



Guías Tecnológicas

**Directiva 96/61 relativa a la prevención
y control integrados de la contaminación**

Epígrafe **3.4** Fabricación de lanas minerales



Fundación Entorno
Empresa y Medio Ambiente

Ministerio de Industria
y Energía





1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del documento

La presente Guía resume el estudio de prospección tecnológica del sector de fabricación de fibras minerales con objeto de recoger los aspectos más relevantes del Informe Tecnológico de manera que las personas interesadas puedan disponer de un documento de consulta más manejable.

En caso de estar interesado en consultar el documento completo puede solicitarlo dirigiéndose por escrito a:

Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente
C/Padilla 17, ático. 28006 - Madrid
Telf. 91-575 63 94; Fax. 91-575 77 13
e-mail: administrador@fundacion-entorno.org

1.2 Metodología de trabajo

Tras contactar con las diferentes asociaciones empresariales y demás entidades con competencias en los sectores industriales seleccionados, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración de estos estudios:

Fase I: Informe Preliminar. Se realizó un primer informe con el objetivo de definir el ámbito de estudio e identificar las actividades incluidas en cada epígrafe. Ello permitió llevar a cabo para cada sector, un informe previo sobre la situación tecnológico-ambiental que serviría de base para el trabajo a realizar directamente con las empresas en una fase posterior. Estos documentos quedaron recogidos en un CD-Rom y fueron distribuidos a las partes interesadas.

Fase II: Mesas de trabajo. Con objeto de poder contar con la opinión directa de las empresas, se convocaron distintas reuniones sectoriales de trabajo con el objetivo principal de discutir el contenido del Informe elaborado en la fase anterior. Además, en estas sesiones pudimos proporcionar a las empresas información sobre el desarrollo de los trabajos realizados para la definición de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's) del sector.

Fase III: Trabajo de campo. Las jornadas de trabajo y el compromiso adquirido por las organizaciones empresariales, nos ayudaron a contactar con empresas representativas de cada sector para la realización de visitas en las que, con la ayuda de un cuestionario, se recopilaron una serie de datos que pudieron ser comprobados in situ por nuestros asesores. La amplitud y relevancia del estudio requirió que la muestra de empresas a visitar pudiera ser extrapolable a la globalidad del sector, por lo que se visitaron las dos instalaciones potencialmente afectadas por el epígrafe 3.4 en España.

Fase IV: Informes Tecnológicos. La información recopilada en las fases anteriores fue analizada y evaluada para la confección del Informe Tecnológico objeto del programa. Para que este documento constituyera una potente herramienta en las negociaciones para la determinación de las MTD's, los informes se diseñaron siguiendo un esquema similar a los documentos de referencia que se elaborarán en el Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS). Estos documentos están a disposición del público en formato CD-Rom.

Fase V: Difusión. Uno de los objetivos que dan sentido a este proyecto es contar con la opinión directa de los industriales, ya que son pocas las veces en que la negociación precede a la norma. Por ello, además de la edición y distribución gratuita tanto de los Informes Preliminares como de los Finales, se ha participado en diferentes foros profesionales para difundir los resultados del estudio.

Fase VI: Guías Tecnológicas. Para que las partes interesadas puedan disponer de una información más manejable y de documentos de discusión para los distintos foros, se han confeccionado las Guías Tecnológicas que resumen los aspectos más significativos del estudio.

1.3 Estructura de la Guía

1. **Introducción.** Presentación, objetivos, metodología, estructura del documento.
2. **La Industria del sector en España.** Visión general del estado de la industria en España, actividades e instalaciones afectadas por la Directiva.
3. **Descripción general del proceso productivo.** Diagrama de flujo y descripción de los problemas medioambientales.
4. **Características especiales del proceso productivo.** Descripción detallada de las etapas críticas desde el punto de vista medioambiental.
5. **Criterios de selección de las MTD's.** Aspectos a tener en cuenta para la selección de las MTD's, tomando como referencia la capacidad productiva marcada y los anexos III y IV de la Directiva.
6. **Técnicas disponibles.** Resumen de las técnicas productivas con relevancia a la hora de definir las MTD's y evaluación general de las mismas.
7. **Técnicas disponibles para el control de emisiones.** Resumen de las técnicas correctivas y evaluación general de las mismas.
8. **Mejores Técnicas Disponibles.** Resumen de la información agrupando las diferentes técnicas estudiadas.
9. **Técnicas emergentes.** Resumen de las técnicas en desarrollo para un nivel de control de la contaminación igual o superior al actualmente en uso.
10. **Conclusiones y recomendaciones.** Consecuencias de la aplicación de las MTD's en cada una de las actividades, valoración económica y recomendaciones para facilitar el cambio tecnológico.

1.4 Entidades participantes

Las entidades que han colaborado en la realización de este estudio han sido la Asociación de Empresas Fabricantes de Lanas Minerales Aislantes (AFELMA) y empresas del sector.



2. LA INDUSTRIA DE LA FABRICACIÓN DE LANAS MINERALES EN ESPAÑA

2.1 Panorama general del sector

El uso de las lanas de vidrio y de roca está orientado a multitud de sectores industriales pero principalmente al de la construcción por sus excelentes propiedades como aislante térmico. Sus campos fundamentales de aplicación son el aislamiento de techos y conducciones de aire acondicionado (en construcción) pero también encuentra amplia aplicación en electrodomésticos, automóviles y otros vehículos, etc.

