

II

(Actos no legislativos)

DECISIONES

DECISIÓN DE EJECUCIÓN DE LA COMISIÓN

de 28 de febrero de 2012

por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores tecnologías disponibles (MTD) en la fabricación de vidrio conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales

[notificada con el número C(2012) 865]

(Texto pertinente a efectos del EEE)

(2012/134/UE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Vista la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) ⁽¹⁾, y, en particular, su artículo 13, apartado 5,

Considerando lo siguiente:

(1) En el artículo 13, apartado 1, de la Directiva 2010/75/UE se exige a la Comisión que organice un intercambio de información sobre las emisiones industriales entre ella y los Estados miembros, las industrias afectadas y las organizaciones no gubernamentales promotoras de la protección del medio ambiente, a fin de facilitar la elaboración de los documentos de referencia sobre las mejores técnicas disponibles (MTD), que se definen en el artículo 3, punto 11, de dicha Directiva.

(2) De conformidad con el artículo 13, apartado 2, de la Directiva 2010/75/UE, el intercambio de información debe versar sobre el funcionamiento de las instalaciones y técnicas en lo que se refiere a emisiones expresadas como medias a corto y largo plazo, según proceda, y las condiciones de referencia asociadas, consumo y tipo de materias primas, consumo de agua, uso de energía y generación de residuos, así como a las técnicas usadas, controles asociados, efectos entre distintos medios, viabilidad técnica y económica y evolución registrada, junto con las mejores técnicas disponibles y técnicas emergentes definidas tras considerar los temas mencionados en las letras a) y b) del artículo 13, apartado 2, de dicha Directiva.

(3) Las «conclusiones sobre las MTD» definidas en el artículo 3, punto 12, de la Directiva 2010/75/UE constituyen el elemento principal de los documentos de referencia MTD y establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles, su descripción, la información para evaluar su aplicabilidad, los niveles de emisión correspondientes a las mejores técnicas disponibles, las monitorizaciones asociadas, los niveles de consumo asociados y, si procede, las medidas de rehabilitación del emplazamiento de que se trate.

(4) De acuerdo con el artículo 14, apartado 3, de la Directiva 2010/75/UE, las conclusiones sobre las MTD deben constituir la referencia para el establecimiento de las condiciones del permiso en relación con las instalaciones incluidas en el ámbito del capítulo II.

(5) En el artículo 15, apartado 3, de la Directiva 2010/75/UE se establece que la autoridad competente ha de fijar valores límite de emisión que garanticen que, en condiciones de funcionamiento normal, las emisiones no superan los niveles de emisión asociados a las mejores técnicas disponibles que se establecen en las decisiones relativas a las conclusiones sobre las MTD, contempladas en el artículo 13, apartado 5, de dicha Directiva.

(6) En el artículo 15, apartado 4, de la Directiva 2010/75/UE se contempla la posibilidad de permitir excepciones a lo dispuesto en el artículo 15, apartado 3, solamente si los costes derivados de la consecución de los niveles de emisión son desproporcionadamente elevados en comparación con el beneficio ambiental, debido a la ubicación geográfica, la situación del entorno local o las características técnicas de la instalación de que se trate.

(7) En virtud del artículo 16, apartado 1, de la Directiva 2010/75/UE, los requisitos de control incluidos en el permiso como se indica en la letra c) del artículo 14, apartado 1, se deben basar en las conclusiones sobre la monitorización recogidas en las conclusiones sobre las MTD.

⁽¹⁾ DO L 334 de 17.12.2010, p. 17.

- (8) De acuerdo con el artículo 21, apartado 3, de la Directiva 2010/75/UE, en un plazo de cuatro años a partir de la publicación de decisiones relativas a las conclusiones sobre las MTD, la autoridad competente debe revisar y, si fuera necesario, actualizar todas las condiciones del permiso y garantizar que la instalación cumpla dichas condiciones.
- (9) Mediante la Decisión de la Comisión, de 16 de mayo de 2011, por la que se crea un Foro para el intercambio de información en virtud del artículo 13 de la Directiva 2010/75/UE, sobre las emisiones industriales ⁽¹⁾, se creaba un Foro compuesto por representantes de los Estados miembros, las industrias interesadas y las organizaciones no gubernamentales promotoras de la protección del medio ambiente.
- (10) De acuerdo con el artículo 13, apartado 4, de la Directiva 2010/75/UE, la Comisión recibió el 13 de septiembre de 2011 el dictamen ⁽²⁾ de dicho Foro sobre el contenido propuesto del documento de referencia MTD relativo a la fabricación de vidrio, y lo hizo público.
- (11) Las medidas previstas en la presente Decisión se ajustan al dictamen del Comité creado en virtud del artículo 75, apartado 1, de la Directiva 2010/75/UE.

HA ADOPTADO LA PRESENTE DECISIÓN:

Artículo 1

Las conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio se detallan en el anexo de la presente Decisión.

Artículo 2

Los destinatarios de la presente Decisión serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 28 de febrero de 2012.

Por la Comisión

Janez POTOČNIK

Miembro de la Comisión

⁽¹⁾ DO C 146 de 17.5.2011, p. 3.

⁽²⁾ http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=ied_art_13_forum/opinions_article.

ANEXO

CONCLUSIONES SOBRE LAS MTD EN LA FABRICACIÓN DE VIDRIO

ÁMBITO DE APLICACIÓN	6
DEFINICIONES	6
GENERALIDADES	6
Períodos de promedio y condiciones de referencia para las emisiones atmosféricas	6
Conversión a la concentración de oxígeno de referencia	7
Conversión de las concentraciones a emisiones de masa específica	8
Definiciones para determinados contaminantes atmosféricos	9
Períodos promedios para los vertidos de aguas residuales	9
1.1. Conclusiones generales sobre las MTD en el sector de fabricación de vidrio	9
1.1.1. Sistemas de gestión medioambiental	9
1.1.2. Eficiencia energética	10
1.1.3. Manipulación y almacenamiento de materiales	11
1.1.4. Técnicas primarias generales	12
1.1.5. Emisiones al agua de los procesos de fabricación de vidrio	14
1.1.6. Residuos de los procesos de fabricación de vidrio	16
1.1.7. Ruido de los procesos de fabricación de vidrio	17
1.2. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio para envases	17
1.2.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión	17
1.2.2. Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	17
1.2.3. Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	20
1.2.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	20
1.2.5. Metales de los hornos de fusión	21
1.2.6. Emisiones de procesos de acabado	21
1.3. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio plano	23
1.3.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión	23
1.3.2. Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	23
1.3.3. Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	25
1.3.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	26
1.3.5. Metales de los hornos de fusión	26
1.3.6. Emisiones de procesos de acabado	27

1.4.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de fibra de vidrio de filamento continuo	28
1.4.1.	Emisiones de partículas de los hornos de fusión	28
1.4.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	29
1.4.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	29
1.4.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	30
1.4.5.	Metales de los hornos de fusión	31
1.4.6.	Emisiones de procesos de acabado	31
1.5.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio de uso doméstico	32
1.5.1.	Emisiones de partículas de los hornos de fusión	32
1.5.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	33
1.5.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	35
1.5.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	35
1.5.5.	Metales de los hornos de fusión	36
1.5.6.	Emisiones de procesos de acabado	38
1.6.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrios especiales	39
1.6.1.	Emisiones de partículas de los hornos de fusión	39
1.6.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	39
1.6.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	42
1.6.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	42
1.6.5.	Metales de los hornos de fusión	43
1.6.6.	Emisiones de procesos de acabado	43
1.7.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de lana mineral	44
1.7.1.	Emisiones de partículas de los hornos de fusión	44
1.7.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	45
1.7.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	46
1.7.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	47
1.7.5.	Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) de los hornos de fusión de lana de roca	48
1.7.6.	Metales de los hornos de fusión	48
1.7.7.	Emisiones de procesos de acabado	49
1.8.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de lanas de aislamiento de alta temperatura (HTIW)	50
1.8.1.	Emisiones de partículas de la fusión y de los procesos posteriores	50
1.8.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión y de los procesos de acabado	51

1.8.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión y de los procesos de acabado	52
1.8.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	52
1.8.5.	Metales de los hornos de fusión y de los procesos de acabado	53
1.8.6.	Compuestos orgánicos volátiles de los procesos de acabado	53
1.9.	Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de fritas	54
1.9.1.	Emisiones de partículas de los hornos de fusión	54
1.9.2.	Óxidos de nitrógeno (NO _x) de los hornos de fusión	54
1.9.3.	Óxidos de azufre (SO _x) de los hornos de fusión	55
1.9.4.	Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión	56
1.9.5.	Metales de los hornos de fusión	56
1.9.6.	Emisiones de procesos posteriores	57
	Glosario	58
1.10.	Descripción de las técnicas	58
1.10.1.	Emisiones de partículas	58
1.10.2.	Emisiones de NO _x	58
1.10.3.	Emisiones de SO _x	60
1.10.4.	Emisiones de HCl, HF	60
1.10.5.	Emisiones de metales	60
1.10.6.	Emisiones gaseosas combinadas (por ejemplo, SO _x , HCl, HF, compuestos de boro)	61
1.10.7.	Emisiones combinadas (sólidas + gaseosas)	61
1.10.8.	Emisiones de las operaciones de corte, triturado y pulido	61
1.10.9.	Emisiones de H ₂ S, COV	62

ÁMBITO DE APLICACIÓN

En este documento se presentan conclusiones sobre las MTD en las siguientes actividades industriales especificadas en el anexo I de la Directiva 2010/75/UE:

- 3.3. Fabricación de vidrio incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día;
- 3.4. Fundición de materiales minerales, incluida la fabricación de fibras minerales con una capacidad de fundición superior a 20 toneladas por día.

Estas conclusiones no se refieren a las siguientes actividades:

- Producción de vidrio soluble, que se trata en el documento de referencia «Química inorgánica de gran volumen de producción: sólidos y otros productos» (LVIC-S)
- Producción de lanas policristalinas
- Producción de espejos, que se trata en el documento de referencia «Tratamiento de superficies con disolventes orgánicos» (STS).

Otros documentos de referencia que son importantes para las actividades de que tratan las presentes conclusiones son los siguientes:

Documentos de referencia	Actividad
Emissiones generadas por el almacenamiento (EFS)	Almacenamiento y manipulación de materias primas
Eficiencia energética (ENE)	Eficiencia energética en general
Economía y efectos interambientales (ECM)	Economía y efectos interambientales de las técnicas
Principios generales de vigilancia (MON)	Vigilancia de emisiones y consumo

Las técnicas relacionadas y descritas en estas conclusiones no son prescriptivas ni exhaustivas.

DEFINICIONES

Para los fines de las presentes conclusiones sobre las MTD son aplicables las definiciones siguientes:

Término utilizado	Definición
Planta nueva	Una planta que inicie su operación en los terrenos de la instalación tras la publicación de las presentes conclusiones sobre MTD o una planta existente que se sustituye completamente sobre los cimientos de la instalación tras la publicación de las presentes conclusiones
Planta existente	Una planta que no es nueva
Horno nuevo	Un horno emplazado en los terrenos de la instalación tras la publicación de las presentes conclusiones o una reconstrucción total de un horno tras la publicación de las presentes conclusiones
Reconstrucción normal del horno	Una reconstrucción realizada entre campañas que no entrañe ninguna modificación significativa de la tecnología o los requisitos del horno, que no ajuste considerablemente el armazón del horno y que apenas modifique las dimensiones del mismo. El refractario del horno y, cuando proceda, los regeneradores se reparan mediante la sustitución total o parcial del material.
Reconstrucción completa del horno	Una reconstrucción que suponga una modificación considerable de la tecnología o requisitos del horno y un ajuste importante o sustitución del horno y del equipo relacionado.

GENERALIDADES

Períodos de promedio y condiciones de referencia para las emisiones atmosféricas

Salvo que se indique expresamente lo contrario, los niveles de emisiones asociados a las mejores técnicas disponibles (NEA-MTD, también conocidos por sus siglas inglesas, BAT-AELs) para las emisiones atmosféricas recogidas en las presentes conclusiones se aplican en las condiciones de referencia recogidas en la tabla 1. Todos los valores relativos a las concentraciones en los gases residuales se refieren a las condiciones normales: gas seco, temperatura 273,15 K, presión 101,3 kPa.

Para mediciones discontinuas	Los NEA-MTD se refieren al valor medio de tres muestras puntuales, de un mínimo de 30 minutos cada una; para los hornos regenerativos, el período de medición deberá abarcar como mínimo dos inversiones de ignición de las cámaras regeneradoras.
Para mediciones continuas	Los NEA-MTD se refieren a los valores medios diarios.

Tabla 1

Condiciones de referencia para los NEA-MTD concernientes a las emisiones atmosféricas

Actividades	Unidad	Condiciones de referencia
Actividades de fusión	Horno de fusión convencional en fundiciones continuas	mg/Nm ³ 8 % de oxígeno en volumen
	Horno de fusión convencional en fundiciones discontinuas	mg/Nm ³ 13 % de oxígeno en volumen
	Hornos de oxidación	kg/tonelada de vidrio fundido La expresión de los niveles de emisión medidos como mg/Nm ³ a una concentración de oxígeno de referencia no resulta aplicable.
	Hornos eléctricos	mg/Nm ³ o kg/tonelada de vidrio fundido La expresión de los niveles de emisión medidos como mg/Nm ³ a una concentración de oxígeno de referencia no resulta aplicable.
	Hornos de fusión de fritada	mg/Nm ³ o kg/tonelada de fritada fundida Las concentraciones se refieren a un 15 % de oxígeno en volumen. Cuando se utilice la combustión de la mezcla aire-gas, se aplicarán los NEA-MTD expresados como la concentración de las emisiones (mg/Nm ³). Cuando se utilice únicamente la oxidación, se aplicarán los NEA-MTD expresados como emisiones de masa específicas (kg/tonelada de fritada fundida). Cuando se utilice la combustión por mezcla de aire-combustible enriquecida con oxígeno se aplicarán los NEA-MTD expresados como la concentración de las emisiones (mg/Nm ³), o bien como las emisiones de masa específica (kg/tonelada de fritada fundida).
	Todos los tipos de hornos	kg/tonelada de vidrio fundido Las emisiones de masa específica se aplican a una tonelada de vidrio fundido.
Actividades distintas a la fusión, incluidos los procesos de acabado	Todos los procesos	mg/Nm ³ Sin corrección para el oxígeno
	Todos los procesos	kg/tonelada de vidrio Las emisiones de masa específica se aplican a una tonelada de vidrio producido.

Conversión a la concentración de oxígeno de referencia

La fórmula para calcular la concentración de emisiones a un nivel de oxígeno de referencia (véase la tabla 1) es la siguiente:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

donde:

E_R (mg/Nm³): concentración de emisiones corregida para el nivel de oxígeno de referencia O_R

O_R (% vol.): nivel de oxígeno de referencia

E_M (mg/Nm³): concentración de emisiones para el nivel de oxígeno medido O_M

O_M (% vol.): nivel de oxígeno medido.

Conversión de las concentraciones a emisiones de masa específica

Los NEA-MTD indicados en los apartados 1.2 a 1.9 como emisiones de masa específica (kg/tonelada de vidrio fundido) se basan en el cálculo indicado más abajo excepto para los hornos de oxcombustión y, en un número limitado de casos, para la fusión eléctrica, donde los NEA-MTD expresados en kg/tonelada de vidrio fundido se obtuvieron a partir de datos específicos notificados.

El procedimiento de cálculo utilizado para la conversión de las concentraciones a emisiones de masa específica es el siguiente:

$$\text{Emisión de masa específica (kg/tonelada de vidrio fundido)} = \text{factor de conversión} \times \text{concentración de emisiones (mg/Nm}^3\text{)}$$

donde: factor de conversión = $(Q/P) \times 10^{-6}$

con Q = volumen de gas residual en Nm³/h

P = producción en toneladas de vidrio fundido por hora.

