



Corrección de errores de la Decisión de Ejecución (UE) 2024/2974 de la Comisión, de 29 de noviembre de 2024, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD), con arreglo a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las emisiones industriales, para la industria de forjado y fundición

[notificada con el número C(2024) 8322]

(Diario Oficial de la Unión Europea L, 2024/2974, 6 de diciembre de 2024)

En la página 3, el anexo queda redactado del siguiente modo:

ANEXO

1. Conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la Industria de Forjado y Fundición

ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las presentes conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (en lo sucesivo, «MTD») se refieren a las siguientes actividades, especificadas en el anexo I de la Directiva 2010/75/UE:

- 2.3. Transformación de metales férreos:
 - b) proceso de forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillo y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW.
- 2.4. Proceso de fundición de metales férreos con una capacidad de producción superior a 20 toneladas por día.
- 2.5. Transformación de metales no férreos:
 - b) fusión de metales no férreos, inclusive la aleación, incluidos los productos de recuperación y otros procesos en las fundiciones de metales no férreos con una capacidad de fusión superior a 4 toneladas diarias para el plomo y el cadmio o 20 toneladas diarias para todos los demás metales.
- 6.11. Tratamiento independiente de aguas residuales no contemplado en la Directiva 91/271/CEE⁽¹⁾, siempre que la carga contaminante principal proceda de las actividades previstas en las presentes conclusiones sobre las MTD.

Las presentes conclusiones sobre las MTD engloban también los siguientes elementos:

- Fundiciones de metales férreos que utilizan procesos de colada continua para la producción de piezas de fundición gris o hierro nodular en su forma final o cerca de ella.
- Fundiciones de metales no férreos que utilizan lingotes aleados, chatarra, productos de recuperación o metal líquido para la producción de piezas de fundición en su forma final o cerca de ella.
- El tratamiento combinado de aguas residuales de distinto origen, siempre que la carga contaminante principal proceda de actividades recogidas en las presentes conclusiones sobre las MTD y que el tratamiento de las aguas residuales no esté regulado por la Directiva 91/271/CEE¹.
- Recubrimiento de moldes y machos en fundiciones de metales férreos y no férreos.
- Almacenamiento, transferencia y manipulación de materiales, incluido el almacenamiento y la manipulación de chatarra y arena en fundiciones.
- Procesos de combustión directamente relacionados con las actividades contempladas en las presentes conclusiones sobre las MTD, siempre que los productos gaseosos de la combustión estén en contacto directo con el material (como el calentamiento directo o el secado directo de las materias primas).

Las presentes conclusiones sobre las MTD no engloban los siguientes elementos:

- Colada continua de hierro o acero (es decir, para producir planchones finos, bandas delgadas y chapas). Esto se contempla en las conclusiones sobre las MTD para la producción siderúrgica (IS).
- La producción de productos semiacabados de metales no férreos que requieran un conformado posterior. Esas actividades se contemplan en las conclusiones sobre las MTD en las industrias de metales no férreos (NFM).

(¹) Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (DO L 135 de 30.5.1991, p. 40).

- El recubrimiento de piezas de fundición. Esta actividad puede estar contemplada en las conclusiones sobre las MTD para el tratamiento de superficies con disolventes orgánicos, incluida la conservación de la madera y de los productos derivados de la madera utilizando productos químicos.
- Prensas de forja.
- Aguas residuales procedentes de sistemas de refrigeración indirecta. Esta actividad podría estar contemplada en las conclusiones sobre las MTD para los sistemas de refrigeración industrial (ICS).
- Laminadores. Esta actividad se contempla en las conclusiones sobre las MTD para la industria de transformación de metales féreos (FMP).
- Instalaciones de combustión *in situ* que generan gases calientes que no se utilizan para la calefacción por contacto directo, el secado o cualquier otro tratamiento de objetos o materiales. Estas pueden estar contempladas en las conclusiones sobre las MTD para las grandes instalaciones de combustión (LCP) o en la Directiva (UE) 2015/2193 del Parlamento Europeo y del Consejo ⁽²⁾.

Existen otras conclusiones sobre las MTD y otros documentos de referencia que podrían resultar pertinentes en relación con las actividades contempladas en las presentes conclusiones, como por ejemplo los relativos a:

- el tratamiento de superficies metálicas y plásticas (STM);
- el tratamiento de residuos (WT);
- la monitorización de las emisiones a la atmósfera y al agua en instalaciones DEI (ROM);
- la economía y efectos interambientales (ECM);
- las emisiones generadas por el almacenamiento (EFS);
- la eficiencia energética (ENE).

Las presentes conclusiones sobre las MTD son de aplicación sin perjuicio de otra legislación pertinente, como la relativa al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH), o a la clasificación, el etiquetado y el envasado de sustancias y mezclas (CLP).

⁽²⁾ Directiva (UE) 2015/2193 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas (DO L 313 de 28.11.2015, p. 1).

DEFINICIONES

A los efectos de las presentes conclusiones sobre las MTD, se aplicarán las siguientes definiciones:

Términos generales	
Término utilizado	Definición
Pieza de fundición	Pieza de trabajo metálica, fabricada mediante colada, que se expulsa o se libera de un molde.
Colada	Vertido de metal fundido en la cavidad de un molde. A continuación, se deja solidificar el metal fundido.
Fundición centrífuga	Proceso según el cual el metal fundido se vierte en un molde rotatorio precalentado, colocado vertical u horizontalmente en función de la forma del producto. Después del vertido, el molde gira sobre su eje central, creando una fuerza centrífuga que desplaza el metal fundido hacia la periferia y hace que este se deposite en las paredes del molde.
Emisiones canalizadas	Emisiones de contaminantes al medio ambiente a través de cualquier tipo de conducto, tubería, chimenea, etc.
Chatarra limpia	<p>Chatarra que reúne al menos todas las características siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — exenta de impurezas no metálicas; — exenta de partes de chatarra galvanizada, imprimada o pintada; — exenta de aceite y grasa; — exenta de material de recipientes explosivos; — exenta de acero de herramientas, acero inoxidable o acero cromado, excepto en el caso de las fundiciones de acero; — exenta de partes de chatarra de metales no féreos, en el caso de las fundiciones de hierro y acero. <p>Por «exenta» debe entenderse que el nivel de impurezas residuales es tan bajo que no afecta negativamente al desempeño ambiental (por ejemplo, aumento de las emisiones de COVT, PCDD/F o metales pesados) ni al funcionamiento o la seguridad de la instalación.</p>
Procesos de fraguado en frío	Procesos de curado para moldes y machos en los que el aglomerante de arena se endurece a temperatura ambiente. El curado comienza inmediatamente después de que se introduzca en la mezcla el último componente de la formulación del aglomerante de arena.
Colada continua	El metal fundido se vierte en una matriz refrigerada por agua abierta por la parte inferior o por un lateral. A través de una refrigeración intensiva, la parte exterior del producto metálico se solidifica mientras se extrae lentamente del molde. Posteriormente, el producto (por ejemplo, barras, tubos o perfiles) se corta a la longitud deseada adecuada para el producto.
Medición continua	Medición realizada con un sistema de medida automatizado instalado de forma permanente en la planta.
Fabricación de machos	Producción de machos sólidos o huecos. Se introducen los machos en el molde para proporcionar las cavidades internas o una parte de la forma exterior de la pieza de fundición antes de unir las mitades del molde.
Emisiones difusas	Emisiones a la atmósfera no canalizadas. Las emisiones difusas incluyen las emisiones fugitivas y no fugitivas.
Vertido directo	Vertido de las aguas residuales a una masa de agua receptora sin otro tratamiento posterior.
Escoria fina	Materias sólidas que se forman durante la fusión o el mantenimiento del metal en la superficie del metal fundido, por ejemplo, por oxidación mediante aire.
Instalación existente	Instalación que no es nueva.
Materia prima	Todo insumo de metal utilizado en los procesos de producción de la industria de forjado.

Términos generales	
Término utilizado	Definición
Acabado	En las fundiciones, se refiere a una serie de operaciones mecánicas llevadas a cabo después de la colada, como el rebabado, el corte por abrasión, el burilado, la punción, el desbarbado, la molienda de planchas, el granallado o la soldadura. En la industria del forjado, se refiere al desbarbado, el rebabado, el mecanizado, el corte y el escarpado.
Gas de combustión	Efluente gaseoso que emana de una unidad de combustión.
Forja	Proceso de deformación y conformado de metales mediante calor y martillos (neumáticos, de vapor, mecánicos, eléctricos o hidráulicos).
Moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada	Técnica de moldeo en la que se emplea un modelo de espuma de polímeros expandidos (por ejemplo, poliestireno expandido) que se introduce en arena químicamente aglomerada. El patrón de espuma se pierde tras el vertido. Este proceso se utiliza generalmente para las piezas de fundición de gran tamaño.
Procesos de fraguado por gas	Procesos de curado de machos consistentes en inyectar un catalizador o endurecedor en forma gaseosa en la caja de machos.
Colada por gravedad	El metal fundido se vierte directamente de una cuchara a una matriz por acción de la gravedad. Tras la solidificación, se abre la matriz y se libera la pieza de trabajo metálica.
Arena en verde	Mezcla de arena, arcilla (por ejemplo bentonita) y aditivos (polvo de carbón, aglomerantes de cereales) utilizada para la fabricación de moldes.
Sustancias peligrosas	Una sustancia peligrosa según la definición del artículo 3, punto 18, de la Directiva 2010/75/UE.
Tratamiento térmico	Proceso térmico en el que las piezas de fundición (en fundiciones) o las piezas de trabajo (en forjas) se calientan por debajo de su punto de fusión para mejorar sus propiedades físicas.
Colada a alta presión	Proceso según el cual el metal fundido se introduce a presión en la cavidad sellada de un molde. Gracias a la elevada fuerza de compresión el metal se mantiene en el interior hasta que se solidifica. Tras la solidificación, se abre la matriz y se libera la pieza de trabajo metálica.
Procesos de curado en caliente	Procesos de curado de machos o moldes en los que el aglomerante de arena se endurece en una caja de machos o un modelo, ambos calientes y hechos de metal o de madera.
Vertido indirecto	Vertido que no es directo.
Chatarra interna	La chatarra interna consiste en metal que queda en el bebedero, mazarotas, piezas de fundición defectuosas y otras piezas metálicas fabricadas en la instalación.
Pre calentamiento de la cuchara	Las cucharas utilizadas para transferir el metal fundido de un horno de fusión a la colada se precalientan a una temperatura controlada para secarlas después de la preparación, minimizar el choque térmico y el desgaste refractario durante el vertido y reducir las pérdidas de temperatura del metal fundido.
Salida de metal líquido	Cantidad de metal líquido producido en los hornos de fusión.
Moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar	Los modelos de espuma de las piezas que se van a fundir, hechos de polímeros expandidos (como poliestireno expandido), se fabrican mediante máquinas de moldeo automatizadas y se montan en racimos. Posteriormente, los racimos se introducen en arena sin aglomerar. Tras el vertido, el metal fundido provoca la pirólisis del poliestireno expandido y llena el espacio vaciado.

Términos generales	
Término utilizado	Definición
Colada a baja presión	El metal fundido se transfiere de un horno hermético a una matriz de metal a través de un tubo ascendente. El metal fundido asciende hacia la matriz con el empuje de un gas a baja presión. Tras la solidificación, se libera la presión del gas para que el metal fundido que quede en el tubo ascendente vuelva a caer en el horno, se abre la matriz y se libera la pieza de fundición.
Mejora importante de una instalación	Cambio considerable en el diseño o la tecnología de una instalación, con adaptaciones o sustituciones importantes del proceso o de las técnicas de reducción de emisiones y del equipo correspondiente.
Flujo másico	Masa de una sustancia o un parámetro determinados emitida a lo largo de un período de tiempo definido.
Fusión de metales	La producción de metal férreo o no férreo fundido mediante hornos. Incluye asimismo la fusión, por ejemplo, de la chatarra generada en la propia instalación y la conservación térmica del metal fundido en hornos de espera.
Moldeo	Fabricación de un molde en el que se vierte el metal fundido. Incluye también la elaboración de modelos.
Arena natural	Mezcla compuesta de arena silícea (por ejemplo, 85 %), arcilla (por ejemplo, 15 %) y agua. Por lo general, no se añaden otros aditivos a la mezcla.
Instalación nueva	Instalación autorizada por primera vez en el emplazamiento en fecha posterior a la publicación de las presentes conclusiones sobre las MTD, o sustitución completa de una instalación una vez publicadas las presentes conclusiones.
Hierro nodular	Hierro fundido con carbono en forma nodular/esferoidal, comúnmente denominado hierro dúctil.
Nodulización	Tratamiento del hierro fundido con magnesio o con un elemento de tierras raras para dotar a las partículas de carbono de forma nodular/esferoidal.
Medición periódica	Medición a intervalos predeterminados utilizando métodos manuales o automáticos.
Calentamiento/recalentamiento	Sucesión de fases del proceso térmico utilizadas para elevar la temperatura de la materia prima antes del martilleo.
Sustancias químicas de proceso	Sustancias o mezclas, tal como se definen en el artículo 3 del Reglamento (CE) n.º 1907/2006, que se utilizan en el o los procesos. Las sustancias químicas de proceso pueden contener sustancias peligrosas o sustancias extremadamente preocupantes.
Refinado de acero	Proceso de tratamiento del acero consistente en eliminar el carbono (descarburación) del arrabio (refinado primario) y, a continuación, las impurezas.
Residuos de producción	Sustancia u objeto generado por las actividades incluidas en el ámbito de aplicación de las presentes conclusiones sobre las MTD en forma de residuo o subproducto.
Reutilización de arena	El proceso de reutilización de arena en una fundición tras el reacondicionamiento o la recuperación de dicha arena.
Reacondicionamiento de arena	Toda operación mecánica realizada en la instalación para reutilizar arena en verde o natural. Se incluyen el cribado, la eliminación de impurezas metálicas y la separación y extracción de aglomerados finos y de tamaño excesivo. A continuación, la arena se refrigera y se procede a su almacenamiento o reutilización.
Recuperación de arena	Toda operación mecánica o térmica realizada en la instalación para reutilizar arena químicamente aglomerada o arena mixta. Tales operaciones incluyen una fase mecánica inicial (aplastamiento, cribado) seguida de procesos mecánicos (muela, tambor de impacto) o térmicos (lecho fluidizado, hornos rotatorios) para eliminar los aglomerantes residuales.

Términos generales	
Término utilizado	Definición
Receptores sensibles	Zonas que requieren una protección especial, en particular: <ul style="list-style-type: none"> — zonas residenciales; — zonas en las que se realizan actividades humanas (por ejemplo, lugares de trabajo, centros escolares, centros de día, áreas de recreo, hospitales o residencias en las proximidades).
Escoria	Materias líquidas que no se disuelven en metal líquido, sino que se separan fácilmente de este y forman una capa separada sobre el metal líquido debido a su menor densidad. La escoria está formada por la oxidación de elementos no metálicos presentes en la carga metálica.
Sustancias extremadamente preocupantes	Sustancias que cumplen los criterios mencionados en el artículo 57 e incluidas en la lista de sustancias candidatas extremadamente preocupantes, de conformidad con el Reglamento REACH [Reglamento (CE) n.º 1907/2006 ⁽³⁾].
Escorrentía superficial	Agua pluvial que fluye por encima de la tierra o de superficies impermeables, como calles, zonas de almacenamiento pavimentadas, tejados, etc., y no es absorbida por el suelo.
Tratamiento del metal fundido	Operaciones de refinado en procesos de fusión de aluminio que incluyen la desgasificación, el afino del grano y el fluxado. La desgasificación (es decir, la eliminación del hidrógeno disuelto mediante nitrógeno) se combina a menudo con la limpieza (la eliminación de metales alcalinos o alcalinotérreos, como Ca) utilizando gas Cl ₂ .
Media horaria (o semihoraria) válida	Se considera que una media horaria (o semihoraria) es válida cuando no hay fallos de funcionamiento ni mantenimiento en el sistema de medición automático.

Contaminantes y parámetros	
Término utilizado	Definición
Aminas	Término colectivo que engloba los derivados del amoníaco en los que uno o varios de los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por un grupo alquilo o arilo.
AOX	Sustancias organohalogenadas adsorbibles, expresadas como Cl, incluidas las que llevan cloro, bromo y yodo.
As	La suma de arsénico y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como As.
B(a)P	benzo(a)pireno.
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno. Cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación bioquímica de materia orgánica o inorgánica en cinco días (DBO ₅).
Cd	La suma de cadmio y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Cd.
Cl ₂	Cloro elemental.
CO	Monóxido de carbono.

⁽³⁾ Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n.º 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión (DO L 396 de 30.12.2006, p. 1).

Contaminantes y parámetros	
Término utilizado	Definición
DQO	Demanda química de oxígeno. Cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química total de la materia orgánica a dióxido de carbono utilizando dicromato. La DQO es un indicador de la concentración másica de compuestos orgánicos.
Cr	La suma de cromo y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Cr.
Cu	La suma de cobre y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Cu.
Partículas	Total de partículas (en el aire).
Fe	La suma de hierro y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Fe.
HCl	Cloruro de hidrógeno.
HF	Fluoruro de hidrógeno.
Hg	La suma de mercurio y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Hg.
IH	Índice de hidrocarburos. Suma de los compuestos extraíbles con un disolvente de hidrocarburos (como los hidrocarburos alifáticos de cadena larga o ramificados, alicíclicos, aromáticos o aromáticos alquilados).
Mg	Magnesio.
MgO	Óxido de magnesio.
MgS	Sulfuro de magnesio.
MgSO ₄	Sulfato de magnesio.
Ni	La suma de níquel y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Ni.
NO _x	La suma de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂), expresada como NO ₂ .
PCDD/F	Dibenzo-p-dioxinas/dibenzofuranos policlorados.
Índice de fenoles	Suma de los compuestos fenólicos, expresada como concentración de fenol y medida de acuerdo con la norma EN ISO 14402.
Pb	La suma de plomo y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Pb (en agua). La suma de plomo y sus compuestos, expresada como Pb (en aire).
SO ₂	Dióxido de azufre.
COT	El carbono orgánico total, expresado como C (en agua), incluye todos los compuestos orgánicos.
TSS	Total de sólidos en suspensión. Concentración en masa de todos los sólidos en suspensión (en agua), medida por filtración a través de filtros de fibra de vidrio y por gravimetría.
Nitrógeno total (NT)	El nitrógeno total, expresado como N, incluye el amoníaco libre y el nitrógeno amónico (NH ₄ -N), el nitrógeno nitroso (NO ₂ -N), el nitrógeno nítrico (NO ₃ -N) y el nitrógeno ligado a compuestos orgánicos.
COVT	Carbono orgánico volátil total, expresado como C (en aire).
COV	Compuestos orgánicos volátiles según su definición en el artículo 3, punto 45, de la Directiva 2010/75/UE.
Zn	La suma de zinc y sus compuestos, disueltos o unidos a partículas, expresada como Zn.

ACRÓNIMOS

A los efectos de las presentes conclusiones sobre las MTD, se aplicarán los acrónimos siguientes:

Acrónimo	Definición
CBC	Cubilote de viento frío
SGSQ	Sistema de gestión de sustancias químicas
CMR	Carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción.
CMR 1A	Sustancia CMR de categoría 1A según su definición en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 modificado, es decir, que recoge las indicaciones de peligro H340, H350 y H360.
CMR 1B	Sustancia CMR de categoría 1B según su definición en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 modificado, es decir, que recoge las indicaciones de peligro H340, H350 y H360.
CMR 2	Sustancia CMR de categoría 2 según su definición en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 modificado, es decir, que recoge las indicaciones de peligro H341, H351 y H361.
DMEA	N,N-Dimetiltilamina
EAF	Horno de arco eléctrico
SGA	Sistema de gestión ambiental
ESP	Precipitador electrostático
HBC	Cubilote de viento caliente
HPDC	Colada a alta presión
NFM	Metal no férreo
OME	Eficiencia operativa de los materiales
CDCNF	Condiciones distintas de las condiciones normales de funcionamiento
TEA	Trietilamina

CONSIDERACIONES GENERALES

Mejores técnicas disponibles

Las técnicas enumeradas y descritas en las presentes conclusiones sobre las MTD no son prescriptivas ni exhaustivas. Pueden utilizarse otras técnicas que garanticen al menos un nivel equivalente de protección del medio ambiente.

Salvo que se indique lo contrario, las conclusiones sobre las MTD son aplicables con carácter general.

Niveles de emisiones asociados a las mejores técnicas disponibles (NEA-MTD) y niveles de emisión indicativos correspondientes a las emisiones a la atmósfera

En las fundiciones, los NEA-MTD y los niveles de emisión indicativos para las emisiones a la atmósfera que se recogen en las presentes conclusiones sobre las MTD se refieren a concentraciones (masa de sustancias emitidas por volumen de gas residual) en las siguientes condiciones normales: gas seco, a una temperatura de 273,15 K y a una presión de 101,3 kPa, sin corrección a un nivel de oxígeno de referencia y expresado en mg/Nm³ o EQT-OMS/Nm³.

En las forjas, el NEA-MTD y el nivel de emisión indicativo para las emisiones a la atmósfera que se indican en las presentes conclusiones sobre las MTD se refieren a concentraciones (masa de sustancias emitidas por volumen de gas residual) en las siguientes condiciones normales: gas seco, a una temperatura de 273,15 K y a una presión de 101,3 kPa, con corrección a un nivel de oxígeno de referencia de 3-% vol. seco y expresado en la unidad mg/Nm³.

La ecuación para calcular la concentración de las emisiones al nivel de oxígeno de referencia es la siguiente:

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

donde: E_R : concentración de las emisiones al nivel de oxígeno de referencia O_R ;

O_R : nivel de oxígeno de referencia en % vol;

E_M : concentración medida de las emisiones;

O_M : nivel de oxígeno medido en % vol.

A efectos de los períodos medios de los NEA-MTD y los niveles de emisión indicativos correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera, se aplican las definiciones siguientes:

Tipo de medición	Período medio	Definición
Continua	Media diaria	Media durante un período de 1 día sobre la base de medias horarias o semihorarias válidas.
Periódica	Valor medio durante el período de muestreo	Valor medio de tres mediciones o muestreos consecutivos de al menos treinta minutos cada uno/ (1).

(1) En el caso de los parámetros respecto a los cuales, debido a limitaciones de muestreo o análisis o a las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, procesos discontinuos), resulte inadecuado un muestreo o una medición de treinta minutos o una media de tres muestreos o mediciones consecutivas, podrá emplearse un procedimiento de muestreo o medición más representativo. En el caso de las PCDD/F se aplicará un período de muestreo de seis a ocho horas.

