
RESUMEN GENERAL

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

Este documento consta de cuatro partes (A-D). Las partes A, B y C se refieren a los distintos subsectores de la industria de transformación de metales ferrosos: A) conformación en frío y en caliente; B) revestimiento continuo; y C) galvanización discontinua. Esta estructura atiende a las diferencias de naturaleza y escala que separan a las actividades comprendidas en el término “transformación de metales ferrosos”.

La parte D no trata de un subsector industrial, sino que comprende las descripciones técnicas de varias medidas medioambientales que son técnicas a considerar en la determinación de las MTD en más de un subsector. Esto se ha hecho para evitar repetir las descripciones técnicas en los tres capítulos 4. Estas descripciones siempre han de contemplarse en el contexto de la información más específica, relativa a su aplicación en subsectores concretos, que contiene el capítulo 4 pertinente.

Parte A: Conformación en frío y en caliente

Dentro del sector de transformación de metales ferrosos, la conformación en frío y en caliente comprende diferentes métodos de fabricación, como el laminado en caliente o en frío y el estiraje de acero. Se fabrican muy diversos productos terminados y semiterminados con diferentes líneas de producción. Los productos pueden ser formas planas laminadas en frío y en caliente, formas alargadas laminadas en caliente o estiradas, tubos y alambre.

Laminación en caliente

En el proceso de laminación en caliente, el tamaño, la forma y las propiedades metalúrgicas del acero se modifican comprimiendo repetidamente el metal caliente (a temperaturas de entre 1.050°C y 1.300°C) entre cilindros accionados por motores eléctricos. Este proceso se utiliza para transformar fundición de acero en diversas formas: lingotes, planos, tochos, palanquillas o perfiles, según el producto que se vaya a fabricar. Los productos obtenidos por laminación en caliente suelen clasificarse en dos tipos según su forma: planos y alargados.

En 1996, la producción comunitaria total de laminados en caliente fue de 127,8 millones de toneladas, de las que 79,2 millones eran productos planos, es decir, en torno a un 62% [Stat97]. Alemania es el mayor fabricante de productos planos (con 22,6 millones de toneladas), seguido de Francia (10,7 millones), Bélgica (9,9 millones), Italia (9,7 millones) y el Reino Unido (8,6 millones). Casi todos los productos planos laminados en caliente son de banda ancha.

El 38% restante de la producción, aproximadamente 48,5 millones de toneladas, eran productos alargados. Los dos países fabricantes más importantes son Italia (11,5 millones de toneladas) y Alemania (10,3 millones), seguidos del Reino Unido (7 millones) y España (6,8 millones). En términos de tonelaje, la producción es principalmente hilo de máquina (alrededor de una tercera parte del total), pletina de refuerzo y pletina comercial (cuya cuota respectiva se sitúa en torno a una cuarta parte de la producción).

Con respecto al tubo de acero, la Unión Europea es el mayor productor mundial –11,8 millones de toneladas en 1996 (el 20,9% de la producción total)–, seguido de Japón y Estados Unidos. El sector europeo de fabricación de tubo de acero tiene una estructura muy concentrada. Alrededor del 90% de la producción comunitaria se reparte entre cinco países: Alemania (3,2 millones de toneladas), Italia (otros 3,2 millones), Francia (1,4 millones), el Reino Unido (1,3 millones) y España (0,9 millones). En algunos países, una sola empresa puede representar el 50% o más de la producción nacional. Además de los principales fabricantes integrados de tubo de acero (que producen sobre todo tubos soldados), hay un número relativamente grande de pequeñas y medianas empresas independientes. Algunos fabricantes –a menudo pequeños en términos de tonelaje y presentes en mercados de alto valor añadido– se concentran en la fabricación de medidas y calidades especiales según las especificaciones de clientes concretos.

Los trenes de laminación en caliente suelen constar de las siguientes fases: acondicionamiento del material de alimentación (escarpado, amolado), calentamiento a la temperatura de laminación, descascarillado, laminación (desbastado con reducción de anchura, laminación a las medidas y propiedades finales) y acabado (recortadura y corte). Se clasifican por el tipo de producto que producen y por sus características de diseño: trenes desbastadores de tochos y planos, laminadores de banda en caliente, laminadores de chapa, laminadores de pletinas y redondos, laminadores de perfiles laminados y estructurales y laminadores de tubos.

Los principales problemas medioambientales que se derivan del proceso de laminación en caliente son las emisiones atmosféricas (especialmente NOx y SOx), el consumo de energía de los hornos, las emisiones de polvo (fugitivas) que se generan durante la manipulación de los productos, la propia laminación o el tratamiento mecánico de las superficies, las aguas residuales (que contienen aceites y sólidos) y los residuos sólidos (que contienen aceites).

Con respecto a las emisiones de NO_x que se generan en los hornos de recocido y tratamiento térmico, el sector informa que las concentraciones oscilan entre 200 y 700 mg/Nm³ y las emisiones específicas entre 80 y 360 g/Tm, mientras que otras fuentes señalan que se pueden alcanzar valores de 900 mg/Nm³ y, si el aire de combustión se precalienta a 1.000 °C, incluso superiores a 5.000 mg/Nm³. Las emisiones de SO₂ dependen del combustible utilizado en los hornos. Se han registrado valores de 0,6 a 1.700 mg/Nm³ y de 0,3 a 600 g/Tm. La dispersión del consumo de energía en estos hornos es de 0,7 a 6,5 GJ/Tm, con una gama típica de valores de 1 a 3 GJ/Tm.

En cuanto a las emisiones de polvo que se generan durante la manipulación de los productos, el propio proceso de laminación o el tratamiento mecánico de las superficies, son muy pocos los datos que se han facilitado de cada proceso. Los valores de concentración registrados son:

- Escarpado: 5 – 115 mg/Nm³.
- Amolado: < 30 – 100 mg/Nm³.
- Trenes de laminación: 2 – 50 mg/Nm³.
- Manipulación de bobinas: aproximadamente 50 mg/Nm³.

Las emisiones a las aguas son básicamente aguas residuales que contienen de 5 a 200 mg de sólidos en suspensión por litro y de 0,2 a 10 mg de hidrocarburos por litro. Las depuradoras han registrado de 0,4 a 36 kg de residuos aceitosos por tonelada, en función del tipo de laminador.