En España, este sector está liderado por un gran grupo empresarial en sus dos ramas básicas: lanas de vidrio y roca para aislamiento, con una producción anual de 33.000 toneladas de lana de vidrio y 25.000 de lana de roca, constituyendo más del 85% del mercado español.

Existe también otra empresa perteneciente a otro grupo empresarial fabricante de lanas aislantes, aunque en este caso se trata solamente de lanas de vidrio. La producción anual supone unas 22.000 toneladas.

2.2 Actividades e instalaciones afectadas por la Directiva 96/61

Dentro del epígrafe 3.4, sólo se han considerado las industrias fabricantes de lanas minerales. Este subsector se engloba como una actividad más de la industria del vidrio, por lo tanto corresponde a los siguientes códigos CNAE-93:

- 26.14. "Fabricación de fibras de vidrio"
- 26.15. "Fabricación y manipulado de otro vidrio"

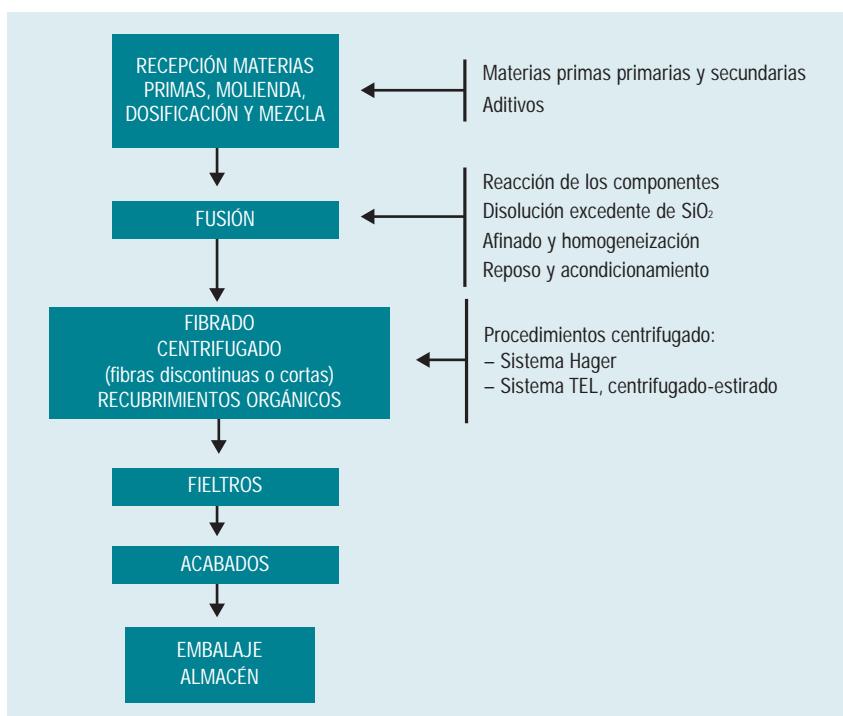
En nuestro país, tan solo existen dos instalaciones dedicadas a la fabricación de lanas, situadas en las Comunidades Autónomas de Cataluña y Castilla-La Mancha.



3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1 Diagrama de proceso

El proceso de fabricación de lanas de vidrio y lanas de roca para aplicaciones de aislamiento, se engloba dentro del grupo de procesos de fabricación de fibra discontinua corta. Los empleados para la fabricación de lanas están basados principalmente en el conformado por centrifugación cuyo proceso tipo se resume en el siguiente diagrama:



3.2 Problemática medioambiental

La fabricación de lanas minerales es una fuente potencial de contaminación del aire por gases de combustión y partículas, y en menor medida, de otros como el agua y el suelo. En este apartado se expone de forma esquemática para cada una de las etapas del proceso, la problemática medioambiental y las correspondientes afecciones, destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTDs.

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	AFECCIÓN
	C. ATMOSFÉRICA	Polvo
RECEPCIÓN, MOLIENDA, DOSIFICACIÓN Y MEZCLA DE MATERIAS PRIMAS	C. RESIDUOS	Restos de embalaje, sacos de materias primas, mezclas rechazadas
	C. HÍDRICA	Aguas residuales de lavado
	C. RUIDO	Molesta
FUSIÓN	C. ATMOSFÉRICA	Partículas, SO _x , CO ₂ , NO _x , HCl, HF y vapor de agua
	C. RESIDUOS	Sulfatos, refractarios y mangas de filtros
	C. HÍDRICA	Agua de refrigeración y fugas
	C. RUIDO	Molesta
FIBRADO, CONFORMADO Y CURADO	C. ATMOSFÉRICA	COV's, aglomerantes y otros
	C. RESIDUOS	Lanas polimerizadas y no polimerizadas, fangos y aceites
	C. RESIDUOS	Aguas de lavado y de tratamientos superficiales
	C. RUIDO	Molesta
EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	C. ATMOSFÉRICA	Polvo
	C. RESIDUOS	Restos del embalaje y chatarra
	C. RUIDO	Equipos de transporte



4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este apartado se recogen las características más relevantes de las etapas de proceso que han sido analizadas en el estudio con especial dedicación, dando su impacto ambiental y para cuya reducción se recomienda la aplicación de una MTD.

Estas tecnologías se recomiendan fundamentalmente para las etapas de fusión y conformado (fibrado y polimerización).