Cuando los gases residuales de dos o más fuentes (como en el caso de los hornos) se expulsan por una chimenea común, los NEA-MTD resultarán aplicables a las emisiones combinadas de la chimenea.

A los efectos del cálculo de los flujos máxicos en relación con la MTD 12, cuando los gases residuales con características similares, como aquellos que contengan las mismas sustancias o parámetros, o el mismo tipo de sustancias o parámetros, y que se expulsan a través de dos o más chimeneas independientes pudieran, a juicio de la autoridad competente, expulsarse a través de una chimenea común, dichas chimeneas se considerarán una sola chimenea.

Niveles de emisiones asociados a las mejores técnicas disponibles (NEA-MTD) para las emisiones a las aguas

Los NEA-MTD para las emisiones a las aguas indicados en las presentes conclusiones sobre las MTD se refieren a concentraciones (masa de sustancias emitidas por volumen de agua), expresadas en mg/l.

Los períodos medios asociados a los NEA-MTD se refieren a uno de los dos casos siguientes:

- En caso de vertido continuo, se utilizan valores medios diarios, es decir, muestras compuestas proporcionales al caudal, tomadas durante veinticuatro horas.
- En caso de vertido discontinuo, se utilizan valores medios obtenidos durante todo el período de descarga, tomados como muestras compuestas proporcionales al caudal o, siempre que el efluente esté convenientemente mezclado y sea homogéneo, una muestra puntual tomada antes del vertido.

Pueden utilizarse muestras compuestas proporcionales al tiempo siempre que se demuestre que el caudal tiene suficiente estabilidad. Como alternativa, pueden tomarse muestras puntuales siempre que el efluente esté convenientemente mezclado y sea homogéneo.

Estos NEA-MTD se aplican en el punto en que la emisión sale de la instalación.

Otros niveles de desempeño ambiental asociados a las mejores técnicas disponibles (NCAA-MTD) y niveles de emisión indicativos

NCAA-MTD relativos al consumo específico de energía (fundiciones)

Los NCAA-MTD relativos al consumo específico de energía se refieren a las medias anuales calculadas aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{consumo específico de energía} = \frac{\text{tasa de consumo de energía}}{\text{tasa de actividad}}$$

donde:

tasa de consumo de energía: cantidad total de calor (generado por fuentes de energía primarias) y electricidad consumida por el proceso o los procesos de que se trate (fusión y mantenimiento, precalentamiento de la cuchara) en fundiciones, expresada en kWh/año; y

tasa de actividad: cantidad total de salida de metal líquido, expresada en t/año.

La tasa de consumo de energía corresponde a la cantidad total de calor (generado a partir de fuentes de energía primaria) y de electricidad consumida por todos los hornos en el proceso o procesos de que se trate: fusión y mantenimiento, precalentamiento de la cuchara.

Niveles indicativos relativos al consumo específico de energía (forjas)

Los niveles indicativos del consumo específico de energía se refieren a las medias anuales calculadas aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{consumo específico de energía} = \frac{\text{tasa de consumo de energía}}{\text{tasa de actividad}}$$

donde:

tasa de consumo de energía: cantidad total de calor (generado por fuentes de energía primarias) y electricidad consumida por la instalación en operaciones de forja, expresada en kWh/año; y

tasa de actividad: cantidad total de materia prima, expresada en t/año.

NCAA-MTD relativos al consumo específico de agua (fundiciones)

Los NCAA-MTD relativos al consumo específico de agua se refieren a las medias anuales calculadas aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{consumo específico de agua} = \frac{\text{tasa de consumo de agua}}{\text{tasa de actividad}}$$

donde:

tasa de consumo de agua: cantidad total de agua consumida por la instalación, salvo:

- el agua reciclada y reutilizada,
 - el agua de refrigeración utilizada en sistemas de refrigeración de paso único, y
 - el agua para uso de tipo doméstico,
- expresada en m³/año; y,

tasa de actividad: cantidad total de salida de metal líquido, expresada en t/año.

NCAA-MTD relativos a la cantidad específica de residuos destinados a su eliminación (fundiciones)

Los NCAA-MTD relativos a la cantidad específica de residuos destinados a su eliminación se refieren a las medias anuales calculadas aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{cantidad específica de residuos destinados a su eliminación} = \frac{\text{tasa de eliminación de residuos}}{\text{tasa de actividad}}$$

donde:

tasa de eliminación de residuos: cantidad total de *residuos* destinados a su eliminación, expresada en kg/año; y

tasa de actividad: cantidad total de salida de metal líquido, expresada en t/año.

Niveles indicativos de eficiencia operativa de los materiales (OME) (fundiciones)

Los niveles indicativos de eficiencia operativa de los materiales se refieren a medias anuales expresadas como porcentaje y calculadas con la siguiente ecuación:

$$\text{eficiencia operativa de los materiales (OME)} = \frac{\text{tasa de piezas de fundición válidas}}{\text{tasa de actividad}} \times 100$$

donde:

tasa de piezas de fundición válidas: cantidad total de piezas de fundición finales producidas en la instalación sin defectos, expresada en t/año; y

tasa de actividad: cantidad total de salida de metal líquido, expresada en t/año.

NCAA-MTD relativos a la reutilización de arena (fundiciones)

Los NCAA-MTD relativos a la reutilización de arena se refieren a medias anuales expresadas como porcentaje y calculadas con la siguiente ecuación:

$$\text{reutilización de arena} = \frac{\text{cantidad de arena reutilizada}}{\text{cantidad total de arena utilizada}} \times 100$$

donde:

cantidad de arena reutilizada: cantidad total de arena reutilizada procedente del reacondicionamiento o la recuperación, expresada en t/año; y

cantidad total de arena utilizada: cantidad total de arena utilizada, expresada en t/año.

1.1. Conclusiones generales sobre las MTD

1.1.1. Desempeño ambiental global

MTD 1. A fin de mejorar el desempeño ambiental global, la MTD consiste en elaborar e implantar un sistema de gestión ambiental (SGA) que reúna todas las características siguientes:

- i. compromiso, liderazgo y responsabilidad de los órganos directivos, incluidos los altos cargos, para la aplicación de un SGA eficaz;
- ii. análisis en el que se definan el contexto de la organización, las necesidades y expectativas de las partes interesadas, las características de la instalación asociadas a posibles riesgos para el medio ambiente y los requisitos legales aplicables en materia de medio ambiente y salud humana;
- iii. desarrollo de una política ambiental que promueva la mejora continua del desempeño ambiental de la instalación;
- iv. establecimiento de objetivos e indicadores de desempeño en relación con aspectos ambientales significativos, como la garantía del cumplimiento de los requisitos legales aplicables;
- v. planificación y aplicación de los procedimientos y las acciones necesarios (incluidas, en su caso, medidas correctoras y preventivas) para alcanzar los objetivos ambientales y evitar riesgos ambientales;
- vi. determinación de estructuras, funciones y responsabilidades en relación con los aspectos y objetivos ambientales y la aportación de los recursos financieros y humanos necesarios;
- vii. garantía de las competencias y la sensibilización necesarias del personal cuyo trabajo pueda tener efectos en el desempeño ambiental de la instalación (por ejemplo, facilitando información y formación);
- viii. comunicación interna y externa;
- ix. fomento de la participación de los empleados en las buenas prácticas de gestión ambiental;
- x. creación y actualización de un manual de gestión y de procedimientos escritos para controlar las actividades con una incidencia ambiental significativa, así como de los registros pertinentes;
- xi. planificación operativa efectiva y control de los procesos;
- xii. ejecución de programas de mantenimiento oportunos;
- xiii. establecimiento de protocolos de preparación y respuesta ante situaciones de emergencia, como la prevención o la mitigación de los efectos adversos (ambientales) de las situaciones de emergencia;
- xiv. cuando se (re)diseñe una (nueva) instalación o parte de ella, valoración de sus impactos medioambientales a lo largo de su vida útil, es decir: la construcción, el mantenimiento, la explotación y la clausura;
- xv. ejecución de un programa de monitorización y medición; en caso necesario, puede encontrarse información en el Informe de referencia sobre la monitorización de emisiones al aire y agua en instalaciones DEI (ROM);
- xvi. realización periódica de evaluaciones comparativas sectoriales o benchmarking;
- xvii. realización, de forma periódica, de auditorías internas independientes (en la medida en que sea viable) y de auditorías externas independientes con el fin de evaluar el desempeño ambiental y determinar si el SGA se ajusta o no a las disposiciones previstas y si se ha aplicado y actualizado correctamente;
- xviii. evaluación de las causas de las no conformidades, aplicación de medidas correctoras en respuesta a ellas, examen de la eficacia de las medidas correctoras y determinación de si existen o podrían surgir no conformidades similares;
- xix. revisión periódica del SGA, por parte de la alta dirección, para comprobar si sigue siendo conveniente, adecuado y eficaz;
- xx. seguimiento y consideración del desarrollo de técnicas más limpias.

Concretamente, en el caso de la industria de forjado y fundición, la MTD también consiste en incorporar al SGA los siguientes aspectos:

- xxi. un inventario de entradas y salidas (véase la MTD 2);
- xxii. un sistema de gestión de sustancias químicas (véase la MTD 3);
- xxiii. un plan para la prevención y el control de fugas y derrames [véase la MTD 4, letra a)];
- xxiv. un plan de gestión de las CDCNF (véase la MTD 5);
- xxv. un plan de eficiencia energética y sus auditorías [véase la MTD 7, letra a)];
- xxvi. un plan de gestión del agua y sus auditorías [véase la MTD 35, letra a)];

- xxvii. un plan de gestión del ruido y las vibraciones (véase la MTD 8);
- xxviii. un plan de gestión de residuos de producción (véase la MTD 10);
- xxix. un plan de gestión de olores para fundiciones (véase la MTD 32).

Nota

En el Reglamento (CE) n.º 1221/2009 se establece el sistema de gestión y auditoría medioambientales (EMAS) de la Unión Europea, que es un ejemplo de SGA coherente con las presentes conclusiones sobre las MTD.

Aplicabilidad

Por lo general, el grado de detalle y de formalización del SGA estará relacionado con las características, el tamaño y la complejidad de la instalación y con los distintos impactos ambientales que pueda tener.

MTD 2. A fin de mejorar el desempeño ambiental global, la MTD consiste en crear, mantener y revisar periódicamente (especialmente si se produce un cambio significativo) un inventario de entradas y salidas, como parte del SGA (véase la MTD 1), que incorpore todas las características siguientes:

- i) información sobre los procesos de producción, que incluya:
 - a) diagramas de flujo simplificados de los procesos que muestren el origen de las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo;
 - b) descripciones de las técnicas integradas en los procesos y de las técnicas de tratamiento de aguas o gases residuales con el fin de evitar o reducir las emisiones, con indicación de su eficacia (por ejemplo, eficiencia de la reducción de emisiones);
- ii) información sobre la cantidad y las características de las materias primas (chatarra, materia prima para procesamiento, arena, etc.) y combustibles (como el coque) utilizados;
- iii) información sobre el consumo y el uso de agua (como diagramas de flujo y balances de masas de agua);
- iv) información sobre el consumo y el uso de energía;
- v) información sobre las características de los flujos de aguas residuales, como:
 - a) valores medios y variabilidad del caudal, el pH, la temperatura y la conductividad;
 - b) valores medios de concentración y de flujo másico de las sustancias o parámetros pertinentes (como el total de sólidos en suspensión, COT o DQO, índice de hidrocarburos, metales) y su variabilidad;
- vi) información sobre la cantidad y las características de las sustancias químicas de proceso utilizadas:
 - a) nombre y características de las sustancias químicas de proceso, incluidas las propiedades con efectos adversos para el medio ambiente o la salud humana;
 - b) cantidades de sustancias químicas de proceso utilizadas y lugar de su utilización;
- vii) información sobre las características de los flujos de gases residuales, tales como:
 - a) valores medios y variabilidad del caudal y la temperatura;
 - b) valores medios de concentración y de flujo másico de las sustancias pertinentes (como partículas, NO_x, SO₂, CO, metales) y su variabilidad;
 - c) presencia de otras sustancias que puedan afectar al sistema de tratamiento de gases residuales (como oxígeno, nitrógeno, vapor de agua) o a la seguridad de la instalación;
 - d) presencia de sustancias clasificadas como CMR 1A, CMR 1B o CMR 2; la presencia de tales sustancias puede evaluarse, por ejemplo, con arreglo a los criterios del Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado (CLP);
- viii) información sobre la cantidad y las características de los residuos de producción generados.

Aplicabilidad

Por lo general, el grado de detalle y de formalización del inventario estará relacionado con las características, el tamaño y la complejidad de la instalación y con los distintos efectos ambientales que pueda tener.

MTD 3. A fin de mejorar el desempeño ambiental global, la MTD consiste en elaborar e implantar un sistema de gestión de sustancias químicas (SGSQ) como parte del SGA (véase la MTD 1) que reúna todas las características siguientes:

- i) Una política para reducir el consumo y los riesgos asociados a las sustancias químicas de proceso, que recoja una estrategia de aprovisionamiento para seleccionar las sustancias menos nocivas y a sus proveedores con el fin de minimizar el uso y los riesgos asociados a las sustancias peligrosas y a las sustancias extremadamente preocupantes, así como de evitar la adquisición de una cantidad excesiva de sustancias químicas de proceso. En la selección de las sustancias químicas de proceso se tendrá en cuenta:
 - a) el análisis comparativo de su bioeliminabilidad/biodegradabilidad, ecotoxicidad y potencial de liberación en el medio ambiente con el fin de reducir las emisiones a este último;
 - b) la caracterización de los riesgos asociados a las sustancias químicas de proceso, teniendo en cuenta la clasificación de peligro de dichas sustancias, su recorrido a través de la instalación, su posible liberación y el nivel de exposición;
 - c) el potencial de recuperación y reutilización [véase la MTD 17, letra f)];
 - d) el análisis periódico (por ejemplo, anual) del potencial de sustitución con el fin de identificar posibles nuevas sustancias más seguras que puedan estar disponibles como alternativa al uso de sustancias peligrosas y sustancias extremadamente preocupantes; esto puede lograrse cambiando el o los procesos o utilizando otras sustancias químicas de proceso cuyo impacto ambiental sea menor o nulo (véase la MTD 11, relativa a las fundiciones);
 - e) el seguimiento anticipado de los cambios normativos relacionados con sustancias peligrosas y sustancias extremadamente preocupantes y la salvaguardia del cumplimiento de los requisitos legales aplicables.

A fin de proporcionar y conservar la información necesaria para la selección de las sustancias químicas de proceso, podrá utilizarse el inventario correspondiente [véase la MTD 2, inciso vi)].
- ii) Objetivos y planes de acción para evitar o reducir el uso de sustancias peligrosas y sustancias extremadamente preocupantes, así como sus riesgos.
- iii) Elaboración y aplicación de procedimientos de aprovisionamiento, manipulación, almacenamiento y utilización de sustancias químicas de proceso, eliminación de residuos que contengan dichas sustancias químicas y devolución de las que no se hayan usado para evitar o reducir las emisiones al medio ambiente (véase, por ejemplo, la MTD 4).

Aplicabilidad

Por lo general, el nivel de detalle y el grado de formalización del SGSQ estarán relacionados con las características, el tamaño y la complejidad de la instalación.

MTD 4. A fin de evitar o reducir las emisiones al suelo y a las aguas subterráneas, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas descritas a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a	<p>Establecimiento y ejecución de un plan para la prevención y el control de las fugas y los derrames</p> <p>El SGA incluye un plan para la prevención y el control de las fugas y los derrames (véase la MTD 1) que incorpora, entre otros, los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — planes para los accidentes que se produzcan en la instalación y tengan como consecuencia derrames grandes y pequeños; — designación de las funciones y responsabilidades de las personas que participen en estos planes; — medidas para que el personal tenga conocimientos y formación ambientales para evitar y gestionar los derrames; — designación de zonas de riesgo de derrame o fuga de materiales peligrosos y sustancias extremadamente preocupantes, y clasificación de estas en función del riesgo; — descripción de los equipos de contención y limpieza de derrames adecuados, y verificación periódica de su disponibilidad, en unas condiciones de uso apropiadas y con una ubicación próxima a los puntos en que podrían suceder este tipo de accidentes; 	<p>Por lo general, el grado de detalle del plan dependerá de las características, el tamaño y la complejidad de la instalación, así como del tipo y la cantidad de líquidos usados.</p>

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
		<ul style="list-style-type: none"> — directrices para la gestión de residuos derivados del control de los derrames; — inspecciones periódicas (como mínimo, anuales) de las zonas de almacenamiento y manipulación, examen y valoración de los equipos de detección de fugas, y preparación para una reparación rápida de las fugas producidas en válvulas, prensaestopas, pestañas, etc. 	
b	Estructuración y gestión de las zonas de proceso y de almacenamiento de materias primas	<p>Incluye técnicas como las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — suelo impermeable (por ejemplo, cementado) para zonas de proceso y para depósitos de chatarra o materia prima; — almacenamiento separado para diversos tipos de materias primas, cerca de las líneas de producción; a tal fin pueden utilizarse, por ejemplo, compartimentos o cajas en las zonas de almacenamiento o silos. 	Aplicable con carácter general.
c	Prevención de la contaminación del agua de escorrentía superficial	<p>Las zonas de producción o aquellas donde se almacenan o manipulan sustancias químicas de proceso, residuos de producción o residuos están protegidas contra las aguas de escorrentía superficial. Esto se logra al aplicar, como mínimo, las siguientes técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> — canales de drenaje o un bordillo de aislamiento externo alrededor de la instalación; — tejados con canalones en las zonas de proceso o almacenamiento. 	Aplicable con carácter general.
d	Recogida de aguas de escorrentía superficial que podrían estar contaminadas	Las aguas de escorrentía superficial procedentes de zonas que podrían estar contaminadas se recogen por separado y solo se liberan después de adoptar las medidas adecuadas, como su seguimiento, tratamiento o reutilización.	Aplicable con carácter general.
e	Manipulación y almacenamiento seguros de las sustancias químicas de proceso	<p>Esto incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> — almacenamiento en zonas cubiertas y ventiladas con suelos impermeables a los líquidos de que se trate; — utilización de cubetas o talleres estancos al aceite para estaciones hidráulicas y equipos lubricados con aceite o grasa; — recogida del líquido derramado; — las zonas de carga y descarga de sustancias químicas de proceso, lubricantes, recubrimientos, etc., están diseñadas y construidas de tal manera que cualquier derrame o fuga pueda contenerse y enviarse para su tratamiento dentro (véase la MTD 36) o fuera de la instalación; — los líquidos fácilmente inflamables (como formiato de metilo, TEA, DMEA, recubrimientos de moldes que contienen alcohol) se almacenan por separado de las sustancias incompatibles (como agentes oxidantes) en zonas de almacenamiento cerradas y bien ventiladas. 	Aplicable con carácter general.
f	Buenas prácticas de orden y limpieza de la instalación	Conjunto de medidas destinadas a prevenir o reducir la generación de emisiones (mantenimiento y limpieza periódicos de equipos, superficies de trabajo, suelos y vías de transporte, así como contención y limpieza rápida de cualquier derrame).	Aplicable con carácter general.

MTD 5. A fin de reducir la frecuencia de la aparición de CDCNF y de reducir las emisiones en estas circunstancias, la MTD consiste en establecer y ejecutar un plan de gestión de las CDCNF basado en el riesgo como parte del SGA (véase la MTD 1) que incluya todos los elementos siguientes:

- i. detección de posibles CDCNF [por ejemplo, fallo de equipos críticos para la protección del medio ambiente («equipos críticos»), de sus causas subyacentes y de sus posibles consecuencias;
- ii. diseño adecuado de los equipos críticos (por ejemplo, tratamiento de gases de escape, tratamiento de aguas residuales);
- iii. establecimiento y ejecución de un plan de inspección y un programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos [véase la MTD 1, inciso xi)];
- iv. monitorización (es decir, estimación o, cuando sea posible, medición) y registro de las emisiones durante las CDCNF y las circunstancias asociadas;
- v. evaluación periódica de las emisiones que tengan lugar durante las CDCNF (por ejemplo, frecuencia de los sucesos, duración y cantidad de contaminantes emitidos) y la aplicación de medidas correctivas cuando sea necesario;
- vi. revisión y actualización periódicas de la lista de CDCNF establecidas en el inciso i) tras la evaluación periódica del inciso v);
- vii. pruebas periódicas de los sistemas de reserva.

Aplicabilidad

Por lo general, el nivel de detalle y el grado de formalización del plan de gestión de las CDCNF estarán relacionados con las características, el tamaño y la complejidad de la instalación y con los distintos impactos ambientales que pueda tener.

1.1.2. **Monitorización**

MTD 6. La MTD consiste en monitorizar, al menos, una vez al año:

- el consumo de agua, energía y materiales utilizados, incluidas las sustancias químicas de proceso, expresado como media anual;
- la cantidad de aguas residuales generadas, expresada como media anual;
- la cantidad de cada tipo de material recuperado, reciclado o reutilizado, expresada como media anual;
- la cantidad de cada tipo de residuo de producción generado y cada tipo de residuo destinado a su eliminación, expresada como media anual.

Descripción

La monitorización incluye preferentemente mediciones directas. También pueden utilizarse cálculos o registros, por ejemplo, mediante los contadores o las facturas oportunos. La monitorización se desglosa hasta el nivel más adecuado (por ejemplo, a nivel del proceso o de la instalación), y se realiza tomando en consideración todos los cambios importantes en el proceso o la instalación.

