la concentración de las emisiones antes de considerar esta posibilidad como MTD.

Las emisiones atmosféricas de las papeleras no integradas proceden principalmente de las calderas de vapor y de las centrales eléctricas. Estas últimas suelen ser calderas normales y no se diferencian de otras instalaciones de combustión. Se presupone que se regulan igual que cualquier otra caldera auxiliar de idéntica capacidad (véase más adelante).

En el caso de los residuos, las mejores técnicas disponibles son reducir al mínimo la producción de residuos sólidos y recuperar, reciclar y reutilizar estos materiales siempre que sea posible. La

---

recogida selectiva y el almacenamiento intermedio de las distintas fracciones de residuos en origen pueden ser de gran utilidad para cumplir este objetivo. Otras técnicas disponibles son la reducción de las pérdidas de fibra y relleno, la aplicación de una fase de ultrafiltración para recuperar las aguas residuales del proceso de estucado (sólo en el caso de calidades estucadas) y la deshidratación eficiente de los residuos y lodos para obtener una mayor proporción de sólidos secos. Otra MTD consiste en reducir las cantidades de residuos que se envían al vertedero mediante opciones de valorización y, si es posible, mediante el reciclado o incineración de los residuos con recuperación de energía.

En general, en este sector se considera MTD la utilización de tecnologías energéticamente eficientes. Existen muchas opciones para ahorrar energía en muchas fases del proceso de fabricación. Normalmente, estas medidas requieren inversiones para cambiar, reformar o modernizar los equipos. Hay que señalar que la mayor parte de las técnicas que ahorran energía no sólo se aplican con este fin. Las cuestiones más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una inversión es la eficiencia de la producción, la mejora de la calidad del producto y la reducción de los costes generales. Se puede ahorrar energía instalando un sistema para controlar el consumo y el rendimiento y aplicando tecnologías de prensado con anchas líneas de tangencia para lograr una deshidratación más eficaz de las bobinas en la sección de prensas de la máquina de papel, así como otras tecnologías para mejorar la eficiencia energética, como por ejemplo: un desfibrado de gran consistencia, un refinado energéticamente eficiente, la formación de dobles telas, sistemas de vacío optimizados, motores de velocidad ajustable para bombas y ventiladores, motores eléctricos de alta eficiencia y de la potencia adecuada, sistemas para recuperar el condensado de vapor, técnicas para aumentar los sólidos en la prensa encoladora o sistemas para recuperar el calor del aire de escape. El consumo directo de vapor puede reducirse realizando una correcta integración del proceso mediante un análisis Pinch.

Las papeleras no integradas energéticamente eficientes tienen los siguientes consumos de calor y electricidad:

- Fábricas no integradas de papel fino sin estucar: 7-7,5 GJ/Tm y 0,6-0,7 MWh/Tm.
- Fábricas no integradas de papel fino estucado: 7-8 GJ/Tm y 0,7-0,9 MWh/Tm.
- Fábricas no integradas de papel de seda que utilizan fibra virgen: 5,5-7,5 GJ/Tm y 0,6-1,1 MWh/Tm.

## **MTD para calderas auxiliares**

En función del balance energético real de la papelera, del tipo de combustibles externos que se utilicen y del destino de posibles biocombustibles, como la corteza y los residuos de la madera, hay que considerar las emisiones atmosféricas de las calderas auxiliares. Las industrias que fabrican pasta a partir de fibra virgen suelen utilizar calderas de corteza. En las fábricas de papel no integradas y en las fábricas de papel reciclado, las emisiones proceden principalmente de las calderas de vapor y de las centrales eléctricas. Éstas suelen ser calderas normales y no se diferencian de otras plantas de combustión. Se presupone que se regulan igual que cualquier otra instalación de la misma capacidad. Por lo tanto, las MTD generalmente reconocidas para las calderas auxiliares sólo se mencionan brevemente en el presente documento, y son las siguientes:

- Cogeneración de calor y electricidad si la relación entre ambos tipos de energía lo permite.
- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil alimentando las calderas con recursos renovables, como la madera o los residuos de ésta que puedan producirse.
- Reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> controlando las condiciones de cocción de las calderas auxiliares e instalando quemadores especiales.
- Reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub>, alimentando las calderas con corteza, gases o combustibles bajos en azufre, o controlando las emisiones de azufre.
- En las calderas auxiliares que se alimentan con combustibles sólidos, se elimina el polvo por medio de precipitadores electrostáticos eficientes (o filtros de mangas).

En la tabla siguiente se resumen los niveles de emisión asociados a la aplicación de las MTD en las calderas auxiliares utilizadas en la industria papelera y alimentadas con distintos tipos de combustibles. Los valores son promedios anuales y corresponden a condiciones estándar. Sin embargo, las emisiones atmosféricas totales que se citan por producto son muy específicas de las condiciones de cada establecimiento (por ejemplo, tipo de combustible, tamaño y tipo de la instalación, fábrica integrada o no integrada y producción de electricidad).