4.1 Etapa: Recepción, molienda, dosificación y mezcla de materias primas

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD		OBSERVACIONES
		Lana de vidrio	Lana de roca	
Materias primas	Arena de cuarzo	45-47%	Bajo	Las lanas de roca suelen tener contenidos superiores en aluminio y óxidos de hierro, sin embargo los compuestos bóricos no son introducidos en su formulación
	Feldespatos	8-9%	-	
	Caliza-dolomía	12-15%	-	
	Basalto	-	34%	
	Óxidos metálicos	Medio		
Materias secundarias	Casco de vidrios, escorias	3-17%	5%	-
Energía	E. Eléctrica	25-30 % del total de proceso		-

EFFECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIÓN
Residuos	Residuos sólidos	Embalajes, sacos, mezclas rechazadas	400 T/año	Recuperación de materia prima	El material recuperado vuelve al ciclo productivo o a los silos de almacenamiento
C. Atmosférica	Polvo	Poco significativas	N.D.	Tolvas y mezcladoras cerradas. Extractores y filtro de mangas	Se genera en las etapas de recepción y mezcla
C. Hídrica	Aguas residuales de lavado	Presencia de metales	Bajo	Depuración	Generada en la etapa de purificación de materias primas
C. Acústica	Maquinaria y equipos	Molesta	Bajo	Aislamiento acústico	Importante en seguridad laboral

4.2 Etapa: Fusión

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Mezcla de materias primas	Dosis de la indicada en la etapa anterior	-
Materias secundarias	Lubricantes	Media	-
	Agua	160-250 m ³ /día (1)	Pérdidas por evaporación y fugas del circuito cerrado de refrigeración
Energía	E. Eléctrica	10%	-
	Gas natural	67%	-
	Coque	12%	Solo para lanas de roca en horno de cubilote

(1) Consumo total fábrica

EFECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD		TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIÓN		
			Lana de vidrio	Lana de roca				
Residuos	Sulfatos	RI	5-20%	20-60%	Reciclado	Polvos de los conductos		
	Refractarios				Control de posible contenido en materiales	-		
	Mangas de filtros				N.D.	Generados en limpieza y mantenimiento de filtros		
C. Atmosférica	Partículas	-	5-50 mg/Nm ³ (1)		Medidas primarias y filtración	Dependen del combustible, materias primas y tipo de horno. Las cantidades se refieren a gases filtrados		
	SO ₂		(2)	(3)				
	NO ₂		500-700 mg/Nm ³					
	CO _x		<200 mg/Nm ³					
	HCl		<30 mg/Nm ³					
	HF		<5 mg/Nm ³					
C. Acústica	Maquinaria	Molesta	Moderado		Aislamiento	-		

(1) Las estipuladas a nivel europeo son inferiores (5-30 mg/Nm³).(2) Depende del combustible utilizado. Para gas natural se estiman en < 50 mg/Nm³ y para fuel-oil en 500-1.000 mg/Nm³.(3) Depende del combustible utilizado. Para coque se estiman en < 1.000 mg/Nm³ y para reciclado de briquetas en <2.000 mg/Nm³.

4.3 Etapa: Fibrado, conformado y curado

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Vidrio fundido	N.D.	-
	Aglomerante	3-14 %	Elevado consumo frente a otros países de UE
Materias secundarias	Revestimientos superficiales	Medio	Oxiasfalto, film plástico y adhesivo orgánico
Energía	Gas natural	100%	Utilizado en estufas de secado

EFECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD		TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIÓN
			Lana de vidrio	Lana de roca		
Residuos	Lana húmeda	Reutilizables	720 T/año	4.200 T/año	Reutilización como materias primas	La producción total de residuos es de 1.200-1.900 T/año en lanas de vidrio y de 16.000-16.300 T/año para lanas de roca
	Lana polimerizada		500 T/año	1.300 T/año		
	Lana no polimerizada		120-125 T/año	<200 T/año		
	Aceites	RP	40 T/año		Gestor autorizado	
	Asfaltos	-	5-6 T/año		N.D.	
C. Atmosférica (1)	Fangos	-	30 T/año	-	N.D.	
	Partículas	-	0,4-0,8 kg/T	0,03-0,36 kg/T	Depuración. Cámaras combinadas scrubber	Resultantes de los tratamientos de recubrimiento orgánico
	Fenol		0,06-1,6 kg/T	0,004-2,76 kg/T		
	Formaldehido		0,08-1,2 kg/T	0,025-0,75 kg/T		
	Amoniaco		0,7-8,8 kg/T	0,92-14,1 kg/T		
	COVs		0,16-5 kg/T	0,05-1,5 kg/T		
C. Hídrica	Aminas		0,03-1,3 kg/T	0,02-0,08 kg/T		
	Aguas de lavado	Con aglomerantes	160-250 m ³ /día (2)		Depuración	Procedentes de tratamientos superficiales orgánicos
C. Acústica	Maquinaria	Molesta	Leve		Aislamiento	-

(1) Hay que tener en cuenta que es característico en España la fabricación de productos de alta densidad y con un porcentaje de aglomerantes cercano al 14%, lo cual repercute directamente en los niveles de emisión.

(2) Consumo total fábrica.



5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MTD'S

El primer criterio ha sido la limitación de la aplicación de la Directiva al sector representado por el epígrafe 3.4 en cuanto al tamaño de las instalaciones afectadas, cuya capacidad de fusión debe ser superior a 20 T/día.