1.1.3. Eficiencia energética

MTD 7. Para aumentar la eficiencia energética general de la instalación, la MTD consiste en emplear todas las técnicas siguientes.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Técnicas de gestión		
a.	<p>Plan de eficiencia energética y sus auditorías</p> <p>El SGA consta de un plan de eficiencia energética (véase la MTD 1) que implica definir y monitorizar el consumo específico de energía de la actividad o los procesos (como los kWh/t de metal líquido), establecer objetivos en cuanto a eficiencia energética y aplicar medidas para alcanzarlos.</p> <p>Se realizan auditorías (también en el marco del SGA, véase la MTD 1) al menos una vez al año para garantizar que se cumplen los objetivos del plan de eficiencia energética y que se siguen y aplican las recomendaciones de las auditorías.</p> <p>El plan de eficiencia energética podrá incorporarse al plan general de eficiencia energética de una instalación mayor (por ejemplo, actividades de tratamiento superficial).</p>	<p>Por lo general, el nivel de detalle del plan de eficiencia energética, de sus auditorías y del registro del balance energético dependerá de las características, el tamaño y la complejidad de la instalación y de los tipos de fuentes de energía utilizados.</p>
b.	<p>Registro del balance energético</p> <p>Elaboración de un registro del balance energético anual en el que se desglosen el consumo y la generación de energía (incluidas las exportaciones de energía) por tipo de fuente; por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — consumo de energía: electricidad, gas natural, energías renovables, calor o refrigeración importados; — generación de energía: electricidad o vapor. <p>Esto implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> — definir la frontera energética de los procesos; — recabar información sobre el consumo de energía en términos de energía suministrada; — recabar información sobre la energía exportada desde la instalación; — recabar información sobre los flujos de energía (por ejemplo, diagramas Sankey o balances energéticos) que muestre cómo se utiliza la energía a lo largo de los procesos. 	
Selección y optimización de procesos y equipos		
c.	<p>Utilización de técnicas generales de ahorro energético</p> <p>Incluye técnicas como las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — mantenimiento y control de quemadores; — motores eficientes desde el punto de vista energético; — iluminación energéticamente eficiente; — optimización de los sistemas de distribución de vapor y aire comprimido; — inspección y mantenimiento periódicos de los sistemas de distribución de vapor para evitar o reducir fugas; — sistemas de control de los procesos; — accionamientos de velocidad variable; — optimización del aire acondicionado y la calefacción de los edificios. 	<p>Aplicable con carácter general.</p>

En los apartados 1.2.1.3, 1.2.2.1, 1.2.4.1 y 1.3.1 de las presentes conclusiones sobre las MTD se recogen más técnicas propias del sector para mejorar la eficiencia energética.

1.1.4. **Ruido y vibraciones**

MTD 8. Para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones de ruido y vibraciones, la MTD consiste en establecer, ejecutar y revisar periódicamente un plan de gestión del ruido y las vibraciones como parte del SGA (véase la MTD 1), que incluya todos los elementos siguientes:

- un protocolo que contenga actuaciones y plazos adecuados;
- un protocolo para el seguimiento de las emisiones de ruido o vibraciones;
- un protocolo para responder a los incidentes de ruido y vibración detectados, como la gestión de quejas o la adopción de medidas correctoras;
- un programa de reducción del ruido y las vibraciones destinado a determinar su fuente o fuentes, a medir o estimar la exposición al ruido y las vibraciones, a determinar las contribuciones de las fuentes y a aplicar medidas de prevención y reducción.

Aplicabilidad

Esta MTD solo es aplicable en los casos en que se prevean molestias debidas al ruido y las vibraciones para receptores sensibles o se haya confirmado la existencia de tales molestias.

MTD 9. Para evitar o, cuando no sea posible, reducir las emisiones de ruido, la MTD consiste en utilizar una o varias de las técnicas descritas a continuación.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
a.	Ubicación adecuada de edificios y equipos	Aumento de la distancia entre el emisor y el receptor, utilizando los edificios como pantallas antirruído y reubicando los equipos o las aberturas de los edificios.	En el caso de las instalaciones existentes, la reubicación de los equipos y de las aberturas de los edificios puede no ser aplicable por falta de espacio o por suponer un coste excesivo.
b.	Medidas operativas	Entre ellas se incluyen, como mínimo, las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — inspección y mantenimiento de los equipos; — cierre de las puertas y ventanas de las zonas cerradas, en la medida de lo posible, o uso de puertas con sistema de autocierre; — manejo de los equipos por parte de personal especializado; — evitación de actividades ruidosas durante la noche, en la medida de lo posible; — disposiciones para el control del ruido durante las actividades de producción y mantenimiento, transporte y manipulación de materias primas y materiales, tales como la reducción del número de operaciones de transferencia de materiales o la disminución de la altura desde la que caen las piezas a las superficies duras. 	Aplicable con carácter general.
c.	Equipos de bajo nivel de ruido	Se incluyen motores de accionamiento directo; compresores, bombas y ventiladores de bajo nivel de ruido; y equipos de transporte de bajo nivel de ruido.	
d.	Equipos de control del ruido	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — utilización de reductores del ruido; — aislamiento acústico de los equipos; — confinamiento de equipos y procesos ruidosos (por ejemplo, descarga de materias primas, martilleo, compresores, ventiladores, desmoldeo, acabado); — uso de materiales de construcción con propiedades avanzadas de aislamiento acústico (para paredes, tejados, ventanas, puertas, etc.). 	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse limitada por falta de espacio.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
e.	Atenuación del ruido	Intercalación de obstáculos entre emisores y receptores (muros de protección, diques, etc.).	Aplicable únicamente a las instalaciones existentes, ya que el diseño de las instalaciones nuevas debería hacer que esta técnica fuera innecesaria. En el caso de las instalaciones existentes, la intercalación de obstáculos puede no ser aplicable por falta de espacio.

1.1.5. Residuos de producción

MTD 10. Con el fin de aumentar la eficiencia de los materiales y reducir la cantidad de residuos destinados a la eliminación, la MTD consiste en establecer, aplicar y revisar periódicamente un plan de gestión de residuos de producción.

Descripción

El SGA (véase la MTD 1) incluye un plan de gestión de residuos de producción que consta de medidas destinadas a:

- I. reducir al mínimo la generación de residuos de producción;
- II. optimizar la reutilización, el reciclado o la recuperación de los residuos de producción, y
- III. garantizar la eliminación adecuada de los residuos.

El plan de gestión de residuos de producción podrá incorporarse al plan general de gestión de residuos de producción de una instalación mayor (por ejemplo, actividades de tratamiento superficial).

Aplicabilidad

Por lo general, el grado de detalle y de formalización del plan de gestión de residuos de producción estará relacionado con las características, el tamaño y la complejidad de la instalación.

1.2. Conclusiones sobre las MTD para fundiciones

Las conclusiones sobre las MTD de esta sección no se aplican a las fundiciones de cadmio, titanio y metales preciosos, ni a las campanas de fundición y objetos artísticos.

1.2.1. Conclusiones generales sobre las MTD para fundiciones

Las conclusiones sobre las MTD expuestas en esta sección se aplican además de las conclusiones generales sobre las MTD de la sección 1.1.

1.2.1.1. Sustancias peligrosas y sustancias extremadamente preocupantes

MTD 11. Con el fin de prevenir o reducir el uso de sustancias peligrosas y sustancias extremadamente preocupantes en las actividades de moldeo y fabricación de machos con arena químicamente aglomerada, la MTD consiste en utilizar sustancias alternativas que no sean peligrosas o sean menos peligrosas.

Descripción

Las sustancias peligrosas y las sustancias extremadamente preocupantes utilizadas en las actividades de moldeo y fabricación de machos se sustituyen por sustancias no peligrosas o, cuando esto no es posible, por sustancias menos peligrosas, utilizando, por ejemplo:

- aglomerantes orgánicos alifáticos (en lugar de aromáticos) en las actividades de moldeo y fabricación de machos [véase la MTD 25, letras d), e) y f)];
- disolventes no aromáticos para la fabricación de machos en caja fría [véase la MTD 25, letra j)];
- aglomerantes inorgánicos en actividades de moldeo y fabricación de machos [véase la MTD 25, letras d), e) y f)];
- recubrimientos de base acuosa en actividades de moldeo y fabricación de machos [véase la MTD 25, letra l)].

1.2.1.2. Monitorización de las emisiones

1.2.1.2.1. Monitorización de las emisiones a la atmósfera

MTD 12. La MTD consiste en monitorizar las emisiones canalizadas a la atmósfera al menos con la frecuencia que se indica a continuación y con arreglo a normas EN. Cuando no se disponga de normas EN, la MTD consiste en aplicar las normas ISO u otras normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de una calidad científica equivalente.

Sustancia/ Parámetro	Proceso(s)/Fuente(s)	Tipo de fundición/de horno	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización ⁽¹⁾	Monitorización asociada a
Aminas	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos ⁽²⁾	Todos	Ninguna norma EN disponible	Una vez al año	MTD 26
Benceno	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos ⁽³⁾	Todos	Ninguna norma EN disponible		MTD 26
	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada ⁽³⁾				MTD 27
B(a)P	Fusión de metales ⁽⁴⁾	Hierro fundido	Ninguna norma EN disponible	Una vez al año	-
Monóxido de carbono (CO)	Tratamiento térmico ⁽⁵⁾	Todos	EN 15058	Una vez al año	MTD 24
	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios			MTD 38
		Metales no férreos ⁽⁵⁾			MTD 43
Partículas	Tratamiento térmico ⁽⁴⁾	Todos	EN 13284-1 ⁽⁷⁾ (8)	Una vez al año	MTD 24
	Fusión de metales				Una vez al año ⁽⁶⁾
	Nodulización ⁽⁹⁾	Hierro fundido		Una vez al año	MTD 39
	Refinado	Acero			MTD 41
	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos	Todos			MTD 26
	Colada, enfriamiento y desmoldeo con	Todos			MTD 27

Sustancia/ Parámetro	Proceso(s)/Fuente(s)	Tipo de fundición/de horno	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización (*)	Monitorización asociada
	moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada				
	Acabado	Todos			MTD 30
	Moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar	Hierro fundido y metales no féreos			MTD 28
	Colada en moldes permanentes	Todos			MTD 29
	Reutilización de arena	Todos			MTD 31
Formaldehído (*)	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos			Una vez al año	MTD 26
	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada	Todos	Norma EN en preparación	Una vez al año	MTD 27
Cloruros gaseosos	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios (*)	EN 1911	Una vez al año	MTD 38
		Aluminio (*)			MTD 43
Fluoruros gaseosos	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios (*)	Norma EN en preparación		MTD 38
		Aluminio			MTD 43

Sustancia/ Parámetro	Proceso(s)/Fuente(s)	Tipo de fundición/de horno	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización (1)	Monitorización asociada a	
Metales	Cadmio y sus compuestos	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada (4)	EN 14385	Una vez al año	-	
		Fusión de metales		Una vez al año	-	
		Acabado (4)		Una vez al año	-	
	Cromo y sus compuestos	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada (4)		Todos	Una vez al año	-
		Fusión de metales (4)		Todos	Una vez al año	-
		Acabado (4)		Todos	Una vez al año	-
	Níquel y sus compuestos	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada (4)		Todos	Una vez al año	-
		Fusión de metales (4)		Todos	Una vez al año	-
		Acabado (4)		Todos	Una vez al año	-
	Plomo y sus compuestos	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de		Todos	Una vez al año	-

Sustancia/ Parámetro	Proceso(s)/Fuente(s)	Tipo de fundición/de horno	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización (1)	Monitorización asociada a		
	espuma perdida y arena químicamente aglomerada (4)			Una vez al año			
	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC y HBC (4)				MTD 38	
		Metales no férreos (10)				MTD 43	
	Colada en moldes permanentes	Plomo				Una vez al año	MTD 29
	Acabado (4)	Todos				Una vez al año	-
Zinc y sus compuestos	Fusión de metales (4)	Todos	Una vez al año	-			
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	Tratamiento térmico (5)	Todos	EN 14792	Una vez al año	MTD 24		
	Regeneración térmica de arena, excepto la arena procedente del proceso de caja fría (5)	Todos			MTD 31		
	Regeneración térmica de la arena procedente del proceso de caja fría						
	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios			MTD 38		
Metales no férreos (5)		MTD 43					
PCDD/F	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios	EN 1948-1, EN 1948-2, EN 1948-3	MTD 38			
		Hierro fundido: inducción (4)		MTD 38			
		Acero y metales no férreos (4)		MTD 40 MTD 43			

Sustancia/ Parámetro	Proceso(s)/Fuente(s)	Tipo de fundición/de horno	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización ⁽¹⁾	Monitorización asociada a
Fenol	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos ⁽¹¹⁾	Todos	Ninguna norma EN disponible	Una vez al año	MTD 26
	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada ⁽¹¹⁾				MTD 27
Dióxido de azufre (SO ₂)	Regeneración térmica de arena en la que se han utilizado catalizadores de ácido sulfónico	Todos	EN 14791	Una vez al año	MTD 31
	Fusión de metales	Hierro fundido: CBC, HBC y hornos rotatorios			MTD 38
		Metales no férricos ⁽³⁾ ⁽¹²⁾			MTD 43
Carbono orgánico volátil total (COVT)	Moldeo con moldes perdidos y fabricación de machos	Todos	EN 12619	Una vez al año	MTD 26
	Moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar				MTD 28
	Colada, enfriamiento y desmoldeo con moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada				MTD 27
	Reutilización de arena	Hierro fundido		Una vez al año	MTD 31
	Fusión de metales				MTD 38
			Acero y metales no férricos ⁽⁴⁾		-
	Colada en moldes permanentes ⁽¹³⁾	Todos ⁽⁴⁾		MTD 29	

- (¹) En la medida de lo posible, las mediciones se efectúan en el estado de emisión más elevado previsto en condiciones normales de funcionamiento.
- (²) La monitorización solo se aplica al proceso de caja fría cuando se utilizan aminas.
- (³) La monitorización solo se aplica cuando se utilizan aglomerantes o sustancias químicas aromáticos/as o cuando se utiliza el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada.
- (⁴) La monitorización solo se aplica si, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2, la presencia en el flujo de gases residuales de la sustancia o el parámetro en cuestión se considera pertinente.
- (⁵) La monitorización no resultará aplicable cuando solo se utilice electricidad.
- (⁶) Para cualquier chimenea asociada a un cubilote y con un flujo másico de partículas superior a 0,5 kg/h, será de aplicación la monitorización continua.
- (⁷) Cuando las mediciones sean continuas, se aplicarán las siguientes normas EN genéricas en su lugar: EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 y EN 14181.
- (⁸) Cuando las mediciones sean continuas, también se aplicará la norma EN 13284-2.
- (⁹) La monitorización no será de aplicación cuando se utilice la MTD 39, letra a).
- (¹⁰) La monitorización solo será de aplicación a fundiciones de plomo u otras fundiciones de metales no féreos que utilicen plomo como elemento de aleación.
- (¹¹) La monitorización solo será de aplicación cuando se utilicen sistemas aglomerantes de base fenólica.
- (¹²) La monitorización no resultará aplicable cuando solo se utilice gas natural.
- (¹³) La monitorización solo se aplicará cuando se utilicen machos con arena químicamente aglomerada.

1.2.1.2.2. Monitorización de las emisiones al agua

MTD 13. La MTD consiste en monitorizar las emisiones al agua al menos con la frecuencia que se indica a continuación y de acuerdo con normas EN. Cuando no se disponga de normas EN, la MTD consiste en aplicar las normas ISO u otras normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de una calidad científica equivalente.

Sustancia/Parámetro		Proceso	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización (¹)	Monitorización asociada a
Sustancias organohalogenadas adsorbibles (AOX) (²)		Aguas residuales procedentes del lavado húmedo de gases de escape del cubilote	EN ISO 9562	Una vez cada tres meses (³)	MTD 36
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) (²)		Fundición a presión, tratamiento de gases de escape (por ejemplo lavado húmedo), acabado, tratamiento térmico, aguas de escorrentía superficial contaminadas, refrigeración directa,	Varias normas EN disponibles (por ejemplo, EN 1899-1, EN ISO 5815)		
Demanda química de oxígeno (DQO) (³) (⁴)			Ninguna norma EN disponible		
Índice de hidrocarburos (IH) (²)			EN ISO 9377-2		
Metales/ metaloides	Arsénico (As) (²)		Varias normas EN disponibles (por ejemplo, EN ISO 11885, EN ISO 15586, EN ISO 17294-2)		
	Cadmio (Cd) (²)				
	Cromo (Cr) (²)				
	Cobre (Cu) (²)				
	Hierro (Fe) (²)				
	Plomo (Pb) (²)				
Níquel (Ni) (²)	Varias normas EN disponibles (por ejemplo EN ISO				
Zinc (Zn) (²)					
Mercurio (Hg) (²)					

Sustancia/Parámetro	Proceso	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización ⁽¹⁾	Monitorización asociada a
	regeneración de arena en húmedo y granulación de escoria de hornos de cubilote.	12846, EN ISO 17852)		
Índice de fenoles ⁽²⁾		EN ISO 14402		
Nitrógeno total (NT) ⁽³⁾		Varias normas EN disponibles (por ejemplo, EN 12260, EN ISO 11905-1)		
Carbono orgánico total (COT) ⁽³⁾ ⁽⁴⁾		EN 1484		
Total de sólidos en suspensión (TSS) ⁽³⁾		EN 872		

- (1) En caso de vertido discontinuo con una frecuencia inferior a la frecuencia mínima de monitorización, esta se realizará una vez por descarga.
- (2) La monitorización solo se aplica si, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2, la presencia en el flujo de aguas residuales de la sustancia o el parámetro en cuestión se considera pertinente.
- (3) En el caso de que se realicen vertidos indirectos, la frecuencia mínima de monitorización podrá reducirse a una vez cada seis meses si la estación depuradora de aguas residuales a la que lleguen los vertidos está correctamente diseñada y equipada para eliminar los contaminantes de que se trate.
- (4) Se monitoriza bien la DQO o bien el COT. La opción preferida es la monitorización del COT, ya que no requiere el empleo de compuestos muy tóxicos.
- (5) La monitorización solo será de aplicación cuando se utilicen sistemas aglomerantes fenólicos.

1.2.1.3. Eficiencia energética

MTD 14. A fin de aumentar la eficiencia energética, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas de la a) a la f) y una combinación adecuada de las técnicas de la g) a la n) descritas a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
Diseño y funcionamiento			
a.	Selección de un tipo de horno eficiente desde el punto de vista energético	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación.
b.	Técnicas para maximizar la eficiencia térmica de los hornos	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
c.	Automatización y control de hornos	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
d.	Utilización de chatarra limpia	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
e.	Mejora del rendimiento de la fundición y disminución de la generación de chatarra	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
f.	Reducción de las pérdidas de energía/ mejora de las prácticas de precalentamiento de la cuchara	<p>Ello incluye todos los elementos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — utilización de cucharas precalentadas limpias; — mantenimiento de la tapa de la cuchara cerrada para preservar el calor; — utilización de técnicas eficientes desde el punto de vista energético para precalentar las cucharas (como quemadores microporosos sin llama o quemadores de oxcombustible); — utilización de cucharas grandes (en la medida de lo posible en la práctica) equipadas con tapas de retención térmica; — reducción al mínimo de la transferencia de metal fundido de una cuchara a otra; — transferencia lo más rápida posible del metal fundido. 	La aplicabilidad puede verse limitada en el caso de las cucharas grandes (como las de más de 2 t) y las cucharas de vertido inferior debido a las limitaciones de diseño.
g.	Oxicombustión	Véase la sección 1.4.1.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse restringida por el diseño de los hornos y la necesidad de un flujo mínimo de gases residuales.
h.	Utilización de potencia de frecuencia media en hornos de inducción	Utilización de hornos de inducción de frecuencia media (250 Hz) en lugar de hornos que funcionen con la corriente principal (50 Hz).	Aplicable con carácter general.
i.	Optimización del sistema de aire comprimido	<p>Esto incluye todas las medidas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — aplicación de un mantenimiento adecuado del sistema para reducir las fugas; — monitorización eficaz de parámetros de funcionamiento como el caudal, la temperatura y la presión; — reducción al mínimo de las caídas de presión; — gestión eficiente de la carga; — reducción de la temperatura del aire de entrada; — uso de un sistema eficiente de control del compresor. 	Aplicable con carácter general.
j.	Secado por microondas de machos con recubrimientos de base acuosa	Uso de hornos de secado por microondas (por ejemplo, con una frecuencia de 2 450 Hz) para el secado de machos con recubrimiento de base acuosa [véase la MTD 21, letra e)] para obtener un secado rápido y homogéneo de toda la superficie del macho.	Puede no ser aplicable a los procesos de colada continua o a la producción de piezas de fundición grandes, o cuando los machos sean de arena recuperada con trazas de carbono.

Técnicas de recuperación de calor

k.	Precalentamiento de la chatarra mediante calor recuperado	La chatarra se precalienta recuperando el calor de gases de combustión calientes, que se redirigen para que entren en contacto con la carga.	Aplicable únicamente a los hornos de cuba en fundiciones de metales no férreos y a los hornos de arco eléctrico en fundiciones de acero.
----	---	--	--

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
l.	Recuperación del calor de los gases de escape generados en hornos	<p>El calor residual de los gases de escape calientes se recupera (por ejemplo, mediante intercambiadores de calor) y se reutiliza en este u otro emplazamiento (por ejemplo, en circuitos de aceite térmico, agua caliente o calefacción, para la generación de vapor o para precalentar el aire de combustión [véase la técnica m]). Puede incluir los aspectos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — El calor excedente procedente de los gases de escape del cubilote puede utilizarse, por ejemplo, para producir vapor o calentar aceite térmico o agua. — El calor excedente procedente del sistema de refrigeración del horno puede utilizarse, por ejemplo, para secar materias primas, calentar espacios o calentar agua. — En los hornos alimentados con combustible en fundiciones de aluminio, el calor excedente puede utilizarse, por ejemplo, para calentar las instalaciones o el agua de la planta de limpieza de piezas de fundición. — El calor de baja calidad se convierte en electricidad mediante fluidos de alto peso molecular utilizando el ciclo orgánico de Rankine (ORC). 	Su aplicabilidad puede verse limitada por la falta de una demanda adecuada de calor.
m.	Precalentamiento del aire de combustión	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
n.	Utilización del calor residual en hornos de inducción	El calor residual del sistema de refrigeración del horno de inducción se recupera mediante intercambiadores de calor y se utiliza para el secado de materias primas (como la chatarra), la calefacción de espacios o el suministro de agua caliente.	Aplicable con carácter general.

En las secciones 1.2.2.1 y 1.2.4.1 de las presentes conclusiones sobre las MTD se ofrecen más técnicas por sectores para aumentar la eficiencia energética.

Cuadro 1.1

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) relativos al consumo específico de energía en las fundiciones de hierro fundido

Proceso — Tipo de horno	Unidad	NCAA-MTD (Media anual)
Fusión y mantenimiento — Cubilote de viento frío	kWh/t de metal líquido	900 – 1 750
Fusión y mantenimiento — Cubilote de viento caliente		900 – 1 500
Fusión y mantenimiento — Inducción		600 – 1 200
Fusión y mantenimiento — Rotatorio		800 – 950
Precalentamiento de la cuchara		50 – 150 (¹)

(¹) En el caso de las fundiciones que producen piezas de fundición de gran tamaño, el límite superior del intervalo de NCAA-MTD puede ser más elevado y llegar a 200 kWh/t de metal líquido.