El volumen de gas residual (Q) se determina a partir del consumo energético específico, el tipo de combustible y el oxidante (aire, aire enriquecido con oxígeno y oxígeno con una pureza determinada en función del proceso de producción). El consumo energético es una función compleja que depende (principalmente) del tipo de horno, el tipo de vidrio y el porcentaje de casco de vidrio.

No obstante, existen diversos factores que pueden influir en la relación entre la concentración y el flujo de masa específico, entre ellos los siguientes:

- el tipo de horno (temperatura de precalentamiento del aire, técnica de fusión);
- el tipo de vidrio producido (requisito energético para la fusión);
- la mezcla energética (combustible fósil/refuerzo eléctrico);
- el tipo de combustible fósil (fuelóleo, gas);
- el tipo de oxidante (oxígeno, aire, aire enriquecido con oxígeno);
- el porcentaje de casco de vidrio;
- la composición de la mezcla;
- la antigüedad del horno;
- el tamaño del horno.

Para la conversión de los NEA-MTD de concentraciones a emisiones de masa específica se han utilizado los factores de conversión indicados en la tabla 2.

Los factores de conversión se han fijado para hornos eficientes energéticamente y únicamente se aplican a hornos completamente alimentados por mezcla de aire y combustible.

Tabla 2

Factores indicativos utilizados para la conversión de mg/Nm³ a kg/tonelada de vidrio fundido para hornos de combustible-aire eficientes energéticamente

Sector		Factores para convertir mg/Nm ³ a kg/tonelada de vidrio fundido
Vidrio plano		$2,5 \times 10^{-3}$
Vidrio para envases	Caso general	$1,5 \times 10^{-3}$
	Casos específicos (1)	Estudio caso por caso (a menudo $3,0 \times 10^{-3}$)
Fibra de vidrio de filamento continuo		$4,5 \times 10^{-3}$

Sectores		Factores para convertir mg/Nm ³ a kg/tonelada de vidrio fundido
Vidrio para uso doméstico	Vidrio sódico-cálcico	$2,5 \times 10^{-3}$
	Casos específicos ⁽²⁾	Estudio caso por caso (entre $2,5$ y $> 10 \times 10^{-3}$; a menudo $3,0 \times 10^{-3}$)
Lana mineral	Lana de vidrio	2×10^{-3}
	Hornos de cubilote para la producción de lana de roca	$2,5 \times 10^{-3}$
Vidrio especial	Vidrio para televisores (paneles)	3×10^{-3}
	Vidrio para televisores (embudo)	$2,5 \times 10^{-3}$
	Borosilicato (tubo)	4×10^{-3}
	Vitrocerámicas	$6,5 \times 10^{-3}$
	Vidrio para iluminación (sódico-cálcico)	$2,5 \times 10^{-3}$
Fritas		Estudio caso por caso (entre $5-7,5 \times 10^{-3}$)

(1) Los casos específicos se corresponden con los casos menos favorables (es decir, hornos especiales pequeños con una producción normalmente inferior a 100 toneladas por día y un porcentaje de casco de vidrio inferior al 30 %). Esta categoría únicamente representa el 1 o 2 % de la producción de vidrio para envases.

(2) Casos específicos correspondientes a los casos menos favorables o al vidrio distinto al sódico-cálcico: borosilicatos, vitrocerámicas, cristal y, aunque con menos frecuencia, vidrio al plomo.

DEFINICIONES PARA DETERMINADOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Para los fines de las presentes conclusiones sobre las MTD y de los NEA-MTD indicados en los apartados 1.2 a 1.9, son aplicables las definiciones siguientes:

NO _x expresado como NO ₂	La suma de óxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) expresada como NO ₂
SO _x expresado como SO ₂	La suma de dióxido de azufre (SO ₂) y trióxido de azufre (SO ₃) expresada como SO ₂
Cloruro de hidrógeno expresado como HCl	Todos los cloruros gaseosos expresados como HCl
Fluoruro de hidrógeno expresado como HF	Todos los fluoruros gaseosos expresados como HF

PERÍODOS PROMEDIOS PARA LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES

Salvo que se indique expresamente lo contrario, los niveles de emisiones asociados a las mejores técnicas disponibles (NEA-MTD) para los vertidos de aguas residuales recogidos en las presentes conclusiones se refieren al valor medio de una muestra compuesta obtenida durante un período de dos horas o 24 horas.

1.1. Conclusiones generales sobre las MTD en el sector de fabricación de vidrio

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado son de aplicación general.

Las MTD relativas a cada proceso que se indican en los apartados 1.2-1.9 son de aplicación adicional a las MTD generales que se indican en el presente apartado.

1.1.1. Sistemas de gestión medioambiental

1. La MTD consiste en implantar y cumplir un sistema de gestión medioambiental (SGM) que incorpore todos los elementos siguientes:

- i. compromiso de los órganos de dirección, incluida la dirección ejecutiva;
- ii. definición de una política ambiental que promueva la mejora continua de las instalaciones por parte de los órganos de dirección;

- iii. planificación y establecimiento de los procedimientos y objetivos necesarios, junto con la planificación financiera y la inversión;
- iv. aplicación de los procedimientos con especial atención a:
 - a) la estructura y la responsabilidad
 - b) la formación, la concienciación y la competencia
 - c) la comunicación
 - d) la participación de los empleados
 - e) la documentación
 - f) el control eficaz de los procesos
 - g) los programas de mantenimiento
 - h) la preparación para emergencias y la capacidad de reacción
 - i) la garantía del cumplimiento de la legislación ambiental.
- v. comprobación del comportamiento y adopción de medidas correctoras, haciendo especial hincapié en lo siguiente:
 - a) el seguimiento y la medición (véase también el documento de referencia sobre los principios generales de vigilancia)
 - b) las medidas correctivas y preventivas
 - c) el mantenimiento de registros
 - d) la auditoría interna independiente (si es posible) para determinar si el SGA se ajusta o no a las disposiciones previstas, y se ha aplicado y mantenido correctamente;
- vi. revisión del SGA y su conveniencia, adecuación y eficacia continuas por los órganos de dirección ejecutiva;
- vii. seguimiento del desarrollo de tecnologías más limpias;
- viii. análisis de las repercusiones ambientales que pueden producirse cuando llegue el momento de clausurar la instalación, tanto en la fase de diseño de una planta nueva como durante toda su vida útil;
- ix. realización periódica de evaluaciones comparativas sectoriales.

Aplicabilidad

El alcance (por ejemplo, el grado de detalle) y la naturaleza del SGA (por ejemplo, normalizado o no) estarán, por lo general, relacionados con la naturaleza, escala y complejidad de la instalación y la variedad de posibles repercusiones ambientales.

1.1.2. Eficiencia energética

2. La MTD consiste en reducir el consumo específico de energía aplicando una de las técnicas siguientes o una combinación de las mismas:

Técnica	Aplicabilidad
i. Proceso de optimización mediante el control de los parámetros operativos	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Mantenimiento periódico del horno de fusión	
iii. Optimización del diseño del horno y selección de la técnica de fusión	Aplicable en plantas nuevas. En el caso de las plantas existentes, la aplicación exige la reconstrucción completa del horno.
iv. Aplicación de técnicas de control de la combustión	Aplicable a hornos de combustión de combustible-aire y oxicomustión.

Técnica	Aplicabilidad
v. Utilización de niveles crecientes de casco de vidrio, cuando proceda y sea tanto técnica como económicamente viable	No es aplicable a los sectores de fibra de vidrio de filamento continuo, lana de aislamiento de alta temperatura y fritas.
vi. Utilización de una caldera de calor residual para la recuperación de energía, cuando sea técnica y económicamente viable	Aplicable a hornos de combustión de combustible-aire y oxicomustión. La aplicabilidad y la viabilidad económica de la técnica dependerán de la eficiencia global que pueda obtenerse, incluyendo la utilización eficaz del vapor generado.
vii. Precalentamiento de la mezcla y del casco de vidrio, cuando sea técnica y económicamente viable	Aplicable a hornos de combustión de combustible-aire y oxicomustión. La aplicabilidad suele limitarse a unas composiciones de la mezcla que contengan más del 50 % de casco de vidrio.

1.1.3. Manipulación y almacenamiento de materiales

3. La MTD consiste en prevenir o, cuando no sea viable, reducir las emisiones difusas de partículas del almacenamiento y la manipulación de materiales sólidos aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

I. Almacenamiento de materias primas

- i. Almacenamiento de materiales pulverulentos a granel en silos cerrados dotados de un sistema de reducción de partículas (por ejemplo, un filtro de mangas)
- ii. Almacenamiento de materiales finos en contenedores cerrados o sacos sellados
- iii. Almacenamiento cubierto de los montones de materiales pulverulentos gruesos
- iv. Utilización de vehículos de limpieza de los caminos y técnicas de riego

II. Manipulación de materias primas

Técnica	Aplicabilidad
i. En el caso de materiales transportados a nivel del suelo, deben utilizarse transportadores cubiertos para evitar pérdidas de material.	Las técnicas son de aplicación general:
ii. Cuando se utilice el transporte neumático, deberá aplicarse un sistema sellado dotado de un filtro para limpiar el aire del sistema de transporte antes de su emisión	
iii. Humidificación de la mezcla	La utilización de esta técnica es reducida debido a sus consecuencias negativas para la eficiencia energética del horno. Pueden aplicarse restricciones a determinadas formulaciones de mezclas, en particular para la producción de vidrio de borosilicato.
iv. Aplicación de una presión ligeramente negativa dentro del horno	Únicamente es aplicable como un aspecto inherente de la operación (es decir, en hornos de fusión para la producción de fritas) debido al impacto perjudicial sobre la eficiencia energética del horno.
v. Utilización de materias primas que no provoquen fenómenos de decrepitación (principalmente dolomita y rocas calizas). Estos fenómenos se deben a minerales que «crepitan» cuando se exponen al calor, con el consiguiente incremento potencial de las emisiones de partículas.	Aplicable dentro de los límites asociados a la disponibilidad de materias primas
vi. Utilización de un sistema de extracción que descargue en un sistema de filtrado en los procesos donde existen posibilidades de que se generen partículas (por ejemplo, apertura de sacos, realización de las mezclas de fritas, eliminación de las partículas de los filtros de tela, fundidores de bóveda fría)	Las técnicas son de aplicación general.
vii. Utilización de dosificadores de hélice cerrados	
viii. Cerramiento de los depósitos de alimentación	De aplicación general. Puede requerirse refrigeración para evitar que se produzcan daños en el equipo.

4. La MTD consiste en prevenir o, cuando no sea viable, reducir las emisiones gaseosas difusas del almacenamiento y manipulación de materias primas volátiles aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

- i. Utilización de pintura con baja absorbancia solar para los depósitos de almacenamiento a granel que estén sujetos a cambios de temperatura a causa de la radiación solar.
- ii. Control de la temperatura en el almacenamiento de materias primas volátiles.
- iii. Aislamiento de depósitos para almacenamiento de materias primas volátiles.
- iv. Gestión de inventarios.
- v. Utilización de depósitos de techo flotante para el almacenamiento de grandes cantidades de productos petrolíferos volátiles.
- vi. Utilización de sistemas de transferencia de retorno del vapor en la transferencia de líquidos volátiles (por ejemplo, desde los camiones cisterna al depósito de almacenamiento).
- vii. Utilización de depósitos con techo flexible para el almacenamiento de materias primas líquidas.
- viii. Utilización de válvulas de presión/vacío en depósitos diseñados para soportar variaciones de presión.
- ix. Aplicación de un tratamiento de liberación (por ejemplo, adsorción, absorción, condensación) para el almacenamiento de materiales peligrosos.
- x. Aplicación de relleno subsuperficial para el almacenamiento de líquidos con tendencia a formar espuma.

1.1.4. Técnicas primarias generales

5. La MTD consiste en reducir el consumo de energía y las emisiones a la atmósfera mediante una vigilancia constante de los parámetros de operación y un mantenimiento programado del horno de fusión.

Técnica	Aplicabilidad
La técnica consiste en una serie de operaciones de vigilancia y mantenimiento que pueden aplicarse de forma individual o combinadas en función del tipo de horno y con el objeto de minimizar los efectos de envejecimiento del mismo, por ejemplo sellar el horno y los bloques del quemador, mantener el máximo nivel de aislamiento, controlar las condiciones de llama estabilizada, controlar la relación combustible/aire, etc.	Aplicable a hornos regenerativos, de recuperación y de oxidación. Su aplicación a otros tipos de hornos exige una evaluación específica de las instalaciones

6. La MTD consiste en realizar una selección cuidadosa y un control de todas las sustancias y materias primas que entren en el horno de fusión para reducir o limitar las emisiones a la atmósfera aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica	Aplicabilidad
i. Utilización de materias primas y casco de vidrio externo con un bajo nivel de impurezas (por ejemplo, metales, cloruros, fluoruros)	Aplicable dentro de los límites correspondientes al tipo de vidrio producido en las instalaciones y en función de la disponibilidad de materias primas y combustibles
ii. Utilización de materias primas alternativas (por ejemplo, menos volátiles)	
iii. Utilización de combustibles con un bajo nivel de impurezas metálicas	

7. La MTD consiste en realizar una vigilancia de las emisiones o de otros parámetros relevantes del proceso de forma periódica, entre ellos los siguientes:

Técnica	Aplicabilidad
i. Seguimiento continuo de los parámetros críticos del proceso para garantizar la estabilidad de este último, como por ejemplo la temperatura, la alimentación de combustible y el caudal de aire	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Supervisión periódica de los parámetros del proceso para prevenir/reducir la contaminación, por ejemplo el contenido de O ₂ de los gases de combustión para controlar la relación combustible/aire	
iii. Mediciones continuas de las emisiones de partículas, de NO _x y de SO ₂ , o mediciones discontinuas realizadas como mínimo dos veces al año, asociadas al control de los parámetros de sustitución, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento entre las mediciones	
iv. Mediciones periódicas regulares o continuas de las emisiones de NH ₃ , cuando se apliquen técnicas de reducción catalítica selectiva (SCR) o reducción no catalítica selectiva (SNCR)	Las técnicas son de aplicación general.
v. Mediciones periódicas regulares o continuas de las emisiones de CO, cuando se apliquen técnicas primarias o reducción química mediante técnicas de combustible para reducir las emisiones de NO _x o cuando se puede producir una combustión parcial	
vi. Mediciones periódicas regulares de las emisiones de HCl, HF, CO y metales, en particular cuando se utilicen materias primas que las contengan o cuando pueda producirse una combustión parcial	Las técnicas son de aplicación general.
vii. Vigilancia continua de los parámetros de sustitución para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento de gases residuales y el mantenimiento de los niveles de emisión entre mediciones discontinuas. La vigilancia de los parámetros de sustitución incluye: alimentación de reactivos, temperatura, alimentación de agua, voltaje, eliminación de partículas, velocidad del ventilador, etc.	

8. La MTD consiste en trabajar con los sistemas de tratamiento de gases residuales durante las condiciones normales de operación con una disponibilidad y capacidad óptimas para evitar o reducir las emisiones.

Aplicabilidad

Pueden definirse procedimientos especiales para las condiciones de operación específicas, en particular:

- i. durante las operaciones de puesta en marcha y parada
- ii. durante otras operaciones especiales que puedan afectar al correcto funcionamiento de los sistemas (por ejemplo, las tareas de mantenimiento periódicas y extraordinarias y las operaciones de limpieza del horno o del sistema de tratamiento de gases residuales, o grandes cambios en la producción)
- iii. en caso de temperatura o corriente de gas residual insuficiente que impida la utilización del sistema a pleno rendimiento.