Como segundo criterio, el cual está reflejado en el Anexo III de la Directiva, se ha tenido en cuenta la lista indicativa de las principales sustancias contaminantes en el sector de fabricación de lanas minerales, que se tomarán en cuenta obligatoriamente, y si es pertinente, se fijarán valores límite de emisión en:

- Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre.
- Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno.
- Otros como CO, CO₂, HCl y HF.
- Polvos y partículas.
- Compuestos orgánicos volátiles (COV's), fenoles, formaldehido, etc.
- Metales y sus compuestos.
- Flúor y sus compuestos.
- Materias en suspensión vertidas al agua.
- Metales y sus compuestos vertidos al agua.
- Compuestos orgánicos, fenoles, formaldehido, etc. vertidos al agua.

Asimismo se han considerado algunos criterios recogidos en el Anexo IV de la Directiva, como:

- Uso de técnicas que reduzcan las emisiones atmosféricas en las diferentes etapas del proceso.
- Uso de sustancias menos peligrosas. Posibilidad de sustitución de algunas materias primas por otras menos peligrosas.
- Reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso. Aprovechamiento de los residuos de lanas producidos como materia prima. Mayores porcentajes de casco de vidrio interno y externo. Mayores porcentajes de materias primas secundarias tipo escorias, etc.
- Técnicas que permitan disminuir la generación de residuos sólidos.
- Optimización de los consumos de energía y agua.

Además, se tendrá en cuenta el impacto sobre la economía sectorial y general del ámbito geográfico determinado que suponga la implantación de una MTD y por último, conviene de nuevo insistir en la particularidad del sector español de fabricantes de lanas minerales, el cual como ya se ha indicado, se caracteriza por la producción de materiales para aislamiento de alta densidad. Como consecuencia, los niveles de emisión, sobre todo en las etapas donde se producen los recubrimientos y la polimerización (tratamientos en línea), pueden ser más elevados respecto al resto de los países europeos.



6. TÉCNICAS DISPONIBLES

6.1 Etapa: Recepción, molienda, dosificación y mezcla de materias primas

En este apartado se presentan de forma comparativa (en caso de existir más de una técnica) las diferentes técnicas productivas utilizadas para las etapas relevantes a la hora de definir las MTD's.

Las técnicas utilizadas en estas etapas son estándares y no suponen actualmente mayor problemática medioambiental ni definición específica de MTD's. Estas técnicas son las siguientes:

- Silos estancos. Se consigue una reducción de emisiones de polvo (<10 mg/m³), los costes de instalación y operación son bajos.
- Transporte por cintas o neumático. Consiguen también una reducción de las emisiones de polvo. Normalmente van acompañados de sistemas de aspiración de polvos (filtro de mangas).
- Sistemas de lavado de materias primas. No siempre son necesarios, sólo se aplican para la purificación del casco de vidrio si éste es de origen externo.

6.2 Etapa: Fusión

		TIPO DE HORNO			
ASUNTO A EVALUAR		REGENERATIVO (1)	UNIT MELTER	CUBILOTE (2)	ELÉCTRICO
Consumo de materiales	Agua	Bajo		-	
	Materias primas (3)	70-150 T/ VºFº d		70-80 T/ VºFº d	70-150 T/ VºFº d
	Aire (Oxígeno)	1,5%		-	
Consumo de energía	Gas natural	20-45%		-	
	E. Eléctrica	Bajo	Alto	-	100%
	Fuel-oil y coque	-		30-70%	-
Emisiones	A la atmósfera	NOx elevado	Elevadas	CO elevado	Bajo
	Al agua	Bajo		-	
	Ruido	Leve		-	
Generación de residuos	Sólidos	5-20%		20-60%	-
	Líquidos	Bajo		-	
Influencia en la calidad del producto final	Vidrio fundido	Buena			
Costes	Inversión + operación	Viable	Medio	Alto	(4)
Experiencias anteriores	Años de mercado	>10		<5	
	Nº aplicaciones conocidas	1		-	

(1) Para lana de vidrio

(2) Para lana de roca

(3) En toneladas de vidrio fundido al día

(4) Según el precio de la electricidad.

6.3 Etapa: Fibrado, conformado y curado

		FIBRADO Y CONFORMADO		RECEPCIÓN Y CURADO
ASUNTO A EVALUAR		Sist.Hager	Sist.TEL	Estufas
Consumo de materiales	Aire	-	Medio	-
	E. Eléctrica		Medio	-
Consumo de materiales	Gas natural		-	Medio
	A la atmósfera		-	Altas
Emisiones	Ruido		Moderado	
Generación de residuos	Sólidos	-		Bajo
Influencia en calidad del producto final	Lanas minerales	Fibras discontinuas corta	Fibra discontinua corta superfina	-
Costes	Inversiones		N.D	100 MPts
	De operación			15 MPts
	Total			115 MPts
Experiencias anteriores	Años de mercado	< 10	<5	
	Nº de aplicaciones conocidas en España	2		1



7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES

7.1 Técnicas primarias

En este capítulo se presenta la evaluación técnico-económica de las técnicas disponibles para controlar y minimizar las emisiones a la atmósfera de las empresas del sector de fabricación de lanas minerales.

Las medidas primarias son siempre prioritarias a la hora de intentar minimizar las emisiones en la fuente, aunque con su aplicación, no siempre se alcanzan los valores límites exigidos por la legislación actual.

Modificación de materias primas

Para minimizar el consumo de materias primas (arena de cuarzo, feldespatos, caliza-dolomía, basalto, óxidos metálicos) se hace necesario una optimización general del proceso de fabricación. Esta optimización puede realizarse mediante la sustitución de materias primas por otras cuyos efectos en la atmósfera sean menores que las utilizadas habitualmente.