Cuadro 1.2

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) relativos al consumo específico de energía en las fundiciones de acero

Proceso – Tipo de horno	Unidad	NCAA-MTD (Media anual)
Fusión (arco eléctrico/inducción)	kWh/t de metal líquido	600 – 1 200
Pre calentamiento de la cuchara		100 – 300

Cuadro 1.3

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) relativos al consumo específico de energía en las fundiciones de aluminio

Proceso	Unidad	NCAA-MTD (Media anual)
Fusión y mantenimiento	kWh/t de metal líquido	600 – 2 000

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

1.2.1.4. *Eficiencia de los materiales*

1.2.1.4.1. Almacenamiento y manipulación de residuos de producción, envases y sustancias químicas de proceso no utilizadas

MTD 15. Con el fin de prevenir o reducir el riesgo medioambiental asociado al almacenamiento y la manipulación de residuos de producción, envases y sustancias químicas de proceso no utilizadas y de facilitar su reutilización o reciclado, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas que se indican a continuación.

Técnica	Descripción
a. Almacenamiento adecuado de diversos tipos de residuos de producción	Esto incluye lo siguiente: — Las partículas de los filtros de mangas se almacenan en superficies impermeables, en zonas cerradas y en contenedores o bolsas cerrados. — Otros tipos de residuos de producción (como escoria, escoria fina, revestimientos refractarios gastados de hornos) se almacenan por separado en superficies impermeables, en zonas cubiertas y protegidas de las aguas de escorrentía superficial.
b. Reutilización de la chatarra generada internamente	Reutilización de la chatarra generada internamente, directamente o previo tratamiento. El grado de reutilización de la chatarra generada internamente depende de su contenido de impurezas.
c. Reutilización/ reciclado de envases	Los envases de las sustancias químicas de proceso se seleccionan para facilitar su vaciado completo (por ejemplo, teniendo en cuenta el tamaño de la abertura del envase o las características del material con el que está fabricado). Una vez vacío, el envase se reutiliza, se devuelve al proveedor o se destina al reciclado de materiales. Preferiblemente, las sustancias químicas de proceso se almacenan en grandes recipientes.
d. Devolución de sustancias químicas de proceso no utilizadas	Las sustancias químicas de proceso no utilizadas (es decir, que permanecen en sus envases originales) se devuelven a sus proveedores.

1.2.1.4.2. Eficiencia operativa de los materiales en la colada

MTD 16. Para aumentar la eficiencia de los materiales en la colada, la MTD consiste en utilizar la técnica a) o bien la técnica a) en combinación con una de las técnicas b) y c) que se indican a continuación o con ambas.

Técnica		Descripción
a.	Mejora del rendimiento de la fundición y disminución de la generación de chatarra	Véase la sección 1.4.2
b.	Uso de simulación asistida por ordenador para los procesos de fundición, vertido y solidificación	Se utiliza un sistema de simulación por ordenador para optimizar los procesos de fundición, vertido y solidificación, reducir al mínimo el número de piezas de fundición defectuosas y aumentar la productividad de la fundición.
c.	Producción de piezas de fundición ligeras mediante optimización topológica	Uso de la optimización topológica (es decir, la simulación de la pieza de fundición mediante algoritmos y programas informáticos) para reducir la masa del producto cumpliendo al mismo tiempo sus requisitos de rendimiento.

Cuadro 1.4

Niveles indicativos de eficiencia operativa de los materiales

Tipo de fundición	Unidad	Niveles indicativos (Media anual)
Fundiciones de hierro fundido	%	50 – 97 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Fundiciones de acero		50 – 100 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Fundiciones de metales no férreos (todos los tipos excepto la colada a alta presión) – plomo		50– 97.5 ⁽¹⁾
Fundiciones de metales no férreos (todos los tipos excepto la colada a alta presión) — metales distintos del plomo		50 – 98 ⁽¹⁾
Fundiciones de metales no férreos (colada a alta presión)		60 – 97 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ El límite inferior del intervalo suele asociarse a la producción de piezas de fundición con formas complejas debido a que, por ejemplo, se precisa un elevado número de machos o mazarotas/alimentadores.

⁽²⁾ El límite superior del intervalo suele asociarse a la fundición centrífuga.

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

1.2.1.4.3. Reducción del consumo de materiales

MTD 17. A fin de reducir el consumo de materiales (sustancias químicas, aglomerante, etc.), la MTD consiste en utilizar una combinación adecuada de las técnicas que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
Técnicas de colada a alta presión de aluminio			
a.	Pulverización separada del agente desmoldante y del agua	Véase la sección 1.4.2.	Aplicable con carácter general.
b.	Reducción al mínimo del consumo de agente desmoldante y agua	Entre las medidas para reducir al mínimo el consumo de agente desmoldante y agua figuran las siguientes: — uso de un sistema automatizado de pulverización;	Aplicable con carácter general.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
		<ul style="list-style-type: none"> — optimización del factor de dilución del agente desmoldante; — aplicación de refrigeración en la matriz; — aplicación del agente desmoldante en molde cerrado; — medición del consumo de agentes desmoldantes; — medición de la temperatura de la superficie de la matriz para localizar los puntos de concentración del calor. 	

Técnicas para procesos en que se utilice arena químicamente aglomerada y de fabricación de machos

c.	Optimización del consumo de aglomerante y resina	Véase la sección 1.4.2.	Aplicable con carácter general.
d.	Reducción al mínimo de las pérdidas de arena de moldes y machos	Los parámetros de producción de los distintos tipos de productos se almacenan en una base de datos electrónica que facilita la transición a nuevos productos con las mínimas pérdidas posibles de tiempo y materiales.	Aplicable con carácter general.
e.	Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado en frío	Véase la sección 1.4.2.	Aplicable con carácter general.
f.	Recuperación de aminas del agua de lavado con ácido	Cuando se utiliza el lavado con ácido (por ejemplo, con ácido sulfúrico) para tratar los gases de escape del proceso de caja fría, se forma sulfato de amina. Para recuperar las aminas tras el tratamiento del sulfato de amina, se emplea hidróxido de sodio. Esta operación puede tener lugar tanto dentro como fuera de la instalación.	La aplicabilidad podría verse limitada por motivos de seguridad (peligro de explosión).
g.	Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado por gas	Véase la sección 1.4.2.	Aplicable con carácter general.
h.	Aplicación de procesos alternativos de moldeo/fabricación de machos	<p>Entre los procesos alternativos de moldeo/fabricación de machos en los que se utiliza una cantidad nula o reducida de aglomerantes se incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — el proceso de moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar; — el moldeo al vacío. 	La aplicabilidad del proceso de moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar a las instalaciones ya existentes puede verse limitada debido a las modificaciones necesarias en la infraestructura. La aplicabilidad del moldeo al vacío puede verse limitada cuando se trata de grandes cajas de moldeo (de más de 1,5 m x 1,5 m).

1.2.1.4.4. Reutilización de arena

MTD 18. Con el fin de reducir el consumo de arena nueva y la generación de arena usada a partir de la reutilización de arena en el proceso de colada en molde perdido, la MTD consiste en utilizar una de las técnicas que se indican a continuación o una combinación adecuada de estas.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
a.	Reacondicionamiento optimizado de arena en verde	El proceso de reacondicionamiento de arena en verde está controlado por un sistema informático para optimizar el consumo de materias primas y la reutilización de arena en verde, mediante técnicas como la refrigeración (enfriamiento evaporativo o lecho fluidificado), la adición de aglomerantes y aditivos, el humedecimiento, el mezclado o el control de calidad.	Aplicable con carácter general.
b.	Reacondicionamiento de arena en verde de bajo nivel de residuos	El reacondicionamiento de arena en verde en fundiciones de aluminio se lleva a cabo utilizando un escáner para detectar impurezas en la arena en verde basándose en el brillo o el color. Estas impurezas se separan de la arena en verde mediante una pulsación de chorro de aire.	Aplicable con carácter general.
c.	Preparación de arena en verde mediante mezclado al vacío y enfriamiento	Véase la MTD 25, letra b).	Aplicable con carácter general.
d.	Recuperación mecánica de la arena de fraguado en frío	Para recuperar la arena de fraguado en frío se aplican técnicas mecánicas (por ejemplo, rotura de terrones, separación de fracciones de arena) utilizando trituradoras o laminadoras.	Puede no ser aplicable a la arena aglomerada con silicato.
e.	Recuperación mecánica en frío de arena en verde o químicamente aglomerada por medio de una muela	Utilización de una muela giratoria para retirar las capas de arcilla y los aglomerantes químicos de los granos de arena usados.	Aplicable con carácter general.
f.	Recuperación mecánica en frío de arena mediante tambor de impacto	Utilización de un tambor de impacto con un eje interno giratorio, equipado con unas pequeñas hojas, para la limpieza abrasiva de los granos de arena. Cuando se aplica a una mezcla de bentonita y arena químicamente aglomerada, se lleva a cabo una separación magnética preliminar para extraer de la arena en verde las partes con propiedades magnéticas.	Aplicable con carácter general.
g.	Recuperación en frío de arena mediante un sistema neumático	Eliminación de aglomerantes de los granos de arena por abrasión e impacto. La energía cinética procede de una corriente de aire comprimido.	Aplicable con carácter general.
h.	Recuperación térmica de arena	Utilización de calor para quemar los aglomerantes y contaminantes contenidos en la arena químicamente aglomerada y mixta. Este proceso se combina con un pretratamiento mecánico inicial para obtener una arena con el tamaño de grano adecuado y eliminar cualquier contaminante metálico. En el caso de la arena mixta, la proporción de arena químicamente aglomerada debe ser suficientemente elevada.	Puede no ser aplicable en el caso de arena usada que contenga residuos de aglomerantes inorgánicos.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
i.	Recuperación combinada (mecánica-térmica-mecánica) de arena mixta de bentonita orgánica	Tras el pretratamiento (tamizado, separación magnética) y secado, la arena se limpia por medios mecánicos o neumáticos para retirar parte del aglomerante. En la fase térmica, los componentes orgánicos se queman y los inorgánicos se transfieren al polvo o se queman y funden con los granos. En un tratamiento mecánico final, estas capas del grano se eliminan por medios mecánicos o neumáticos y se desechan en forma de polvo.	Puede no ser aplicable a las arenas de los machos que contienen aglomerantes ácidos (ya que pueden alterar las características de la bentonita) o en el caso del silicato soluble (porque puede alterar las características de la arena en verde).
j.	Recuperación de arena combinada con tratamiento térmico de las piezas de fundición de aluminio	Tras el vertido y la solidificación, se cargan los moldes o piezas de fundición en el horno. Cuando las unidades alcanzan una temperatura superior a 420 °C, se queman los aglomerantes, se desintegran los machos o los moldes y las piezas de fundición se someten a un tratamiento térmico. La arena cae al fondo del horno para su limpieza final en un lecho fluidizado calentado. Una vez enfriada, la arena se reutiliza en la mezcladora de arena de machos, sin ningún tratamiento adicional.	Aplicable con carácter general.
k.	Recuperación en húmedo de arena en verde o de arenas aglomeradas con silicato o CO ₂	La arena se mezcla con agua y se obtiene un lodo. La eliminación de los residuos de aglomerante ligados al grano se lleva a cabo mediante la fricción intensiva entre partículas de los granos de arena. Los aglomerantes se desprenden y quedan en el agua de lavado. La arena lavada se seca, se criba y finalmente se enfría.	Aplicable con carácter general.
l.	Recuperación de arena de silicato de sodio (silicato soluble) mediante un sistema neumático	La arena se calienta para quebrar la capa de silicato antes de proceder a utilizar un sistema neumático [véase la técnica g)]. La arena recuperada se enfría antes de reutilizarla.	Aplicable con carácter general.
m.	Reutilización interna de la arena de los machos (aglomerantes de caja fría o ácido de furano)	La arena procedente de machos rotos/ defectuosos y el exceso de arena procedente de las máquinas de fabricación de machos (después del endurecimiento en una unidad específica) se introduce en una unidad de triturado. La arena resultante se mezcla con arena nueva y se destina a la producción de nuevos machos.	Aplicable con carácter general.
n.	Reutilización de partículas procedentes del circuito de arena en verde de producción de moldes	Las partículas se recogen en el filtro de salida situado en la unidad de desmoldeo y de las instalaciones de dosificación y manipulación de arena en verde seca. Las partículas capturadas (que contienen componentes aglomerantes activos) pueden reciclarse y reintroducirse en el circuito de arena en verde.	Aplicable con carácter general.

Cuadro 1.5

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) relativos a la reutilización de arena

Tipo de fundición	Unidad	NCAA-MTD ⁽¹⁾ (Media anual)
Fundiciones de hierro fundido	%	> 90
Fundiciones de acero		> 80
Fundiciones de metales no férricos ⁽²⁾		> 90

⁽¹⁾ Los NCAA-MTD no podrán aplicarse cuando la cantidad de arena utilizada sea inferior a 10 000 t/año.

⁽²⁾ El NCAA-MTD puede no ser aplicable a instalaciones dedicadas a la fundición a presión de aluminio cuando se utilice silicato soluble.

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

- 1.2.1.4.5. Reducción de los residuos de producción generados y de los residuos destinados a su eliminación

MTD 19. A fin de reducir la cantidad de residuos de producción generados durante la fusión de metales y reducir la cantidad de residuos destinados a su eliminación, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas que se indican a continuación.

Técnica	Descripción
---------	-------------

Técnicas para todos los tipos de hornos

a.	Reducción al mínimo de la formación de escoria	La formación de escoria puede minimizarse incorporando medidas al proceso, tales como: <ul style="list-style-type: none"> — utilizar chatarra limpia; — utilizar una temperatura inferior del metal (lo más cerca posible del punto de fusión teórico); — evitar picos elevados de temperatura; — evitar mantener durante tiempos prolongados el metal fundido en el horno de fusión o utilizar un horno de espera independiente; — hacer un uso adecuado de los flujos; — elegir el revestimiento refractario del horno más adecuado; — enfriar con agua las paredes del horno para evitar el desgaste del revestimiento refractario; — desespumar el aluminio líquido.
b.	Pretratamiento mecánico de escorias/escorias finas/partículas de los filtros/revestimientos refractarios usados para facilitar el reciclado	Véase la sección 1.4.2. Esta operación también puede realizarse fuera de la instalación.

Técnicas para hornos de cubilote

c.	Ajuste de la acidez/basicidad de la escoria	Véase la sección 1.4.2.
d.	Recogida y reciclado de menudo de coque	El menudo de coque generado durante la manipulación, el transporte y la carga del coque se recoge (por ejemplo, mediante sistemas de recogida situados bajo las cintas transportadoras o los puntos de carga) y se recicla durante el proceso (se inyecta en el horno de cubilote o se utiliza para la recarburización).

Técnica		Descripción
e.	Reciclado de las partículas de los filtros en hornos de cubilote utilizando chatarra con zinc	Las partículas de los filtros de los cubilotes se vuelven a inyectar parcialmente en los hornos para aumentar el contenido de zinc en las partículas, hasta un nivel que permita la recuperación del zinc (superior al 18 %).
Técnicas para hornos de arco eléctrico		
f.	Reciclado de partículas de los filtros de hornos de arco eléctrico	Las partículas de los filtros secas recogidas, normalmente después de someterse a un pretratamiento (como la peletización o el briquetado), se reciclan en el horno para poder recuperar su contenido metálico. El contenido inorgánico se transfiere a la escoria.

MTD 20. Con el fin de reducir la cantidad de residuos destinados a su eliminación, la MTD consiste en priorizar el reciclado fuera de la instalación u otro medio de recuperación frente a la eliminación de arena usada, la arena de calibre inferior al reglamentario, escorias, revestimientos refractarios y partículas de filtros recogidas (como las de los filtros de mangas).

Descripción

El reciclado fuera de la instalación u otro medio de recuperación tienen prioridad frente a la eliminación de arena usada, la arena de calibre inferior al reglamentario, escorias, revestimientos refractarios y partículas de filtros. La arena usada, la arena de calibre inferior al reglamentario, las escorias y los revestimientos refractarios pueden ser:

- reciclados, por ejemplo, en la construcción de carreteras o en materiales de construcción (cemento, ladrillos, baldosas, etc.);
- recuperados, por ejemplo, para el rellenado de cavidades mineras o la construcción de vertederos (como carreteras en vertederos y cubiertas permanentes).

Las partículas de filtros pueden reciclarse externamente, por ejemplo, en la metalurgia, la fabricación de arena o el sector de la construcción.

Aplicabilidad

El reciclado u otros medios de recuperación pueden verse limitados por las propiedades fisicoquímicas del residuo de producción (contenido orgánico/metálico, granulometría, etc.).

Puede no ser aplicable en caso de que no exista una demanda externa suficiente de reciclado o recuperación.

Cuadro 1.6

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) correspondientes a los residuos destinados a su eliminación

Tipo de residuo	Unidad	NCAA-MTD ⁽¹⁾ (Media anual)		
		Fundiciones de metales no féreos	Fundiciones de hierro fundido	Fundiciones de acero
Escoria	kg/t de metal líquido	0 – 50	0 – 50 ⁽²⁾	0 – 50 ⁽²⁾
Escoria fina		0 – 30	0 – 30	0 – 30
Partículas de filtros		0 – 5	0 – 60	0 – 10
Revestimientos refractarios gastados de horno		0 – 5	0 – 20 ⁽³⁾	0 – 20

⁽¹⁾ El NCAA-MTD puede no ser aplicable cuando no exista una demanda externa adecuada de reciclado o recuperación.

⁽²⁾ En el caso de las fundiciones de acero o hierro fundido que empleen hornos de arco eléctrico, el límite superior del intervalo de NCAA-MTD puede ser más elevado y llegar a 100 kg/t de metal líquido debido a la mayor formación de escorias durante el tratamiento metalúrgico.

⁽³⁾ En el caso de las fundiciones que utilizan cubilotes de viento frío (CBC), el límite superior del intervalo de NCAA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 100 kg/t de metal líquido.

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

1.2.1.5. *Emisiones difusas a la atmósfera*

MTD 21. Para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones difusas a la atmósfera, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas indicadas a continuación.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
a.	Se cubren los equipos de entrega (contenedores) y el espacio de carga de los vehículos de transporte	El espacio de carga de los vehículos de transporte y los equipos de entrega (contenedores) están cubiertos (por ejemplo, con lonas).	Aplicable con carácter general.
b.	Limpieza de carreteras y ruedas de los vehículos de transporte	Las carreteras y las ruedas de los vehículos de transporte se limpian periódicamente, por ejemplo, con sistemas móviles de aspiración o lagunas de agua.	Aplicable con carácter general.
c.	Utilización de transportadores cerrados	Los materiales se transfieren utilizando sistemas transportadores, por ejemplo, cerrados o neumáticos. Se minimizan las caídas de material.	Aplicable con carácter general.
d.	Limpieza por aspiración de las zonas de moldeo y colada	En las fundiciones en las que se utiliza el moldeo en arena, las zonas de moldeo y colada se limpian periódicamente mediante aspiración.	Puede no ser aplicable en zonas en las que la arena cumple una función técnica o relacionada con la seguridad.
e.	Sustitución de recubrimientos de base alcohólica por recubrimientos de base acuosa	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse limitada cuando se trate de piezas de fundición de grandes dimensiones o formas complejas debido a las dificultades de circulación del aire de secado. No aplicable a las arenas aglomeradas con silicato soluble, a la colada de magnesio, al moldeo al vacío o a la producción de piezas de fundición de acero al manganeso con recubrimiento de MgO.
f.	Control de las emisiones procedentes de los baños de templado	Esto incluye lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> — Minimizar la generación de emisiones procedentes de baños de templado utilizando soluciones de polímeros de base acuosa (por ejemplo, que contengan polivinilpirrolidona o polialquilenoglicol). — Recoger las emisiones de los baños de templado (especialmente cuando se trate de baños de aceite) lo más cerca posible de la fuente de emisión, utilizando ventilación de techo, campanas extractoras o extractores laterales. Los gases de escape extraídos pueden tratarse, por ejemplo, utilizando un precipitador electrostático (véase la sección 1.4.3). — Utilizar agua templada como medio de enfriamiento. 	Aplicable con carácter general.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
g.	Control de las emisiones procedentes de las operaciones de transferencia en la fusión de metales	<p>Esto incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Extraer lo más cerca posible de la fuente las emisiones difusas (partículas, humos) procedentes de procesos de transferencia, como la carga o el sangrado del horno utilizando para ello campanas, por ejemplo. Los gases de escape extraídos pueden tratarse mediante un filtro de mangas o lavado húmedo. — Reducir al mínimo las emisiones difusas procedentes de la transferencia de metales líquidos mediante canaletas, utilizando cubiertas, por ejemplo. 	Aplicable con carácter general.

Pueden consultarse más técnicas específicas para determinados procesos destinadas a evitar o reducir las emisiones difusas en MTD 24, MTD 26, MTD 27, MTD 28, MTD 29, MTD 30, MTD 31, MTD 38, MTD 39, MTD 40, MTD 41 y MTD 43.

1.2.1.6. Emisiones canalizadas a la atmósfera

MTD 22. Para facilitar la recuperación de materiales y la reducción de las emisiones canalizadas a la atmósfera, así como para aumentar la eficiencia energética, la MTD consiste en combinar los flujos de gases residuales con características similares, minimizando así el número de puntos de emisión.

Descripción

El tratamiento combinado de los gases residuales con características similares resulta más efectivo y eficiente que el tratamiento por separado de cada uno de los flujos de dichos gases. La combinación de los gases residuales se lleva a cabo teniendo en cuenta la seguridad de la instalación (por ejemplo, evitando concentraciones cercanas al límite superior/inferior de explosividad), y factores técnicos (como la compatibilidad de los respectivos flujos de gases o la concentración de las sustancias en cuestión), medioambientales (por ejemplo, para maximizar la recuperación de materiales o la reducción de contaminantes) y económicos (como la distancia entre las distintas unidades de producción). Se procura que la combinación de los gases residuales no provoque la dilución de las emisiones.