Para más detalles y datos de emisiones y consumos de otras fases del proceso de laminación en caliente, véase el capítulo A.3, donde los datos disponibles se acompañan de información calificativa.

En la tabla 1 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico, excepto en los casos en los que se indica explícitamente “división de opiniones”.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Almacenamiento y manipulación de materias primas y auxiliares	
<ul style="list-style-type: none"> • Recogida de derrames y fugas por medios adecuados, por ejemplo, pozas de seguridad y desagües. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Separación del aceite de las aguas contaminadas de los desagües y reutilización del aceite recuperado. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de las aguas separadas en la depuradora. 	
Escarpado mecánico	
<ul style="list-style-type: none"> • Recintos para el escarpado mecánico y eliminación de polvo con filtros textiles. 	División de opiniones sobre el nivel de polvo: < 5 mg/Nm ³ < 20 mg/Nm ³

<ul style="list-style-type: none"> • Precipitador electrostático, cuando no puedan utilizarse filtros textiles por el alto grado de humedad de los humos. 	División de opiniones sobre el nivel de polvo: $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ $20-50 \text{ mg/Nm}^3$
<ul style="list-style-type: none"> • Recogida separada de la cascarilla o viruta del escarpado. 	
Amolado	
<ul style="list-style-type: none"> • Recintos para el rectificado mecánico y cabinas especiales equipadas con campanas de extracción para el rectificado manual, y eliminación de polvo con filtros textiles. 	División de opiniones sobre el nivel de polvo: $< 5 \text{ mg/Nm}^3$ $< 20 \text{ mg/Nm}^3$
Todos los procesos de rectificado superficial	
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento y reutilización de las aguas procedentes de todos los procesos de rectificado superficial (separación de sólidos). 	
<ul style="list-style-type: none"> • Reciclado interno o venta de cascarilla, viruta y polvo para reciclar. 	

Tabla 1: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en caliente.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Hornos de recocido y tratamiento térmico	
<ul style="list-style-type: none"> • Medidas generales, por ejemplo, relativas al diseño o funcionamiento y mantenimiento de los hornos, tal como se describe en el capítulo A.4.1.3.1. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el exceso de aire y la pérdida de calor durante la carga por medidas de servicio (abrir la puerta lo mínimo necesario para cargar) o medios estructurales (instalación de puertas de varios segmentos para mayor estanquidad). 	
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar el combustible adecuado y automatizar o controlar los hornos para optimizar las condiciones de caldeo: <ul style="list-style-type: none"> - con gas natural, - con todos los demás gases y mezclas de gases, - con fuel-oil ($< 1\%$ de azufre). 	Niveles de SO_2 : $< 100 \text{ mg/Nm}^3$ $< 400 \text{ mg/Nm}^3$ hasta 1.700 mg/Nm^3
División de opiniones: <ul style="list-style-type: none"> • Limitar el contenido de azufre en el combustible a menos del 1% es MTD. • Limitar más el azufre o adoptar medidas de reducción adicional del SO_2 es MTD. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación del calor que contienen los gases de escape mediante el precalentamiento del material de alimentación. • Recuperación del calor que contienen los gases de escape por medio de quemadores regenerativos o recuperativos. • Recuperación del calor que contienen los gases de escape por medio de calderas de recuperación o sistemas de refrigeración por evaporación (si se necesita vapor). 	Ahorro de energía del 25% al 50% y potenciales de reducción de NO_x de hasta un 50% (según el sistema).
<ul style="list-style-type: none"> • Quemadores bajos en emisiones de NO_x de segunda generación. 	NO_x : $250-400 \text{ mg /Nm}^3$ (3% de O_2) sin precalentamiento de aire, potencial de reducción de NO_x del 65% en comparación con los convencionales.

<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la temperatura de precalentamiento del aire. Ahorro de energía frente a emisiones de NOx: Se han de sopesar las ventajas que suponen las reducciones del consumo de energía y de las emisiones de SO₂, CO₂ y CO frente a la desventaja del posible incremento de las emisiones de NOx. 	
<p>División de opiniones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las técnicas de reducción catalítica selectiva (SCR) y reducción selectiva no catalítica (SNCR) son MTD. • No hay suficiente información disponible para decidir si estas técnicas son MTD. 	<p>Niveles alcanzados¹:</p> <p>SCR: NO_x < 320 mg/Nm³.</p> <p>SNCR: NO_x < 205 mg/Nm³, Adsorción de amoníaco: 5 mg/Nm³.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la pérdida de calor en los productos intermedios limitando al mínimo el tiempo de almacenamiento y aislando los tochos o planos (arcón termoaislante o cubiertas térmicas), en función de la distribución del proceso productivo. • Modificación del almacenamiento logístico e intermedio para tener en cuenta el régimen máximo de carga en caliente, carga directa o laminación directa (este régimen máximo depende de los programas de producción y de la calidad del producto). 	
<ul style="list-style-type: none"> • En plantas nuevas, puede utilizarse esta técnica para producir moldeados próximos a la forma final y moldeados planos finos, en tanto que productos a laminar. 	
<p>¹ Niveles de emisión registrados en la única planta SCR existente (horno de balancín) y en la única planta SNCR existente (horno de balancín).</p>	

Tabla 1 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en caliente.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Descascarillado	
<ul style="list-style-type: none"> • Control de materiales para reducir el consumo de agua y energía. 	
Transporte de material laminado	
<ul style="list-style-type: none"> • Reducir las pérdidas de energía no deseadas mediante serpentines u hornos de recuperación y pantallas térmicas para barras de transferencia. 	
Tren de acabado	
<ul style="list-style-type: none"> • Pulverización de agua, seguida de tratamiento de las aguas residuales por el que se separan y se recogen los sólidos (óxidos de hierro) para reutilizar su contenido de hierro. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de extracción con tratamiento del aire extraído mediante filtros textiles y reciclado del polvo recogido. 	<p>División de opiniones sobre el nivel de polvo:</p> <p>< 5 mg/Nm³</p> <p>< 20 mg/Nm³</p>
Nivelación y soldadura	
<ul style="list-style-type: none"> • Campanas de extracción y posterior eliminación por medio de filtros textiles. 	<p>División de opiniones sobre el nivel de polvo:</p> <p>< 5 mg/Nm³</p> <p>< 20 mg/Nm³</p>
Refrigeración (máquinas, etc.)	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de agua refrigerante independientes en circuitos cerrados. 	