Reducción de la temperatura en la superficie del fundido

Este es un factor importante ya que cuanto mayor es la temperatura, mayor es la generación de volátiles. La reducción de la temperatura debe realizarse teniendo en cuenta la calidad del producto y la capacidad y productividad del horno. Los principales puntos a considerar son:

- El diseño y geometría del horno, para mejorar las corrientes convectivas y la transferencia de calor. Este tipo de medidas sólo se pueden llevar a cabo en las reconstrucciones de los hornos, por lo tanto su viabilidad está restringida.
- El apoyo eléctrico en la fusión puede ayudar a la reducción de la temperatura y a mejorar la convección. Conlleva un incremento de consumo energético, cuya viabilidad económica va ligada al precio de la energía eléctrica.
- El incremento de casco de vidrio en la composición de la mezcla ayuda a reducir la temperatura y por tanto también el consumo de combustible. También es eficiente para la reducción de algunos compuestos volátiles.

Disposición de los quemadores en los hornos

Estas medidas llevan asociadas la optimización de la velocidad y la dirección del aire de combustión y del combustible, ya que cuanto mayores sean la velocidad y las turbulencias en la superficie del vidrio fundido, se incrementan los procesos de volatilización. El estudio de la mejor disposición de los quemadores siempre va asociado a modificaciones en el diseño de los hornos. Son técnicas viables pero limitadas, como en tantos otros casos, pues deben de implantarse en los períodos de reconstrucción.

Conversiones a gas natural o combustibles bajos en azufre

La conversión necesaria para el cambio de combustibles, normalmente lleva asociada una reducción importante de las emisiones de partículas ya que la combustión es más completa y eficiente. Como en otras técnicas primarias, el uso de este tipo de combustibles presenta también algunos inconvenientes:

- El coste del cambio depende fundamentalmente de la disponibilidad del gas natural o de combustibles bajos en azufre y de los precios frente a otros.
- También es sabido que la transferencia de calor es más pobre que utilizando otros combustibles debido fundamentalmente a la menor luminosidad de la llama.
- Las emisiones de óxidos de nitrógeno aumentan considerablemente con la utilización de gas natural (aumento en un 40% frente al fuel), por lo tanto deben de tomarse medidas adicionales.

7.2 Técnicas secundarias

Tipo de contaminación: Partículas y polvo

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE (1)		OBSERVACIONES
			INV. (MPts)	OPER.(MPts/Tn)	
Filtro de mangas	Recepción, molíenda, dosificación, mezcla y fusión	Rendimiento: 99% Alto consumo energético (2) Límites alcanzables: -Partículas: < 10 mg/m ³	<120	>5	Operaciones en seco. Sustitución periódica de mangas. Requiere sistemas de enfriamiento previo de los gases.
Electrofiltros (3)		Rendimiento: > 99% Alto consumo energético Límites alcanzables: - Partículas: 5-50 mg/m ³	90-150	5-10	Caudal de gases con amplio rango de tamaño de partículas. No se utilizan para la fabricación de lanas de roca.
Ciclones		Rendimiento: 45-90% Consumo E. Eléctrica (4)		Bajo	Uso extendido como tratamiento previo a otras operaciones de depuración más costosas.
Lavadores húmedos		Rendimiento: 99% Alto consumo energético		N.D.	Altas pérdidas de carga. Técnica restringida a producciones pequeñas.
Filtros cerámicos		Rendimiento: 99% Consumo energético: medio		Muy altos	Filtración a alta temperatura. Poca experiencia en el sector. Posibilidad de reutilización tras el lavado de los filtros.
Precalentamiento		Rebaja el consumo de energía	25-30 (5)	N.D.	Viable para composiciones cuyo contenido en casco de vidrio supere el 50%. Necesidad de paletizar las materias primas.
Scrubber + ciclones	Fibrado, conformado y curado	Rendimiento: medio Consumo energético: 25-35% Límites alcanzables: - Partículas: 10-200 mg/Nm ³	Alta	Medio	El mantenimiento supone 8-16 MPts/año y el coste del sistema de limpieza de gases supone el 60% de la inversión.
Filtros (6)		Rendimiento: bueno Consumo energético: 25-30%	50-100	8-16	Amplia experiencia en el sector. Necesita limpieza y reposiciones periódicas. No se generan aguas residuales.

(1) Los costes dependen de los equipos auxiliares necesarios.

(2) Debido a las pérdidas de carga.

(3) Costes referidos a una producción de 50-100 T/día y consideran los sistemas integrados (lavadores). En caso de no ser necesarios, pueden reducirse un 30-40%.

(4) Rendimiento inferior para partículas cuyo diámetro sea inferior a 10 micras.

(5) Inversión para producciones de 70-100 T/día.

(6) Solo para lanas de roca.

Tipo de contaminación: NOx

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERVACIONES
			INV. (MPTs)	OPER.(Pts/Tn)	
SNCR (1)	Fusión	Reducción NOx:60% Límites alcanzables: - NOx:<500 mg/Nm ³	Alto	Medio	Utiliza amoniaco para la reducción del NOx. Riesgo de emisiones de NH ₃ y formación de N ₂ O. Técnica viable en hornos recuperativos.
SCR (2)		Reducción NOx:80%			Utiliza amoniaco para la reducción del NOx. Problemas de obstrucción y envejecimiento del catalizador.
Oxi-combustión		Bajo consumo energético Reducción NOx:70-90%	90-150 (3)	5-10 (3)	Solo pueden considerarse en la reconstrucción de hornos. Las instalaciones de almacenamiento de oxígeno necesitan medidas adicionales de seguridad.
Precalentamiento		Bajo consumo energético	25-30 (4)	N.D.	Se reduce el consumo de combustible y la temperatura del horno.