1.2.1.7. Emisiones a la atmósfera procedentes de procesos térmicos

MTD 23. A fin de evitar o reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales, la MTD consiste en utilizar electricidad generada a partir de fuentes de energía no fósiles en combinación con las técnicas de la a) a la e), o bien las técnicas de la a) a la e) junto con una combinación adecuada de las técnicas de la f) a la i) que se indican a continuación.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
Técnicas generales			
a.	Selección de un tipo adecuado de horno y maximización de la eficiencia térmica de los hornos	Véase la sección 4.4.1	La selección de un tipo de horno adecuado solo es aplicable a las instalaciones nuevas y en caso de mejora importante de las instalaciones.
b.	Utilización de chatarra limpia	Véase la sección 1.4.1	Aplicable con carácter general.
Medidas de control básicas para minimizar las emisiones de PCDD/F			

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
c.	Maximización del tiempo de permanencia de los gases de escape y optimización de la temperatura en la cámara de postcombustión en hornos de cubilote	En los hornos de cubilote, la temperatura de la cámara de postcombustión se optimiza ($T > 850\text{ °C}$) y se monitoriza continuamente, mientras que el tiempo de permanencia de los gases de escape se maximiza ($> 2\text{ s}$).	Aplicable con carácter general.
d.	Refrigeración rápida de gases de escape	Los gases de escape se enfrían rápidamente desde temperaturas superiores a los 400 °C hasta menos de 250 °C antes de proceder a la reducción de partículas para evitar la síntesis de novo de PCDD/F. Esto se consigue mediante un diseño adecuado del horno o recurriendo a un sistema de enfriamiento.	
e.	Reducción al mínimo de la acumulación de partículas en los intercambiadores de calor	Se minimiza la acumulación de partículas a lo largo de la trayectoria de refrigeración de los gases de escape, especialmente en los intercambiadores de calor, por ejemplo, mediante el uso de tubos intercambiadores verticales, la limpieza eficiente del interior de los tubos del intercambiador o el desempolvado a altas temperaturas.	

Técnicas para reducir la generación de emisiones de NO_x y SO_2

f.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo potencial de formación de NO_x	Entre los combustibles con un bajo potencial de formación de NO_x figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con los condicionamientos asociados a la disponibilidad de tipos distintos de combustible, que puede depender de la política energética de cada Estado miembro.
g.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo contenido de azufre	Entre los combustibles con un bajo contenido de azufre figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con los condicionamientos asociados a la disponibilidad de tipos distintos de combustible, que puede depender de la política energética de cada Estado miembro.
h.	Quemadores de bajo nivel de NO_x	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones operativas o de diseño de los hornos.
i.	Oxicombustión	Véase la sección 1.4.3.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse restringida por el diseño de los hornos y la necesidad de un flujo mínimo de gases residuales.

Los NEA-MTD para la fusión de metales se recogen en:

- el cuadro 1.18, para fundiciones de hierro fundido;
- el cuadro 1.20, para fundiciones de acero;
- el cuadro 1.22, para fundiciones de metales no féreos.

MTD 24. A fin de evitar o reducir las emisiones a la atmósfera procedentes del tratamiento térmico, la MTD consiste en utilizar electricidad generada a partir de fuentes de energía no fósiles en combinación con las técnicas a) y d), o bien todas las técnicas que se indican a continuación.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Técnicas generales			
a.	Selección de un tipo adecuado de horno y maximización de la eficiencia térmica de los hornos	Véase la sección 1.4.3	Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación.
Técnicas para reducir la generación de emisiones de NO_x			
b.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo potencial de formación de NO _x	Entre los combustibles con un bajo potencial de formación de NO _x figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con los condicionamientos asociados a la disponibilidad de tipos distintos de combustible, que puede depender de la política energética de cada Estado miembro.
c.	Quemadores de bajo nivel de NO _x	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones operativas o de diseño de los hornos.
Recogida de las emisiones			
d.	Extracción de los gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión	Los gases de escape de los hornos de tratamiento térmico (recocido, maduración, normalización, temple en salmuera) se extraen por medio de campanas o cubiertas. Las emisiones recogidas pueden tratarse utilizando técnicas como filtros de mangas.	Aplicable con carácter general.

Cuadro 1.7

Niveles de emisión asociados a las MTD (NEA-MTD) para las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas y NO_x y nivel de emisión indicativo para las emisiones canalizadas a la atmósfera de CO procedentes del tratamiento térmico

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)	Nivel de emisión indicativo (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5 ⁽¹⁾	Sin nivel indicativo
NO _x		20 – 120 ⁽²⁾ ⁽³⁾	Sin nivel indicativo
CO		Ningún NEA-MTD	10 – 100 ⁽³⁾

⁽¹⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando la sustancia o el parámetro en cuestión se considera pertinente en los flujos de gases residuales con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

⁽²⁾ En el caso del tratamiento térmico a más de 1 000 °C (por ejemplo, para la fundición maleable), el límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 300 mg/Nm³.

⁽³⁾ El NEA-MTD y el nivel de emisión indicativo no se aplican en el caso de los hornos que solo utilizan energía eléctrica (por ejemplo, los de resistencia).

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.8. *Emisiones a la atmósfera procedentes del moldeo mediante moldes perdidos y la fabricación de machos*

MTD 25. Con el fin de evitar o reducir las emisiones a la atmósfera procedentes del moldeo mediante moldes perdidos y la fabricación de machos, la MTD consiste en:

- utilizar una combinación adecuada de las técnicas de la a) a la c) que se indican a continuación en caso de moldeo con arena en verde;
- utilizar la técnica d) o e) o f) y una combinación adecuada de las técnicas de la g) a la k) que se indican a continuación, en el caso del moldeo y la fabricación de machos con arena químicamente aglomerada;
- utilizar la técnica l) que se indica a continuación para seleccionar los recubrimientos aplicados a los moldes y los machos.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
--	---------	-------------	---------------

Técnicas de moldeo con arena en verde

a.	Utilización de las mejores prácticas para el moldeo con arena en verde	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — adición precisa de la cantidad necesaria de componentes clave (arcilla, agua, polvo de carbón u otros aditivos) para restablecer las propiedades químicas de la arena en verde devuelta; — pruebas periódicas (por ejemplo, diarias) de comprobación de las propiedades de la arena en verde (humedad, resistencia en verde, compactabilidad, permeabilidad, pérdida por calcinación, contenido volátil). 	Aplicable con carácter general.
b.	Preparación de arena en verde mediante mezclado al vacío y enfriamiento	Los procesos de mezcla y refrigeración se combinan en una sola fase del proceso. Para ello se utiliza una mezcladora de arena a presión reducida que provoca enfriamiento a causa de la vaporización controlada del agua.	Aplicable con carácter general.
c.	Sustitución del polvo de carbón	El polvo de carbón se sustituye por aditivos como grafito, polvo de coque y zeolitas, lo que da lugar a emisiones difusas significativamente menores durante la colada.	La aplicabilidad puede verse restringida por limitaciones operativas (como un desmoldeo menos eficiente o la aparición de defectos en las piezas de fundición).

Técnicas para la prevención de emisiones en el moldeo y la fabricación de machos con arena químicamente aglomerada

d.	Selección de un sistema aglomerante de fraguado en frío de bajas emisiones	Se selecciona un sistema aglomerante de fraguado en frío que genere bajas emisiones de formaldehído, fenol, alcohol furfurílico, isocianatos, etc. Esto incluye el uso de: <ul style="list-style-type: none"> — resinas de furano sin cocer con bajo contenido de alcohol furfurílico (por ejemplo, inferior al 40 %p) para la producción de piezas de fundición de hierro, por ejemplo; — sistemas de fenol/furano sin cocer con un catalizador ácido bajo en azufre para la producción de piezas de fundición de acero, por ejemplo; — aglomerantes orgánicos alifáticos, por ejemplo, a base de polialcoholes alifáticos (en lugar de aglomerantes orgánicos aromáticos) para la producción de piezas de fundición de hierro, acero, aluminio o magnesio, etc.; 	Su aplicabilidad puede verse limitada debido a las especificaciones del producto.
----	--	---	---

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
		<ul style="list-style-type: none"> — geopolímeros inorgánicos a base de polisialatos (para la fabricación de piezas de fundición gris, aluminio y acero, etc.); — éster de silicato (para la producción de piezas de fundición de acero de tamaño medio y grande, etc.); — aceite alquídico (por ejemplo, para piezas de fundición individuales o producción de pequeños lotes en fundiciones de acero); — resol-éster (por ejemplo, para aleaciones más ligeras en la producción de piezas pequeñas o medianas); — cemento (por ejemplo, para la producción de piezas de fundición muy grandes). 	
e.	Selección de un sistema aglomerante de curado por gas de bajas emisiones	<p>Se selecciona un sistema aglomerante de curado por gas que genere bajas emisiones de aminas, benceno, formaldehído, fenol, isocianatos, etc. Esto incluye el uso de:</p> <ul style="list-style-type: none"> — aglomerantes inorgánicos, por ejemplo, silicato de sodio (silicato soluble), endurecidos con CO₂ o ésteres orgánicos, por ejemplo, en la fundición a presión de aluminio; — geopolímeros inorgánicos a base de polisialatos curados con CO₂ (para la fabricación de piezas de fundición gris, aluminio, acero, etc.); — aglomerantes orgánicos alifáticos, por ejemplo, a base de polialcoholes alifáticos (en lugar de aglomerantes orgánicos aromáticos) para la producción de piezas de fundición de hierro, acero, aluminio o magnesio, etc.; — aglomerantes de uretano fenólico con muy bajo contenido de fenol libre y formaldehído (para la producción de piezas de fundición de hierro y acero, etc.); — aglomerantes de uretano fenólico con cantidades reducidas de disolventes (para la producción de piezas de fundición de hierro y acero, etc.). 	Su aplicabilidad puede verse limitada debido a las especificaciones del producto.
f.	Selección de un sistema aglomerante de curado en caliente de bajas emisiones	<p>Debe seleccionarse un sistema aglomerante de curado en caliente que genere bajas emisiones de formaldehído, fenol, alcohol furfurílico, benceno, isocianatos, etc. Esto incluye el uso de:</p> <ul style="list-style-type: none"> — aglomerantes inorgánicos, como los geopolímeros a base de polisialatos; — aglomerantes inorgánicos curados mediante un proceso en caja templada sin fenol, formaldehído o isocianatos (para preparar piezas de fundición de aluminio con formas complejas, por ejemplo); — aglomerantes alifáticos de caja templada de poliuretano (utilizados como alternativa al proceso en caja fría). 	Su aplicabilidad puede verse limitada debido a las especificaciones del producto.

Técnicas generales de moldeo y fabricación de machos con arena químicamente aglomerada

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
g.	Optimización del consumo de aglomerante y resina	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
h.	Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado en frío	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
i.	Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado por gas	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
j.	Utilización de disolventes no aromáticos para la producción de machos en caja fría	Se utilizan disolventes no aromáticos a base de proteínas o grasas animales (como ésteres metílicos de ácidos grasos de aceite vegetal) o a base de ésteres de silicato para reducir las emisiones de COV (como benceno o tolueno).	Aplicable con carácter general.
k.	Uso de las mejores prácticas en los procesos de curado en caliente	<p>Pueden utilizarse varios procesos de curado en caliente y se aplican una serie de medidas para optimizar cada proceso, en particular:</p> <p>Proceso de caja caliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> — El curado se realiza dentro del intervalo de temperaturas óptimo (por ejemplo, entre 220 °C y 300 °C). — Los machos suelen incorporar un prerrevestimiento de base acuosa para evitar quemaduras en su superficie, lo que puede dar lugar a fragilidad durante el vertido. — Las sopladoras de machos y la zona circundante cuentan con una buena ventilación por extracción para capturar de forma eficiente el formaldehído liberado durante el curado. <p>Proceso de caja templada:</p> <ul style="list-style-type: none"> — El curado se lleva a cabo a un intervalo de temperaturas óptimo inferior al del proceso de caja caliente (por ejemplo, entre 150 °C y 190 °C), lo que se traduce en unas emisiones y un consumo de energía más bajos que los del proceso de caja caliente. <p>Moldeo en cáscara (procedimiento Croning):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Las arenas prerrevestidas con una resina de fenol-formaldehído se aglutinan utilizando hexametilentetramina que se descompone a 160 °C, liberando formaldehído, necesario para la reticulación de la resina, y amoniaco. <p>La zona de curado o de las sopladoras de machos cuenta con una buena ventilación por extracción para capturar de manera eficiente el amoniaco y el formaldehído liberados durante el curado.</p>	Aplicable con carácter general.

Técnicas relacionadas con los recubrimientos aplicados a moldes y machos

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
1.	Sustitución de recubrimientos de base alcohólica por recubrimientos de base acuosa	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse limitada cuando se trate de piezas de fundición de grandes dimensiones o formas complejas debido a las dificultades de circulación del aire de secado. No aplicable a las arenas aglomeradas con silicato soluble, a la colada de magnesio, al moldeo al vacío o a la producción de piezas de fundición de acero al manganeso con recubrimiento de MgO.

MTD 26. Con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera procedentes del moldeo mediante moldes perdidos y la fabricación de machos, la MTD consiste en:

- utilizar una combinación adecuada de las técnicas indicadas en la MTD 25;
- recoger las emisiones utilizando la técnica a);
- tratar los gases de escape utilizando una o varias de las técnicas de la b) a la f) que se indican a continuación

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
--	---------	-------------	---------------

Recogida de las emisiones

a.	Extracción de las emisiones generadas por el moldeo o la fabricación de machos lo más cerca posible de la fuente de emisión	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse limitada en el caso del moldeo en fundiciones de hierro fundido y acero en las que se producen piezas de fundición de gran tamaño.
----	---	-------------------------	---

Tratamiento de los gases de escape

b.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
c.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
d.	Adsorción	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
e.	Oxidación térmica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse restringida cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso. La aplicabilidad de la oxidación térmica recuperativa o regenerativa en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento.
f.	Oxidación catalítica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse restringida por la presencia de venenos del catalizador en los gases residuales o cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.

Cuadro 1.8

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas, aminas, benceno, formaldehído, fenol y COVT procedentes del moldeo mediante moldes perdidos y la fabricación de machos

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
Aminas		< 0,5 – 2,5 ⁽¹⁾
Benceno		< 1 – 2 ⁽²⁾
Formaldehído		< 1 – 2 ⁽³⁾
Fenol		< 1 – 2 ⁽⁴⁾
COVT	mg C/Nm ³	15 – 50 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ El NEA-MTD solo se aplica al proceso de caja fría cuando se utilizan aminas.

⁽²⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan aglomerantes/sustancias químicas aromáticas/as.

⁽³⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando la sustancia en cuestión se considera pertinente en los flujos de gases residuales con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

⁽⁴⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan sistemas aglomerantes de base fenólica.

⁽⁵⁾ En el caso de la fabricación de machos, el límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 100 mg C/Nm³ si se cumplen al mismo tiempo las condiciones a) y b) descritas a continuación:

- a) en la fabricación de machos se utilizan sistemas de aglomerante orgánico que generan emisiones bajas o nulas de sustancias clasificadas como CMR 1A, CMR 1B o CMR 2 [véanse las técnicas d), e) o f) de la MTD 25];
- b) se cumplen una de las condiciones siguientes o ambas:
 - la oxidación térmica o catalítica no es aplicable,
 - la sustitución por recubrimientos de base acuosa no es aplicable.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.9. *Emisiones a la atmósfera de los procesos de colada, enfriamiento y desmoldeo en fundiciones que utilizan moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada*

MTD 27. Con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de los procesos de colada, enfriamiento y desmoldeo en fundiciones que utilizan moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada, la MTD consiste en:

- recoger las emisiones utilizando la técnica a);
- tratar los gases de escape utilizando una o varias de las técnicas de la b) a la h) que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
---------	-------------	---------------

Recogida de las emisiones

a.	Extracción de las emisiones generadas durante los procesos de colada, enfriamiento y desmoldeo lo más cerca posible de la fuente de emisión	Las emisiones generadas durante los procesos de colada (especialmente las procedentes del vertido), el enfriamiento y el desmoldeo se extraen adecuadamente. En el caso de los procesos de colada y enfriamiento, esto incluye: — restringir el proceso de vertido a una zona o posición fija para facilitar la captura de emisiones utilizando ventiladores y cerramientos (por ejemplo, en el vertido discontinuo); — el cerramiento de líneas de vertido y enfriamiento. En el caso del proceso de desmoldeo, esto incluye: — la utilización de paneles ventiladores situados a ambos lados y en la parte trasera del desmoldeador;	La aplicabilidad puede verse limitada en el caso de las fundiciones de hierro fundido y acero en las que se producen piezas de fundición de gran tamaño.
----	---	---	--

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
	<ul style="list-style-type: none"> — la utilización de unidades cerradas equipadas con aberturas de techo o cubiertas desmontables (como una caseta); — la instalación de un punto de extracción situado debajo del desmoldeador en la caja de recogida de arena. 		
Tratamiento de los gases de escape			
b.	Ciclón	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
c.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
d.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
e.	Adsorción	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
f.	Biofiltro	El flujo de gases de escape pasa a través de un lecho de material orgánico (como turba, brezo, compost, raíces, corteza de árbol, madera blanda y distintas combinaciones de estos materiales) o de algún material inerte (como arcilla, carbón activo y poliuretano), donde experimenta una oxidación biológica por la acción de microorganismos naturalmente presentes, formándose dióxido de carbono, agua, sales inorgánicas y biomasa. El biofiltro es sensible a las partículas, las altas temperaturas y las variaciones sustanciales en la composición de los gases de escape. Tal vez resulte necesario un aporte de nutrientes adicional.	Solamente se aplica al tratamiento de compuestos biodegradables.
g.	Oxidación térmica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad de la oxidación térmica recuperativa o regenerativa en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento. La aplicabilidad puede verse restringida cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.
h.	Oxidación catalítica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad puede verse restringida por la presencia de venenos del catalizador en los gases residuales o cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.

Cuadro 1.9

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas, benceno, formaldehído, fenol y COVT procedentes de procesos de colada, enfriamiento y desmoldeo en fundiciones que utilizan moldes perdidos, incluido el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
Benceno		< 1 – 2 ⁽¹⁾
Formaldehído		< 1 – 2 ⁽²⁾
Fenol		< 1 – 2 ⁽³⁾
COVT	mg C/Nm ³	15 – 50 ⁽⁴⁾

- (¹) El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan aglomerantes/sustancias químicas aromáticos/as o cuando se utiliza el moldeo con modelo de espuma perdida y arena químicamente aglomerada.
- (²) El NEA-MTD solo se aplica cuando la sustancia en cuestión se considera pertinente en los flujos de gases residuales con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.
- (³) El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan sistemas aglomerantes de base fenólica en los procesos de moldeo o fabricación de machos.
- (⁴) El límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 100 mg C/Nm³ cuando en la fabricación de machos se utilizan sistemas de aglomerante orgánico que generan emisiones bajas o nulas de sustancias clasificadas como CMR 1A, CMR 1B o CMR 2 [véanse las técnicas d), e) o f) de la MTD 25].

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.10. Emisiones a la atmósfera procedentes del moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar

MTD 28. Para reducir las emisiones a la atmósfera de partículas y COVT procedentes del moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar, la MTD consiste en recoger las emisiones utilizando la técnica a) y tratar los gases de escape utilizando una combinación adecuada de las técnicas de la b) a la d) que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
Recogida de las emisiones			
a.	Extracción de las emisiones generadas por el moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar lo más cerca posible de la fuente de emisión	En los procesos de moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar, las emisiones procedentes de la pirólisis del polímero expandido durante el vertido y el desmoldeo se extraen utilizando, por ejemplo, un cerramiento o una campana.	Aplicable con carácter general.
Tratamiento de los gases de escape			
b.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
c.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
d.	Oxidación térmica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad de la oxidación térmica recuperativa o regenerativa en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento. La aplicabilidad puede verse restringida cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.

Cuadro 1.10

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas y COVT procedentes del moldeo a la espuma perdida con arena sin aglomerar

Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
COVT	mg C/Nm ³	15 – 50 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ El límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 100 mg C/Nm³ cuando la eficiencia de reducción de COVT del sistema de tratamiento de los gases residuales sea superior al 95 %.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.11. *Emisiones a la atmósfera procedentes de la colada en fundiciones que utilizan moldes permanentes*

MTD 29. Con el fin de evitar o reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de la colada en las fundiciones que utilizan moldes permanentes, la MTD consiste en:

- evitar la generación de emisiones utilizando una o varias de las técnicas de la a) a la e);
- recoger las emisiones utilizando la técnica f);
- tratar los gases de escape utilizando una o varias de las técnicas de la g) a la j) que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
---------	-------------	---------------

Prevención de emisiones

a.	Técnicas generales para la colada por gravedad o a baja presión	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — selección de un lubricante adecuado para evitar defectos superficiales en las piezas de fundición; — preparación y aplicación optimizadas del lubricante para evitar un uso excesivo. 	Aplicable con carácter general.
----	---	--	---------------------------------

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
b.	<p>Técnicas generales para la colada a alta presión</p> <p>Incluye técnicas como las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — lubricación adecuada de la matriz y los pistones mediante emulsiones acuosas de aceites de silicona, aceites de ésteres o ceras sintéticas, por ejemplo; — reducción al mínimo en el uso de agente desmoldante y el consumo de agua haciendo uso de la pulverización optimizada, esto es, aplicando los agentes desmoldantes mediante micropulverización [véase también la MTD 17, letra b)]. 	
c.	<p>Optimización de los parámetros del proceso para la fundición centrífuga y la colada continua</p> <p>En la fundición centrífuga, se optimizan parámetros importantes del proceso, como la rotación de los moldes, la temperatura de vertido y la temperatura de precalentamiento de los moldes (mediante simulación de flujos) para reducir el número de defectos y minimizar las emisiones.</p> <p>En la colada continua, la velocidad y temperatura de la colada y la velocidad de enfriamiento se optimizan para reducir al mínimo las emisiones y el consumo de agua de refrigeración, todo ello en cumplimiento de las especificaciones del producto requeridas.</p>	
d.	<p>Pulverización separada del agente desmoldante y del agua en la colada a alta presión</p> <p>Véase la sección 1.4.2.</p>	
e.	<p>Utilización de agentes desmoldantes sin agua en la colada a alta presión</p> <p>Los agentes desmoldantes sin agua (por ejemplo, en polvo) se aplican a la matriz por deposición electrostática.</p>	

Recogida de las emisiones

f.	<p>Extracción de las emisiones generadas por la colada lo más cerca posible de la fuente de emisión</p> <p>Las emisiones generadas durante la colada en procesos de colada a baja presión/a alta presión/por gravedad/centrífuga y continua se extraen utilizando cerramientos o campanas extractoras.</p>	<p>Aplicable con carácter general.</p>
----	--	--

Tratamiento de los gases de escape

g.	<p>Filtro de mangas</p> <p>Véase la sección 1.4.3.</p>	<p>Aplicable con carácter general.</p>
----	--	--

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
h.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad de la oxidación térmica recuperativa o regenerativa en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento. La aplicabilidad puede verse restringida cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.
i.	Precipitador electrostático	Véase la sección 1.4.3.	
j.	Oxidación térmica	Véase la sección 1.4.3.	