Tratamiento de las aguas residuales / aguas de proceso con cascarilla y aceite	
<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos cerrados con porcentajes de recirculación superiores al 95%. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de las emisiones mediante una combinación adecuada de técnicas de tratamiento (descritas con detalle en los capítulos A.4.1.12.2 y D.10.1). 	SS: < 20 mg/l Aceite: < 5 mg/l ⁽¹⁾ Fe: < 10 mg/l Cr _{tot} : < 0.2 mg/l ⁽²⁾ Ni: < 0.2 mg/l ⁽²⁾ Zn: < 2 mg/l
<ul style="list-style-type: none"> • Recirculación al proceso metalúrgico de la cascarilla de laminación recogida en la depuradora. • Los lodos o residuos aceitosos recogidos deben deshidratarse para su aprovechamiento térmico o eliminación de forma segura. 	
Prevención de la contaminación por hidrocarburos	
<ul style="list-style-type: none"> • Controles preventivos periódicos y mantenimiento preventivo de juntas, bombas y tuberías. • Uso de cojinetes y juntas de diseño moderno para los cilindros de trabajo y de respaldo, instalación de indicadores de fugas en las canalizaciones de lubricante (por ejemplo, en los cojinetes hidrostáticos). • Recogida y tratamiento de las aguas contaminadas de los desagües en los diversos puntos de consumo (agregados hidráulicos), separación y utilización de la fracción de aceite (por ejemplo, utilización térmica por inyección en el alto horno). Tratamiento adicional del agua separada en la depuradora o en las plantas de desarenado con ultrafiltración o evaporador de vacío. 	Reducción del consumo de aceite en un 50-70%.
¹ Basado en mediciones aleatorias.	
² 0,5 mg/l en plantas que utilizan acero inoxidable.	

Tabla 1 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en caliente.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Talleres de laminación	
<ul style="list-style-type: none"> • Desengrase a base de agua en la medida en que sea técnicamente aceptable para el grado de limpieza exigido. • Si hay que utilizar disolventes orgánicos, debe darse preferencia a los no clorados. • Recogida de la grasa eliminada por los muñones de giro y eliminación adecuada, por ejemplo mediante incineración. • Tratamiento de los lodos de amolado por separación magnética para recuperar las partículas metálicas y recircularlas en el proceso de fabricación de acero. • Eliminación de los residuos grasos y aceitosos de las muelas, por ejemplo mediante incineración. • Depósito de los residuos minerales del amolado y de las muelas desgastadas en vertederos. • Tratamiento de los líquidos refrigerantes y de las emulsiones de corte para separar el aceite y el agua. Eliminación adecuada de los residuos aceitosos, por ejemplo, mediante incineración. • Tratamiento de las aguas residuales derivadas de la refrigeración y del desengrasado, así como de la separación de emulsiones en la depuradora del tren de laminación en caliente. • Reciclado de viruta de hierro y acero en el proceso de fabricación de acero. 	

Tabla 1 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en caliente.

Laminación en frío

En el proceso de laminación en frío, las propiedades de las bandas laminadas en caliente, como su espesor y características mecánicas y tecnológicas, se modifican por compresión entre los cilindros sin calentamiento previo del material de partida. Este se obtiene en forma de bobinas en los trenes de laminación en caliente. Las fases de transformación y el orden que siguen en el tren de laminación en frío dependen de la calidad del acero tratado. Los **aceros aleados y de baja aleación (acero al carbono)** pasan por las siguientes fases: decapado, laminación para reducir el espesor, recocido o tratamiento térmico para regenerar la estructura cristalina, laminación de acritud o “skin-pass” de la banda recocida para obtener las propiedades mecánicas, forma y rugosidad superficial deseadas, y acabado.

El **acero de alta aleación (acero inoxidable)** pasa por algunas fases más que el acero al carbono. Principales etapas del proceso: recocido y decapado de banda en caliente, laminación en frío, recocido y decapado final (o recocido brillante), laminación “skin-pass” y acabado.

Los productos laminados en frío son principalmente banda y chapa (de 0,16 a 3 mm de espesor por regla general) con un acabado superficial de alta calidad y propiedades metalúrgicas muy precisas para su aplicación en productos de especificaciones rigurosas.

En 1996, la producción de banda ancha (chapa y plancha) laminada en frío ascendió a unos 39,6 millones de toneladas [EUROFER CR]. Los principales países productores son Alemania con 10,6 millones de toneladas, Francia con 6,3 millones, Italia con 4,3 millones, Reino Unido con 4 millones y Bélgica con 3,8 millones de toneladas.

La banda estrecha laminado en frío es un producto que se obtiene laminando en frío una banda estrecha caliente o cortando y laminando en frío una chapa laminada en caliente. La producción de este tipo de banda ascendió a 8,3 millones de toneladas en 1994 (2,7 millones de laminado en frío y 5,5 millones de banda cortada).

El sector comunitario de banda laminada en frío está concentrado y fragmentado al mismo tiempo. Las diez empresas más grandes copan el 50% de la producción, mientras otras ciento cuarenta empresas suman el 50% restante. La estructura del sector está marcada por las diferencias nacionales en cuanto al tamaño de las empresas y la concentración de la industria. La mayoría de las grandes empresas están radicadas en Alemania, que domina el mercado con un 57% de la producción comunitaria (1,57 millones de toneladas en 1994). Sin embargo, casi todas las empresas pueden clasificarse como PYME [Bed95].

En 1994, Alemania produjo el 35% de la banda cortada, con 1,9 millones de toneladas, seguida de Italia y Francia, cuya producción respectiva ascendió a 0,9 millones de toneladas.

Los principales problemas medioambientales del laminado en frío son los residuos ácidos, sólidos y líquidos; las emisiones atmosféricas de los vapores generados por los desengrasantes y de las nieblas ácidas y oleosas; los residuos oleosos, sólidos y líquidos; el polvo, por ejemplo, de los procesos de descascarillado y desbobinado; los NOx que genera el decapado con mezcla de ácidos; y los gases de la combustión de los hornos.