9. La MTD consiste en limitar las emisiones de monóxido de carbono (CO) del horno de fusión, cuando se apliquen técnicas primarias o reducción química mediante combustible, para la reducción de las emisiones de NO_x

Técnica	Aplicabilidad
Las técnicas primarias para la reducción de las emisiones de NO _x se basan en las modificaciones de la combustión (por ejemplo, reducción de la relación aire/combustible, quemadores de combustión por fases con bajo nivel de NO _x , etc.). La reducción química mediante combustible consiste en añadir combustible hidrocarbonado a la corriente de gases residuales para reducir el NO _x formado en el horno.	Aplicable a hornos de combustión de combustible-aire convencionales.
Es posible limitar el aumento de las emisiones de CO derivado de la aplicación de estas técnicas por medio de un control exhaustivo de los parámetros de operación	

Tabla 3

NEA-MTD para las emisiones de monóxido de carbono de los hornos de fusión

Parámetro	NEA-MTD
Monóxido de carbono, expresado como CO	< 100 mg/Nm ³

10. La MTD consiste en limitar las emisiones de amoníaco (NH₃), cuando se apliquen técnicas de reducción catalítica selectiva (SCR) o de reducción no catalítica selectiva (SNCR) para una reducción de las emisiones de NO_x de alta eficiencia

Técnica	Aplicabilidad
La técnica consiste en adoptar y mantener unas condiciones de operación adecuadas de los sistemas de tratamiento de gases residuales de reducción catalítica selectiva o reducción no catalítica selectiva, con el objeto de limitar las emisiones de amoníaco sin reaccionar.	Aplicable a los hornos de fusión dotados de reducción catalítica selectiva o reducción no catalítica selectiva

Tabla 4

NEA-MTD para las emisiones de amoníaco, cuando se apliquen técnicas de reducción catalítica selectiva o reducción no catalítica selectiva

Parámetro	NEA-MTD (1)
Amoníaco, expresado como NH ₃	< 5-30 mg/Nm ³

(1) Los niveles más elevados se asocian a unas mayores concentraciones de entrada de NO_x, a unas mayores tasas de reducción y al envejecimiento del catalizador.

11. La MTD consiste en reducir las emisiones de boro del horno de fusión, cuando se utilicen compuestos de boro en la formulación de la mezcla, aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Utilizar un sistema de filtrado a una temperatura adecuada para mejorar la separación de los compuestos de boro en estado sólido, teniendo en cuenta que en los gases de salida pueden aparecer algunas especies de ácido bórico como compuestos gaseosos a temperaturas inferiores a 200 °C y también desde los 60 °C	La aplicabilidad en las plantas existentes puede estar limitada por restricciones técnicas asociadas a la posición y características del sistema de filtrado existente.
ii. Utilización de lavado en seco o semisecco, en combinación con un sistema de filtrado	La aplicabilidad puede estar limitada por una reducción de la eficiencia en la eliminación de otros contaminantes gaseosos (SO _x , HCl, HF) provocada por la deposición de compuestos de boro en la superficie del reactivo alcalino seco.
iii. Utilización de lavado húmedo	La aplicabilidad en las plantas existentes puede estar limitada por la necesidad de un tratamiento de aguas residuales específico.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.1, 1.10.4 y 1.10.6.

Vigilancia

La vigilancia de las emisiones de boro deberá realizarse de conformidad con una metodología específica que permita la medición de las formas tanto sólidas como gaseosas y la determinación de la eliminación eficaz de estos elementos de los gases de salida.

1.1.5. Emisiones al agua de los procesos de fabricación de vidrio

12. La MTD consiste en reducir el consumo de agua aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica	Aplicabilidad
i. Reducción al mínimo de los derrames y fugas	La técnica es de aplicación general
ii. Reutilización del agua de refrigeración y limpieza tras el drenaje	La técnica es de aplicación general. La recirculación del agua de lavado es aplicable a la mayoría de los sistemas de lavado; no obstante, podría ser necesario descargar y sustituir periódicamente el medio de lavado.

Técnica	Aplicabilidad
iii. Utilización de un sistema de agua de circuito cuasi-cerrado siempre que resulte técnica y económicamente viable	La aplicabilidad de esta técnica puede estar limitada por las restricciones asociadas a la gestión de la seguridad del proceso de producción. En particular: <ul style="list-style-type: none"> — la refrigeración de circuito abierto podrá utilizarse cuando sea necesario por razones de seguridad (por ejemplo, incidentes en que deban enfriarse grandes cantidades de vidrio). — es posible que el agua utilizada en algunos procesos específicos (por ejemplo en actividades de acabado en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo, el pulido al ácido en los sectores del vidrio especial o para uso doméstico, etc.) deba verterse total o parcialmente en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

13. La MTD consiste en reducir la carga de emisiones de contaminantes en los vertidos de aguas residuales aplicando al menos uno de los siguientes sistemas de tratamiento de aguas residuales:

Técnica	Aplicabilidad
i. Técnicas estándar de control de la contaminación, por ejemplo asentamiento, cribado, espumado, neutralización, filtrado, aireación, precipitación, coagulación y floculación, etc. Técnicas estándar de buenas prácticas para controlar las emisiones del almacenamiento de materias primas líquidas y productos intermedios, por ejemplo contención, inspección/comprobación de depósitos, protección contra rebose, etc.	Las técnicas son de aplicación general
ii. Sistemas de tratamiento biológico, como el lodo activado, el filtrado biológico para eliminar/degradar los compuestos orgánicos	La aplicabilidad puede estar limitada a los sectores que utilicen sustancias orgánicas en el proceso de producción (por ejemplo, los sectores de la fibra de vidrio de filamento continuo o de la lana mineral).
iii. Vertido a las depuradoras municipales de tratamiento de aguas residuales	Aplicable a instalaciones que requieran una mayor reducción de los contaminantes.
iv. Reutilización externa de las aguas residuales	La aplicabilidad suele limitarse al sector de la frita (posible reutilización en la industria cerámica).

Tabla 5

NEA-MTD para los vertidos de aguas residuales a las aguas de superficie, procedentes de la fabricación de vidrio

Parámetro ⁽¹⁾	Unidad	NEA-MTD ⁽²⁾ (muestra compuesta)
pH	—	6,5-9
Total de sólidos en suspensión	mg/l	< 30
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	< 5-130 ⁽³⁾
Sulfatos, expresados como SO ₄ ²⁻	mg/l	< 1 000
Fluoruros, expresados como F ⁻	mg/l	< 6 ⁽⁴⁾
Hidrocarburos totales	mg/l	< 15 ⁽⁵⁾
Plomo, expresado como Pb	mg/l	< 0,05-0,3 ⁽⁶⁾
Antimonio, expresado como Sb	mg/l	< 0,5
Arsénico, expresado como As	mg/l	< 0,3
Bario, expresado como Ba	mg/l	< 3,0

Parámetro ⁽¹⁾	Unidad	NEA-MTD ⁽²⁾ (muestra compuesta)
Zinc, expresado como Zn	mg/l	< 0,5
Cobre, expresado como Cu	mg/l	< 0,3
Cromo, expresado como Cr	mg/l	< 0,3
Cadmio, expresado como Cd	mg/l	< 0,05
Estaño, expresado como Sn	mg/l	< 0,5
Níquel, expresado como Ni	mg/l	< 0,5
Amoníaco, expresado como NH ₄	mg/l	< 10
Boro, expresado como B	mg/l	< 1-3
Fenol	mg/l	< 1

⁽¹⁾ La relevancia de los contaminantes recogidos en la tabla depende de la rama del sector del vidrio y de las diferentes actividades realizadas en la planta.

⁽²⁾ Los niveles se refieren a una muestra compuesta obtenida durante un período de dos horas o de veinticuatro horas.

⁽³⁾ Para el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo, los NEA-MTD serán < 200 mg/l.

⁽⁴⁾ El nivel se aplica al agua tratada procedente de actividades que incluyan pulido al ácido.

⁽⁵⁾ En general, los hidrocarburos totales están formados por aceites minerales.

⁽⁶⁾ El nivel más elevado del rango se asocia a procesos de acabado para la producción de vidrio al plomo.

1.1.6. Residuos de los procesos de fabricación de vidrio

14. La MTD consiste en reducir la producción de residuos sólidos que deben ser eliminados, aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica	Aplicabilidad
i. Reciclado de los materiales residuales de la mezcla, cuando los requisitos de calidad lo permitan	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la calidad del producto de vidrio final.
ii. Minimización de las pérdidas de material durante el almacenamiento y la manipulación de las materias primas	La técnica es de aplicación general.
iii. Reciclado del casco de vidrio interno de la producción descartada	Normalmente no es aplicable a los sectores de fibra de vidrio de filamento continuo, lana de aislamiento de alta temperatura y fritas.
iv. Reciclaje del polvo en la formulación de la mezcla, cuando los requisitos de calidad lo permitan	La aplicabilidad puede estar limitada por diversos factores: <ul style="list-style-type: none"> — requisitos de calidad del producto de vidrio final — porcentaje de casco de vidrio utilizado en la formulación de la mezcla — posibles fenómenos de transferencia y corrosión de los materiales refractarios — limitaciones del equilibrio de azufre.
v. Valorización de los residuos sólidos o de los lodos mediante una utilización adecuada en las instalaciones (por ejemplo, lodos del tratamiento con aguas) o en otros sectores	Aplicable, en general, al sector del vidrio para uso doméstico (para lodo de corte de vidrio al plomo) y al sector del vidrio para envases (partículas finas de vidrio mezcladas con aceite). Aplicabilidad limitada a otros sectores de fabricación de vidrio debido a una composición contaminada o impredecible, a bajos volúmenes o a la viabilidad económica.
vi. Valorización de los materiales refractarios al final de su vida útil para su posible utilización en otros sectores	La aplicabilidad está limitada por las restricciones impuestas por los fabricantes de materiales refractarios y los posibles usuarios finales.
vii. Aplicación de cemento para el briquetado de los residuos para el reciclado en hornos de cubilote de viento caliente, cuando los requisitos de calidad lo permitan	La aplicabilidad de cemento como aglomerante de las briquetas de los residuos se limita al sector de la lana de roca. Deberá aplicarse un enfoque de equilibrio entre las emisiones atmosféricas y la generación de flujo de residuos sólidos

1.1.7. Ruido de los procesos de fabricación de vidrio

15. La MTD consiste en reducir las emisiones acústicas aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

- i. Realización de una evaluación ambiental del ruido y formulación de un plan de gestión del ruido acorde con el entorno local
- ii. Cerramiento de los procesos/equipos ruidosos en una unidad/estructura independiente
- iii. Utilización de terraplenes para apantallar la fuente del ruido
- iv. Realización de las actividades ruidosas al aire libre durante el día
- v. Utilización de muros o barreras naturales (árboles, matorrales) de protección contra el ruido entre las instalaciones y la zona protegida, en función de las condiciones locales.

1.2. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio para envases

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de vidrio para envases.

1.2.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

16. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando un sistema de depuración de gases de salida, como un precipitador electrostático o un filtro de mangas.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
El sistema de depuración de gases de salida consiste en técnicas de fin de proceso basadas en el filtrado de todos los materiales que estén en estado sólido en el punto de medición.	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de los sistemas de filtrado (es decir, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas) en el apartado 1.10.1.

Tabla 6

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector del vidrio para envases

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
Partículas	< 10-20	< 0,015-0,06

⁽¹⁾ Se han utilizado los factores de conversión de $1,5 \times 10^{-3}$ y 3×10^{-3} para determinar los valores superior e inferior del rango, respectivamente.

1.2.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

17. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

I. Técnicas primarias, como por ejemplo:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	Aplicable únicamente bajo las circunstancias específicas de la instalación debido a una menor eficiencia del horno y a un mayor consumo de combustible (por ejemplo, utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos)

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
c) Combustión por fases: — Introducción del aire por fases — Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a su complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Los beneficios ambientales suelen ser menores en las aplicaciones en hornos de gas de llama transversal debido a las limitaciones técnicas y a que el grado de flexibilidad del horno es menor. Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
ii. Horno de diseño especial	La aplicabilidad se limita a formulaciones de mezclas con altos niveles de casco de vidrio externo (> 70 %). La aplicación exige una reconstrucción completa del horno de fusión. La forma del horno (largo y estrecho) puede generar limitaciones de espacio.
iii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción. Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno
iv. Fusión con oxicomcombustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

II. Técnicas secundarias, como por ejemplo:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Reducción catalítica selectiva (SCR)	La aplicación puede exigir una actualización del sistema de reducción de las partículas para garantizar una concentración de partículas inferior a 10-15 mg/Nm ³ y un sistema de desulfuración para la eliminación de las emisiones de SO _x . Debido al margen de temperaturas de operación óptimas, la aplicabilidad se limita a la utilización de precipitadores electrostáticos. Normalmente la técnica no se utiliza con un sistema de filtro de mangas debido a que la baja temperatura de operación, en el rango de 180-200 °C, exigiría el recalentamiento de los gases residuales. La aplicación de esta técnica puede exigir una disponibilidad de espacio considerable.
ii. Reducción no catalítica selectiva (SNCR)	Esta técnica se aplica en los hornos recuperativos. Su aplicabilidad en los hornos regenerativos convencionales es muy limitada, puesto que en ellos resulta complicado alcanzar el rango de temperaturas adecuado o no permiten una mezcla adecuada de los gases de salida con el reactivo. Podría aplicarse a los hornos regenerativos nuevos dotados de regeneradores partidos; no obstante, resulta complicado mantener el rango de temperaturas debido a la inversión del encendido entre las cámaras, que provoca un cambio de temperatura cíclico.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 7

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para envases

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones de la combustión, hornos de diseño especial ⁽²⁾ ⁽³⁾	500-800	0,75-1.2
	Fusión eléctrica	< 100	< 0,3
	Fusión con oxicomustión ⁽⁴⁾	No procede	< 0,5-0,8
	Técnicas secundarias	< 500	< 0,75

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 para los casos generales ($1,5 \times 10^{-3}$), excepto para la fusión eléctrica (casos específicos: 3×10^{-3}).

⁽²⁾ El valor inferior se refiere a la utilización de hornos de diseño especial, cuando sea aplicable.

⁽³⁾ Estos valores deberán reevaluarse en caso de reconstrucción normal o completa del horno de fusión.

⁽⁴⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

18. Si se utilizan nitratos para la formulación de la mezcla o se requieren unas condiciones de oxidación especiales en la combustión en el horno de fusión para garantizar la calidad del producto final, la MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x reduciendo la utilización de dichas materias primas al mínimo, junto con técnicas primarias o secundarias.

Los NEA-MTD se determinan en la tabla 7.

Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para campañas cortas o para hornos de fusión con una capacidad < 100 t/día, los NEA-MTD serán los indicados en la tabla 8.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
<p>Técnicas primarias:</p> <p>— Minimización del uso de nitratos en la formulación de la mezcla.</p> <p>Los nitratos se utilizan para productos de calidad muy elevada (por ejemplo, para la fabricación de frascos especiales, frascos de perfume o envases de cosméticos).</p> <p>Los sulfatos, los óxidos de arsénico y el óxido de cerio son materiales alternativos eficaces.</p> <p>Una alternativa a la utilización de nitratos es la aplicación de modificaciones en el proceso (por ejemplo, unas condiciones de oxidación en la combustión especiales).</p>	<p>La sustitución de los nitratos en la formulación de la mezcla puede estar limitada por el elevado coste o el mayor impacto ambiental de los materiales alternativos.</p>

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 8

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para envases, cuando se utilicen nitratos en la formulación de la mezcla o existan unas condiciones de oxidación en la combustión especiales en el caso de campañas cortas o en hornos de fusión con una capacidad < 100 t/día

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Técnicas primarias	< 1 000	< 3

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 para los casos específicos (3×10^{-3}).

1.2.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

19. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
ii. Minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla suele aplicarse dentro de las limitaciones fijadas por los requisitos de calidad del producto de vidrio final. La aplicación de la optimización del balance de azufre exige un método de compensación entre la eliminación de las emisiones de SO _x y la gestión de los residuos sólidos (polvo del filtro). La reducción eficaz de las emisiones de SO _x depende de la retención de los compuestos de azufre en el vidrio, que puede variar considerablemente en función del tipo de vidrio.
iii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.3.