Cuadro 1.11

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas, COVT y plomo procedentes de la colada en fundiciones que utilizan moldes permanentes

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
Pb		0,05 – 0,1 ⁽¹⁾
COVT	mg C/Nm ³	2 – 30 ⁽²⁾ ⁽³⁾

⁽¹⁾ El NEA-MTD solo se aplica a las fundiciones de plomo.

⁽²⁾ El NEA-MTD solo se aplica si la presencia de COVT en los flujos de gases residuales se ha considerado pertinente, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

⁽³⁾ El NEA-MTD solo se aplicará cuando se utilicen machos con arena químicamente aglomerada.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.12. Emisiones a la atmósfera procedentes del acabado

MTD 30. Para reducir las emisiones a la atmósfera de partículas procedentes del acabado, la MTD consiste en recoger las emisiones utilizando la técnica a) y tratar los gases de escape utilizando una o varias de las técnicas de la b) a la d) que se indican a continuación.

Técnica	Descripción
Recogida de las emisiones	
a.	<p>Extracción de las emisiones generadas por el acabado lo más cerca posible de la fuente de emisión</p> <p>Las emisiones generadas por las operaciones de acabado, como el rebabado, el corte por abrasión, el desbarbado, la molienda de planchas, el granallado, la soldadura, el burilado o la punción, se extraen adecuadamente utilizando, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — cerramiento de la zona dedicada a los procesos de acabado; — ventilación de techo o tejados abovedados; — campanas extractoras rígidas o ajustables; — extractores de brazo.

Tratamiento de los gases de escape

Técnica		Descripción
b.	Ciclón	Véase la sección 1.4.3.
c.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.
d.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.

Cuadro 1.12

Nivel de emisiones asociado a las MTD (NEA-MTD) correspondiente a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas procedentes del acabado

Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.13. *Emisiones a la atmósfera procedentes de la reutilización de arena*

MTD 31. Con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de la reutilización de arena, la MTD consiste en:

- en el caso de la regeneración térmica de arena, utilizar electricidad generada a partir de fuentes de energía no fósiles o bien las técnicas a) y b);
- recoger las emisiones utilizando la técnica c);
- tratar los gases de escape utilizando una o una combinación adecuada de las técnicas de la d) a la g) que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad	
Técnicas para reducir la generación de emisiones			
a.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo potencial de formación de NO _x	Entre los combustibles con un bajo potencial de formación de NO _x figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con los condicionamientos asociados a la disponibilidad de tipos distintos de combustible, que puede depender de la política energética de cada Estado miembro.
b.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo contenido de azufre	Entre los combustibles con un bajo contenido de azufre figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con los condicionamientos asociados a la disponibilidad de tipos distintos de combustible, que puede depender de la política energética de cada Estado miembro.

Recogida de las emisiones

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
c.	Extracción de las emisiones generadas por la reutilización de arena lo más cerca posible de la fuente de emisión	Las emisiones generadas por la recuperación de arena se extraen utilizando un cerramiento o mediante una campana, por ejemplo. Esto incluye la extracción de los gases de combustión generados a partir de hornos de lecho fluidizado, hornos rotatorios, hornos de solera, etc., utilizados en la regeneración térmica de arena.	Aplicable con carácter general.
Tratamiento de los gases de escape			
d.	Ciclón	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
e.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.	
f.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	
g.	Oxidación térmica	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad de la oxidación térmica recuperativa o regenerativa en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento. La aplicabilidad puede verse restringida cuando la demanda de energía sea excesiva debido a la baja concentración del compuesto o compuestos en cuestión en los gases de escape de proceso.

Cuadro 1.13

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas y COVT procedentes de la reutilización de arena

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
COVT	mg C/Nm ³	5 – 20 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ El límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 50 mg C/Nm³ cuando exista una proporción elevada de arena de machos en el proceso de reutilización de arena.

Cuadro 1.14

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de NO_x y SO₂ procedentes de la reutilización de arena

Sustancia/Parámetro	Proceso	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
NO _x	Regeneración térmica de la arena procedente del proceso de caja fría	mg/Nm ³	50 – 140
SO ₂	Regeneración térmica de arena en la que se han utilizado catalizadores de ácido sulfónico		10 – 100

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.1.14. Olor

MTD 32. Para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir la emisión de olores, la MTD consiste en establecer, aplicar y revisar periódicamente un plan de gestión de olores como parte del sistema de gestión ambiental (véase la MTD 1) que incluya todos los elementos siguientes:

- Un protocolo que contenga actuaciones y plazos adecuados.
- Un protocolo para llevar a cabo la monitorización de olores conforme a la MTD 33. El protocolo puede complementarse con la medición o estimación de la exposición a los olores o la estimación de los efectos de los olores.
- Un protocolo de respuesta a los incidentes de olor detectados, como la gestión de quejas o la adopción de medidas correctoras.
- Un programa de prevención y reducción de olores diseñado para determinar la fuente o fuentes; para medir o estimar la exposición a olores; para caracterizar las contribuciones de las fuentes; y para aplicar medidas de prevención o reducción.

Aplicabilidad

Esta MTD solo es aplicable en los casos en que se prevén o se han confirmado molestias debidas al olor para receptores sensibles.

MTD 33. La MTD consiste en la monitorización periódica de los olores.

Descripción

La monitorización de olores puede realizarse mediante:

- Normas EN (por ejemplo, olfatometría dinámica con arreglo a la norma EN 13725 para determinar la concentración de olor o la norma EN 16841-1 o -2 a fin de determinar la exposición a olores).
- Métodos alternativos (como la estimación del impacto de los olores) para los que no se disponga de normas EN. En tales casos, podrán emplearse las normas ISO u otras normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de una calidad científica equivalente.

La frecuencia de monitorización se determina en el plan de gestión de olores (véase la MTD 32).

Aplicabilidad

Esta MTD solo es aplicable en los casos en que se prevén o se han confirmado molestias debidas al olor para receptores sensibles.

MTD 34. Para evitar o, cuando no sea posible, reducir las emisiones de olores, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas que figuran a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a.	Sustitución de productos químicos que contengan disolventes aromáticos o de base alcohólica	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — el uso de recubrimientos de base acuosa [véase la MTD 25, letra l)]; — el uso de disolventes alternativos en la fabricación de machos con caja fría [véase la MTD 25, letra h)]. La aplicabilidad de los recubrimientos de base acuosa puede verse limitada debido al tipo de materia prima o a las especificaciones del producto (moldes o machos de gran tamaño, arenas aglomeradas con silicato soluble, piezas de fundición de Mg, producción de acero al manganeso con recubrimientos de MgO, etc.).

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
b.	Recogida y tratamiento de las emisiones de aminas procedentes del proceso de fabricación de machos con caja fría.	Los gases de escape que contienen aminas, generados durante el proceso de gaseado de los machos con caja fría, se extraen y tratan por medios como el lavado húmedo, el uso de biofiltros o la oxidación térmica o catalítica (véase la MTD 26).	Aplicable con carácter general.
c.	Recogida y tratamiento de las emisiones de COV procedentes de la preparación, el vertido, el enfriamiento y el desmoldeo de arena químicamente aglomerada	Los gases de escape que contienen COV generados durante la preparación de la arena químicamente aglomerada y su vertido, enfriamiento y desmoldeo se extraen y tratan por medios como el lavado húmedo, el uso de biofiltros o la oxidación térmica o catalítica (véase la MTD 26).	

1.2.1.15. Consumo de agua y generación de aguas residuales

MTD 35. Al objeto de optimizar el consumo de agua y reducir el volumen de aguas residuales generadas, así como mejorar la reciclabilidad del agua, la MTD consiste en utilizar las técnicas a) y b) y una combinación adecuada de las técnicas de la c) a la g) que figuran a continuación.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
a.	Plan de gestión del agua y sus auditorías	<p>Como parte del SGA (véase la MTD 1), se dispone de un plan de gestión del agua y de sus auditorías que incluyen los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> — diagramas de flujos y balances de masas de agua de la instalación como parte del inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2; — establecimiento de objetivos de eficiencia hídrica; — aplicación de técnicas de optimización del agua (por ejemplo, control del uso del agua, reutilización/reciclado, detección y reparación de fugas). <p>Las auditorías se llevan a cabo al menos una vez al año para garantizar que se cumplen los objetivos del plan de gestión del agua y que se siguen y aplican las recomendaciones de dichas auditorías.</p>	Por lo general, el grado de detalle del plan de gestión del agua y sus auditorías dependerá de las características, el tamaño y la complejidad de la instalación.
b.	Separación de los flujos de agua	Véase la sección 1.4.4.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse limitada por la disposición del sistema de recogida de aguas.
c.	Reutilización o reciclado del agua	Los flujos de agua (como las aguas de proceso, los efluentes del lavado húmedo o las aguas de refrigeración) se reutilizan o se reciclan en circuitos cerrados o semicerrados, tras su tratamiento cuando se requiera (véase la MTD 36).	El grado de reutilización o reciclado del agua está condicionado por el balance hídrico de la instalación, el contenido de impurezas o las características de los flujos de agua.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
d.	Prevención de la generación de aguas residuales en las zonas de proceso y almacenamiento	Véase la MTD 4, letra b).	Aplicable con carácter general.
e.	Uso de sistemas de desempolvado en seco	Esto incluye técnicas como filtros de mangas y precipitadores electrostáticos de tipo seco (véase la sección 1.4.3).	Aplicable con carácter general.
f.	Pulverización separada del agente desmoldante y del agua en la colada a alta presión	Véase la sección 1.4.2.	Aplicable con carácter general.
g.	Utilización de calor residual para la evaporación de las aguas residuales	Cuando exista una fuente continua de calor residual, esta puede utilizarse para evaporar las aguas residuales.	La aplicabilidad puede verse limitada por las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes presentes en las aguas residuales y que pueden emitirse a la atmósfera.

Cuadro 1.15

Niveles de desempeño ambiental asociados a las MTD (NCAA-MTD) correspondientes al consumo específico de agua

Tipo de fundición	Unidad	NCAA-MTD (Media anual)
Fundiciones de hierro fundido	m ³ /t de metal líquido	0,5 – 4
Fundiciones de acero		
Fundiciones de metales no férreos (todos los tipos excepto HPDC)		
Fundiciones HPDC de metales no férreos		0,5 – 7

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

1.2.1.16. *Emisiones al agua*

MTD 36. Para reducir las emisiones al agua, la MTD consiste en tratar las aguas residuales mediante una combinación adecuada de las técnicas que se indican a continuación.

Técnica (1)	Contaminantes más habituales a los que se aplica
Tratamiento previo, primario y general (ejemplos)	
a. Homogeneización	Todos los contaminantes
b. Neutralización	Ácidos, álcalis
c. Separación física, por ejemplo, mediante cribas, tamices, desarenadores, desengrasadores, hidrociclones, separadores de aceite y agua o tanques de sedimentación primaria	Materias sólidas gruesas, sólidos en suspensión, aceite/grasa

Técnica (¹)		Contaminantes más habituales a los que se aplica
Tratamiento fisicoquímico (ejemplos)		
d.	Adsorción	Contaminantes inhibidores o no biodegradables disueltos adsorbibles, por ejemplo, hidrocarburos, mercurio, AOX
e.	Precipitación química	Contaminantes inhibidores o no biodegradables disueltos precipitables, como metales o fluoruros
f.	Evaporación	Contaminantes solubles, como sales
Tratamiento biológico (ejemplos)		
g.	Proceso de lodos activos	Compuestos orgánicos biodegradables
h.	Biorreactor de membrana	
Eliminación de sólidos (ejemplos)		
i.	Coagulación y floculación	Sólidos en suspensión y metales ligados a partículas
j.	Sedimentación	Sólidos en suspensión y metales o contaminantes inhibidores o no biodegradables ligados a partículas
k.	Filtración, como filtración de arena, microfiltración, ultrafiltración u ósmosis inversa	Sólidos en suspensión y metales ligados a partículas
l.	Flotación	

(¹) Estas técnicas se describen en la sección 1.4.4.

Cuadro 1.16

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para los vertidos directos

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (¹)	Origen del o los flujos de aguas residuales	
Sustancias organohalogenadas adsorbibles (AOX) (²)	mg/l	0,1 – 1	Lavado húmedo de gases de escape del cubilote	
Demanda química de oxígeno (DQO) (³)		25 – 120	Fundición a presión, tratamiento de gases de escape (por ejemplo lavado húmedo), acabado, tratamiento térmico, aguas de escorrentía superficial contaminadas, refrigeración directa, regeneración de arena en húmedo y granulación de escoria de hornos de cubilote.	
Carbono orgánico total (COT) (³)		8 – 40		
Total de sólidos en suspensión (TSS)		5 – 25		
Índice de hidrocarburos (IH) (²)		0,1 – 5		
Metales		Cobre (Cu) (²)		0,1 – 0,4
		Cromo (Cr) (²)		0,1 – 0,2
		Plomo (Pb) (²)		0,1 – 0,3
		Níquel (Ni) (²)		0,1 – 0,5
		Zinc (Zn) (²)		0,5 – 2
Índice de fenoles	0,05 – 0,5 (⁴)			
Nitrógeno total (NT) (²)	1 – 20			

(¹) Los períodos medios se definen en las Consideraciones generales.

(²) Los NEA-MTD solo son de aplicación si la sustancia o el parámetro de que se trate se ha considerado pertinente en el flujo de aguas residuales, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

(³) Se aplican bien el NEA-MTD correspondiente a la DQO bien el correspondiente al COT. El NEA-MTD para el COT es la opción preferida, ya que su monitorización no depende del uso de compuestos muy tóxicos.

(⁴) El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan sistemas aglomerantes fenólicos.

La monitorización asociada se indica en la MTD 13.

Cuadro 1.17

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para los vertidos indirectos

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD ⁽¹⁾ ⁽²⁾	Origen del o los flujos de aguas residuales	
Sustancias organohalogenadas adsorbibles (AOX) ⁽³⁾	mg/l	0,1 – 1	Lavado húmedo de gases de escape del cubilote	
Índice de hidrocarburos (IH) ⁽³⁾		0,1 – 5	Fundición a presión, tratamiento de gases de escape (por ejemplo lavado húmedo), acabado, tratamiento térmico, aguas de escorrentía superficial contaminadas, refrigeración directa, regeneración de arena en húmedo y granulación de escoria de hornos de cubilote.	
Metales		Cobre (Cu) ⁽³⁾		0,1 – 0,4
		Cromo (Cr) ⁽³⁾		0,1 – 0,2
		Plomo (Pb) ⁽³⁾		0,1 – 0,3
		Níquel (Ni) ⁽³⁾		0,1 – 0,5
		Zinc (Zn) ⁽³⁾		0,5 – 2
Índice de fenoles		0,05 – 0,5 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ Los períodos medios se definen en las Consideraciones generales.

⁽²⁾ Los NEA-MTD podrían no ser aplicables si la instalación de tratamiento posterior de las aguas residuales está correctamente diseñada y equipada para reducir los contaminantes de que se trate, siempre que ello no dé lugar a un nivel más elevado de contaminación en el medio ambiente.

⁽³⁾ Los NEA-MTD solo se aplican si la sustancia o el parámetro de que se trate se ha considerado pertinente en el flujo de aguas residuales, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

⁽⁴⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando se utilizan sistemas aglomerantes fenólicos.

La monitorización asociada se indica en la MTD 13.

1.2.2. Conclusiones sobre las MTD para las fundiciones de hierro fundido

Las conclusiones sobre las MTD expuestas en esta sección se aplican además de las conclusiones generales sobre las MTD de las secciones 1.1. y 1.2.1.

1.2.2.1. Eficiencia energética

MTD 37. A fin de aumentar la eficiencia energética en la fusión de metales, la MTD consiste en aplicar una combinación adecuada de las técnicas que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a. Aumento de la altura del eje en los cubilotes de viento frío (CBC)	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación. La aplicabilidad en las instalaciones existentes puede verse restringida por cuestiones constructivas u otras limitaciones estructurales.
b. Enriquecimiento con oxígeno del aire de combustión	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
c. Períodos mínimos de apagado del flujo de aire en los hornos de cubilote de viento caliente (HBC)	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
d.	Cubilote de larga campaña	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
e.	Postcombustión de los gases de escape	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.

Los NCAA-MTD relativos al consumo específico de energía se indican en la MTD 14.

1.2.2.2. Emisiones a la atmósfera procedentes de procesos térmicos

1.2.2.2.1. Emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales

MTD 38. A los efectos de evitar o reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales, la MTD consiste en:

- utilizar una combinación adecuada de las técnicas integradas en el proceso de la a) a la e) en el caso de los hornos de cubilote;
- recoger las emisiones utilizando la técnica f);
- tratar los gases de escape utilizando una de las técnicas de la g) a la l) que se indican a continuación, o una combinación adecuada de ellas.

	Técnica	Descripción	Aplicabilidad
Técnicas integradas en el proceso para hornos de cubilote			
a.	Control de la calidad del coque	En la adquisición del coque se tienen en cuenta importantes especificaciones de calidad (como carbono fijado, cenizas, materias volátiles, contenido de azufre y humedad o diámetro medio) que se controlan sistemáticamente antes de su utilización.	Aplicable con carácter general.
b.	Ajuste de la acidez/basicidad de la escoria	Véase la sección 1.4.3.	
c.	Aumento de la altura del eje en los cubilotes de viento frío (CBC)	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación. La aplicabilidad en las instalaciones existentes puede verse restringida por cuestiones constructivas u otras limitaciones estructurales.
d.	Enriquecimiento con oxígeno del aire de combustión	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
e.	Cubilote de larga campaña	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.

Recogida de las emisiones

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
f.	<p>Extracción de los gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión</p> <p>En los hornos de cubilote, los gases de escape se extraen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — por encima de la salida del tragante, en el extremo de la chimenea del cubilote, a través de conductos y un ventilador posterior; o — por debajo de la salida del tragante, a través de un anillo anular. <p>Tras la extracción, los gases de escape se refrigeran, por ejemplo, utilizando:</p> <ul style="list-style-type: none"> — conductos largos para reducir la temperatura por convección natural; — intercambiadores de calor de aire/gas o aceite/gas; — enfriamiento por agua. <p>En el caso de los hornos de inducción, los gases de escape se pueden extraer utilizando, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — campana extractora (de cúpula o tiro lateral); — extracción mediante boquilla; — extracción mediante cubierta. <p>En el caso de los hornos rotatorios, los gases de escape se pueden extraer utilizando, por ejemplo, campanas extractoras.</p> <p>En el caso de los hornos de arco eléctrico (EAF), los gases de escape se pueden extraer utilizando, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — extracción mediante campana montada en el techo; — campanas de cúpula o tiro lateral; — cerramientos parciales (móviles o fijos) instalados alrededor del horno y la zona de sangrado; — confinamiento total del horno mediante cerramiento total de la estancia alrededor del horno y la zona de sangrado, que conste de un techo móvil que permita las operaciones de carga/sangrado. 	Aplicable con carácter general.

Tratamiento de los gases de escape

g.	Postcombustión de los gases de escape	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
h.	Ciclón	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
i.	Adsorción	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
j.	Lavado en seco	Se introduce polvo seco o una suspensión o solución de un reactivo alcalino (como cal o bicarbonato sódico) y se dispersa en la corriente de gas de escape. El material reacciona con las especies ácidas gaseosas (como SO ₂) y forma un sólido que se elimina por filtración (por ejemplo, con un filtro de mangas).	Aplicable con carácter general.
k.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.
l.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3.	Aplicable con carácter general.

Cuadro 1.18

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas, HCl, HF, NO_x, PCDD/F, SO₂, COVT y plomo, y nivel de emisión indicativo para las emisiones canalizadas a la atmósfera de CO procedentes de la fusión de metales

Sustancia/Parámetro	Unidad	Tipo de horno	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)	Nivel de emisión indicativo (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	Inducción, rotatorio, arco eléctrico	1 – 5	Sin nivel de emisión indicativo
		CBC, HBC	1 – 7 ⁽¹⁾	
HCl		CBC, HBC	10 – 30 ⁽²⁾	
HF		CBC, HBC, hornos rotatorios	1 – 3 ⁽²⁾	
CO		Hornos rotatorios	Ningún NEA-MTD	10 – 30
		CBC, HBC	Ningún NEA-MTD	20 – 220
NO _x		HBC	20 – 160	Sin nivel de emisión indicativo
		CBC	20 – 70	
		Hornos rotatorios	20 – 100	
PCDD/F		ng EQT-OMS/Nm ³	CBC, HBC, hornos rotatorios	< 0,01 – 0,08
	Inducción		< 0,01 – 0,08 ⁽³⁾	
SO ₂	mg/Nm ³	HBC	30 – 100	
		Hornos rotatorios	10 – 50	
		CBC	50 – 150	
COVT	mg C/Nm ³	Todos los tipos de hornos	5 – 30	
Pb	mg/Nm ³	CBC, HBC	0,02 – 0,1 ⁽³⁾	

⁽¹⁾ En el caso de las instalaciones con hornos de cubilote de viento caliente (HBC) existentes que utilizan lavado húmedo, el límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar 12 mg/Nm³ hasta la siguiente mejora importante del cubilote.

⁽²⁾ El límite inferior del intervalo del NEA-MTD se puede alcanzar cuando se utiliza la inyección de cal en seco.

⁽³⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando la sustancia o el parámetro en cuestión se considera pertinente en el flujo de gases residuales con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.2.2.2. Emisiones a la atmósfera procedentes de la nodulización de hierro fundido

MTD 39. Para evitar o, cuando no sea posible, reducir las emisiones de partículas a la atmósfera procedentes de la nodulización de hierro fundido, la MTD consiste en utilizar la técnica a) o las técnicas b) y c) que figuran a continuación.

Técnica	Descripción
a.	Nodulización sin emisiones de óxido de magnesio Utilización del proceso en molde consistente en añadir la aleación de magnesio en tabletas directamente a la cavidad del molde; la reacción de nodulización tiene lugar durante el vertido.