Con respecto a las emisiones atmosféricas ácidas del laminado en frío, pueden generarse en los procesos de decapado y regeneración de ácidos. Las emisiones son diferentes en función del proceso de decapado utilizado (básicamente, del ácido utilizado). En el caso del decapado por ácido hidrocórico, se han registrado unas emisiones máximas de HCl de entre 1 y 145 mg/Nm³ (hasta 16 g/Tm), aunque que los valores comunicados por la industria oscilan entre 10 y menos de 30 mg/Nm³ (~ 0,26 g/Tm). En el caso del decapado con ácido sulfúrico, se han registrado emisiones de H₂SO₄ del orden de 1 a 2 mg/Nm³ y de 0,05 a 0.1 g/Tm.

En el caso del decapado del acero inoxidable con mezcla de ácidos, se han registrado emisiones de HF de entre 0,2 y 17 mg/m³ (de 0,2 a 3,4 g/Tm). Además de las emisiones atmosféricas ácidas, se generan NOx. Se han registrado valores de dispersión de 3 a ~ 1.000 mg/Nm³ (emisiones específicas de 3 a 4.000 g/Tm), habiéndose suscitado dudas con respecto a los niveles mínimos.

Se dispone escasos datos con respecto a las emisiones de polvo generadas por las operaciones de manipulación y descascarillado del acero. En el caso del descascarillado mecánico, se han registrado emisiones específicas de 10 a 20 g/Tm y concentraciones de menos de 1 a 25 mg/m³.

Para más detalles y datos de emisiones y consumos de otras fases del proceso de laminación en frío, véase el capítulo A.3, donde los datos disponibles se acompañan de información calificativa.

En la tabla 2 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico, excepto en los casos en los que se indica explícitamente “división de opiniones”.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles																		
Desbobinado																			
<ul style="list-style-type: none"> • Cortinas de agua seguidas de un tratamiento de las aguas residuales por el que se separan y se recogen los sólidos para reutilizar su contenido de hierro. • Sistemas de extracción con tratamiento del aire extraído por medio de filtros textiles y reciclado del polvo recogido. 	División de opiniones sobre los niveles de polvo: < 5 mg/Nm ³ < 20 mg/Nm ³																		
Decapado																			
En la medida de lo posible, deben aplicarse medidas generales para reducir el consumo de ácidos y la producción de ácidos residuales, tal como se describe en el capítulo A.4.2.2.1, especialmente las técnicas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Prevenir la corrosión del acero por medio de sistemas adecuados de almacenamiento y manipulación, refrigeración, etc. • Reducir la carga sobre la fase de decapado por medio de un descascarillado mecánico previo en una unidad cerrada, con un sistema de extracción y filtros textiles. • Decapado electrolítico previo. • Instalaciones de decapado modernas y optimizadas (decapado con pulverizadores o por turbulencia, en lugar de por inmersión). • Filtrado y recirculación mecánicos para prolongar la vida útil de los baños de decapado. • Intercambio iónico o electrodiálisis de las corrientes intermedias (con mezcla de ácidos) u otros métodos de recuperación de ácidos libres (descritos en el capítulo D.6.9) para regenerar el baño. 																			
Decapado con HCl																			
<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización del HCl agotado, • o regeneración del ácido por medio de pulverizadores de tostación o lecho fluidizado (o proceso equivalente) con recirculación del material regenerado; sistema depurador de aire como el descrito en el capítulo 4 para la planta de regeneración; reutilización del subproducto Fe₂O₃. 	<table border="0"> <tr><td>Polvo</td><td>20 - 50</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>HCl</td><td>2 - 30</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>SO₂</td><td>50 - 100</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>CO</td><td>150</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>CO₂</td><td>180.000</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>NO₂</td><td>300 - 370</td><td>mg/Nm³</td></tr> </table>	Polvo	20 - 50	mg/Nm ³	HCl	2 - 30	mg/Nm ³	SO ₂	50 - 100	mg/Nm ³	CO	150	mg/Nm ³	CO ₂	180.000	mg/Nm ³	NO ₂	300 - 370	mg/Nm ³
Polvo	20 - 50	mg/Nm ³																	
HCl	2 - 30	mg/Nm ³																	
SO ₂	50 - 100	mg/Nm ³																	
CO	150	mg/Nm ³																	
CO ₂	180.000	mg/Nm ³																	
NO ₂	300 - 370	mg/Nm ³																	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo totalmente encerrado o provisto de campanas de extracción y depuración del aire extraído. 	<table border="0"> <tr><td>Polvo</td><td>10 - 20</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>HCl</td><td>2 - 30</td><td>mg/Nm³</td></tr> </table>	Polvo	10 - 20	mg/Nm ³	HCl	2 - 30	mg/Nm ³												
Polvo	10 - 20	mg/Nm ³																	
HCl	2 - 30	mg/Nm ³																	
Decapado con H₂SO₄																			
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de ácidos libres por cristalización; sistemas depuradores de aire para la planta de recuperación. 	<table border="0"> <tr><td>H₂SO₄</td><td>5 - 10</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>SO₂</td><td>8 - 20</td><td>mg/Nm³</td></tr> </table>	H ₂ SO ₄	5 - 10	mg/Nm ³	SO ₂	8 - 20	mg/Nm ³												
H ₂ SO ₄	5 - 10	mg/Nm ³																	
SO ₂	8 - 20	mg/Nm ³																	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo totalmente encerrado o provisto de campanas de extracción y depuración del aire extraído. 	<table border="0"> <tr><td>H₂SO₄</td><td>1 - 2</td><td>mg/Nm³</td></tr> <tr><td>SO₂</td><td>8 - 20</td><td>mg/Nm³</td></tr> </table>	H ₂ SO ₄	1 - 2	mg/Nm ³	SO ₂	8 - 20	mg/Nm ³												
H ₂ SO ₄	1 - 2	mg/Nm ³																	
SO ₂	8 - 20	mg/Nm ³																	

Tabla 2: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en frío.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Decapado con mezcla de ácidos	