Sustancias emitidas	Carbón	Fuel-oil pesado	Gasóleo	Gas	Biocombustible (p. ej. corteza)
mg de S por MJ de combustible	100 - 200 <sup>1</sup> (50 - 100) <sup>5</sup>	100 –200 <sup>1</sup> (50-100) <sup>5</sup>	25-50	<5	< 15
mg de NO <sub>x</sub> por MJ de combustible	80 - 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	80 – 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	45-60 <sup>2</sup>	30 -60 <sup>2</sup>	60 –100 <sup>2</sup> (40-70 SNCR) <sup>3</sup>
mg de polvo por Nm <sup>3</sup>	10 - 30 <sup>4</sup> al 6% de O <sub>2</sub>	10 – 40 <sup>4</sup> al 3% de O <sub>2</sub>	10-30 3% de O <sub>2</sub>	< 5 3% de O <sub>2</sub>	10 - 30 <sup>4</sup> al 6% de O <sub>2</sub>

Notas:

- 1) Las emisiones de azufre de las calderas que se alimentan con petróleo o carbón dependen del contenido de azufre de estos combustibles, que puede reducirse en cierta medida inyectando carbonato cálcico.
- 2) Sólo se aplica tecnología de combustión.
- 3) También se aplican medidas secundarias como la reducción selectiva no catalítica (SNCR), normalmente sólo en grandes instalaciones.
- 4) Valores asociados al uso de precipitadores electrostáticos eficientes.
- 5) Si se utiliza un depurador, sólo se aplica a grandes instalaciones.

Hay que señalar que las calderas auxiliares que se utilizan en la industria papelera son de potencia muy variable (de 10 a más de 200 MW). En las más pequeñas, las únicas técnicas que pueden aplicarse con un coste razonable son la utilización de combustible bajo en azufre y las técnicas de combustión, mientras que en las más grandes también pueden aplicarse medidas de control. Esta diferencia se refleja en la tabla anterior. La gama de valores superior se considera MTD para las instalaciones más pequeñas y se consigue con medidas internas y en función de la calidad del combustible. La gama inferior (entre paréntesis) está asociada a la aplicación de medidas de control adicionales, como la reducción selectiva no catalítica (SNCR) y los sistemas de depuración, y se considera MTD para las instalaciones más grandes.

### Uso de productos químicos y aditivos

En la industria papelera, se utilizan muchos productos químicos en función de la clase de papel que se fabrica, del diseño y funcionamiento del proceso y de las calidades de los productos que se desea obtener. Por una parte hacen falta productos químicos para fabricar la pasta papelera, mientras por otra se utilizan aditivos y auxiliares químicos en la producción de papel. Los aditivos químicos se utilizan para dotar al papel de diversas características, mientras que los auxiliares químicos tienen por objeto aumentar la eficiencia y reducir las interrupciones del proceso productivo.

Con respecto al consumo de productos químicos, se considera MTD la disponibilidad de una base de datos que incluya todos los productos químicos y aditivos utilizados y la aplicación del principio de sustitución. Ello significa que se utilizan productos menos peligrosos si se dispone de ellos. También se aplican medidas para evitar vertidos accidentales en el suelo y en las aguas como consecuencia de la manipulación y almacenamiento de productos químicos.

### Grado de consenso

La mayoría de los miembros del grupo de trabajo técnico y de los participantes en la séptima reunión del foro de intercambio de información han expresado su respaldo al presente documento técnico. Sin embargo, no ha sido el caso de la CEPI –entidad que representa a la industria papelera– y de algunos Estados miembros, que han puesto en duda algunas de las conclusiones alcanzadas en el borrador final. A continuación se señalan algunas de las principales materias de controversia, que se describen con más detalle en el capítulo 7.

---

La CEPI y un Estado miembro opinan que no se han tenido suficientemente en cuenta las diferencias económicas que existen entre las fábricas nuevas y las antiguas ni entre las fábricas grandes y las pequeñas, y que estas diferencias deberían haberse establecido claramente en el documento de referencia. Además, la CEPI y tres Estados miembros creen que una fábrica típica no puede alcanzar al mismo tiempo todos los niveles de emisión y consumo que se dicen asociados a la aplicación de una combinación adecuada de las diversas técnicas consideradas como MTD. A su juicio, no se ha realizado una evaluación suficientemente integrada de todos los parámetros. Sin embargo, el hecho es que se han localizado fábricas que cumplen a la vez todos los niveles señalados y que esta opinión es minoritaria y no es compartida por la mayoría de los miembros del grupo de trabajo técnico.

Aparte de estas cuestiones generales, también hay algunas conclusiones definitivas sobre aspectos concretos que no han recibido el respaldo unánime del grupo de trabajo técnico. La CEPI y dos Estados miembros consideran que el nivel superior de la gama de valores totales de sólidos en suspensión (TSS) asociada a la aplicación de las MTD en la fabricación de pasta kraft blanqueada debería ser 2 kg/Tm (s.a.) (secada al aire) en lugar de 1,5 kg/Tm (s.a.). Además, la CEPI y un Estado miembro consideran que se ha pecado de conservadurismo a la hora de establecer algunas de las gamas de valores correspondientes a la fabricación de las diversas clases de papel. A la inversa, hay miembros del grupo de trabajo técnico que consideran que algunos de los niveles establecidos son excesivamente optimistas, teniendo en cuenta los últimos resultados registrados en algunas industrias papeleras.

La Oficina Europea de Medio Ambiente –que representa a las organizaciones ecologistas– también ha expresado algunas opiniones discrepantes, como que el blanqueado sin cloro elemental en las fábricas de pasta kraft no cumple los criterios de MTD con respecto a los principios de precaución y prevención, y que, en general, el tratamiento terciario de las aguas residuales debería incluir el tratamiento con ozono, peróxidos o radiación ultravioleta, seguido de una fase de biofiltrado.