Técnica		Descripción
b.	Extracción de los gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión	Cuando las emisiones de óxido de magnesio son consecuencia de la técnica de nodulización utilizada (por ejemplo, métodos «sandwich» o «ductilator»), los gases de escape se extraen lo más cerca posible de la fuente de emisión mediante una campana extractora fija o móvil.
c.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3. El óxido de magnesio recogido puede reutilizarse para la producción de pigmentos o materiales refractarios.

Cuadro 1.19

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas procedentes de la nodulización de hierro fundido

Parámetro	Unidad	NEA-MTD ⁽¹⁾ (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5

⁽¹⁾ El NEA-MTD no se aplica cuando se utiliza la técnica a).

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.3. Conclusiones sobre las MTD para fundiciones de acero

Las conclusiones sobre las MTD expuestas en esta sección se aplican además de las conclusiones generales sobre las MTD de las secciones 1.1. y 1.2.1.

1.2.3.1. Emisiones a la atmósfera procedentes de procesos térmicos

1.2.3.1.1. Emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales

MTD 40. Para prevenir o reducir las emisiones a la atmósfera originadas por la fusión de metales, la MTD consiste en utilizar las dos técnicas que se indican a continuación.

Técnica		Descripción
Recogida de las emisiones		
a.	Extracción de gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión	Los gases de escape de los hornos de inducción pueden extraerse, por ejemplo, mediante: <ul style="list-style-type: none"> — campana extractora (de cúpula o tiro lateral); — extracción mediante boquilla; — extracción mediante cubierta. Los gases de escape de los hornos de arco eléctrico se extraen, por ejemplo, utilizando: <ul style="list-style-type: none"> — cerramientos parciales (móviles o fijos) instalados alrededor del horno y la zona de sangrado; — confinamiento total del horno mediante cerramiento total de la estancia alrededor del horno y el área de sangrado, que conste de un techo movable que permita las operaciones de carga/sangrado; — campana extractora (montada en el techo, de cúpula o tiro lateral); — extracción directa a través del cuarto orificio del techo del horno.
Tratamiento de los gases de escape		
b.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3.

Cuadro 1.20

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) correspondientes a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas y PCDD/F

Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5
PCDD/F	ng EQT-OMS/Nm ³	< 0,01 – 0,08 ⁽¹⁾

(1) El NEA-MTD solo se aplica si la presencia de PCDD/F en el flujo de gases residuales se ha considerado pertinente, con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.3.1.2. Emisiones a la atmósfera procedentes del refinado de acero

MTD 41. Con objeto de reducir las emisiones a la atmósfera procedentes del refinado de acero, la MTD consiste en utilizar las dos técnicas que se describen a continuación.

Técnica	Descripción
Recogida de las emisiones	
a.	Extracción de los gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión Los gases de escape procedentes del refinado de acero [por ejemplo, de los convertidores de descarbonación con argón y oxígeno (AOD) o con oxígeno en condiciones de vacío (VOD)] se extraen utilizando, por ejemplo, una campana de extracción directa o una cúpula de techo combinada con una chimenea de aceleración. Los gases de escape extraídos se tratan utilizando la técnica b).
Tratamiento de los gases de escape	
b.	Filtro de mangas Véase la sección 1.4.3.

Cuadro 1.21

Nivel de emisiones asociado a la MTD (NEA-MTD) correspondiente a las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas del refinado de acero

Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.4. Conclusiones sobre las MTD para fundiciones de metales no féreos

Las conclusiones sobre las MTD expuestas en esta sección se aplican además de las conclusiones generales sobre las MTD de las secciones 1.1. y 1.2.1.

1.2.4.1. *Eficiencia energética*

MTD 42. Para aumentar la eficiencia energética en la fusión de metales, la MTD consiste en utilizar una de las técnicas que se indican a continuación.

Técnica		Descripción
a.	Circulación de metales fundidos en hornos de reverbero	Se instalará una bomba en los hornos de reverbero para forzar la circulación del metal fundido y minimizar el gradiente de temperatura a lo largo del baño de fusión (de arriba a abajo).
b.	Reducción al mínimo de las pérdidas de energía por radiación en los hornos de crisol	Los hornos de crisol se cubren con una tapa o están equipados con revestimientos de paneles radiantes para minimizar las pérdidas de energía por radiación.

Los NCAA-MTD relativos al consumo específico de energía se indican en la MTD 14.

1.2.4.2. *Emisiones a la atmósfera procedentes de procesos térmicos*1.2.4.2.1. *Emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales*

MTD 43. Para reducir las emisiones a la atmósfera procedentes de la fusión de metales, la MTD consiste en recoger las emisiones utilizando la técnica a) y tratar los gases de escape utilizando una o varias de las técnicas de la b) a la e) que se indican a continuación.

Técnica		Descripción
Recogida de las emisiones		
a.	Extracción de los gases de escape lo más cerca posible de la fuente de emisión	Los gases de escape de los hornos de cuba, de crisol, de resistencia, de reverbero (de solera) y de techo radiante se extraen mediante campana extractora (por ejemplo, de cúpula). El equipo de extracción está instalado de manera que permita la captura de emisiones durante el vertido. Los gases de escape de los hornos de inducción pueden extraerse, por ejemplo, mediante: — campana extractora (de cúpula o tiro lateral); — extracción mediante boquilla; — extracción mediante cubierta. Los gases de escape de los hornos rotatorios pueden extraerse, por ejemplo, mediante campanas extractoras.
Tratamiento de los gases de escape		
b.	Ciclón	Véase la sección 1.4.3
c.	Lavado en seco	Véase la sección 1.4.3
d.	Filtro de mangas	Véase la sección 1.4.3
e.	Lavado húmedo	Véase la sección 1.4.3

Cuadro 1.22

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para las emisiones canalizadas a la atmósfera de partículas, HCl, HF, NO_x, PCDD/F, SO₂, Pb, y nivel de emisión indicativo para las emisiones canalizadas a la atmósfera de CO procedentes de la fusión de metales

Sustancia/Parámetro	Unidad	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)	Nivel de emisión indicativo (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
Partículas	mg/Nm ³	1 – 5	Sin nivel de emisión indicativo
HCl		1 – 3 ⁽¹⁾ ⁽⁶⁾	
HF		< 1 ⁽¹⁾	
CO		Ningún NEA-MTD	5 – 30 ⁽²⁾ ⁽³⁾
NO _x		20 – 50 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	Sin nivel de emisión indicativo
PCDD/F	ng EQT-OMS/Nm ³	< 0,01 – 0,08 ⁽⁶⁾	
SO ₂	mg/Nm ³	< 10 ⁽⁴⁾ ⁽⁷⁾	
Pb		< 0,02 – 0,1 ⁽⁸⁾	

⁽¹⁾ El NEA-MTD solo se aplica a las fundiciones de aluminio.

⁽²⁾ El límite superior del nivel de emisión indicativo puede ser más elevado y alcanzar los 70 mg/Nm³ en el caso de los hornos de cuba.

⁽³⁾ El nivel de emisión indicativo no se aplica a los hornos que solo utilizan energía eléctrica (como los de resistencia).

⁽⁴⁾ El NEA-MTD no se aplica a los hornos que solo utilizan energía eléctrica (por ejemplo, los de resistencia).

⁽⁵⁾ El límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 100 mg/Nm³ en el caso de los hornos de cuba.

⁽⁶⁾ El NEA-MTD solo se aplica cuando la sustancia o el parámetro en cuestión se considera pertinente en el flujo de gas residual con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

⁽⁷⁾ El NEA-MTD no se aplica cuando solo se utiliza gas natural.

⁽⁸⁾ El NEA-MTD solo se aplica a fundiciones de plomo u otras fundiciones de metales no féreos que utilicen plomo como elemento de aleación.

La monitorización asociada se indica en la MTD 12.

1.2.4.3. Emisiones a la atmósfera procedentes del tratamiento y la protección del metal fundido

MTD 44. No constituye una MTD utilizar gas cloro para el tratamiento del aluminio fundido (desgasificación/limpieza).

MTD 45.

Con objeto de evitar las emisiones de sustancias con un alto potencial de calentamiento global procedentes de la protección del metal fundido en la fusión de magnesio, la MTD consiste en utilizar agentes de control de la oxidación con un bajo potencial de calentamiento global.

Descripción

Entre los agentes adecuados de control de la oxidación (gases de cobertura) con un bajo potencial de calentamiento global figuran:

- SO₂;
- mezclas de gases de N₂, CO₂ o SO₂;
- mezclas de gases de argón y SO₂.

El uso de SO₂ da lugar a la formación de una capa protectora compuesta por MgSO₄, MgS y MgO.

1.3. Conclusiones sobre las MTD para la industria de forjado

Las conclusiones sobre las MTD expuestas en esta sección se aplican además de las conclusiones generales sobre las MTD de la sección 1.1.

1.3.1. Eficiencia energética

MTD 46. Con el fin de aumentar la eficiencia energética en los procesos de calentamiento/recalentamiento y tratamiento térmico, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas que se indican a continuación.

Técnica	Descripción	Aplicabilidad
a. Optimización del diseño del horno	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — optimización de las características clave del horno (como el número y el tipo de quemadores, su hermeticidad y aislamiento con materiales refractarios adecuados); — minimización de las pérdidas de calor durante la apertura del horno, por ejemplo, utilizando varios segmentos elevables en lugar de uno en los hornos de recalentamiento continuo; — minimización del número de estructuras de soporte de la materia prima en el interior del horno (como ejes y plataformas) y uso de un aislamiento adecuado para reducir las pérdidas de calor causadas por la refrigeración con agua de dichas estructuras de soporte en los hornos de recalentamiento continuo. 	Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación.
b. Automatización y control de hornos	Véase la sección 1.4.1.	Aplicable con carácter general.
c. Optimización del calentamiento/recalentamiento de la materia prima	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — garantizar que se alcanzan sistemáticamente las temperaturas objetivo de calentamiento/recalentamiento de la materia prima; — apagar el equipo durante los períodos de inactividad; — optimizar el funcionamiento del horno, por ejemplo, utilización de la capacidad del horno, corrección de la relación aire/combustible, mejora del aislamiento. 	Aplicable con carácter general.
d. Precalentamiento del aire de combustión	Véase la sección 1.4.1.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse restringida por la falta de espacio para la instalación de quemadores regenerativos.

Cuadro 1.23

Nivel indicativo del consumo específico de energía a nivel de instalación

Sector	Unidad	Nivel indicativo (Media anual)
Forjado	kWh/t de materia prima	1 700 – 6 500

La monitorización asociada se indica en la MTD 6.

1.3.2. Eficiencia de los materiales

MTD 47. A fin de aumentar la eficiencia de los materiales y de reducir la cantidad de residuos destinados a la eliminación, la MTD consiste en utilizar todas las técnicas que se indican a continuación.

Técnica		Descripción
a.	Optimización del proceso	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — gestión informatizada de los procesos, como los ciclos de calentamiento/recalentamiento o las secuencias de martilleo; — selección de un martillo adecuado en función del tamaño de la materia prima; — ajuste del tamaño de la materia prima, ya sea en la línea de forjado (totalmente automatizada) o en el ámbito organizativo del cizallamiento de material (manual), con el fin de minimizar la cantidad de residuos y el número de operaciones de proceso.
b.	Optimización del consumo de materias primas y materiales auxiliares	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — utilización de un diseño asistido por ordenador para optimizar las herramientas de forja y la geometría (del troquel) de forja con el fin de reducir la necesidad de realizar ensayos de forja; — selección de un tipo adecuado de refrigerante/lubricante de forjado, por ejemplo, un lubricante sintético para forja de matriz cerrada, dispersiones de grafito en agua; — sistemas de recogida y recirculación de refrigerantes/lubricantes en forja de matriz cerrada.
c.	Reciclado de residuos de producción	Se reciclan o reutilizan los residuos de producción (como los residuos de producción metálicos de los procesos de preparación de materias primas, martilleo y acabado o los medios de granallado usados).

1.3.3. Vibraciones

MTD 48. Con el fin de reducir las vibraciones que se producen durante el proceso de martilleo, la MTD consiste en utilizar técnicas de reducción de la vibración y de aislamiento.

Descripción

Las técnicas de reducción de la vibración y de aislamiento para los equipos de martilleo incluyen la instalación de componentes de amortiguación de vibraciones, por ejemplo, aisladores elastoméricos de varias capas o aisladores viscosos de muelles situados bajo el yunque, o carcasas de muelle bajo la base del martillo.

Aplicabilidad

Aplicable únicamente en instalaciones nuevas o en caso de mejora importante de una instalación.

1.3.4. Monitorización de las emisiones a la atmósfera

MTD 49. La MTD consiste en monitorizar las emisiones canalizadas a la atmósfera al menos con la frecuencia que se indica a continuación y con arreglo a normas EN. Cuando no se disponga de normas EN, la MTD consiste en aplicar las normas ISO u otras normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de una calidad científica equivalente.

Sustancia/Parámetro	Proceso específico	Norma(s)	Frecuencia mínima de monitorización ⁽¹⁾	Monitorización asociada a
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	Calentamiento/recalentamiento, tratamiento térmico	EN 14792	Una vez al año	MTD 50
Monóxido de carbono (CO)	Calentamiento/recalentamiento, tratamiento térmico	EN 15058		

⁽¹⁾ En la medida de lo posible, las mediciones se efectúan en el estado de emisión más elevado previsto en condiciones normales de funcionamiento.

1.3.5. **Emisiones a la atmósfera**1.3.5.1. *Emisiones difusas a la atmósfera*

MTD 50. Con objeto de evitar o reducir las emisiones difusas a la atmósfera, la MTD consiste en utilizar las dos técnicas que se describen a continuación.

Técnica		Descripción
a.	Medidas operativas y técnicas	Incluye técnicas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> — utilización de bolsas o tambores cerrados para manipular materiales con componentes dispersables o hidrosolubles, como auxiliares; — reducir al mínimo las distancias de transporte; — manipulación eficiente de los materiales.
b.	Extracción de las emisiones procedentes del granallado	Emisiones procedentes del granallado. Los gases de escape extraídos se tratan utilizando técnicas como filtros de mangas.

1.3.5.2. *Emisiones a la atmósfera procedentes del calentamiento/recalentamiento y el tratamiento térmico*

MTD 51. A fin de prevenir o reducir las emisiones a la atmósfera de NO_x procedentes del calentamiento, el recalentamiento y el tratamiento térmico, al tiempo que se limitan las emisiones de CO, la MTD consiste en utilizar la electricidad generada a partir de fuentes de energía no fósiles o una combinación adecuada de las técnicas que se indican a continuación.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
a.	Utilización de un combustible o de una combinación de combustibles con bajo potencial de formación de NO _x	Entre los combustibles con un bajo potencial de formación de NO _x figuran el gas natural y el gas licuado de petróleo.	Aplicable con carácter general.
b.	Optimización de la combustión	Se adoptan medidas para incrementar al máximo la eficiencia de la conversión de energía en el horno y minimizar al mismo tiempo las emisiones (en particular de CO). Esto se consigue con una combinación de técnicas tales como un buen diseño del horno, la optimización de la temperatura (por ejemplo, mezcla eficiente del combustible y del aire de combustión) y del tiempo de permanencia en la zona de combustión, así como el uso de la automatización y el control del horno.	
c.	Automatización y control de hornos	Véase la sección 1.4.1.	
d.	Recirculación de los gases de combustión	Recirculación (externa) de parte de los gases de combustión hacia la cámara de combustión para sustituir parte del aire de combustión fresco, con lo que se consiguen dos cosas: bajar la temperatura y reducir el contenido de O ₂ para la oxidación del nitrógeno, limitando así la generación de NO _x . Este proceso lleva aparejado el suministro del gas de combustión del horno a la llama para reducir el contenido de oxígeno y, por ende, la temperatura de la llama.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse limitada por falta de espacio.

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
e.	Quemadores de bajo nivel de NO _x	Véase la sección 1.4.3.	La aplicabilidad en las instalaciones existentes puede verse limitada por razones de diseño o funcionamiento.
f.	Limitación de la temperatura de precalentamiento del aire	Limitar la temperatura de precalentamiento del aire implica un descenso de la concentración de emisiones de NO _x . Debe alcanzarse un equilibrio entre maximizar la recuperación de calor procedente de los gases de combustión y minimizar las emisiones de NO _x .	Aplicable con carácter general.
g.	Oxicombustión	Véase la sección 1.4.3.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse restringida por el diseño de los hornos y la necesidad de un flujo mínimo de gases residuales.
h.	Combustión sin llama	Véase la sección 1.4.3.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse limitada por el diseño del horno (esto es, por su volumen, por el espacio para los quemadores o por la distancia entre ellos) y por la necesidad de cambiar el revestimiento refractario del horno. No resulta aplicable a los hornos que funcionen a una temperatura inferior a la temperatura de autoignición requerida para la combustión sin llama.

Cuadro 1.24

Niveles de emisiones asociados a las MTD (NEA-MTD) para las emisiones canalizadas a la atmósfera de NO_x y nivel de emisión indicativo para las emisiones canalizadas a la atmósfera de CO

Parámetro	Unidad	Proceso(s)	NEA-MTD (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)	Nivel de emisión indicativo (Media diaria o media a lo largo del período de muestreo)
NO _x	mg/N-m ³	Calentamiento/recalentamiento/tratamiento térmico	100 – 250 ⁽¹⁾	Sin nivel indicativo
CO		Calentamiento/recalentamiento/tratamiento térmico	Ningún NEA-MTD	10 – 100

⁽¹⁾ El límite superior del intervalo del NEA-MTD puede ser más elevado y alcanzar los 350 mg/Nm³ cuando se utilicen quemadores recuperativos o regenerativos.

La monitorización asociada se indica en la MTD 48.

1.3.6. **Consumo de agua y generación de aguas residuales**

MTD 52. A fin de optimizar el consumo de agua y reducir el volumen de aguas residuales generadas, la MTD consiste en utilizar las técnicas a) y b) que se indican a continuación:

Técnica		Descripción	Aplicabilidad
a.	Separación de los flujos de agua	Véase la sección 1.4.4.	Su aplicabilidad a las instalaciones existentes puede verse limitada por la disposición del sistema de recogida de aguas.
b.	Reutilización o reciclado del agua	Los flujos de agua (como las aguas de proceso o de refrigeración) se reutilizan o se reciclan en circuitos cerrados o semicerrados, tras su tratamiento cuando se requiera.	El grado de reutilización o reciclado del agua está condicionado por el balance hídrico de la instalación, el contenido de impurezas o las características de los flujos de agua.

Nota: La MTD 52 solo se aplica cuando la generación de aguas residuales se considera pertinente con arreglo al inventario de entradas y salidas mencionado en la MTD 2.

1.4. **Descripción de las técnicas**

1.4.1. **Técnicas para aumentar la eficiencia energética**

Técnica	Descripción
Automatización y control de hornos	El proceso de calentamiento se optimiza utilizando un sistema informático que controla los parámetros clave, como la temperatura del horno y de la materia prima, la relación aire/combustible y la presión del horno.
Mejora del rendimiento de la fundición y disminución de la generación de chatarra	Se adoptan medidas para maximizar la eficiencia de la colada y reducir la generación de chatarra, tales como: <ul style="list-style-type: none"> — optimizar las operaciones de fusión y vertido a los efectos de reducir, por ejemplo, las pérdidas por fusión, el exceso de limpieza por raspado o las tasas de generación de chatarra; — optimizar el moldeo y la fabricación de machos para reducir la generación de chatarra debido a deficiencias en moldes y machos; — optimizar los sistemas de bebederos y mazarotas; — utilizar alimentadores exotérmicos aislados.
Aumento de la altura del eje en los cubilotes de viento frío (CBC)	El aumento de la altura del eje en hornos de cubilote de viento frío permite que los gases de combustión permanezcan en contacto con la carga durante más tiempo, lo que da lugar a una mayor transferencia de calor.
Cubilote de larga campaña	El horno de cubilote se prepara para un funcionamiento de larga campaña con el fin de minimizar el mantenimiento y los cambios de proceso. Esto puede conseguirse utilizando revestimientos refractarios más resistentes en el horno, la cuba, el fondo y la solera, mediante la refrigeración por agua de la pared del horno y con tubos de chorro refrigerados por agua que penetran en el interior de la cuba del horno.
Períodos mínimos de apagado del flujo de aire en los hornos de cubilote de viento caliente (HBC)	Reducción al mínimo de los períodos de parada del flujo de aire programando los calendarios de los procesos de moldeo y colada para garantizar una demanda razonablemente constante de metal.

Técnica	Descripción
Oxicombustión	El aire de combustión se sustituye total o parcialmente por oxígeno puro. La oxicombustión puede utilizarse en combinación con la combustión sin llama.
Enriquecimiento con oxígeno del aire de combustión	El enriquecimiento con oxígeno del aire de combustión se realiza bien directamente en el momento de suministro de aire o a través de la inyección de oxígeno en el lecho de coque o a través de toberas.
Postcombustión de los gases de escape	Véase la sección 1.4.3.
Precalentamiento del aire de combustión	Reutilizar parte del calor recuperado de los gases de combustión para precalentar el aire utilizado en la combustión. Puede conseguirse, por ejemplo, empleando quemadores regenerativos o recuperativos (véase más abajo). Debe alcanzarse un equilibrio entre maximizar la recuperación de calor procedente de los gases de combustión y minimizar las emisiones de NO _x .
Quemador recuperativo	Los quemadores recuperativos emplean diferentes tipos de recuperadores (por ejemplo, intercambiadores de calor con radiación, convección, diseño de tubos compactos o radiantes) para recuperar directamente el calor de los gases de combustión, que se utilizan a continuación para precalentar el aire de combustión.
Quemador regenerativo	Los quemadores regenerativos constan de dos quemadores que funcionan alternativamente y que contienen lechos de materiales refractarios o cerámicos. Mientras un quemador está en funcionamiento, el calor del gas de combustión es absorbido por los materiales refractarios o cerámicos del otro quemador y, a continuación, se utiliza para precalentar el aire de combustión.
Selección de un tipo de horno eficiente desde el punto de vista energético	Se tiene en cuenta la eficiencia energética del horno a la hora de seleccionarlo; puede tratarse, por ejemplo, de hornos que permitan el precalentamiento y el secado de la carga entrante antes de la zona de fusión.
Técnicas para maximizar la eficiencia térmica de los hornos	<p>Se adoptan medidas para maximizar la eficiencia de la conversión de energía en los hornos de fusión y tratamiento térmico, al tiempo que se reducen al mínimo las emisiones (en particular, de partículas y CO). Esto se consigue aplicando una serie de medidas de optimización de procesos, en función del tipo de horno, tales como la optimización de la temperatura (por ejemplo, mezcla eficiente del combustible y del aire de combustión) y del tiempo de permanencia en la zona de combustión, así como el uso de la automatización y el control del horno (véase más arriba). Entre las medidas para algunos hornos específicos se incluyen las siguientes:</p> <p>Para hornos de cubilote:</p> <ul style="list-style-type: none"> — optimización del régimen de funcionamiento; — prevención del exceso de temperatura; — carga uniforme; — minimización de las pérdidas de aire; — buenas prácticas de revestimiento. <p>Para hornos de inducción:</p> <ul style="list-style-type: none"> — condiciones de la materia prima (por ejemplo, tamaño y densidad óptimos de los materiales de entrada y la chatarra); — cierre de la tapa del horno; — tiempo mínimo de permanencia; — mantenimiento de un fondo del baño en el horno; — adición de carburantes al principio del ciclo de fusión; — funcionamiento al nivel de potencia máxima de entrada; — control de la temperatura para evitar el sobrecalentamiento; — prevención de la acumulación excesiva de escoria mediante la optimización de las temperaturas de fusión; — minimización y control del desgaste del revestimiento refractario del horno; — cuando están en funcionamiento varios hornos de inducción, el consumo de energía se optimiza mediante la gestión de los picos de carga.

Técnica	Descripción
	<p>Para hornos rotatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> — utilización de antracita y silicio para la protección contra la fusión; — ajuste de la rotación de velocidad continua o discontinua del horno para lograr la máxima transferencia de calor; — ajuste de la potencia y del ángulo del quemador para lograr la máxima transferencia de calor. <p>Para los hornos de arco eléctrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> — reducción de los tiempos de fusión o tratamiento de metales mediante métodos avanzados de control, por ejemplo, para la composición y el peso de los materiales cargados y la temperatura de la masa fundida, así como mediante métodos eficientes de muestreo y desescoriado. <p>Para hornos de cuba:</p> <ul style="list-style-type: none"> — elección del tamaño del horno en función de la demanda continua de colada, para lograr un proceso de fusión continuo; — mantenimiento de la cuba llena de material de carga para lograr una recuperación óptima del calor; — adaptación del diseño de la cuba al material de carga designado para lograr una distribución óptima del material de carga en la cuba; — limpieza periódica del horno; — control independiente de la relación combustible/aire de cada quemador alimentado con gas; — seguimiento continuo del CO o del hidrógeno para cada fila de quemadores; — adición de oxígeno por encima de la zona de fusión para obtener una combustión retardada en el nivel superior de la cuba; — precalentamiento de la carga mediante calor residual recuperado de los gases de combustión. <p>Para hornos de reverbero:</p> <ul style="list-style-type: none"> — precalentamiento de la carga en el caso de hornos de reverbero de solera seca o pozo lateral; — utilización de quemadores con control automático de temperatura. <p>Para hornos de crisol:</p> <ul style="list-style-type: none"> — precalentamiento del crisol antes de la carga; — uso de crisoles con alta conductividad térmica y resistencia al choque térmico (como el grafito); — limpieza de las paredes del crisol inmediatamente después del vaciado para eliminar escoria o escoria fina.
Utilización de chatarra limpia	La fusión de chatarra limpia evita el riesgo de que se introduzcan compuestos no metálicos en la escoria o se produzca degradación de los revestimientos refractarios del horno o de la cuchara.

1.4.2. Técnicas para aumentar la eficiencia de los materiales

Técnica	Descripción
Ajuste de la acidez/basicidad de la escoria	Utilización de un fundente adecuado en las operaciones del cubilote (caliza para las ácidas y fluoruro de calcio para las básicas) de manera que el fluido de escoria sea suficiente para separarlo del hierro.
Mejora del rendimiento de la fundición y disminución de la generación de chatarra	Véase la sección 1.4.1.

Técnica	Descripción
Pretratamiento mecánico de escorias/escorias finas/partículas de los filtros/revestimientos refractarios usados para facilitar el reciclado	La escoria/la escoria fina/las partículas de los filtros/los revestimientos refractarios gastados se someten a un pretratamiento en la propia instalación mediante técnicas como la trituración, la separación, la granulación o la separación magnética.
Optimización del consumo de aglomerante y resina	<p>Las medidas para optimizar el consumo de aglomerantes y resinas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — utilización de una arena de calidad adecuada para el sistema de aglomerante; — una adecuada gestión del almacenamiento de la arena y las pruebas de la arena (pureza, tamaño del grano, forma, humedad); — control de la temperatura; — mantenimiento y limpieza de las mezcladoras; — control de la calidad de los moldes (para evitar y, en caso necesario, reparar los defectos de moldeo); — optimización del proceso de adición de aglomerante; — optimización del funcionamiento de la mezcladora.
Pulverización separada del agente desmoldante y del agua en la colada a alta presión	El agua y los agentes desmoldantes se aplican por separado al molde utilizando una fila adicional de toberas montadas en la cabeza del pulverizador. El agua se pulveriza en primer lugar, lo que provoca un enfriamiento significativo del molde antes de la aplicación del agente desmoldante, lo que a su vez da lugar a una reducción de las emisiones y del consumo de agentes desmoldantes y agua.
Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado en frío	<p>Las prácticas incluyen lo siguiente (en función del sistema aglomerante utilizado):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Control de temperatura: la temperatura de la arena se mantendrá lo más constante posible y lo suficientemente baja como para evitar las emisiones causadas por la evaporación. En el caso de los sistemas de poliuretano y éster de silicato con catalizadores fenólicos y de ácido de furano, el intervalo de temperaturas óptimas se encuentra entre 15 °C y 25 °C. En el caso de los sistemas de resol-éster, el intervalo de temperaturas óptimas se sitúa entre 15 °C y 35 °C; — en el caso de los sistemas catalizados con ácido de furano: <ul style="list-style-type: none"> — se minimiza el contenido de alcohol furfúrico libre (monómero) en la resina (por ejemplo, inferior al 40 %p); y — el contenido de azufre del catalizador ácido se reduce sustituyendo una porción del ácido sulfónico por un ácido orgánico fuerte sin azufre.
Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado por gas	<p>Las prácticas incluyen lo siguiente (en función del proceso de endurecimiento utilizado):</p> <p>Para las resinas de uretano fenólico (proceso de caja fría):</p> <ul style="list-style-type: none"> — el consumo de aminas se reduce al mínimo por medio de la optimización del proceso de difusión dentro del macho, normalmente mediante simulación por ordenador para optimizar el flujo de gas; — la temperatura de la arena se mantendrá lo más constante posible, entre 20 °C y 25 °C, para minimizar el tiempo de gaseado y el consumo de aminas; — la humedad de la arena se mantiene por debajo del 0,1 % y se seca el aire empleado en los procesos de gaseado y purga; — las cajas de machos están bien selladas para permitir la extracción del gas catalizador con aminas y los machos se purgan a fondo para evitar la liberación de aminas durante su almacenamiento. <p>Para resinas de resol-éster:</p> <ul style="list-style-type: none"> — la temperatura de la arena se mantendrá lo más constante posible, entre 15 °C y 30 °C; — el curado de la resina fenólica alcalina se consigue utilizando formiato de metilo gasificado por aire, normalmente calentado hasta alcanzar los 80 °C; — las cajas de machos y los cabezales de gaseado están correctamente sellados y la purga de la caja de machos se ha diseñado para proporcionar una ligera contrapresión, de modo que el vapor de curado se mantenga el tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

Técnica	Descripción
	<p>Para resinas endurecidas con CO₂ (por ejemplo, resinas fenólicas alcalinas, de silicato):</p> <ul style="list-style-type: none"> — el volumen exacto de gas de CO₂ necesario para el curado de las resinas se consigue mediante un controlador de caudal y un temporizador, de manera que se obtienen los mejores resultados en cuanto a resistencia y tiempo de almacenamiento; — en el caso de las resinas de silicato, se utilizan agentes de descomposición líquidos (por ejemplo, carbohidratos solubles) para aumentar la velocidad de gaseado. <p>Para las resinas endurecidas con SO₂ (resinas fenólicas, epoxi-acrílicas):</p> <ul style="list-style-type: none"> — el período de gaseado va seguido de un proceso de purga con el mismo gas inerte (por ejemplo, nitrógeno) utilizado para el curado o con aire, para eliminar de la arena el exceso de dióxido de azufre sin reaccionar; — las cajas de machos están bien selladas y los machos se purgan a fondo para evitar la liberación de gases durante su almacenamiento.
Utilización de chatarra limpia	Véase la sección 1.4.1.

1.4.3. Técnicas para reducir las emisiones a la atmósfera

Técnica	Descripción
Ajuste de la acidez/ basicidad de la escoria	Véase la sección 1.4.2.
Adsorción	Eliminación de los contaminantes de un flujo de gases de proceso o de gases residuales mediante la retención en una superficie sólida (se utiliza normalmente el carbono activado como adsorbente). La adsorción puede ser regenerativa o no regenerativa.
Oxidación catalítica	Técnica de reducción que oxida compuestos combustibles en un flujo de gases residuales con aire u oxígeno en un lecho de catalizador. El catalizador permite que la oxidación se realice a temperaturas más bajas y en equipos más pequeños que en el caso de la oxidación térmica. La temperatura de oxidación típica se sitúa entre 200 °C y 600 °C.
Ciclón	Equipo de extracción de partículas de un flujo de gases de escape basado en la aplicación de fuerzas centrífugas, generalmente dentro de una cámara cónica. Los ciclones se utilizan principalmente para efectuar un pretratamiento antes de proseguir con la reducción de partículas o proceder a la reducción de compuestos orgánicos. También pueden utilizarse multiciclones.
Lavado en seco	Se introduce polvo seco o una suspensión o solución de un reactivo alcalino (como cal o bicarbonato sódico) y se dispersa en la corriente de gas de escape. El material reacciona con las especies ácidas gaseosas (como SO ₂) y forma un sólido que se elimina por filtración (por ejemplo, con un filtro de mangas).
Precipitador electrostático	Los precipitadores electrostáticos funcionan de tal modo que las partículas se cargan y se separan bajo la influencia de un campo eléctrico. Los precipitadores electrostáticos pueden funcionar en condiciones muy diversas. La eficiencia de reducción de las emisiones puede depender del número de campos, del tiempo de permanencia (tamaño) y de los dispositivos previos de extracción de partículas. Por lo general, incluyen entre dos y cinco campos, pero los precipitadores electrostáticos más avanzados pueden contener hasta siete campos. Los precipitadores electrostáticos pueden ser de tipo seco o húmedo en función de la técnica utilizada para recoger las partículas de los electrodos. Los precipitadores electrostáticos de tipo húmedo se utilizan normalmente en la fase de pulido para retirar las partículas residuales y las gotículas tras el lavado húmedo.
Extracción de las emisiones generadas por el moldeo o la fabricación de machos lo más cerca	<p>Se extraen las emisiones generadas por el moldeo (incluida la fabricación de modelos) o la fabricación de machos. El sistema de extracción se selecciona en función del tipo de proceso de moldeo/fabricación de machos.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Moldeo de arena natural/en verde:

Técnica	Descripción
posible de la fuente de emisión	<p>Se extraen los gases de escape generados en las zonas de preparación de arena natural o en verde (como las de transporte, tamizado, mezclado y refrigeración) y en las zonas de moldeo, especialmente durante el vertido. En el caso de las máquinas de moldeo automático, se utilizan sistemas de extracción adecuados para recoger las emisiones (por ejemplo, extracción de techo). En el caso del moldeo manual, la extracción se realiza lo más cerca posible de la fuente de emisión mediante campanas extractoras móviles.</p> <p>— Procesos de fraguado en frío, curado por gas y curado en caliente: Cuando se trata de máquinas de moldeo automático, se utilizan sistemas de extracción para recoger las emisiones (como campanas extractoras fijas o de cúpula). En caso de moldeo manual, la extracción se realiza lo más cerca posible de la fuente de emisión mediante campanas extractoras móviles. Si no pueden utilizarse campanas móviles debido al tamaño de los moldes o a las restricciones de espacio, se utiliza el sistema de extracción de la nave de colada. Las máquinas disparadoras de machos están confinadas y se extraen los gases de escape. La extracción también se aplica durante la comprobación, la manipulación y el almacenamiento de machos recién confeccionados (por ejemplo, mediante campanas extractoras situadas en la mesa de inspección, sobre las zonas de manipulación y almacenamiento temporal).</p>
Filtro de mangas	<p>Los filtros de tejido, también denominados filtros de mangas, están fabricados con telas porosas tejidas o afieltradas a través de las cuales se hacen pasar los gases para retirar las partículas. Los filtros de mangas pueden tener forma de hojas, cartuchos o bolsas con una serie de unidades filtrantes de mangas agrupadas. La utilización de filtros de mangas exige la selección de un tejido adecuado para las características de los gases residuales y la temperatura de funcionamiento máxima.</p>
Combustión sin llama	<p>La combustión sin llama se consigue inyectando combustible y aire de combustión de forma separada en la cámara de combustión del horno a alta velocidad para eliminar la formación de llama y reducir la formación de NO_x térmico generando, al mismo tiempo, una distribución más uniforme del calor en toda la cámara. La combustión sin llama puede combinarse con la oxicomustión (véase la sección 1.4.1).</p>
Automatización y control de hornos	<p>Véase la sección 1.4.1.</p>
Quemadores de bajo nivel de NO _x	<p>La técnica (que abarca los quemadores de nivel ultrabajo de emisiones de NO_x) se basa en los principios de la reducción de las temperaturas máximas de la llama. La mezcla aire/combustible reduce la disponibilidad de oxígeno y la temperatura máxima de la llama, retardando así la conversión del nitrógeno presente en el combustible en NO_x y la formación de NO_x térmico, manteniendo al mismo tiempo un alto nivel de eficiencia de la combustión.</p>
Optimización del consumo de aglomerante y resina	<p>Véase la sección 1.4.2.</p>
Enriquecimiento con oxígeno del aire de combustión	<p>Véase la sección 1.4.1.</p>
Oxicombustión	<p>Véase la sección 1.4.1.</p>
Postcombustión de los gases de escape	<p>La postcombustión de CO y otros compuestos orgánicos contenidos en los gases de escape del horno se utiliza para reducir las emisiones y recuperar el calor. El calor generado se recupera con un intercambiador de calor y se utiliza para precalentar el chorro de aire u otros fines internos. En los hornos de cubilote de viento caliente (HBC), la postcombustión tiene lugar en una cámara separada de postcombustión precalentada por un quemador de gas natural. En los hornos de cubilote de viento frío (CBC), la postcombustión tiene lugar directamente en la cuba del cubilote. En los hornos rotatorios, la postcombustión se lleva a cabo utilizando un quemador posterior instalado entre el horno y el intercambiador de calor.</p>

Técnica	Descripción
Selección de un tipo de horno adecuado	Selección del tipo o tipos de horno adecuados en función del nivel de emisiones y criterios técnicos, tales como el tipo de proceso (por ejemplo, producción continua o por lotes), la capacidad del horno, el tipo de piezas de fundición, la disponibilidad de materias primas, la flexibilidad en función de la limpieza de las materias primas y el cambio de aleación. También se tiene en cuenta la eficiencia energética del horno (véase la técnica «Selección de un tipo de horno eficiente desde el punto de vista energético» en la sección 1.4.1).
Sustitución de recubrimientos de base alcohólica por recubrimientos de base acuosa	Sustitución de recubrimientos de base alcohólica para moldes y machos por recubrimientos de base acuosa. Los recubrimientos acuosos se secan en el aire ambiente o utilizando hornos de secado.
Oxidación térmica	Técnica de reducción de emisiones que oxida los compuestos combustibles de un flujo de gases residuales calentándolo con aire u oxígeno por encima de su punto de autoignición en una cámara de combustión y manteniéndolo a altas temperaturas el tiempo suficiente para completar su combustión en dióxido de carbono y agua. La temperatura habitual de combustión se sitúa entre 800 °C y 1 000 °C. Se utilizan varios tipos de oxidación térmica: <ul style="list-style-type: none"> — Oxidación térmica directa: oxidación térmica sin recuperación de energía procedente de la combustión. — Oxidación térmica recuperativa: oxidación térmica que utiliza el calor de los gases residuales mediante transferencia de calor indirecta. — Oxidación térmica regenerativa: oxidación térmica en la que se calienta el flujo de gases residuales entrante al pasar a través de un lecho empaquetado de cerámica antes de entrar en la cámara de combustión. Los gases calientes depurados salen de esa cámara pasando a través de uno (o varios) lechos empaquetados de cerámica (enfriados por un flujo de gases residuales entrante en un ciclo de combustión anterior). A continuación, este lecho empaquetado recalienta un nuevo ciclo de combustión precalentando un nuevo flujo entrante de gases residuales.
Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado en frío	Véase la sección 1.4.2.
Uso de las mejores prácticas en los procesos de fraguado por gas	Véase la sección 1.4.2.
Lavado húmedo	Eliminación de los contaminantes gaseosos o en partículas de un flujo de gas mediante la transferencia de masa hacia un disolvente líquido, normalmente agua o una solución acuosa. Puede llevar aparejada una reacción química (por ejemplo, en una depuradora ácida o alcalina). En algunos casos, pueden recuperarse los compuestos del disolvente. Se incluyen los depuradores Venturi.

1.4.4. Técnicas para reducir las emisiones al agua

Técnica	Descripción
Proceso de lodos activos	En el proceso de lodos activos los microorganismos se mantienen en suspensión en las aguas residuales, y el conjunto de la mezcla se airea mecánicamente. La mezcla de lodos activos se envía a una planta de separación, donde se reciclan y dirigen los lodos al tanque de aireación.
Adsorción	Eliminación de sustancias solubles (solutos) de las aguas residuales al transferirlas a la superficie de partículas sólidas sumamente porosas (generalmente carbón activo).

Técnica	Descripción
Tratamiento aerobio	Oxidación biológica de contaminantes orgánicos disueltos con oxígeno utilizando el metabolismo de los microorganismos. En presencia de oxígeno disuelto (inyectado en forma de aire u oxígeno puro), los compuestos orgánicos se mineralizan en dióxido de carbono y agua o se transforman en otros metabolitos y biomasa.
Precipitación química	La conversión de los contaminantes disueltos en un compuesto insoluble mediante la adición de agentes químicos de precipitación. Los precipitados sólidos que se forman se separan después por sedimentación, flotación con aire o filtración. Si es necesario, se puede aplicar a continuación un proceso de microfiltración o ultrafiltración. Se utilizan iones metálicos polivalentes (por ejemplo, calcio, aluminio y hierro) para la precipitación del fósforo.
Reducción química	La conversión de los contaminantes, mediante agentes químicos reductores, en compuestos similares, pero menos nocivos o peligrosos.
Coagulación y floculación	La coagulación y la floculación se utilizan para separar los sólidos en suspensión de las aguas residuales, y a menudo se realizan en etapas sucesivas. La coagulación se efectúa añadiendo coagulantes con cargas opuestas a las de los sólidos en suspensión. En la floculación, se añaden polímeros que favorecen las colisiones de los microfloculos, lo que genera floculos de mayor tamaño.
Homogeneización	Balance de los flujos y las cargas contaminantes en la entrada del tratamiento final de las aguas residuales mediante el uso de depósitos centrales. La homogeneización puede descentralizarse o llevarse a cabo mediante otras técnicas de gestión.
Evaporación	<p>La evaporación de las aguas residuales es un proceso de destilación en el que el agua es la sustancia volátil que deja el concentrado en forma de residuo en el fondo para su manipulación (por ejemplo, su reciclado o eliminación). El objetivo de esta operación es reducir el volumen de aguas residuales o concentrar los licores madre. El flujo volátil se recoge en un condensador y el agua condensada se recicla, si es necesario, después de un tratamiento posterior.</p> <p>Existen muchos tipos de evaporadores: evaporadores de circulación natural; evaporadores verticales de tubos cortos; evaporadores de cesta; evaporadores en capa delgada; evaporadores de lámina delgada de agua.</p> <p>Los contaminantes más habituales son los contaminantes solubles (como las sales).</p>
Filtración	Separación de los sólidos de las aguas residuales haciéndolas pasar por un medio poroso, por ejemplo, filtración a través de arena, microfiltración y ultrafiltración.
Flotación	Separación de las partículas sólidas o líquidas de las aguas residuales uniéndolas a pequeñas burbujas de gas, por lo general de aire. Las partículas flotantes se acumulan en la superficie del agua y se recogen con desespumadores.
Biorreactor de membrana (MBR)	Los biorreactores de membrana consisten en la combinación de un proceso de membrana (por ejemplo, microfiltración o ultrafiltración) con un biorreactor de crecimiento en suspensión. En un sistema MBR para el tratamiento biológico de aguas residuales, el clarificador secundario y la fase de filtración terciaria de un sistema tradicional de lodos aireados se sustituye por la filtración por membrana (la separación de lodos y sólidos en suspensión).
Nanofiltración	Un proceso de filtración en el que se utilizan membranas con poros de un tamaño aproximado de 1 nm.
Neutralización	Ajuste del pH de las aguas residuales a un nivel neutro (aproximadamente 7) mediante la adición de productos químicos. Para aumentar el pH suele utilizarse hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$, mientras que para reducirlo se utiliza generalmente ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl) o dióxido de carbono (CO_2). Durante la neutralización algunas sustancias pueden precipitar.

Técnica	Descripción
Separación física	La separación de materias sólidas gruesas, sólidos en suspensión o partículas metálicas de las aguas residuales utilizando, por ejemplo, cribas, tamices, desarenadores, separadores de grasa, hidrociclones, separadores de aceite y agua o depósitos de sedimentación primaria.
Ósmosis inversa	Proceso realizado mediante membranas en el que se aplica una diferencia de presión entre los compartimentos separados por la membrana, lo que hace que fluya el agua desde la solución más concentrada hacia la menos concentrada.
Sedimentación	Separación de partículas en suspensión y materias en suspensión mediante sedimentación gravitacional.
Separación de los flujos de agua	Los flujos de agua (como esorrentías superficiales o aguas de proceso) se recogen por separado, en función del contenido de contaminantes y de las técnicas de tratamiento necesarias. Las aguas residuales que pueden reciclarse sin tratamiento se separan de las aguas residuales que sí requieren tratamiento.