<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de ácidos libres (por intercambio iónico o diálisis de las corrientes intermedias), • o regeneración de ácidos - con pulverizadores de tostación: <p style="text-align: center;">- o con un proceso de evaporación:</p>	<p>Polvo < 10 mg/Nm³ HF < 2 mg/Nm³ NO₂ < 200 mg/Nm³</p> <p>HF < 2 mg/Nm³ NO₂ < 100 mg/Nm³</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Equipos encerrados con campanas de extracción y depuración del aire extraído, y además: • depuración con H₂O₂, urea, etc. • o supresión de NOx con adición de H₂O₂ o urea al baño de decapado, • o reducción catalítica selectiva (SCR). 	<p>Para todos los casos: NOx 200 - 650 mg/Nm³ HF 2 - 7 mg/Nm³</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa: decapado sin ácido nítrico más un equipo encerrado o provisto de campanas de extracción y depuración del aire extraído. 	
Calentamiento de ácidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento indirecto por intercambiadores o –si primero hay que producir vapor para los intercambiadores– por combustión sumergida. • Sin inyección directa de vapor. 	
Máxima reducción de las aguas residuales	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de lavado en cascada con reutilización interna del rebosamiento (por ejemplo, en baños de decapado o en los sistemas de depuración). • Ajuste fino y control del sistema de “lavado con regeneración de los ácidos de decapado”. 	
Tratamiento de las aguas residuales	
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento por neutralización, floculación, etc., cuando no puede evitarse purgar las aguas ácidas del sistema. 	<p>SS: < 20 mg/l Aceite: < 5 mg/l¹ Fe: < 10 mg/l Cr_{tot}: < 0,2 mg/l² Ni: < 0,2 mg/l² Zn: < 2 mg/l</p>
Sistemas de emulsión	
<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de la contaminación mediante un chequeo periódico de juntas, tuberías, etc., y un control de fugas. • Control permanente de la calidad de la emulsión. • Funcionamiento de los circuitos de la emulsión con limpieza y reutilización de ésta para prolongar su vida útil. • Tratamiento de la emulsión agotada para reducir el contenido de aceite, por ejemplo, mediante ultrafiltración o electrohidrólisis. 	
Laminación y templado	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de extracción con tratamiento del aire extraído por medio de eliminadores de nieblas (separadores de gotas). 	<p>Hidrocarburos: 5 - 15 mg/Nm³.</p>
¹ Basado en mediciones aleatorias. ² Para acero inoxidable < 0,5 mg/l	

Tabla 2 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en frío.

Mejores técnicas disponibles / División de opiniones sobre las MTD	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD / División de opiniones sobre dichos niveles
Desengrase	
<ul style="list-style-type: none"> • Circuito de desengrase con limpieza y reutilización de la solución desengrasante. Medidas apropiadas para esta limpieza son los procesos mecánicos y de filtración por membrana que se describen en el capítulo 4. • Tratamiento de la solución desengrasante agotada por electrohidrólisis de la emulsión o ultrafiltración para reducir el contenido de aceite, reutilización de la fracción oleosa separada, tratamiento (neutralización, etc.) de la fracción de agua separada previamente al vertido. • Sistema para extraer los humos de desengrase y depuración. 	
Hornos de recocido	
<ul style="list-style-type: none"> • En hornos continuos, quemadores bajos en emisiones de NOx. 	NOx: 250-400 mg/Nm ³ sin precalentamiento de aire, 3% de O ₂ , potencial de reducción de NOx del 60 % (y del 87% en el caso del CO).
<ul style="list-style-type: none"> • Precalentamiento del aire de combustión por quemadores regenerativos o recuperativos, o • precalentamiento del material con los gases de escape. 	
Acabado/aceitado	
<ul style="list-style-type: none"> • Campanas de extracción seguidas por eliminadores de nieblas o precipitadores electrostáticos, o • aceitado electrostático. 	
Nivelación y soldadura	
<ul style="list-style-type: none"> • Campanas de extracción con eliminación de polvo por medio de filtros textiles. 	División de opiniones sobre el nivel de polvo: < 5 mg/Nm ³ < 20 mg/Nm ³
Refrigeración (máquinas, etc.)	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de agua refrigerante independientes en circuitos cerrados. 	
Talleres de laminación	
Véanse las MTD indicadas para el proceso de laminación en caliente.	
Subproductos metálicos	
<ul style="list-style-type: none"> • Recogida de la chatarra de corte, cabezas y colas, y recirculación en el proceso metalúrgico. 	

Tabla 2 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de laminación en frío.

Trefilado

El trefilado es un proceso por el que se reduce el tamaño de barras o hilos metálicos estirándolos a través de agujeros cónicos cada vez más pequeños, llamados troqueles. El material alimentado suele ser hilo de máquina de 5,5 a 16 mm de diámetro, obtenido de los trenes de laminación en caliente en forma de bobinas. Las trefilerías típicas constan de los siguientes procesos:

- Pretratamiento del hilo de máquina (descascarillado mecánico, decapado).
- Estirado en seco o con lubricante líquido (suelen ser varias pasadas con troqueles cada vez más pequeños).

- Tratamiento térmico (recocido continuo/discontinuo, patentado, templado en aceite).
- Acabado.

La Unión Europea es la mayor industria mundial de trefilado, seguida de Japón y Norteamérica. Produce alrededor de seis millones de toneladas de alambre al año. Si se incluyen los diversos productos de hilo metálico (como alambre de espino, parrillas, cercas, mallas, clavos, etc.), la producción del sector alcanza más de siete millones de toneladas anuales. La industria europea de trefilado se caracteriza por que está constituida por un gran número de medianas empresas especializadas. Sin embargo, la mayor parte de la producción del sector corresponde a un número reducido de grandes productores. Se calcula que el 70% de la producción total está copado por el 5% de las empresas (y el 90% por el 25% de las empresas).

Durante los diez últimos años, las empresas independientes de trefilería se han ido integrando cada vez más. El 6% de las trefilerías europeas son productores integrados que representan el 75% de la producción total de alambre de acero [C.E.T].

El mayor productor de alambre de acero es Alemania, con el 32% (1,09 millones de toneladas) de la producción europea, seguido de Italia con el 22% (1,2 millones) y del Reino Unido, el Benelux (principalmente Bélgica), Francia y España.

Los principales problemas medioambientales del trefilado son las emisiones atmosféricas del proceso de decapado, los residuos ácidos (sólidos y líquidos), las emisiones fugitivas de polvo jabonoso (estirado en seco), el lubricante agotado y los efluentes (estirado por vía húmeda), los gases de combustión de los hornos y las emisiones atmosféricas y residuos plomosos de los baños de plomo.