Tabla 9

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para envases

Parámetro	Combustible	NEA-MTD ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽³⁾
SO _x expresados como SO ₂	Gas natural	< 200-500	< 0,3-0,75
	Fuelóleo ⁽⁴⁾	< 500-1 200	< 0,75-1,8

⁽¹⁾ En el caso de tipos especiales de vidrio de color (por ejemplo, vidrio verde reducido), es posible que sea necesario investigar el balance de azufre para aclarar las dudas sobre los niveles de emisiones que se pueden alcanzar. Puede resultar difícil alcanzar los valores recogidos en la tabla en combinación con el reciclado de las partículas del filtro y el porcentaje de reciclado del casco de vidrio externo.

⁽²⁾ Los niveles inferiores se asocian a unas condiciones en las que la reducción de SO_x tiene mayor prioridad que una menor producción de residuos sólidos, correspondientes al polvo del filtro rico en sulfatos.

⁽³⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 para los casos generales ($1,5 \times 10^{-3}$).

⁽⁴⁾ Los niveles de emisiones asociados están relacionados con la utilización de fuelóleo con un contenido de azufre del 1 % en combinación con técnicas de eliminación secundarias.

1.2.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

20. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión (posiblemente, en combinación con gases de salida de las actividades de aplicación de capas en caliente) aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones correspondientes al tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.4.

Tabla 10

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector del vidrio para envases

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl ⁽²⁾	< 10-20	< 0,02-0,03
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 1-5	< 0,001-0,008

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión para los casos generales, indicado en la tabla 2 ($1,5 \times 10^{-3}$).

⁽²⁾ Los niveles más elevados se asocian al tratamiento simultáneo de los gases de salida de operaciones de aplicación de capas en caliente.

1.2.5. Metales de los hornos de fusión

21. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Reducción al mínimo de la utilización de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla, cuando se requiera la coloración o decoloración del vidrio, en función de los requisitos de calidad del vidrio para consumo	
iii. Aplicación de un sistema de filtrado (filtro de mangas o precipitador electrostático)	Las técnicas son de aplicación general.
iv. Aplicación de lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 11

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector del vidrio para envases

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽⁴⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 0,2-1 ⁽⁵⁾	< 0,3-1,5 $\times 10^{-3}$
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-5	< 1,5-7,5 $\times 10^{-3}$

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Los niveles inferiores son los NEA-MTD cuando no se utilizan compuestos metálicos intencionadamente en la formulación de la mezcla.

⁽³⁾ Los niveles superiores se asocian a la utilización de metales para la coloración o decoloración del vidrio, o cuando los gases de salida de las operaciones de aplicación de capas en caliente se tratan conjuntamente con las emisiones del horno de fusión.

⁽⁴⁾ Se ha aplicado el factor de conversión para los casos generales, indicado en la tabla 2 ($1,5 \times 10^{-3}$).

⁽⁵⁾ En determinados casos, cuando se produce vidrio al sílex blanco de alta calidad que exige unas mayores cantidades de selenio para la decoloración (en función de las materias primas), se registran valores mayores, hasta 3 mg/Nm³.

1.2.6. Emisiones de procesos de acabado

22. Si se utilizan compuestos de estaño, organoestánicos o de titanio para las operaciones de aplicación de capas en caliente la MTD consiste en reducir las emisiones aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica	Aplicabilidad
i. Minimización de las pérdidas de producto de recubrimiento garantizando un buen sellado del sistema de aplicación y utilizando una campana de extracción eficaz. Una construcción y un sellado óptimos del sistema de aplicación son esenciales para reducir al mínimo las pérdidas en el aire de producto sin reaccionar.	La técnica es de aplicación general.

Técnica	Aplicabilidad
ii. Combinación de los gases de salida de las operaciones de recubrimiento con los gases residuales del horno de fusión o con el aire de combustión del horno, cuando se aplica un sistema de tratamiento secundario (filtro y lavador en seco o semiseco). En función de la compatibilidad química, los gases residuales de las operaciones de recubrimiento pueden combinarse con otros gases de salida antes del tratamiento. Pueden aplicarse las dos opciones siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — combinación con los gases de salida del horno de fusión, previamente tratados en un sistema de reducción secundario (lavado en seco o semiseco más sistema de filtrado) — combinación con el aire de combustión antes de la entrada en el regenerador, seguida de un tratamiento de eliminación secundario de los gases residuales generados durante el proceso de fusión (lavado en seco o semiseco + sistema de filtrado). 	La combinación con los gases de salida del horno de fusión es de aplicación general. La combinación con el aire de combustión puede verse afectada por limitaciones técnicas debido a los posibles efectos sobre la química del vidrio y los materiales del regenerador.
iii. Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo o lavado en seco más filtrado ⁽¹⁾	Las técnicas son de aplicación general.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.4 y 1.10.7.

Tabla 12

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de las actividades de aplicación de capas en caliente en el sector del vidrio para envases cuando los gases de salida de las operaciones posteriores se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas	< 10
Compuestos de titanio expresados como Ti	< 5
Compuestos de estaño, entre ellos los organoestánicos, expresados como Sn	< 5
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	< 30

23. Si se utiliza SO₃ para las operaciones de tratamiento de superficies, la MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización de las pérdidas de producto garantizado un buen sellado del sistema de aplicación ii. Una construcción y mantenimiento óptimos del sistema de aplicación son esenciales para reducir al mínimo las pérdidas al aire de producto sin reaccionar.	Las técnicas son de aplicación general.
iii. Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo	

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.6.

Tabla 13

NEA-MTD para las emisiones de SO_x de las operaciones de acabado, cuando se utiliza SO₃ para las operaciones de tratamiento de superficies en el sector del vidrio para envases y cuando el tratamiento se realiza por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
SO _x , expresados como SO ₂	< 100-200

1.3. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio plano

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de vidrio plano.

1.3.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

24. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando un sistema de precipitador electrostático o de filtro de mangas

Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.1.

Tabla 14

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector del vidrio plano

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido (1)
Partículas	< 10-20	< 0,025-0,05

(1) Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

1.3.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

25. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

I. Técnicas primarias, como por ejemplo:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	La aplicabilidad se limita a los hornos de capacidad reducida para la producción de vidrios planos especiales y bajo circunstancias específicas de la instalación, debido a una menor eficiencia del horno y a un mayor consumo de combustible (es decir, utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos).
c) Combustión por fases: — Introducción del aire por fases — Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a su complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Los beneficios ambientales suelen ser menores en las aplicaciones en hornos de gas de llama transversal debido a las limitaciones técnicas y a que el grado de flexibilidad del horno es menor. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
ii. Proceso Fénix Basado en la combinación de diversas técnicas primarias para la optimización de la combustión de hornos flotantes regenerativos de llama transversal. Sus principales características son: <ul style="list-style-type: none"> — reducción del exceso de aire — supresión de los puntos calientes y homogenización de las temperaturas de las llamas — mezcla controlada del combustible y el aire de combustión 	Su aplicabilidad se limita a los hornos regenerativos de llama transversal. Aplicable a hornos nuevos. Para los hornos ya existentes, la técnica exige su integración directa durante el diseño y construcción del horno con ocasión de una reconstrucción completa del mismo.
iii. Fusión con oxicomcombustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

II. Técnicas secundarias, como por ejemplo:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Reducción química por combustible	Aplicable a hornos regenerativos. Su aplicabilidad está limitada por un mayor consumo de combustible y el consiguiente impacto económico y ambiental.
ii. Reducción catalítica selectiva (SCR)	La aplicación puede exigir una actualización del sistema de reducción de las partículas para garantizar una concentración de partículas inferior a 10-15 mg/Nm ³ y un sistema de desulfuración para la eliminación de las emisiones de SO _x . Debido al margen de temperaturas de operación óptimas, la aplicabilidad se limita a la utilización de precipitadores electrostáticos. Normalmente la técnica no se utiliza con un sistema de filtro de mangas debido a que la baja temperatura de operación, en el rango de 180-200 °C, exigiría el recalentamiento de los gases residuales. La aplicación de esta técnica puede exigir una disponibilidad de espacio considerable.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 15

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio plano

Parámetro	MTD	NEA-MTD ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones de la combustión, proceso Fénix ⁽³⁾	700-800	1,75 – 2,0
	Fusión con oxicomcombustión ⁽⁴⁾	No procede	< 1,25-2,0
	Técnicas secundarias ⁽⁵⁾	400-700	1,0 – 1,75

⁽¹⁾ Se prevén unos niveles de emisiones más elevados si se utilizan nitratos ocasionalmente para la producción de vidrios especiales.

⁽²⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

⁽³⁾ Los niveles inferiores del rango se asocian a la aplicación del proceso Fénix.

⁽⁴⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

⁽⁵⁾ Los niveles más elevados del rango se asocian a las plantas existentes, hasta que se realice una reconstrucción normal o completa del horno de fusión. Los niveles inferiores se asocian a las plantas más recientes/reacondicionadas.

26. Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla, la MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x mediante la minimización del uso de dichas materias primas, en combinación con técnicas primarias o secundarias. Si se utilizan técnicas secundarias, se aplicarán los NEA-MTD indicados en la tabla 15.

Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para la producción de vidrios especiales en un número limitado de campañas breves, se aplicarán los NEA-MTD indicados en la tabla 16.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Técnicas primarias: Minimización del uso de nitratos en la formulación de la mezcla. Los nitratos se utilizan para producciones especiales (por ejemplo, vidrio de color). Los sulfatos, los óxidos de arsénico y el óxido de cerio son materiales alternativos eficaces	La sustitución de los nitratos en la formulación de la mezcla puede estar limitada por el elevado coste o el mayor impacto ambiental de los materiales alternativos:

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.2.

Tabla 16

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio plano, cuando se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para la producción de vidrios especiales en un número limitado de campañas breves

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Técnicas primarias	< 1 200	< 3

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 para los casos específicos ($2,5 \times 10^{-3}$)

1.3.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

27. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Lavado en seco o semisecco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
ii. Reducción del contenido de azufre al mínimo en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La reducción del contenido de azufre al mínimo en la formulación de la mezcla suele aplicarse dentro de las limitaciones fijadas por los requisitos de calidad del producto de vidrio final. La aplicación de la optimización del balance de azufre exige un método de compensación entre la eliminación de las emisiones de SO _x y la gestión de los residuos sólidos (polvo del filtro).
iii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.3.

Tabla 17

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector del vidrio plano

Parámetro	Combustible	NEA-MTD ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
SO _x expresados como SO ₂	Gas natural	< 300-500	< 0,75-1,25
	Fuelóleo ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	500-1 300	1,25 – 3,25

⁽¹⁾ Los niveles inferiores se asocian a unas condiciones en las que la reducción de SO_x tiene mayor prioridad que una menor producción de residuos sólidos correspondientes al polvo del filtro rico en sulfatos.

⁽²⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

⁽³⁾ Los niveles de emisiones asociados están relacionados con la utilización de fuelóleo con un contenido de azufre del 1 % en combinación con técnicas de reducción secundarias.

⁽⁴⁾ En el caso de los hornos de vidrio plano, es posible que deba investigarse el balance de azufre para aclarar las dudas sobre los niveles de emisiones que se pueden alcanzar. Puede resultar difícil alcanzar los valores recogidos en la tabla en combinación con el reciclado del polvo del filtro.

1.3.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

28. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones correspondientes al tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.4.

Tabla 18

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector del vidrio plano

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl ⁽²⁾	< 10-25	< 0,025-0,0625
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 1-4	< 0,0025-0,010

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

⁽²⁾ Los niveles más elevados del rango se asocian al reciclado de las partículas del filtro en la formulación de la mezcla.

1.3.5. Metales de los hornos de fusión

29. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Aplicación de un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
iii. Aplicación de lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 19

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector del vidrio plano, a excepción de los vidrios de color con selenio

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 0,2-1	< $0,5-2,5 \times 10^{-3}$
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-5	< $2,5-12,5 \times 10^{-3}$

⁽¹⁾ Los rangos se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

30. Si se utilizan compuestos de selenio para la coloración del vidrio, la MTD consiste en reducir las emisiones de selenio del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización de la evaporación del selenio de la composición de la mezcla seleccionando materias primas con una mayor eficiencia de retención en el vidrio y una menor volatilización	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Aplicación de un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general
iii. Aplicación de lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 20

NEA-MTD para las emisiones de selenio del horno de fusión en el sector del vidrio plano para la producción de vidrio de color

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽³⁾
Compuestos de selenio, expresados como Se	1-3	$2,5-7,5 \times 10^{-3}$

⁽¹⁾ Los valores se refieren a la suma de selenio total presente en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Los niveles inferiores corresponden a unas condiciones en las que la reducción de las emisiones de Se tiene mayor prioridad que una menor producción de residuos sólidos del polvo del filtro. En este caso se aplica una alta relación estequiométrica (reactivo/contaminante) y se genera un flujo considerable de residuos sólidos.

⁽³⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($2,5 \times 10^{-3}$).

1.3.6. Emisiones de procesos de acabado

31. La MTD consiste en reducir las emisiones al aire de los procesos de acabado aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización de las pérdidas de producto de recubrimiento aplicados al vidrio plano garantizado un buen sellado del sistema de aplicación	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Minimización de las pérdidas de SO ₂ del túnel de recocido, operando el sistema de control de un modo óptimo	
iii. Combinación de las emisiones de SO ₂ del túnel de recocido con los gases residuales del horno de fusión, cuando resulte técnicamente viable y cuando se aplique un sistema de tratamiento secundario (filtro y lavador en seco o semiseco)	
iv. Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo o lavado en seco y filtrado	Las técnicas son de aplicación general. La selección de la técnica y su rendimiento dependerán de la composición de los gases residuales de entrada.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de los sistemas de tratamientos secundario en los apartados 1.10.3 y 1.10.6.

Tabla 21

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de los procesos de acabado en el sector del vidrio plano, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas	< 15-20

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	< 10
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 1-5
SO _x , expresados como SO ₂	< 200
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 5

1.4. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de fibra de vidrio de filamento continuo

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de fibra de vidrio de filamento continuo.

1.4.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

Los NEA-MTD recogidos en este apartado correspondientes a las partículas se refieren a todos los materiales que se encuentren en estado sólido en el punto de medición, incluidos los compuestos de boro sólidos. Los compuestos de boro gaseosos en el punto de medición no están incluidos.

32. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Reducción de los componentes volátiles mediante la modificación de las materias primas La formulación de composiciones de mezcla sin compuestos de boro o con bajos niveles de boro es una medida primaria para reducir las emisiones de partículas que, principalmente, se generan por volatilización. El boro es el principal componente de las partículas emitidas por el horno de fusión.	La aplicación de la técnica está limitada por cuestiones de propiedad, puesto que las formulaciones de mezcla libres de boro o con bajos niveles del mismo están protegidas por patentes.
ii. Sistema de filtrado: precipitador electrostático o filtro de mangas	La técnica es de aplicación general. Los beneficios ambientales máximos se consiguen cuando se aplica en plantas nuevas en las que es posible definir la colocación y las características del filtro sin restricciones.
iii. Sistema de lavado húmedo	La aplicación en las plantas existentes puede estar limitada por restricciones técnicas, como por ejemplo la necesidad de un sistema de tratamiento de aguas residuales específico.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.1 y 1.10.7.

Tabla 22

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo

Parámetro	NEA-MTD (1)	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido (2)
Partículas	< 10-20	< 0,045-0,09

(1) Se han registrado valores a un nivel < 30 mg/Nm³ (< 0,14 kg/tonelada de vidrio fundido) para las formulaciones libres de boro, con la aplicación de técnicas primarias.

(2) Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 (4,5 × 10⁻³).

1.4.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

33. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales, en función de las restricciones de la eficiencia energética del horno y de la mayor demanda de combustible. La mayoría de los hornos ya son hornos de recuperación.
c) Combustión por fases: d) Introducción del aire por fases e) Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire y de oxicomustión. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a su complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
ii. Fusión con oxicomustión	Las máximas ventajas ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 23

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones de la combustión	< 600-1 000	< 2,7-4,5 ⁽¹⁾
	Fusión con oxicomustión ⁽²⁾	No procede	< 0,5-1,5

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($4,5 \times 10^{-3}$).