(1) Reducción selectiva sin catalizador.

(2) Reducción selectiva con catalizador.

(3) Costes relativos a una producción de 50-100 T/día.

(4) Inversión para producciones de 70-100 T/día.

Tipo de contaminación: SOx

Las técnicas para disminuir las emisiones de SOx, pasan por utilizar combustibles de bajo contenido en azufre o cambio a gas natural.

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (1)	COSTE		OBSERVACIONES
			INV. (MPTs)	OPER.(Pts/Tn)	
Precalentamiento	Fusión	Rendimiento:99% Bajo consumo energético	25-30 (1)	N.D.	Reducción de SO ₂ , HF y HCl
Lavadores		Rendimiento:<50% Límites alcanzables: - SOx:< 1.000 mg/Nm ³ - SOx:< 2.000 mg/Nm ³ (2)	30-600 (3)	Alto	Vía seca o vía húmeda. El absorbente más común es el Ca(OH) ₂ . Normalmente asociados a electrofiltros o filtro de mangas.

(1) Inversión para producciones de 70-100 T/día.

(2) Si la composición inicial son productos reciclados en forma de briquetas.

(3) Inversión para instalaciones nuevas. Las ya existentes deberán afrontar un 20% más de gasto.

Tipo de contaminación: COx

Las emisiones de CO y CO₂ proceden básicamente de la combustión incompleta de combustibles fósiles o de otros compuestos orgánicos, y son raros en la industria vidriera a excepción de las instalaciones de fabricación de lanas de roca con horno de cubolite, donde se pueden alcanzar niveles importantes de CO. En estos casos, la mayoría de las plantas disponen de sistemas calentadores (quemadores) que oxidan estas emisiones antes de su emisión.



8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

Es objeto del presente apartado definir para las etapas más relevantes del proceso de fabricación de lanas, las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

TÉCNICA	PROBLEMA M.A	MTD's	REDUCCIÓN	Límites alcanzables (1)	OBSERVACIONES
Fusión	Partículas y polvo	Electrofiltros	95%	5-30 mg/Nm ³ (5-50)	Si se usa gas natural o fusión eléctrica, no es necesario un sistema de lavadores
		Filtros de mangas	>99%		Muy extendida
	NOx (2)	Oxi-combustión	70-90%	500-700 mg/Nm ³ (idem)	Para instalaciones con gas natural o fusión eléctrica
Fibrado y curado	SO ₂ (3)	Lavadores vía seca	50%	<1000 mg/Nm ³ (idem) (4)	Solo si las condiciones locales requieren bajos límites de emisión. Ambas técnicas válidas para todas las emisiones citadas.
	Partículas	Electrofiltros (EPW) PBS (2)	95%	20-50 mg/Nm ³ (<100)	
	Fenol			5-15 mg/Nm ³ (<30)	
	NH ₃			30-65 mg/Nm ³ (<150)	
	Aminas	Filtros (3)	99%	<5 mg/Nm ³ (<15)	
	COV's			10-50 mg/Nm ³ (<30)	
	Formaldehído			5-10 mg/Nm ³ (<25)	
Curado	Partículas	Incineración térmica (3)	N.D.	5-30 mg/Nm ³ (<50)	-
	Fenol			<1-5 mg/Nm ³ (<50)	
	NH ₃			<20-65 mg/Nm ³ (<130)	
	Aminas			1-5 mg/Nm ³ (<5)	
	COV's			5-10 mg/Nm ³ (<20)	
	Formaldehído			1-5 mg/Nm ³ (<20)	

(1) Límites propuestos por el IPTS de Sevilla,mostrando entre paréntesis los propuestos por el sector español (datos a 0°C, 101,3 KPa y corregidos para un 8% de oxígeno).La legislación española actual (RD 833/1975 que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico y modificaciones posteriores) indica los siguiente límites:

- Partículas:150 mg/Nm³
- NOx:<700 mg/Nm³
- SO₂: 1.700 mg/Nm³

(2) Lanas de vidrio.

(3) Lanas de roca.

(4) <2.000 mg/Nm³ si se usan briquetas



9. TÉCNICAS EMERGENTES

9.1 Nuevos sistemas para mejorar las condiciones de fusión

Dentro de estas técnicas, se consideran aquellas que aún están en fase experimental o que suponen cambios radicales en los conceptos actualmente aplicados, como pueden ser los nuevos diseños de hornos basados en conceptos de fusión rápida.

Sistema 3R (Reacción y Reducción en Regeneradores)

El fundamento de esta técnica es la incorporación de combustibles (gas natural o fuel) de forma controlada en la corriente de los gases residuales a la entrada del regenerador. Es de uso exclusivo para hornos regenerativos. Sus ventajas potenciales son:

- Reducciones sustanciales de NOx.
- No son necesarios grandes cambios en el diseño.
- Los costes de inversión pueden considerarse bajos.
- Sería viable tanto para instalaciones existentes como nuevas.
- Supone un incremento en el consumo de combustible (dependiendo de si es gas o fuel), aunque puede compensarse con la utilización del calor residual de los gases.

Por otro lado, puede incrementar las emisiones de CO₂ y causar problemas en el material refractario de las cámaras regenerativas.