En el caso de las emisiones atmosféricas del decapado, se han registrado concentraciones de HCl de 0 a 30 mg/Nm³. En el recocido continuo y en el patentado se utilizan baños de plomo que generan residuos plomosos (1-15 kg/Tm y 1-10 kg/Tm respectivamente). El patentado genera emisiones atmosféricas de 0,02 a 1 mg de plomo por Nm³ y el agua de templado contiene concentraciones de 2 a 20 mg de plomo por litro.

Para más detalles y datos de emisiones y consumos de otras fases del proceso de trefilado, véase el capítulo A.3, donde los datos disponibles se acompañan de información calificativa.

En la tabla 3 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico.

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Decapado discontinuo	

<ul style="list-style-type: none"> • Estrecho control de los parámetros del baño: temperatura y concentración. • Funcionamiento dentro de los límites establecidos en el capítulo D.6.1 “Baño de decapado abierto”. • Para baños de decapado con elevadas emisiones de vapores, por ejemplo, baño de HCl calentado o concentrado: instalación de extracción lateral y posiblemente tratamiento del aire extraído, tanto en instalaciones nuevas como antiguas. 	HCl: 2 - 30 mg/Nm ³ .
Decapado	
<ul style="list-style-type: none"> • Decapado en cascada (capacidad >15.000 toneladas de hilo de máquina al año), o • recuperación de la fracción de ácidos libres y reutilización en la planta de decapado. • Regeneración externa del ácido agotado. • Reciclado del ácido agotado como materia prima secundaria. • Descascarillado sin ácido, por ejemplo, por granallado, si los requisitos de calidad lo permiten. • Lavado en cascada a contracorriente. 	
Estirado en seco	
<ul style="list-style-type: none"> • Cerramiento de la máquina de trefilado (y conexión a un filtro o dispositivo similar en caso necesario), en todas las máquinas nuevas con una velocidad de estirado ≥ 4 m/s. 	
Estirado con lubricante líquido	
<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y reutilización del lubricante de estirado. • Tratamiento del lubricante agotado para reducir el contenido de aceite de los vertidos o reducir el volumen de residuos, por ejemplo, por disgregación química, electrohidrólisis de la emulsión o ultrafiltración. • Tratamiento de la fracción de aguas residuales. 	
Estirado en seco y con lubricante líquido	
<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos cerrados de agua refrigerante. • Abstenerse de utilizar sistemas de refrigeración sin recirculación. 	
Hornos de recocido discontinuos, hornos de recocido continuos para acero inoxidable y hornos utilizados para el templado	
<ul style="list-style-type: none"> • Incineración del gas protector purgado. 	
Recocido continuo del hilo metálico bajo en carbono y patentado	
<ul style="list-style-type: none"> • Buenas prácticas de orden y limpieza, como las descritas en el capítulo A.4.3.7 para el baño de plomo. • Almacenamiento independiente de los residuos plomosos, protegidos del viento y de la lluvia. • Reciclado de los residuos plomosos en la industria metalúrgica no férrea. • Baño de templado en circuito cerrado. 	Pb < 5 mg/Nm ³ , CO < 100 mg/Nm ³ TOC < 50 mg/Nm ³ .
Líneas de templado en aceite	
<ul style="list-style-type: none"> • Evacuación de la niebla de aceite de los baños de templado y eliminación de las nieblas de aceite, si es el caso. 	

Tabla 3: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de trefilado.

Parte B: Galvanización continua en caliente

En este proceso, se pasa continuamente chapa o alambre de acero a través de un baño de metal fundido. Entre ambos metales tiene lugar una reacción de aleación que produce una perfecta unión entre el recubrimiento y el sustrato.

Metales adecuados para este proceso son aquellos cuyo punto de fusión es lo suficientemente bajo como para evitar alteraciones térmicas en el producto de acero: por ejemplo, el aluminio, el plomo, el estaño y el zinc.

En 1997, la producción de las líneas continuas de galvanización en caliente existentes en la UE ascendió a 15 millones de toneladas. La inmensa mayoría de los recubrimientos que se aplican con este proceso son los zincados, con una presencia testimonial de los aluminizados y, en especial, los emplomados.

Acero galvanizado	81%
Acero galvanizado y recocido	4%
Galfán	4%
Acero aluminizado	5%
Aluzincado	5%
Ternex (emplomado)	1%

En general, las **líneas de galvanización continua para chapa** constan de las siguientes fases:

- Limpieza superficial por tratamiento químico o térmico.
- Tratamiento térmico.
- Inmersión en un baño de metal fundido.
- Tratamiento de acabado.

Y las **plantas de galvanización continua de alambre** constan de las siguientes fases:

- Decapado.
- Aplicación de fundente.
- Galvanizado.
- Acabado.

Los principales problemas medioambientales que afectan a este subsector son las emisiones atmosféricas ácidas, los residuos y las aguas residuales; las emisiones atmosféricas y el consumo de energía de los hornos, los residuos zincosos y las aguas residuales aceitosas y cromosas.

Para más detalles y datos de emisiones y consumos, véase el capítulo B.3, donde los datos disponibles se acompañan de información calificativa.

En la tabla 4 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico.

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Decapado	
<ul style="list-style-type: none"> • Véase el capítulo sobre MTD de la parte A (laminación en frío). 	
Desengrase	
<ul style="list-style-type: none"> • Desengrase en cascada. • Limpieza y recirculación de la solución desengrasante; los métodos de limpieza adecuados son los que utilizan medios mecánicos y el filtrado por membranas, como se describe en el capítulo A.4. • Tratamiento de la solución desengrasante usada por electrohidrólisis de la emulsión o ultrafiltración para reducir el contenido de aceite; reutilización de la fracción de aceite, por ejemplo, térmicamente; tratamiento (neutralización, etc.) de la fracción de agua. • Tanques cubiertos con sistema de extracción y limpieza del aire extraído mediante un depurador o eliminador de nieblas. • Empleo de rodillos escurridores para reducir el arrastre. 	
Hornos de termotratamiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Quemadores bajos en emisiones de NOx. • Precalentamiento de aire por medio de quemadores regenerativos o recuperativos • Precalentamiento de la banda. • Producción de vapor para recuperar calor de los gases de escape. 	NOx: 250-400 mg/Nm ³ (3% de O ₂) sin precalentamiento de aire. CO: 100-200 mg/Nm ³ .
Inmersión en caliente	
<ul style="list-style-type: none"> • Recogida selectiva y reciclado de los residuos zincosos, de las matas o del zinc duro en la industria metalúrgica no férrea. 	
Galvanizado y recocido	
<ul style="list-style-type: none"> • Quemadores bajos en emisiones de NOx. • Quemadores regenerativos o recuperativos. 	NOx: 250-400 mg/Nm ³ (3% de O ₂) sin precalentamiento de aire.
Aceitado	
<ul style="list-style-type: none"> • Cubrimiento de la máquina aceitadora de bandas, o • aceitado electrostático. 	
Fosfatación y pasivación/cromado	
<ul style="list-style-type: none"> • Baños de proceso cubiertos. • Limpieza y reutilización de la solución de fosfatado. • Limpieza y reutilización de la solución de pasivación. • Empleo de rodillos escurridores. • Recogida de la solución de templado o “skinpass” y tratamiento en la depuradora de aguas residuales. 	
Refrigeración (máquinas, etc.)	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de agua refrigerante independientes en circuito cerrado. 	
Aguas residuales	

<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de las aguas residuales mediante una combinación de sedimentación, filtración y flotación, precipitación o floculación. Técnicas descritas en el capítulo 4 o combinaciones igualmente eficientes de medidas de tratamiento individuales (también descritas en la parte D). • En las depuradoras continuas de tratamiento de aguas residuales ya existente que sólo alcancen Zn < 4 mg/l, cambiar al tratamiento discontinuo. 	SS: < 20 mg/l Fe: < 10 mg/l Zn: < 2 mg/l Ni: < 0,2 mg/l Cr _{tot} : < 0,2 mg/l Pb: < 0,5 mg/l Sn: < 2 mg/l
---	--

Tabla 4: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de galvanización continua en caliente.

Aluminizado de chapa

Prácticamente se aplican las mismas MTD que en la galvanización en caliente, pero no hace falta depuradora de aguas residuales porque sólo se vierten las aguas utilizadas en la refrigeración.

MTD para el caldeo:

Incineración de los gases. Sistema de control de la combustión.

Emplomado de chapa

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Decapado	
<ul style="list-style-type: none"> • Tanques cerrados con ventilación a un depurador de proceso húmedo, tratamiento de las aguas residuales de este depurador y del tanque de decapado. 	HCl < 30 mg/Nm ³ ⁽¹⁾
Niquelado	
<ul style="list-style-type: none"> • Proceso cerrado, con ventilación a un depurador de proceso húmedo. 	
Inmersión en caliente	
<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de labios para controlar el espesor del recubrimiento. 	
Pasivación	
<ul style="list-style-type: none"> • Un sistema sin lavado y, por lo tanto, sin aguas de lavado. 	
Aceitado	
<ul style="list-style-type: none"> • Máquina aceitadora electrostática. 	
Aguas residuales	
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de las aguas residuales por neutralización con una solución de hidróxido de sodio, floculación o precipitación.. • Deshidratación de la torta de filtración y depósito en vertedero. 	
¹ Valores medios diarios, condiciones estándar de 273°K, 101,3 Pa y gas seco.	

Tabla 5: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de emplomado continuo de chapa.

Galvanización de alambre

En la tabla 6 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y

tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico.

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Decapado	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo cerrado o provisto de campanas de extracción y sistema de depuración del aire extraído. • Decapado en cascada en las nuevas instalaciones de capacidad superior a 15.000 toneladas anuales por línea. • Recuperación de la fracción de ácidos libres. • Regeneración externa del ácido usado en todas las instalaciones. • Reutilización del ácido usado como materia prima secundaria. 	HCl: 2 - 30 mg/Nm ³ .
Consumo de agua	
<ul style="list-style-type: none"> • Lavado en cascada, posiblemente en combinación con otros métodos para minimizar el consumo de agua, en todas las instalaciones nuevas y en todas las de gran capacidad (más de 15.000 toneladas anuales). 	
Aguas residuales	
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas residuales por tratamiento físico-químico (neutralización, floculación, etc.). 	SS: < 20 mg/l Fe: < 10 mg/l Zn: < 2 mg/l Ni: < 0.2 mg/l Cr _{tot} : < 0.2 mg/l Pb: < 0.5 mg/l Sn: < 2 mg/l
Aplicación de fundente	
<ul style="list-style-type: none"> • Buenas prácticas de orden y limpieza, siendo especialmente importante reducir el arrastre de hierro y el mantenimiento del baño. • Regeneración de los baños de fundente in situ (eliminación del hierro por corrientes intermedias). • Reutilización externa de la solución fundente usada. 	
Inmersión en caliente	
<ul style="list-style-type: none"> • Buenas prácticas de orden y limpieza, como se describe en el capítulo B.4. 	Polvo < 10 mg/Nm ³ Zinc < 5 mg/Nm ³
Residuos zincosos	
<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento por separado y protección de la lluvia y el viento, y reutilización en la industria metalúrgica no férrea. 	
Agua refrigerante (después del baño de zinc)	
<ul style="list-style-type: none"> • Circuito cerrado o reutilización de este agua relativamente pura como agua de reposición para otras aplicaciones. 	

Tabla 6: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de galvanización de alambre.

Parte C: Galvanización discontinua

La galvanización en caliente es un proceso por el que se recubren las piezas de hierro y acero con zinc para protegerlas contra la corrosión. Las instalaciones de galvanización discontinua en caliente se dedican sobre todo a la galvanización general o galvanización por lotes, es decir, al tratamiento de artículos diversos para distintos clientes. Los lotes pueden ser muy distintos entre sí, tanto por la cantidad como por el tamaño y naturaleza de las piezas. La galvanización de tubos y tuberías en instalaciones especiales, automáticas o semiautomáticas, no suele considerarse galvanización general.

Los artículos que se tratan en las instalaciones discontinuas de galvanización son piezas de acero, como clavos, tornillos y otras piezas pequeñas, rejas de celosía, piezas de construcción, componentes estructurales, postes de luz y muchas más. En algunos casos, también se tratan tubos en las instalaciones discontinuas convencionales. El acero galvanizado se utiliza en la construcción, el transporte, la agricultura, la transmisión de energía y en cualquier aplicación en la que es imprescindible contar con materiales duraderos y protegidos contra la corrosión.

Este sector trabaja con plazos de entrega cortos y carteras de pedido reducidas, con el fin de prestar un mejor servicio al cliente. Las cuestiones relacionadas con la distribución son importante, por lo que las instalaciones se sitúan próximas a las concentraciones de mercados. En consecuencia, existe un número relativamente grande de instalaciones (alrededor de 600 en toda Europa) que dan servicio a mercados regionales para reducir al mínimo los costes de distribución y aumentar la eficiencia económica. Sólo algunas empresas situadas en nichos de mercado están dispuestas a transportar ciertos tipos de piezas a mayores distancias, a fin de aprovechar capacidades de producción o conocimientos técnicos especiales. Las oportunidades para estos operadores especializados son limitadas.

En 1997, la producción de acero galvanizado ascendió a 5 millones de toneladas. La mayor parte correspondía a Alemania con 1,4 millones de toneladas y 185 fábricas. El segundo país productor era Italia, con 0,8 millones de toneladas y 74 fábricas, seguido del Reino Unido e Irlanda con 0,7 millones de toneladas y 88 fábricas, y Francia con 0,7 millones de toneladas y 69 fábricas.

El proceso de galvanización discontinua suele constar de las siguientes fases:

- Desengrase.
- Decapado.
- Aplicación de fundente.
- Galvanizado (recubrimiento con metal fundido).
- Acabado.

Las instalaciones de galvanizado comprenden una serie de baños de tratamiento o de proceso. El acero se traslada entre los tanques y se sumerge en los baños por medio de puentes-grúa.

Los principales problemas medioambientales de la galvanización discontinua son las emisiones atmosféricas (el HCl del decapado y el polvo y compuestos gaseosos de la caldera), las soluciones de proceso usadas (soluciones desengrasantes, baños de decapado y baños de fundente), residuos aceitosos (por ejemplo, los generados por la limpieza de los baños desengrasantes) y los residuos zincosos (polvo filtrado, ceniza de zinc, zinc duro).

Para más detalles y datos de emisiones y consumos, véase el capítulo 2.3, donde los datos disponibles se acompañan de información calificativa.

En la tabla 7 se resumen las principales conclusiones relativas a las MTD para cada una de las fases del proceso y los diferentes problemas medioambientales que éstas generan. Todas las cifras de emisiones se expresan en promedios diarios. Las emisiones atmosféricas se basan en condiciones estándar de 273°K, 101,3 kPa y gas seco. Los vertidos de aguas residuales se

expresan en forma de promedio diario de una muestra compuesta relacionada con el caudal y tomada a lo largo de 24 horas o tomada a lo largo del período de servicio real (en fábricas que no trabajan a tres turnos).

Tanto las mejores técnicas disponibles como los niveles de emisión y consumo asociados que se presentan en la tabla se establecieron por acuerdo unánime del grupo de trabajo técnico.

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Desengrase	
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de una fase de desengrase, a menos que las piezas estén totalmente exentas de grasa. • Óptima gestión del baño para aumentar la eficiencia, por ejemplo, por agitación. • Limpieza de las soluciones de desengrase para prolongar su duración (mediante despumado, centrifugado, etc.) y recirculación, reutilización de los lodos aceitosos o • “desengrase biológico” con limpieza in situ (eliminación de la grasa y el aceite que contiene la solución desengrasante) por medio de bacterias. 	
Decapado + disolución	
<ul style="list-style-type: none"> • Separación de ambas fases a menos que se disponga de un proceso posterior para la valorización de los licores “mixtos”, ya sea en la propia fábrica o a través de un contratista externo especializado. • Reutilización del licor de disolución usado (externa o interna, por ejemplo, para recuperar agente fundente). <p>En el caso de que ambas fases estén combinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valorización de los licores “mixtos”, por ejemplo, para producir fundente; recuperación del ácido para reutilizarlo en la industria de galvanización o para otros productos químicos inorgánicos. 	
Decapado con HCl	
<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una estrecha vigilancia de los parámetros de los baños: temperatura y concentración. • Mantener el proceso dentro de los límites indicados en el capítulo D.6.1 “Baño de decapado abierto”. • Si se utilizan baños de HCl calentados o con mayor concentración: instalar un sistema de extracción y tratar el aire extraído (por ejemplo, con un sistema de depuración). • Prestar especial atención al efecto de decapado del baño y utilizar inhibidores para evitar que sea excesivo. • Recuperación de la fracción de ácidos libres del licor de decapado usado o regeneración externa de éste. • Eliminar el zinc que contiene el ácido. • Utilizar el licor de decapado usado para la producción de fundente. • No utilizar el licor de decapado usado en la fase de neutralización. • No utilizar el licor de decapado usado en la fase de electrohidrólisis de la emulsión. 	<p>HCl: 2-30 mg/Nm³</p>

Lavado	
<ul style="list-style-type: none"> • Buen drenaje entre tranques de pretratamiento. • Lavado posterior al desengrase y al decapado. • Lavado estático o en cascada. • Reutilización del agua de lavado para rellenar los baños de proceso precedentes. Funcionamiento sin producción de aguas residuales (en el caso excepcional de que se produzcan aguas residuales, será necesario aplicarles un tratamiento). 	

Tabla 7: Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de galvanización discontinua.

Mejores técnicas disponibles	Niveles de emisión y consumo asociados a las MTD
Aplicación de fundente	
<ul style="list-style-type: none"> • También es importante controlar los parámetros del baño y optimizar la cantidad de fundente utilizada para reducir las emisiones en las fases finales del proceso. • En los baños de fundente: regeneración interna y externa del baño. 	
Inmersión en caliente	
<ul style="list-style-type: none"> • Captura de las emisiones de la fase de inmersión mediante el cierre de la caldera o extracción labial y eliminación de polvo mediante filtros textiles o depuradores de proceso húmedo. • Reutilización interna o externa del polvo, por ejemplo, para la producción de fundente. El sistema de recuperación deberá evitar que el reciclado del polvo provoque la acumulación de dioxinas, que pueden estar ocasionalmente presentes en bajas concentraciones por trastornos en la instalación. 	Polvo < 5 mg/Nm ³
Residuos zincosos	
<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento independiente y protección de la lluvia y el viento, y reutilización de las sustancias de valor en la industria no férrea o en otros sectores. 	

Tabla 7 (cont.): Principales conclusiones relativas a las MTD y niveles de emisión y consumo asociados en los procesos de galvanización discontinua.