⁽²⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

1.4.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

34. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La técnica es de aplicación general respetando las restricciones de los requisitos de calidad del producto de vidrio final. La aplicación de la optimización del balance de azufre requiere un método de compensación entre la supresión de las emisiones de SO _x y la gestión de los residuos sólidos (partículas del filtro) que deben eliminarse.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
ii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general. La presencia de altas concentraciones de compuestos de boro en los gases de salida puede limitar la eficiencia en la eliminación del reactivo utilizado en los sistemas de lavado seco o semiseco.
iv. Utilización de lavado húmedo	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones técnicas, como, por ejemplo, la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales específica.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.3 y 1.10.6.

Tabla 24

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo

Parámetro	Combustible	NEA-MTD ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽²⁾
SO _x expresados como SO ₂	Gas natural ⁽³⁾	< 200-800	< 0,9-3,6
	Fuelóleo ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	< 500-1 000	< 2,25-4,5

⁽¹⁾ Los niveles más elevados del rango se asocian a la utilización de sulfatos en la formulación de la mezcla para refinar el vidrio.

⁽²⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($4,5 \times 10^{-3}$).

⁽³⁾ Para hornos de oxicomustión con la aplicación de lavado húmedo, se han registrado unos NEA-MTD < 0,1 kg/tonelada de vidrio fundido de SO_x, expresados como SO₂.

⁽⁴⁾ Los niveles de emisiones asociados están relacionados con la utilización de fuelóleo con un contenido de azufre del 1 % en combinación con técnicas de reducción secundarias.

⁽⁵⁾ Los niveles inferiores corresponden a unas condiciones en las que la reducción de SO_x es más prioritaria que una menor producción de residuos sólidos del polvo del filtro rico en sulfatos. En este caso, los niveles inferiores se asocian a la utilización de un filtro de mangas.

1.4.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

35. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de la formulación de la mezcla y la disponibilidad de materias primas.
ii. Minimización del contenido de flúor en la formulación de la mezcla La minimización de las emisiones de flúor del proceso de fusión puede conseguirse como se indica a continuación: — minimizando/reduciendo la cantidad de compuestos de flúor (por ejemplo, espato flúor) utilizados en la formulación de la mezcla al mínimo apropiado para la calidad del producto final. Los compuestos de flúor se utilizan para optimizar el proceso de fusión contribuyen al desfibrado y minimizan la rotura de las fibras — sustitución de los compuestos de flúor por materiales alternativos (por ejemplo sulfatos)	La sustitución de los compuestos de flúor por materiales alternativos está limitada por los requisitos de calidad del producto.
iii. lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
iv. lavado húmedo	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones técnicas, como la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales específica.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.4 y 1.10.6.

Tabla 25

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	< 10	< 0,05
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF ⁽²⁾	< 5-15	< 0,02-0,07

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($4,5 \times 10^{-3}$).

⁽²⁾ Los niveles más elevados del rango se asocian a la utilización de compuestos de flúor en la formulación de la mezcla.

1.4.5. Metales de los hornos de fusión

36. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de disponibilidad de materias primas.
ii. Aplicación de lavado en seco o semisecho, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
iii. Aplicación de lavado húmedo	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones técnicas, como la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales específica.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.5 y 1.10.6.

Tabla 26

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 0,2-1	< $0,9-4,5 \times 10^{-3}$
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-3	< $4,5-13,5 \times 10^{-3}$

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 ($4,5 \times 10^{-3}$).

1.4.6. Emisiones de procesos de acabado

37. La MTD consiste en reducir las emisiones de los procesos de acabado aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Sistemas de lavado húmedo	Las técnicas son de aplicación general para el tratamiento de gases residuales del proceso de formación (recubrimiento de las fibras) o procesos secundarios que impliquen la utilización de aglomerante curado o secado
ii. Precipitador electrostático húmedo	
iii. Sistema de filtrado (filtro de mangas)	La técnica es de aplicación general para el tratamiento de los gases residuales de las operaciones de corte y molturación de los productos

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.7 y 1.10.8.

Tabla 27

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de los procesos de acabado en el sector de la fibra de vidrio de filamento continuo, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Emisiones de la formación y del recubrimiento	
Partículas	< 5-20
Formaldehído	< 10
Amoníaco	< 30
Compuestos orgánicos volátiles totales, expresados como C	< 20
Emisiones del corte y de la molturación	
Partículas	< 5-20

1.5. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrio de uso doméstico

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de vidrio de uso doméstico.

1.5.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

38. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Reducción de los componentes volátiles mediante la modificación de las materias primas. La formulación de la composición de la mezcla puede contener componentes muy volátiles (por ejemplo, boro o fluoruros) que contribuyen considerablemente a la formación de emisiones de partículas del horno de fusión.	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones del tipo de vidrio producido y la disponibilidad de las materias primas de sustitución.
ii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
iii. Fusión con oxcombustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.
iv. Sistema de filtrado: precipitador electrostático o filtro de mangas	Las técnicas son de aplicación general
v. Sistema de lavado húmedo	La aplicabilidad se limita a casos específicos, en particular a los hornos de fusión eléctrica en los que los volúmenes de gas de circulación y las emisiones de partículas suelen ser reducidas y estar relacionadas con la transferencia de la formulación de la mezcla

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.5 y 1.10.7.

Tabla 28

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Partículas	< 10-20 ⁽²⁾	< 0,03-0,06
	< 1-10 ⁽³⁾	< 0,003-0,03

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 3×10^{-3} (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

⁽²⁾ Se han notificado ciertas consideraciones en relación con la viabilidad económica para alcanzar los NEA-MTD en hornos con una capacidad < 80 t/día que producen vidrio sódico-cálcico.

⁽³⁾ Este NEA-MTD se aplica en las formulaciones de mezcla que contienen cantidades considerables de componentes considerados sustancias peligrosas de conformidad con el Reglamento (CE) n° 1272/2008.

1.5.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

39. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	Aplicable únicamente bajo circunstancias específicas de la instalación debido a una menor eficiencia del horno y a un mayor consumo de combustible (es decir, utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos)
c) Combustión por fases: f) Introducción del aire por fases g) Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a su complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO	La técnica es de aplicación general. Las ventajas ambientales suelen ser menores en las aplicaciones en hornos de gas de llama transversal debido a las limitaciones técnicas y a que el grado de flexibilidad del horno es menor. Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
ii. Horno de diseño especial	La aplicabilidad se limita a formulaciones de mezclas con altos niveles de casco de vidrio externo (> 70 %). La aplicación exige una reconstrucción completa del horno de fusión. La forma del horno (largo y estrecho) puede generar limitaciones de espacio.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
iii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción. Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
iv. Fusión con oxcombustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 29

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones de la combustión, hornos de diseño especial	< 500-1 000	< 1,25-2,5
	Fusión eléctrica	< 100	< 0,3
	Fusión con oxcombustión ⁽²⁾	No procede	< 0,5-1,5

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$, para las modificaciones de la combustión y los hornos de diseño especial, y un factor de conversión de 3×10^{-3} para la fusión eléctrica (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

⁽²⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

40. Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla, la MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x mediante la minimización del uso de dichas materias primas, en combinación con técnicas primarias o secundarias.

Los NEA-MTD se determinan en la tabla 29.

Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para un número limitado de campañas breves o para los hornos de fusión con una capacidad < 100 t/día que producen tipos especiales de vidrio sódico-cálcico (vidrios transparentes/ultra-transparentes o vidrios de color con selenio) y otros vidrios especiales (es decir, borosilicato, vitrocerámicas, vidrio opalino, cristal y vidrio de plomo), los NEA-MTD serán los indicados en la tabla 30.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Técnicas primarias: — Minimización del uso de nitratos en la formulación de la mezcla Los nitratos se utilizan para productos de calidad muy elevada, cuando se necesita vidrio muy incoloro (transparente) o se producen vidrios especiales. Los sulfatos, los óxidos de arsénico o el óxido de cerio son materiales alternativos eficaces.	La sustitución de los nitratos en la formulación de la mezcla puede estar limitada por el elevado coste o el mayor impacto ambiental de los materiales alternativos.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.2.

Tabla 30

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico, cuando se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para un número limitado de campañas breves o para hornos de fusión con una capacidad < 100 t/día que producen tipos especiales de vidrio sódico-cálcico (vidrios transparentes/ultrtransparentes o vidrios de color con selenio) y otros vidrios especiales (es decir, borosilicato, vitrocerámicas, vidrio opalino, cristal y vidrio al plomo)

Parámetro	Tipo de horno	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido
NO _x expresados como NO ₂	Hornos convencionales de combustible/aire	< 500-1 500	< 1,25-3,75 ⁽¹⁾
	Fusión eléctrica	< 300-500	< 8-10

⁽¹⁾ Se ha aplicado el factor de conversión indicado en la tabla 2 para el vidrio sódico-cálcico ($2,5 \times 10^{-3}$).

1.5.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

41. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla suele aplicarse dentro de las limitaciones fijadas por los requisitos de calidad del producto de vidrio final. La aplicación de la optimización del balance de azufre exige un método de compensación entre la eliminación de las emisiones de SO _x y la gestión de los residuos sólidos (polvo del filtro).
ii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.3.

Tabla 31

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico

Parámetro	Técnica de fusión/combustible	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
SO _x expresados como SO ₂	Gas natural	< 200-300	< 0,5-0,75
	Fuelóleo ⁽²⁾	< 1 000	< 2,5
	Fusión eléctrica	< 100	< 0,25

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones específicas.

⁽²⁾ Los niveles están relacionados con la utilización de fuelóleo con un contenido de azufre del 1 % en combinación con técnicas de reducción secundarias.

1.5.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

42. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones de la formulación de la mezcla correspondientes al tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
ii. Minimización del contenido de flúor en la formulación de la mezcla y optimización del balance de masas de flúor La minimización de las emisiones de flúor del proceso de fusión se puede lograr minimizando/reduciendo la cantidad de compuestos de flúor (por ejemplo, espato flúor) utilizados en la formulación de la mezcla al mínimo apropiado para la calidad del producto final, los compuestos de flúor se agregan a la formulación de la mezcla para conferir un aspecto opaco o turbio al vidrio	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de los requisitos de calidad del producto final.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
iv. Lavado húmedo	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones técnicas, como la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales específica. La aplicabilidad de esta técnica podría estar limitada por su elevado coste o por los aspectos relacionados con el tratamiento de las aguas residuales, entre ellos las restricciones correspondientes al reciclado de los lodos o los residuos sólidos del tratamiento del agua

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.4 y 1.10.6.

Tabla 32

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl ⁽²⁾ ⁽³⁾	< 10-20	< 0,03-0,06
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF ⁽⁴⁾	< 1-5	< 0,003-0,015

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 3×10^{-3} (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

⁽²⁾ Los niveles inferiores se asocian a la utilización de la fusión eléctrica.

⁽³⁾ Cuando se utilicen KCl o NaCl como agentes de refino, el NEA-MTD será < 30 mg/Nm³ o < 0,09 kg/tonelada de vidrio fundido.

⁽⁴⁾ Los niveles inferiores se asocian a la utilización de la fusión eléctrica. Los niveles más elevados se asocian a la producción de vidrio opalino, el reciclado de las partículas del filtro o la utilización de unos niveles elevados de casco de vidrio externo en la formulación de la mezcla.

1.5.5. Metales de los hornos de fusión

43. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Minimización del uso de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla, mediante una selección adecuada de las materias primas cuando se requiera la coloración o decoloración del vidrio o cuando se confieran características específicas al mismo	Para la producción de cristal y vidrio al plomo, la minimización de los compuestos metálicos en la formulación de la mezcla está restringida por los límites fijados en la Directiva 69/493/CEE, que clasifica la composición química de los productos finales de vidrio.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 33

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico, excepto cuando se utiliza selenio para la decoloración del vidrio

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VII})	< 0,2-1	< 0,6-3 × 10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-5	< 3-15 × 10 ⁻³

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 3 × 10⁻³ (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

44. Si se utilizan compuestos de selenio para la decoloración del vidrio, la MTD consiste en reducir las emisiones de selenio del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización del uso de compuestos de selenio en la formulación de la mezcla mediante una selección adecuada de las materias primas	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 34

NEA-MTD para las emisiones de selenio del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico, cuando se utilizan compuestos de selenio para la decoloración del vidrio

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽²⁾
Compuestos de selenio, como Se	< 1	< 3 × 10 ⁻³

⁽¹⁾ Los valores se refieren a la suma de selenio total presente en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 3 × 10⁻³ (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

45. Si se utilizan compuestos de plomo para la fabricación de vidrio al plomo, la MTD consiste en reducir las emisiones de plomo del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción. Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
ii. Filtro de mangas	La técnica es de aplicación general.
iii. Precipitador electrostático	
iv. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en los apartados 1.10.1 y 1.10.5.

Tabla 35

NEA-MTD para las emisiones de plomo del horno de fusión en el sector del vidrio para uso doméstico, cuando se utilizan compuestos de plomo para la fabricación de vidrio al plomo

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Compuestos de plomo, expresados como Pb	< 0,5-1	< 1-3 × 10 ⁻³

⁽¹⁾ Los valores se refieren a la suma de plomo total presente en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 3 × 10⁻³ (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso en determinadas producciones.

1.5.6. Emisiones de procesos de acabado

46. En los procesos de acabado que generen polvo, la MTD consiste en reducir las emisiones de partículas y metales aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Realización de operaciones que generen partículas (por ejemplo, corte, triturado, pulido) con aplicación de líquido	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Aplicación de un sistema de filtro de mangas	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.8.

Tabla 36

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de los procesos de acabado que generen partículas en el sector del vidrio para uso doméstico, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas	< 1-10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI}) ⁽¹⁾	< 1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn) ⁽¹⁾	< 1-5
Compuestos de plomo, expresados como Pb ⁽²⁾	< 1-1,5

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases residuales.

⁽²⁾ Los niveles se refieren a las operaciones posteriores realizadas con vidrio al plomo.

47. En el caso de los procesos de pulido al ácido, la MTD consiste en reducir las emisiones de HF aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización de las pérdidas de producto de pulido garantizado un buen sellado del sistema de aplicación	Las técnicas son de aplicación general
ii. Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.6.

Tabla 37

NEA-MTD para las emisiones de HF de los procesos de pulido ácido en el sector del vidrio para uso doméstico, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 5

1.6. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de vidrios especiales

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de vidrios especiales.

1.6.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

48. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Reducción de los componentes volátiles mediante la modificación de las materias primas La formulación de la composición de la mezcla puede contener componentes muy volátiles (por ejemplo, boro, fluoruros) que constituyen los principales componentes de las partículas emitidas del horno de fusión.	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de calidad del vidrio producido.
ii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción. Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
iii. Sistema de filtrado: precipitador electrostático o filtro de mangas	La técnica es de aplicación general.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.1.

Tabla 38

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector de vidrios especiales

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido (1)
Partículas	< 10-20	< 0,03-0,13
	< 1-10 (2)	< 0,003-0,065

(1) Se han utilizado unos factores de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ y $6,5 \times 10^{-3}$ para determinar el nivel máximo y mínimo del rango de los NEA-MTD (véase la tabla 2), y algunos valores son aproximados. No obstante, es necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de vidrio producido (véase la tabla 2).

(2) Los NEA-MTD se aplican a las formulaciones de mezclas que contienen cantidades considerables de componentes considerados sustancias peligrosas de conformidad con el Reglamento (CE) n° 1272/2008.