Sistema FENIX

Es una técnica basada en la combinación de varias medidas primarias para la optimización de la combustión y la reducción del consumo de energía. El proceso lleva consigo una completa modificación de los sistemas de combustión y en particular, requiere el uso de un nuevo tipo de inyectores. También incluye una revisión completa del sistema de control del horno y la instalación de métodos de monitorización para el control de determinados parámetros. Sus ventajas potenciales son:

- Reducción de las emisiones de NOx en más de un 60%.
- Reducción en un 6% del consumo energético.
- Las inversiones, dependiendo de la planta, pueden superar los 120 MPts, sin embargo el periodo de retorno es relativamente corto.

Sólo ha sido probada en hornos regenerativos con quemadores transversales para vidrio plano.

Sistemas SCONOx y SCOSOx

Es una técnica basada en la oxidación del NOx y SOx de los gases, con utilización de catalizador. Por absorción en la superficie del catalizador, utilizando como absorbente carbonato potásico, el NOx es recogido hasta la saturación. La instalación suele consistir en sistemas modulares para permitir la regeneración de los catalizadores saturados y simultáneamente producir la absorción del NOx y SOx en módulos diferentes.

Sistemas de Filtración a alta temperatura

Están basados en el uso de filtros cerámicos, normalmente tipo candela. Su utilización tiene las siguientes ventajas:

- No es necesaria la instalación de sistemas de enfriamiento previos a la filtración.
- Permite su limpieza y reutilización en los sistemas instalados.

Por otro lado, es una técnica inviable desde el punto de vista económico debido a sus altísimos costes.

9.2. Nuevos diseños en los hornos de fusión

Hornos basados en el concepto de la fusión segmentada (SEG-MELTER)

Es una técnica basada en las diferentes condiciones de fusión de las materias primas (composición y casco de vidrio). Trata de aprovechar este hecho para incrementar el rendimiento energético, incorporando un horno eléctrico para pre-fundir, de tal forma que un 75% del total se convertiría en masa fundida. Después se incorpora el casco de vidrio y pasa a un segundo horno o cámara donde terminaría la fusión conjunta. Las ventajas potenciales de esta técnica son:

- Casi total eliminación de emisiones durante la primera fusión al ser eléctrica.
- Menor consumo de combustible en la segunda fusión debido a la necesidad de temperaturas más bajas.
- El uso de oxi-combustión en la segunda cámara de fusión minimizaría las emisiones de NOx.

Hornos avanzados de fusión rápida (AGM)

Implica la introducción en el horno de una mezcla de composición, combustible y aire a alta velocidad. La principal ventaja es que no se alcanzan tan altas temperaturas, con lo que las emisiones de NOx térmico se reducen drásticamente.

Fusión por plasma

Se trata de una fusión rápida, aprovechando la conductividad eléctrica del vidrio fundido. El diseño del sistema consiste básicamente en la disposición de tres encendedores eléctricos de forma que entre cada uno exista un ángulo de 120°. Para alimentar la llama de los encendedores se utiliza argón ionizado, el cual es forzado a salir por la boquilla de los quemadores en forma de llama de baja energía. Las ventajas de esta técnica totalmente experimental son:

- La fusión de las composiciones se produce en pocos minutos, siendo mínima o nula la producción de contaminantes.
- El horno puede ser apagado o encendido sin que ello suponga un riesgo.



10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Problemática medioambiental y carencias tecnológicas

En este apartado se resumen las principales conclusiones sobre el estudio del sector español de lanas minerales, las mejores técnicas disponibles y sus costes asociados.

En líneas generales, para prevenir y reducir la contaminación, lo que parece aconsejable es impulsar la adopción de medidas primarias, que permitan una mayor optimización del proceso. Sin embargo, hay que considerar que su implantación precisa de unos plazos acordes con el desarrollo de las mismas. Las principales medidas a tener en cuenta para una mayor protección del medio ambiente van encaminadas a minimizar las emisiones mediante mejoras en el control del proceso de combustión, y racionalización y sustitución de las materias primas.

Las medidas secundarias conllevan una transferencia del problema, debiendo quedar restringido su empleo a aquellos casos en que haya quedado demostrado su ventaja medioambiental en el balance global (integración de los efectos imputables tanto a la medida en sí misma como a su utilización).

La industria de lanas minerales en España puede considerarse al mismo nivel tecnológico que el resto de Europa. El problema se plantea no sólo en la implantación de las Mejores Técnicas Disponibles, las cuales cuando sea posible se incorporarán en las instalaciones, sino si dichas técnicas son eficientes para alcanzar los límites de emisión teóricos teniendo en cuenta la particularidad del sector español.

Como ya se ha dicho a lo largo de este informe, la industria española de fabricantes de lanas se caracteriza por producir productos para aislamiento de alta densidad y con alto contenido en aglomerante. Esta particularidad hace que en las etapas posteriores a la fusión, es decir, en el fibrado, polimerización y tratamientos posteriores, las emisiones de determinados compuestos sean mayores que en otras industrias que usan las mismas tecnologías. De esta forma, cualquier consideración o recomendación sobre las MTD's del sector, debe de tener en cuenta los límites de emisión que son alcanzables en las etapas posteriores a la fusión por las plantas fabricantes de lanas minerales en nuestro país, además, claro está, de los costes económicos y su viabilidad técnica.