1.6.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

49. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

I. Técnicas primarias, como por ejemplo:

Técnica (!)	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/com- bustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales. Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combus- tión reducida	Aplicable únicamente bajo circunstancias específicas de la instalación debido a una menor eficiencia del horno y a un mayor consumo de combustible (es decir, utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos)
c) Combustión por fases: — Introducción del aire por fases — Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a la complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Los beneficios ambientales suelen ser menores en las aplicaciones en hornos de gas de llama transversal debido a las limitaciones técnicas y a que el grado de flexibilidad del horno es menor. Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
ii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción. Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
iii. Fusión con oxicom- bustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

(!) Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

II. Técnicas secundarias, como por ejemplo:

Técnica (!)	Aplicabilidad
i. Reducción catalítica selectiva (SCR)	La aplicación puede exigir una actualización del sistema de reducción de las partículas para garantizar una concentración de las partículas inferior a 10-15 mg/Nm ³ y un sistema de desulfuración para la eliminación de las emisiones de SO _x . Debido al margen de temperaturas de operación óptimas, la aplicabilidad se limita a la utilización de precipitadores electrostáticos. Normalmente la técnica no se utiliza con un sistema de filtro de mangas debido a que la baja temperatura de operación, en el rango de 180-200 °C, exigiría el recalentamiento de los gases residuales. La aplicación de esta técnica puede exigir una disponibilidad de espacio considerable.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
ii. Reducción no catalítica selectiva (SNCR)	<p>Su aplicabilidad en los hornos regenerativos convencionales es muy limitada, puesto que en ellos resulta complicado alcanzar el rango de temperaturas adecuado o no permiten un mezclado adecuado de los gases de salida con el reactivo.</p> <p>Podría aplicarse a los hornos regenerativos nuevos dotados de regeneradores partidos; no obstante, resulta complicado mantener el rango de temperaturas debido a la inversión del encendido entre las cámaras, que provoca un cambio de temperatura cíclico.</p>

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 39

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector de vidrios especiales

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones de la combustión	600-800	1,5-3,2
	Fusión eléctrica	< 100	< 0,25-0,4
	Fusión con oxicom-bustión ⁽²⁾ ⁽³⁾	No procede.	< 1-3
	Técnicas secundarias	< 500	< 1-3

⁽¹⁾ Se han utilizado unos factores de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ y 4×10^{-3} para determinar los valores máximo y mínimo del rango de NEA-MTD (véase la tabla 2), y algunos valores son aproximados. Sin embargo, es necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de producción (véase la tabla 2).

⁽²⁾ Los niveles más elevados se asocian a una producción especial de tubos de vidrio de borosilicato para uso farmacéutico.

⁽³⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

50. Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla, la MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x mediante la minimización del uso de dichas materias primas, en combinación con técnicas primarias o secundarias.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
<p>Técnicas primarias</p> <p>— reducción al mínimo de la utilización de nitratos en la formulación de la mezcla.</p> <p>Los nitratos se utilizan para productos de calidad muy elevada que exigen unas características especiales del vidrio. Los sulfatos, los óxidos de arsénico o el óxido de cerio son materiales alternativos eficaces.</p>	<p>La sustitución de los nitratos en la formulación de la mezcla puede estar limitada por el elevado coste o el mayor impacto ambiental de los materiales alternativos.</p>

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.2.

Tabla 40

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector de vidrios especiales cuando se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla

Parámetro	MTD	NEA-MTD ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
NO _x expresados como NO ₂	Reducción al mínimo del aporte de nitratos a la formulación de la mezcla, en combinación con técnicas primarias o secundarias	< 500-1 000	< 1-6

⁽¹⁾ Los niveles inferiores se asocian a la utilización de la fusión eléctrica.

⁽²⁾ Se han utilizado unos factores de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ y $6,5 \times 10^{-3}$ para determinar respectivamente los valores mínimo y máximo del rango de NEA-MTD, y algunos valores son aproximados. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de producción (véase la tabla 2).

1.6.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

51. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La técnica es de aplicación general respetando las restricciones de los requisitos de calidad del producto de vidrio final.
ii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.3.

Tabla 41

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector de vidrios especiales

Parámetro	Técnica de fusión/combustible	NEA-MTD ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽²⁾
SO _x expresados como SO ₂	Gas natural, fusión eléctrica ⁽³⁾	< 30-200	< 0,08-0,5
	Fuelóleo ⁽⁴⁾	500-800	1,25-2

⁽¹⁾ Los rangos tienen en cuenta los balances de azufre variables, asociados al tipo de vidrio producido.

⁽²⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de producción.

⁽³⁾ Los niveles inferiores se asocian a la utilización de la fusión eléctrica y a las formulaciones de mezcla sin sulfatos.

⁽⁴⁾ Los niveles de emisiones asociados están relacionados con la utilización de fuelóleo con un contenido de azufre del 1 % en combinación con técnicas de reducción secundarias.

1.6.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

52. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones de la formulación de la mezcla correspondientes al tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas
ii. Minimización del contenido de flúor o cloro en la formulación de la mezcla y optimización del balance de masas de flúor o cloro. Los compuestos de flúor se utilizan para conferir características específicas a los vidrios especiales (por ejemplo, vidrio para iluminación opaco, vidrio óptico). Los compuestos de cloro pueden utilizarse como agentes de afinado para la producción de vidrio de borosilicato.	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de los requisitos de calidad del producto final.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.4.

Tabla 42

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector de vidrios especiales

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl ⁽²⁾	< 10-20	< 0,03-0,05
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 1-5	< 0,003-0,04 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ (véase la tabla 2); algunos valores son aproximados. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de producción.

⁽²⁾ Los niveles más elevados se asocian a la utilización de materiales que contienen cloro en la formulación de la mezcla.

⁽³⁾ El valor máximo del rango se ha obtenido de datos específicos comunicados.

1.6.5. Metales de los hornos de fusión

53. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones impuestas por el tipo de vidrio producido en las instalaciones y por la disponibilidad de materias primas.
ii. Minimización de la utilización de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla, mediante una selección adecuada de las materias primas cuando se requiera la coloración o decoloración del vidrio o cuando se confieran características específicas al mismo	Las técnicas son de aplicación general.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 43

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector de vidrios especiales

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽³⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 0,1-1	< $0,3-3 \times 10^{-3}$
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-5	< $3-15 \times 10^{-3}$

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, en la fase tanto sólida como gaseosa.

⁽²⁾ Los niveles inferiores son los NEA-MTD cuando no se utilizan compuestos metálicos intencionadamente en la formulación de la mezcla.

⁽³⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ (véase la tabla 2); algunos valores de la tabla podrían ser aproximados. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de producción.

1.6.6. Emisiones de procesos de acabado

54. En los procesos de acabado que generen polvo, la MTD consiste en reducir las emisiones de partículas y metales aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Realización de operaciones que generen partículas (por ejemplo, corte, triturado, pulido) con aplicación de líquido	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Aplicación de un sistema de filtro de mangas	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.8.

Tabla 44

NEA-MTD para las emisiones de partículas y metales de los procesos posteriores en el sector de vidrios especiales, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas	1-10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VII}) ⁽¹⁾	< 1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn) ⁽¹⁾	< 1-5

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases residuales.

55. En el caso de los procesos de pulido al ácido, la MTD consiste en reducir las emisiones de HF aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Descripción
i. Minimización de las pérdidas de producto del pulido garantizado un buen sellado del sistema de aplicación	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.6.

Tabla 45

NEA-MTD para las emisiones de HF de los procesos de pulido ácido en el sector de vidrios especiales, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 5

1.7. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de lana mineral

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de lana mineral.

1.7.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

56. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando un sistema de precipitador electrostático o de filtro de mangas

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Sistema de filtrado: precipitador electrostático o filtro de mangas	La técnica es de aplicación general. Los precipitadores electrostáticos no se pueden aplicar en los hornos de cubilote para la producción de lana de roca debido al riesgo de explosión por la ignición del monóxido de carbono producido dentro del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.1.

Tabla 46

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector de la lana mineral

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Partículas	< 10-20	< 0,02-0,050

⁽¹⁾ Se han utilizado unos factores de conversión de 2×10^{-3} y $2,5 \times 10^{-3}$ para determinar el nivel máximo y mínimo del rango de NEA-MTD (véase la tabla 2), con el objeto de abarcar la producción tanto de lana de vidrio como de lana de roca.

1.7.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

57. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	Aplicable únicamente bajo circunstancias específicas de la instalación debido a una menor eficiencia del horno y a un mayor consumo de combustible (es decir, utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos).
c) Combustión por fases: — Introducción del aire por fases — Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a la complejidad técnica.
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Los beneficios ambientales suelen ser menores en las aplicaciones en hornos de gas de llama transversal debido a las limitaciones técnicas y a que el grado de flexibilidad del horno es menor. Se aprovechan todas sus ventajas con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
ii. Fusión eléctrica	No es aplicable a la producción de vidrio en grandes volúmenes (> 300 toneladas/día). No es aplicable a la producción que exija grandes variaciones del ritmo de producción Su aplicación exige una reconstrucción completa del horno.
iii. Fusión con oxicomustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 47

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector de la lana mineral

Parámetro	Producto	Técnica de fusión	NEA-MTD	
			mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido (1)
NO _x expresados como NO ₂	Lana de vidrio	Hornos eléctricos y de combustible/aire	< 200-500	< 0,4-1,0
		Fusión con oxígeno-gas combustible (2)	No procede	< 0,5
	Lana de roca	Todos los tipos de hornos	< 400-500	< 1,0-1,25

(1) Se ha aplicado un factor de conversión de 2×10^{-3} para la lana de vidrio y de $2,5 \times 10^{-3}$ para la lana de roca (véase la tabla 2).

(2) Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

58. Si se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla para la producción de lana de vidrio, la MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización de la utilización de nitratos en la formulación de la mezcla. Se aplican nitratos como agentes oxidantes en la formulación de mezclas con altos niveles de casco de vidrio externo para compensar la presencia de material orgánico en el casco de vidrio.	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de los requisitos de calidad del producto final.
ii. Fusión eléctrica	La técnica es de aplicación general. La aplicación de la fusión eléctrica exige una reconstrucción completa del horno.
iii. Fusión con oxidación	La técnica es de aplicación general. Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.2.

Tabla 48

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en la producción de lana de vidrio cuando se utilizan nitratos en la formulación de la mezcla

Parámetro	MTD	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
NO _x expresados como NO ₂	Minimización del aporte de nitratos a la formulación de la mezcla, en combinación con técnicas primarias	< 500-700	< 1,0-1,4 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 2×10^{-3} (véase la tabla 2).

⁽²⁾ Los niveles inferiores de los rangos se asocian a la aplicación de fusión con oxidación.

1.7.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

59. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	En la producción de lana de vidrio, la técnica es de aplicación general respetando las restricciones de disponibilidad de las materias primas con bajo contenido de azufre, en particular de casco de vidrio externo. Unos niveles elevados de casco de vidrio externo en la formulación de la mezcla limitan la posibilidad de optimizar el balance de azufre debido a un contenido de azufre variable. En la producción de lana de roca, la optimización del balance de azufre puede exigir un método de compensación entre la supresión de las emisiones de SO _x de los gases de salida y la gestión de los residuos sólidos, derivados del tratamiento de los gases de salida (polvo del filtro) o el proceso de desfibrado, que pueden reciclarse en la formulación de la mezcla (briquetas de cemento) o bien tener que eliminarse.
ii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	Los precipitadores electrostáticos no pueden utilizarse en los hornos de cubilote para la producción de lana de roca (véase la MTD 56).
iv. Utilización de lavado húmedo	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones técnicas, como la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales específica.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.3 y 1.10.6.

Tabla 49

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector de la lana mineral

Parámetro	Producto/condiciones	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
SO _x expresados como SO ₂	Lana de vidrio		
	Hornos eléctricos y de gas ⁽²⁾	< 50-150	< 0,1-0,3
	Lana de roca		
	Hornos eléctricos y de gas	< 350	< 0,9
	Hornos de cubilote, sin briquetas ni reciclado de escorias ⁽³⁾	< 400	< 1,0
	Hornos de cubilote, con briquetas de cemento o reciclado de escorias ⁽⁴⁾	< 1 400	< 3,5

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 2×10^{-3} para la lana de vidrio y de $2,5 \times 10^{-3}$ para la lana de roca (véase la tabla 2).

⁽²⁾ Los niveles inferiores de los rangos se asocian a la utilización de la fusión eléctrica. Los niveles más elevados se asocian a altos niveles de reciclado de casco de vidrio.

⁽³⁾ El NEA-MTD se asocia a unas condiciones en que la reducción de las emisiones de SO_x tiene mayor prioridad que una menor producción de residuos sólidos.

⁽⁴⁾ Cuando la reducción de los residuos tenga más prioridad que las emisiones de SO_x, pueden preverse unos valores de emisiones más elevados. Los niveles que pueden alcanzarse deberán basarse en un balance de azufre.

1.7.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

60. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Descripción
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de la formulación de la mezcla y la disponibilidad de materias primas.
ii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	Los precipitadores electrostáticos no pueden utilizarse en los hornos de cubilote para la producción de lana de roca (véase la MTD 56).

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.4.

Tabla 50

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector de la lana mineral

Parámetro	Producto	NEA-MTD	
		mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	Lana de vidrio	< 5-10	< 0,01-0,02
	Lana de roca	< 10-30	< 0,025-0,075
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	Todos los productos	< 1-5	< 0,002-0,013 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 2×10^{-3} para la lana de vidrio y de $2,5 \times 10^{-3}$ para la lana de roca (véase la tabla 2).

⁽²⁾ Se han utilizado los factores de conversión de 2×10^{-3} y $2,5 \times 10^{-3}$ para determinar los valores máximo y mínimo del rango de NEA-MTD (véase la tabla 2).

1.7.5. Sulfuro de hidrógeno (H₂S) de los hornos de fusión de lana de roca

61. La MTD consiste en reducir las emisiones de H₂S del horno de fusión aplicando un sistema de incineración de los gases residuales para oxidar el sulfuro de hidrógeno a SO₂

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Sistema de incineración de gases residuales	La técnica se aplica en general a los hornos de cubilote de lana de roca.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.9.

Tabla 51

NEA-MTD para las emisiones de H₂S del horno de fusión en la producción de lana de roca

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽¹⁾
Sulfuro de hidrógeno, expresado como H ₂ S	< 2	< 0,005

⁽¹⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de $2,5 \times 10^{-3}$ para la lana de roca (véase la tabla 2).

1.7.6. Metales de los hornos de fusión

62. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de disponibilidad de materias primas. En la producción de lana de vidrio, la utilización de manganeso como agente oxidante en la formulación de la mezcla depende de la cantidad y la calidad del casco de vidrio externo utilizado en la formulación de la mezcla y podrá minimizarse en consonancia.
ii. Aplicación de un sistema de filtrado	Los precipitadores electrostáticos no pueden utilizarse en los hornos de cubilote para la producción de lana de roca (véase la MTD 56).

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 52

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector de la lana mineral

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 0,2-1 ⁽³⁾	< 0,4-2,5 × 10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 1-2 ⁽³⁾	< 2-5 × 10 ⁻³

⁽¹⁾ Los rangos se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se han utilizado los factores de conversión de 2×10^{-3} y $2,5 \times 10^{-3}$ para determinar los valores máximo y mínimo del rango de NEA-MTD (véase la tabla 2).

⁽³⁾ Los niveles más elevados se asocian a la utilización de hornos de cubilote para la producción de lana de roca.

1.7.7. Emisiones de procesos de acabado

63. La MTD consiste en reducir las emisiones de los procesos de acabado aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
<p>i. Ciclones y chorros de impacto</p> <p>La técnica se basa en la eliminación de partículas y gotas de gases residuales mediante el impacto/choque de flujos, así como de las sustancias gaseosas mediante la absorción parcial con agua. Para los chorros de impacto normalmente se utiliza agua del proceso. El agua del proceso de reciclado se filtra antes de volver a aplicarla.</p>	<p>La técnica es de aplicación general en el sector de la lana mineral, en particular en los procesos de lana de vidrio para el tratamiento de las emisiones de la zona de formación (recubrimiento de las fibras).</p> <p>Aplicabilidad limitada en los procesos de lana de roca, dado que podría perjudicar a otras técnicas de eliminación utilizadas.</p>
<p>ii. Lavadores húmedos</p>	<p>La técnica es de aplicación general para el tratamiento de gases residuales del proceso de formación (recubrimiento de las fibras) o para los gases residuales combinados (formación más curado).</p>
<p>iii. Precipitadores electrostáticos húmedos</p>	<p>La técnica es de aplicación general para el tratamiento de gases residuales del proceso de formación (recubrimiento de las fibras), de los hornos de curado o para los gases residuales combinados (formación más curado).</p>
<p>iv. Filtros de lana de roca</p> <p>Consisten en una estructura de hormigón o acero en la que se montan las hojas de lana de roca y actúa como un medio de filtrado. El medio de filtrado debe limpiarse o cambiarse periódicamente. Este filtro es adecuado para gases residuales con un alto contenido de humedad y partículas de carácter adhesivo.</p>	<p>La aplicabilidad está limitada principalmente a los procesos de lana de roca para los gases residuales de la zona de formación o de los hornos de curado</p>
<p>v. Incineración de gases residuales</p>	<p>La técnica es de aplicación general para el tratamiento de los gases residuales de los hornos de curado, en particular para los procesos de lana de roca.</p> <p>La aplicación a los gases residuales combinados (formación más curado) no resulta económicamente viable debido al elevado volumen, la baja concentración y la baja temperatura de los gases residuales.</p>

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.7 y 1.10.9.

Tabla 53

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de los procesos de acabado del sector de la lana mineral, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada producto acabado
Zona de formación. Emisiones combinadas de la formación y el curado. Emisiones combinadas de la formación, el curado y la refrigeración		
Total de partículas	< 20-50	—
Fenol	< 5-10	—
Formaldehído	< 2-5	—
Amoníaco	30-60	—

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada producto acabado
Aminas	< 3	—
Total de compuestos orgánicos volátiles, expresados como C	10-30	—
Emisiones de hornos de curado ⁽¹⁾ ⁽²⁾		
Total de partículas	< 5-30	< 0,2
Fenol	< 2-5	< 0,03
Formaldehído	< 2-5	< 0,03
Amoníaco	< 20-60	< 0,4
Aminas	< 2	< 0,01
Total de compuestos orgánicos volátiles, expresados como C	< 10	< 0,065
NO _x , expresados como NO ₂	< 100-200	< 1

⁽¹⁾ Los niveles de emisiones expresados en kg/tonelada de producto acabado no se ven afectados por el grosor del fieltro de lana mineral producido, ni por la dilución o concentración extremas de los gases de salida. Se ha utilizado un factor de conversión de $6,5 \times 10^{-3}$.

⁽²⁾ Si se producen lanas minerales con alta densidad o alto contenido de aglomerante, los niveles de emisiones asociados a las técnicas enumeradas como MTD en el sector podrían ser considerablemente superiores a estos NEA-MTD. Si estos tipos de productos constituyen la mayor parte de la producción en unas instalaciones determinadas, deberán tenerse en cuenta otras técnicas.

1.8. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de lanas de aislamiento de alta temperatura (HTIW)

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de lanas de aislamiento de alta temperatura.

1.8.1. Emisiones de partículas de la fusión y de los procesos posteriores

64. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando un sistema de filtrado.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
El sistema de filtrado suele consistir en un filtro de mangas.	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.1.

Tabla 54

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura

Parámetro	MTD	NEA-MTD
		mg/Nm ³
Partículas	Limpieza de los gases de salida mediante sistemas de filtrado	< 5-20 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los valores se asocian a la utilización de un sistema de filtro de mangas.

65. En el caso de los procesos de acabado que generen partículas, la MTD consiste en reducir las emisiones aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
<p>i. Minimización de las pérdidas de producto garantizado un sellado óptimo de la línea de producción, cuando sea viable técnicamente.</p> <p>Las fuentes potenciales de emisiones de fibras y partículas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — desfibrado y recogida — formación de fieltros (formación de agujas) — quema del lubricante — corte, recorte y envasado del producto acabado. <p>Una construcción, sellado y mantenimiento óptimos del sistema de procesamiento de acabados son esenciales para reducir al mínimo las pérdidas de producto en el aire.</p>	Las técnicas son de aplicación general.
<p>ii. Corte, recorte y envasado al vacío, aplicando un sistema de extracción eficaz junto con un filtro de tela.</p> <p>En la estación de trabajo (por ejemplo, la cortadora, las cajas de cartón de empaquetado) se aplica presión negativa para extraer las partículas y fibras liberadas y recogerlas en un filtro de tela.</p>	
<p>iii. Aplicación de un sistema de filtro de tela ⁽¹⁾.</p> <p>Los gases residuales de las operaciones de acabado (por ejemplo, desfibrado, formación de fieltro, quema del lubricante) se transportan a un sistema de tratamiento formado por un filtro de mangas.</p>	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.1.

Tabla 55

NEA-MTD para los procesos de acabado que generan partículas en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas ⁽¹⁾	1-5

⁽¹⁾ El nivel inferior del rango se asocia a emisiones de lana de vidrio de silicato de aluminio/fibras cerámicas refractarias (ASW/RCF).

1.8.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión y de los procesos de acabado

66. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de quema de lubricante aplicando modificaciones o medidas de control de la combustión

Técnica	Aplicabilidad
<p>Modificaciones o medidas de control de la combustión.</p> <p>Entre las técnicas de reducción de la formación de emisiones térmicas de NO_x se incluye el control de los parámetros de combustión principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> — relación aire/combustible (contenido de oxígeno en la zona de reacción) — temperatura de la llama — tiempo de permanencia en la zona de alta temperatura. <p>Un control óptimo de la combustión consiste en la generación de las condiciones que resulten menos favorables para la formación de NO_x.</p>	La técnica es de aplicación general

Tabla 56

NEA-MTD para los NO_x del horno de quema del lubricante en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura

Parámetro	MTD	NEA-MTD
		mg/Nm ³
NO _x expresados como NO ₂	Modificaciones o medidas de control de la combustión	100-200

1.8.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión y de los procesos de acabado

67. La MTD consiste en reducir las emisiones de SO_x de los hornos de fusión y de los procesos de acabado aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de azufre	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de disponibilidad de materias primas.
ii. Utilización de combustible con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.3.

Tabla 57

NEA-MTD para las emisiones de SO_x de los hornos de fusión y de los procesos de acabado en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura

Parámetro	MTD	NEA-MTD
		mg/Nm ³
SO _x expresados como SO ₂	Técnicas primarias	< 50

1.8.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

68. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión mediante la selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de azufre	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.4.

Tabla 58

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector de de las lanas de aislamiento de alta temperatura

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	< 10
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 5

1.8.5. Metales de los hornos de fusión y de los procesos de acabado

69. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión o de los procesos de acabado aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Aplicación de un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.5.

Tabla 59

NEA-MTD para las emisiones de metal del horno de fusión o de los procesos de acabado en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾
	mg/Nm ³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 5

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, en la fase tanto sólida como gaseosa.

1.8.6. Compuestos orgánicos volátiles de los procesos de acabado

70. La MTD consiste en reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) del horno de quema del lubricante aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Control de la combustión, incluyendo la supervisión de las emisiones asociadas de CO. La técnica consiste en controlar los parámetros de combustión (por ejemplo, el contenido de oxígeno en la zona de reacción, la temperatura de la llama) para garantizar una combustión total de los compuestos orgánicos (por ejemplo, polietilenglicol) en los gases residuales. La supervisión de las emisiones de monóxido de carbono permite controlar la presencia de materiales orgánicos que no se han sometido a combustión.	La técnica es de aplicación general. La viabilidad económica puede limitar la aplicabilidad de estas técnicas debido a los bajos volúmenes de gases residuales y bajas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles.
ii. Incineración de gases residuales	
iii. Lavadores húmedos	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en los apartados 1.10.6 y 1.10.9.

Tabla 60

NEA-MTD para las emisiones de COV del horno de quema del lubricante en el sector de las lanas de aislamiento de alta temperatura, cuando se tratan por separado

Parámetro	MTD	NEA-MTD
		mg/Nm ³
Compuestos orgánicos volátiles, expresados como C	Técnicas primarias o secundarias	10-20

1.9. Conclusiones sobre las MTD en la fabricación de fritas

Salvo que se indique expresamente lo contrario, las conclusiones sobre las MTD presentadas en este apartado pueden aplicarse a todas las instalaciones de fabricación de fritas.

1.9.1. Emisiones de partículas de los hornos de fusión

71. La MTD consiste en reducir las emisiones de partículas de los gases residuales del horno de fusión aplicando un sistema de precipitador electrostático o de filtro de mangas.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
Sistema de filtrado: precipitador electrostático o filtro de mangas	La técnica es de aplicación general.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.1.

Tabla 61

NEA-MTD para las emisiones de partículas del horno de fusión en el sector de las fritas

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido ⁽¹⁾
Partículas	< 10-20	< 0,05-0,15

⁽¹⁾ Se han utilizado unos factores de conversión de 5×10^{-3} y $7,5 \times 10^{-3}$ para determinar los niveles máximo y mínimo del rango de los NEA-MTD (véase la tabla 2). No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de combustión.

1.9.2. Óxidos de nitrógeno (NO_x) de los hornos de fusión

72. La MTD consiste en reducir las emisiones de NO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Reducción al mínimo de la utilización de nitratos en la formulación de la mezcla. En la producción de fritas, los nitratos se utilizan en la formulación de las mezclas de numerosos productos para obtener las características necesarias.	La sustitución de los nitratos en la formulación de la mezcla puede estar limitada por el elevado coste o el impacto ambiental de los materiales alternativos o por los requisitos de calidad del producto final.
ii. Reducción del aire parasitario que entra en el horno. La técnica consiste en evitar la entrada de aire en el horno, sellando los bloques de quemadores, el alimentador de material de la mezcla y otros orificios del horno de fusión.	La técnica es de aplicación general.
iii. Modificaciones de la combustión	
a) Reducción de la relación aire/combustible	Aplicable a hornos de combustible-aire convencionales. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
b) Temperatura del aire de combustión reducida	Aplicable únicamente de acuerdo con condiciones específicas de las instalaciones, debido a una menor eficiencia del horno y un mayor consumo de combustible.
c) Combustión por fases: — Introducción del aire por fases — Introducción del combustible por fases	La introducción del combustible por fases se aplica a la mayoría de hornos de combustible-aire convencionales. La introducción del aire por fases tiene una aplicabilidad muy limitada debido a su complejidad técnica.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
d) Recirculación de los gases de salida	La aplicabilidad de esta técnica se limita a la utilización de quemadores especiales con recirculación automática de los gases residuales.
e) Quemadores de bajo NO _x	La técnica es de aplicación general. Se aprovechan todos sus beneficios con una reconstrucción tanto normal como completa del horno, si se combinan con una geometría y diseño óptimos del horno.
f) Elección del combustible	La aplicabilidad está limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de los diversos tipos de combustible, que puede estar afectada por la política energética de cada Estado miembro.
iv. Fusión con oxicomustión	Los máximos beneficios ambientales se consiguen cuando se aplica durante una reconstrucción completa del horno.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de la técnica en el apartado 1.10.2.

Tabla 62

NEA-MTD para las emisiones de NO_x del horno de fusión en el sector del vidrio de frita

Parámetro	MTD	Condiciones operativas	NEA-MTD ⁽¹⁾	
			mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
NO _x expresados como NO ₂	Técnicas primarias	Calentamiento con oxicomustión, sin nitratos ⁽³⁾	No procede.	< 2,5-5
		Calentamiento con oxicomustión, con utilización de nitratos	No procede.	5-10
		Combustión de aire/combustible, combustión de aire enriquecido con oxígeno/combustible, sin nitratos	500-1 000	2,5-7,5
		Combustión de aire/combustible, combustión de aire enriquecido con oxígeno/combustible, con utilización de nitratos	< 1 600	< 12

⁽¹⁾ Los rangos tienen en cuenta la combinación de los gases de salida de los hornos, aplicando diferentes técnicas de fusión y produciendo diversos tipos de frita, con o sin nitratos en las formulaciones de mezcla, que pueden canalizarse a una única chimenea, excluyendo la posibilidad de conferir características especiales a cada técnica de fusión empleada y a los diferentes productos.

⁽²⁾ Se han utilizado los factores de conversión de 5×10^{-3} y $7,5 \times 10^{-3}$ para determinar los valores mínimo y máximo del rango. No obstante, puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de combustión (véase la tabla 2).

⁽³⁾ Los niveles que se pueden alcanzar dependen de la calidad del gas natural y del oxígeno disponibles (contenido de nitrógeno).

1.9.3. Óxidos de azufre (SO_x) de los hornos de fusión

73. La MTD consiste en controlar las emisiones de SO_x del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de azufre	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de disponibilidad de materias primas.
ii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.
iii. Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La aplicabilidad puede estar limitada por las restricciones asociadas a la disponibilidad de combustibles con bajo contenido de azufre, que puede estar afectada por la política energética del Estado miembro.

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.3.

Tabla 63

NEA-MTD para las emisiones de SO_x del horno de fusión en el sector de las fritas

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido (1)
SO _x , expresados como SO ₂	< 50-200	< 0,25-1,5

(1) Se han utilizado los factores de conversión de 5×10^{-3} y $7,5 \times 10^{-3}$; no obstante, los valores indicados en la tabla podrían ser aproximados. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de combustión (véase la tabla 2).

1.9.4. Cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF) de hornos de fusión

74. La MTD consiste en reducir las emisiones de HCl y HF del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor.	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones de la formulación de la mezcla y la disponibilidad de materias primas.
ii. Minimización de los compuestos de flúor en la formulación de la mezcla, cuando se utilicen para garantizar la calidad del producto final. Los compuestos de flúor se utilizan para conferir características específicas a las fritas (por ejemplo, resistencia térmica y química).	La minimización o la sustitución de los compuestos de flúor por materiales alternativos están limitadas por los requisitos de calidad del producto.
iii. Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	La técnica es de aplicación general.

(1) Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.4.

Tabla 64

NEA-MTD para las emisiones de HCl y HF del horno de fusión en el sector de las fritas

Parámetro	NEA-MTD	
	mg/Nm ³	kg/tonelada de vidrio fundido (1)
Cloruro de hidrógeno, expresado como HCl	< 10	< 0,05
Fluoruro de hidrógeno, expresado como HF	< 5	< 0,03

(1) Se ha utilizado el factor de conversión de 5×10^{-3} , y algunos valores están aproximados. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de combustión (véase la tabla 2).

1.9.5. Metales de los hornos de fusión

75. La MTD consiste en reducir las emisiones de metales del horno de fusión aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica (1)	Aplicabilidad
i. Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La técnica es de aplicación general, respetando las restricciones del tipo de frita producida en las instalaciones y la disponibilidad de materias primas.

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
ii. Minimización del uso de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla, cuando se requiera coloración o conferir otras características específicas a la frita	Las técnicas son de aplicación general.
iii. Lavado en seco o semisecco, en combinación con un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.5.

Tabla 65

NEA-MTD para las emisiones de metales del horno de fusión en el sector de las fritas

Parámetro	NEA-MTD ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonelada vidrio fundido ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 1	< 7,5 × 10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 5	< 37 × 10 ⁻³

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases de salida, tanto en la fase sólida como en la gaseosa.

⁽²⁾ Se ha aplicado un factor de conversión de 7,5 × 10⁻³. Puede ser necesario aplicar un factor de conversión específico para cada caso, en función del tipo de combustión (véase la tabla 2).

1.9.6. Emisiones de procesos posteriores

76. En el caso de los procesos posteriores que generen partículas, la MTD consiste en reducir las emisiones aplicando al menos una de las técnicas siguientes:

Técnica ⁽¹⁾	Aplicabilidad
i. Aplicación de técnicas de molturación húmedas. La técnica consiste en el triturado de la frita hasta obtener la granulometría deseada, con líquido suficiente para formar barbotina. El proceso suele realizarse en trituradores de bolas de alúmina con agua.	Las técnicas son de aplicación general.
ii. Operaciones de molturación en seco y empaquetado de productos en seco, aplicando un sistema de extracción eficaz junto con un filtro de tela. Se aplica presión negativa al equipo de molturado o a la estación de trabajo donde se realice el empaquetado para encauzar las emisiones de partículas a un filtro de tela.	
iii. Aplicación de un sistema de filtrado	

⁽¹⁾ Se incluye una descripción de las técnicas en el apartado 1.10.1.

Tabla 66

NEA-MTD para las emisiones atmosféricas de los procesos posteriores del sector de las fritas, cuando se tratan por separado

Parámetro	NEA-MTD
	mg/Nm ³
Partículas	5-10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	< 1 ⁽¹⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	< 5 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los niveles se refieren a la suma de los metales presentes en los gases residuales.

Glosario

1.10. Descripción de las técnicas

1.10.1. Emisiones de partículas

Técnica	Descripción
Precipitador electrostático	Los precipitadores electrostáticos funcionan de tal modo que las partículas se cargan y separan bajo la influencia de un campo eléctrico. Los precipitadores electrostáticos pueden funcionar en condiciones muy diversas.
Filtro de mangas	Los filtros de mangas están fabricados con telas porosas tejidas o afieltradas a través de las cuales se hacen fluir los gases para eliminar las partículas. La utilización de filtros de mangas exige una correcta selección del material de la tela en función de las características de los gases residuales y de la temperatura máxima de operación.
Reducción de los componentes volátiles mediante la modificación de las materias primas	La formulación de las composiciones de las mezclas puede incluir componentes extremadamente volátiles (por ejemplo, compuestos de boro) que podrían minimizarse o sustituirse para reducir las emisiones de partículas que generan, principalmente, los fenómenos de volatilización.
Fusión eléctrica	La técnica consiste en la utilización de un horno de fusión que recibe energía mediante calentamiento por resistencia. En los hornos de bóveda fría (en los que los electrodos suelen introducirse en la parte inferior del horno), la capa de mezcla cubre la superficie del vidrio fundido, reduciendo considerablemente la volatilización de los componentes de la mezcla (es decir, los compuestos de plomo)

1.10.2. Emisiones de NO_x

Técnica	Descripción
Modificaciones de la combustión	
i. Reducción de la relación aire/combustible	La técnica se basa principalmente en los siguientes aspectos: — minimización de las entradas de aire hacia el interior del horno — control exhaustivo del aire utilizado para la combustión — modificación del diseño de la cámara de combustión del horno.
ii. Temperatura del aire de combustión reducida	La utilización de hornos de recuperación en lugar de hornos regenerativos provoca una reducción de la temperatura de precalentamiento del aire y, en consecuencia, una menor temperatura de la llama. No obstante, esto se asocia a una menor eficiencia del horno (menor tirada específica), una menor eficiencia en la utilización del combustible, así como un mayor consumo del mismo, lo cual puede provocar un nivel de emisiones más elevado (kg/tonelada de vidrio).
iii. Combustión por fases	— Introducción del aire por fases-implica la ignición subestequiométrica y la introducción del oxígeno o aire restante en el horno para una combustión completa. — Introducción del combustible por fases-se desarrolla una llama primaria de bajo impulso en el conducto del quemador (10 % de la energía total); una llama secundaria cubre la base de la llama primaria, reduciendo la temperatura del núcleo.
iv. Recirculación de los gases de salida	Implica la reinyección del gas residual desde el horno a la llama para reducir el contenido de oxígeno y, por consiguiente, la temperatura de la llama. La utilización de quemadores especiales se basa en la recirculación interna de los gases de combustión, que enfría la base de las llamas y reduce el contenido de oxígeno en la parte más caliente de las llamas.
v. Quemadores de bajo NO _x	La técnica se basa en los principios de reducción de las temperaturas punta de las llamas, la finalización, aunque retrasada, de la combustión y el aumento de la transferencia térmica (mayor emisividad de la llama). Puede ir asociada a una modificación del diseño de la cámara de combustión del horno.

Técnica	Descripción
vi. Elección del combustible	Por lo general, los hornos alimentados con fuelóleo registran unas emisiones de NO_x inferiores respecto a los hornos de gas debido a una mejor emisividad técnica y a unas temperaturas de las llamas inferiores.
Horno de diseño especial	<p>Horno de recuperación que integra diversas funciones, permitiendo la reducción de las temperaturas de las llamas. Sus principales características son:</p> <ul style="list-style-type: none"> — tipo específico de quemadores (número y colocación) — geometría del horno modificada (altura y tamaño) — precalentamiento de las materias primas en dos fases, en el que los gases residuales pasan por la materia prima que entra en el horno y se utiliza un precalentador del casco de vidrio externo, posterior al recuperador utilizado para el precalentamiento del aire de combustión.
Fusión eléctrica	<p>La técnica consiste en la utilización de un horno de fusión que recibe energía mediante calentamiento por resistencia. Sus principales características son:</p> <ul style="list-style-type: none"> — los electrodos suelen introducirse en la parte inferior del horno (bóveda fría) — en la composición de la mezcla en hornos eléctricos de bóveda fría suelen necesitarse nitratos para obtener las condiciones de oxidación necesarias para un proceso de fabricación estable, seguro y eficiente.
Fusión con oxicomustión	La técnica implica la sustitución del aire de combustión por oxígeno (pureza > 90 %), con la consecuente eliminación/reducción de la formación térmica de NO_x a partir del nitrógeno que entra en el horno. El contenido residual de nitrógeno en el horno depende de la pureza del oxígeno suministrado, de la calidad del combustible (% de N_2 en el gas natural) y de la posible entrada de aire.
Reducción química por combustible	La técnica se basa en la inyección de combustible fósil en el gas residual con la reducción química de los NO_x a N_2 mediante una serie de reacciones. En el proceso 3R, el combustible (el gas natural o el fuelóleo) se inyecta en la entrada del regenerador. La tecnología está pensada para ser utilizada en hornos regenerativos.
Reducción catalítica selectiva (SCR)	<p>La técnica se basa en la reducción del NO_x a nitrógeno en una capa catalizadora mediante una reacción con amoníaco (en una solución acuosa general) a una temperatura de operación óptima de alrededor de 300-450 °C.</p> <p>Se pueden aplicar una o dos capas catalizadoras. Se obtiene una mayor reducción de NO_x utilizando una mayor cantidad de catalizador (dos capas).</p>
Reducción no catalítica selectiva (SNCR)	<p>La técnica se basa en la reducción de NO_x a nitrógeno mediante la reacción con amoníaco o urea a altas temperaturas.</p> <p>Deberá mantenerse un margen de temperatura de operación de entre 900 y 1 050 °C.</p>
Reducción al mínimo de la utilización de nitratos en la formulación de la mezcla	<p>La minimización de los nitratos se utiliza para reducir las emisiones de NO_x derivadas de la descomposición de estas materias primas cuando se aplica como agente oxidante para productos de muy alta calidad, en los que se necesita vidrio (transparente) muy incoloro o, en caso de otros vidrios, para proporcionar las características deseadas. Pueden aplicarse las siguientes opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Reducir la presencia de nitratos en la formulación de la mezcla al mínimo apropiado en función de los requisitos de fusión y del producto. — Sustituir los nitratos por materiales alternativos. Los sulfatos, los óxidos de arsénico o el óxido de cerio son materiales alternativos eficaces. — Aplicación de modificaciones del proceso (por ejemplo, unas condiciones de combustión especiales para la oxidación).

1.10.3. Emisiones de SO_x

Técnica	Descripción
Lavado en seco o semisecco, en combinación con un sistema de filtrado	Se introduce partículas seco o una suspensión/solución de reactivo alcalino y se dispersa en la corriente de gas residual. El material reacciona con los gases azufrados para formar un elemento sólido que deberá eliminarse mediante el filtrado (filtro de mangas o precipitador electrostático). Por lo general, la utilización de una torre de reacción mejora la eficiencia de eliminación del sistema de lavado.
Reducción del contenido de azufre al mínimo en la formulación de la mezcla y optimización del balance de azufre	La minimización del contenido de azufre en la formulación de la mezcla se utiliza para reducir las emisiones de SO _x derivadas de la descomposición de materias primas que contienen azufre (normalmente, sulfatos) y que se utilizan como agentes de afinado. La reducción eficaz de las emisiones de SO _x depende de la retención de los compuestos de azufre en el vidrio, que puede variar considerablemente en función del tipo de vidrio, y de la optimización del balance de azufre.
Utilización de combustibles con bajo contenido de azufre	La utilización de gas natural o de fuelóleo con bajo contenido de azufre sirve para reducir la cantidad de emisiones de SO _x derivadas de la oxidación del azufre presente en el combustible durante la combustión.

1.10.4. Emisiones de HCl, HF

Técnica	Descripción
Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de cloro y flúor	La técnica consiste en una cuidadosa selección de las materias primas que pueden contener cloro y flúor como impurezas (por ejemplo, carbonato sódico sintético, dolomita, casco de vidrio externo, partículas de filtro reciclado) para reducir, desde la fuente, las emisiones de HCl y HF derivadas de la descomposición de estos materiales durante el proceso de fusión.
Minimización del contenido de flúor o cloro en la formulación de la mezcla y optimización del balance de masas de flúor o cloro	La minimización de las emisiones de flúor o cloro del proceso de fusión se puede lograr minimizando/reduciendo la utilización de dichas sustancias en la formulación de la mezcla al mínimo apropiado para la calidad del producto final. Los compuestos de flúor (por ejemplo, espato flúor, criolita, silicato de flúor) se utilizan para conferir características específicas a los vidrios especiales (por ejemplo, vidrio opaco, vidrio óptico). Los compuestos de cloro pueden utilizarse como agentes de afinado.
Lavado en seco o semisecco, en combinación con un sistema de filtrado	Se introducen partículas seco o una suspensión/solución de reactivo alcalino y se dispersa en la corriente de gas residual. El material reacciona con los cloruros y fluoruros gaseosos para formar un elemento sólido que deberá eliminarse mediante el filtrado (filtro de mangas o precipitador electrostático).

1.10.5. Emisiones de metales

Técnica	Descripción
Selección de materias primas para la formulación de la mezcla con un bajo contenido de metales	La técnica consiste en una cuidadosa selección de los materiales de la mezcla que pueden contener metales como impurezas (por ejemplo, casco de vidrio externo) para reducir, desde la fuente, las emisiones de metales derivadas de la descomposición de estos materiales durante los procesos de fusión.
Minimización de la utilización de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla, cuando se requiera la coloración o decoloración del vidrio, en función de los requisitos de calidad del vidrio para consumo	La minimización de las emisiones de metales del proceso de fusión puede conseguirse como se indica a continuación: <ul style="list-style-type: none"> — minimización de la cantidad de compuestos metálicos en la formulación de la mezcla (por ejemplo, compuestos de hierro, cromo, cobalto, cobre, manganeso) en la producción de vidrios de color — minimización de la cantidad de compuestos de selenio y de óxido de cerio, utilizados como agentes de decoloración para la producción de vidrio traslúcido.

Técnica	Descripción
Minimización de la utilización de compuestos de selenio en la formulación de la mezcla mediante una selección adecuada de las materias primas	La minimización de las emisiones de selenio del proceso de fusión puede conseguirse como se indica a continuación: <ul style="list-style-type: none"> — minimización/reducción de la cantidad de selenio en la formulación de la mezcla al mínimo apropiado en función de los requisitos del producto — selección de materias primas de selenio con menor volatilidad, para reducir los fenómenos de volatilización durante el proceso de fusión.
Aplicación de un sistema de filtrado	Los sistemas de eliminación de partículas (filtro de mangas y precipitador electrostático) pueden reducir tanto las emisiones de metales como las de partículas, dado que las emisiones atmosféricas de metales de los procesos de fusión de vidrio suelen presentarse en forma de partículas. No obstante, en el caso de algunos metales que presentan compuestos extremadamente volátiles (por ejemplo, selenio), la eficiencia de la eliminación puede variar considerablemente con la temperatura de filtrado.
Lavado en seco o semiseco, en combinación con un sistema de filtrado	Los metales gaseosos pueden reducirse sustancialmente mediante la utilización de una técnica de lavado en seco o semiseco, con un reactivo alcalino. El reactivo alcalino reacciona con las formas gaseosas para formar un elemento sólido que deberá eliminarse mediante el filtrado (filtro de mangas o precipitador electrostático).

1.10.6. Emisiones gaseosas combinadas (por ejemplo, SO_x, HCl, HF, compuestos de boro)

Lavado húmedo	En el proceso de lavado húmedo, los compuestos gaseosos se disuelven en un líquido adecuado (agua o solución alcalina). En fases posteriores al lavador húmedo, los gases de salida se saturan con agua y es necesario separar las gotas antes de la descarga de los gases de salida. El líquido resultante debe tratarse mediante un proceso de aguas residuales y la materia insoluble deberá recogerse mediante sedimentación o filtrado.
---------------	--

1.10.7. Emisiones combinadas (sólidas + gaseosas)

Técnica	Descripción
Lavado húmedo	En un proceso de lavado húmedo (mediante un líquido adecuado: agua o solución alcalina), puede obtenerse la eliminación simultánea de los compuestos sólidos y gaseosos. Los criterios de diseño para la eliminación de gases o partículas son diferentes; por consiguiente, el diseño debe alcanzar un equilibrio entre ambas opciones. El líquido resultante debe tratarse mediante un proceso de aguas residuales y la materia insoluble (emisiones sólidas y productos de las reacciones químicas) deberá recogerse mediante sedimentación o filtrado. En el sector de la lana mineral y de la fibra de vidrio de filamento continuo, los sistemas más comunes que suelen aplicarse son: <ul style="list-style-type: none"> — conjuntos de lavadores de capa con flujo de chorros de impacto en fases anteriores — lavadores Venturi.
Precipitador electrostático húmedo	La técnica consiste en un precipitador electrostático en el que se elimina de las planchas de los colectores el material recogido, aplicando un líquido adecuado, normalmente agua. Normalmente suele instalarse algún mecanismo para eliminar las gotas de agua antes de la descarga de los gases residuales (separador de partículas o un último campo seco).

1.10.8. Emisiones de las operaciones de corte, triturado y pulido

Técnica	Descripción
Realización de operaciones que generen partículas (por ejemplo, corte, triturado, pulido) con aplicación de líquido	Para las operaciones de corte, triturado y pulido, así como para evitar las emisiones de partículas, suele utilizarse el agua como refrigerante. Puede necesitarse un sistema de extracción con separador de gotas.

Técnica	Descripción
Aplicación de un sistema de filtro de mangas	La utilización de filtros de mangas es adecuada para la reducción tanto de las emisiones de metales como de partículas, dado que los metales de los procesos posteriores suelen presentarse en forma de partículas.
Minimización de las pérdidas de producto del pulido garantizado un buen sellado del sistema de aplicación	El pulido ácido se realiza mediante la inmersión de los artículos de vidrio en un baño de pulido con ácidos fluorhídrico y sulfúrico. La liberación de humos puede minimizarse mediante un diseño y un mantenimiento óptimos del sistema de aplicación para minimizar las pérdidas.
Aplicación de una técnica secundaria, por ejemplo lavado húmedo	El lavado húmedo con agua se utiliza para el tratamiento de gases residuales, debido a la naturaleza ácida de las emisiones y a la alta solubilidad de los contaminantes gaseosos que deben eliminarse.

1.10.9. Emisiones de H₂S, COV

Incineración de gases residuales	<p>La técnica consiste en un sistema de quemador posterior que oxida el sulfuro de hidrógeno (generado por las fuertes condiciones de reducción en el horno de fusión) a dióxido de azufre y el monóxido de carbono a dióxido de carbono.</p> <p>Los compuestos orgánicos volátiles se incineran térmicamente, con la consecuente oxidación a dióxido de carbono, agua y otros productos de combustión (por ejemplo, NO_x, SO_x).</p>
----------------------------------	---