En este sentido, los valores de emisión (Kg/T) propuestos por el sector español en los tratamientos de línea son los siguientes:

Componente	Tratamientos de línea (1)	Fibrado + conformado	Incorporación de aglomerante (curado)	Enframamiento	Producto final
Partículas	0,4-8,0	0,4-8,0	0,03-0,36	0,04-0,3	0,005-0,4
Fenol	0,06-1,7	0,06-1,6	0,004-2,76	0,004-0,06	-
Formaldehído	0,08-1,4	0,08-1,2	0,025-0,75	0,004-0,06	-
Amoniaco	0,8-10	0,7-8,8	0,92-14,1	0,004-0,3	-
NO _x	-	-	0,1-0,6	-	-
COV's	0,25-5,4	0,16-5	0,05-1,5	0,004-0,2	-
CO ₂	40-230	-	40-230	-	-
Aminas	0,03-1,4	0,03-1,3	0,02-0,08	0,004-0,03	-

(1) Se consideran todas las etapas después de la fusión incluyendo el fibrado.

NOTA: Los datos reflejados en esta tabla se han incluido como propuesta española del sector en los BREF's del IPTS y en el cual se quiere reflejar las particularidades del sector en España, Noviembre 1998. Fuente AFELMA, 1998

10.2. Inversiones necesarias

Hay que tener en cuenta que muchas de las técnicas comentadas en este estudio, suponen modificaciones importantes en las instalaciones, lo que implicaría en la mayoría de los casos la paralización de los procesos. Por eso, la viabilidad técnica y económica deberían de considerarse en los periodos estimados para la reconstrucción total o parcial de las instalaciones.

Las inversiones estimadas para la adopción de medidas o técnicas en las etapas más críticas del proceso de fabricación de lanas minerales, y considerando todas las fases donde se producen emisiones, pueden evaluarse superiores a 500-600 MPts. de forma global y sin tener en cuenta las especificaciones que cada una de las plantas pueda presentar. Esta estimación está basada en los costes unitarios de las técnicas y no en las necesidades de cada una de las instalaciones. Además hay que considerar también que la fabricación de lanas de vidrio o de lanas de roca presentan especiales características tanto por el propio proceso como por las técnicas que le son aplicables.

Considerando sólo la fase de fusión, es decir, el horno y los contaminantes asociados a la combustión, las instalaciones afectadas por la Directiva disponen de sistemas de depuración vía seca de los humos originados. En el caso de la fabricación de lanas de vidrio, el sistema más utilizado son los filtros de mangas, existiendo también una instalación que cuenta con un electrofiltro.

Los costes de inversión asociados para su implantación generalizada podrían oscilar entre los intervalos dados a continuación:

ETAPA	Probleática medioambiental	MTD's	Coste unitario		Nº de empresas susceptibles al tratamiento	INVERSIÓN (MPts)
			Inversión (MPts)	Operación (MPts)		
FUSIÓN	Emisiones a la atmósfera	Electrofiltros (1)	50-100	8-16	2	50-100
		Filtro de mangas	50-80	10-16	2	50-80
					Total	100-180

(1) Se considera sólo los sistemas de depuración. Hay que tener en cuenta también que este tipo de técnicas no se pueden instalar modificando las instalaciones existentes, ya que necesitan diseños especiales desde el principio. Es decir, si se decide su instalación debe de hacerse coincidir con los períodos en los que se vaya a realizar reconstrucciones totales o parciales de los hornos.

Para el caso de la fabricación de lanas de roca, los sistemas comúnmente utilizados son los filtros de mangas, tanto para el horno como para las etapas posteriores. Es posible adoptar medidas y técnicas diferentes o combinación de varias de ellas, pero la práctica, y el caso español no es una excepción, demuestra que la utilización de estas medidas son las más eficaces. No obstante puede ser recomendable la sustitución de estos filtros de mangas por filtros específicos para lanas de roca, los cuales tienen ventajas importantes en cuanto a la eficiencia en la eliminación de partículas hasta niveles por debajo de 20 mg/m³. Permite también el reciclado de estos materiales como materia prima y no supone importantes inversiones ni costes de operación.

10.3 Actuaciones previstas

Una demanda común de todo el sector vidriero y entre ellos los fabricantes de lanas minerales, es la necesidad de exigir a la administración ambiental la adecuación de la legislación y sobre todo la actualización de la misma.

Al mismo tiempo que se produce dicha adecuación y actualización, es necesario que la legislación esté especificada para cada sector industrial y concretamente en la industria del vidrio, se hace imprescindible para tener criterios objetivos en los que ampararse y cubrir la posible indefensión jurídica que éstos puedan llegar a producir.

Por otro lado, es necesario que la administración ambiental adopte las medidas necesarias para establecer criterios válidos en todo el territorio nacional en cuanto a la recogida de datos y métodos analíticos, de tal forma que con unos criterios mínimos y de aplicación general, puedan establecerse comparaciones y actuar sobre aquellos elementos contaminantes del sector realmente perjudiciales para el medio ambiente, así como tomar las medidas necesarias en cuanto a políticas industriales y de modernización del sector.

Si no se toman estas medidas se considera que de poco valdrán los nuevos requerimientos de la implantación de la Directiva IPPC, con cuyos postulados en principio se está de acuerdo y sobre los que el sector vidriero en general y el subsector de fabricantes de lanas en particular llevan trabajando desde hace mucho tiempo. En concreto, los trabajos para la determinación de las MTD's a nivel europeo comenzaron en 1998, perteneciendo al Grupo de Trabajo Técnico número 11.



Colaboran:



Ejecución Técnica:

