

## Guías Tecnológicas

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

Epígrafe **2.3.C**  
Sector de Galvanización



**Fundación Entorno**  
Empresa y Medio Ambiente

Ministerio de Industria  
y Energía

  
**Miner**

## ★ 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objeto del documento

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

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

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

### 1.2 Metodología de trabajo

En colaboración con las diferentes asociaciones empresariales y demás entidades con competencias en cada sector, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración del estudio:

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

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

**Fase III: Trabajo de campo.** Las jornadas de trabajo y el compromiso adquirido por las organizaciones empresariales, nos ayudaron a contactar con empresas representativas de cada sector para la realización de visitas en las que, con la ayuda de un cuestionario, se recopilaban una serie de datos que pudieron ser comprobados in situ por nuestros asesores. La amplitud y relevancia del estudio requirió que la muestra de empresas a visitar pudiera ser extrapolable a la globalidad del sector, por lo que se diseñaron los siguientes criterios de selección:

Nº CENTROS	TIPO DE PRODUCTO				
	GENERAL	TUBOS	CHAPA	ACCESORIOS	TREFILADO
VISITADOS	8	-	-	-	1
AFECTADOS	32	3	2	1	6

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

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

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

### 1.3 Estructura de la Guía

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

### 1.4 Entidades participantes

Las entidades que han colaborado en la realización de este estudio han sido la Asociación Técnica Española de Galvanización (ATEG), Asociación de Trefiladores de Acero (ATA) y empresas del sector.

## ★ 2. LA INDUSTRIA DEL SECTOR DE GALVANIZACIÓN EN ESPAÑA

### 2.1 Panorama general del sector

Las instalaciones de galvanización en caliente existentes, se configuran como un conjunto bastante heterogéneo en el que se reflejan muy diversas situaciones. El tejido industrial está formado prácticamente en su totalidad por pequeñas y medianas empresas, aunque las grandes instalaciones siderúrgicas poseen también colas de galvanización.

Dentro de este sector podemos distinguir entre galvanización de piezas, chapas, tubos, accesorios de tubería y alambre. La primera de ellas engloba a la mayoría de las empresas.

Según datos facilitados por ATEG, la producción en el año 1998 de acero galvanizado rondó las 375.000 T y empleó a más de 1.300 trabajadores, consiguiendo una facturación de entre 12.000 y 14.000 MPts.

Las piezas galvanizadas se destinan principalmente al equipamiento de carreteras, la industria eléctrica y de la construcción, tal y como queda reflejado en la siguiente tabla:

PRINCIPALES SECTORES QUE DEMANDAN PIEZAS GALVANIZADAS	
Materiales para carretera y mobiliario urbano	25%
Producción y distribución de electricidad	25%
Industria de la construcción	15%
Agricultura y ganadería	10%
Equipos industriales	10%
Transporte	8%
Otros	7%

## 2.2 Actividades e instalaciones afectadas por la Directiva 96/61

El epígrafe 2.3.c: "aplicación de capas de protección de metal fundido con una capacidad de tratamiento de más de 2 T/h de acero bruto", hace referencia a las instalaciones clasificadas según los siguientes códigos CNAE:

- 2851 Tratamiento y revestimiento de metales
- 2721 Fabricación de tubos de hierro
- 2722 Fabricación de tubos de acero

Según datos facilitados por ATEG y ATA, son 44 los centros productivos potencialmente afectados por la Directiva 96/61. La distribución sectorial y geográfica de estas instalaciones es la que sigue:

LOCALIZACIÓN	Nº DE CENTROS AFECTADOS					Total
	Piezas	Chapa	Tubos	Accesorios Tubería	Trefilado	
ANDALUCÍA	4	-	-	-	-	4
ARAGÓN	1	-	-	-	-	1
CANTABRIA	-	-	-	-	1	1
CASTILLA - LA MANCHA	1	-	-	-	-	1
CASTILLA Y LEÓN	3	-	-	-	1	4
CATALUÑA	4	-	-	-	2	6
C. VALENCIA	3	-	-	-	-	3
GALICIA	2	-	-	-	-	2
LA RIOJA	-	-	-	-	1	1
MADRID	5	-	1	-	-	6
MURCIA	1	-	-	-	-	1
NAVARRA	1	1	-	-	-	2
PAÍS VASCO	5	1	1	1	-	8
PRINCIPADO DE ASTURIAS	2	-	1	-	1	4
TOTAL	32	2	3	1	6	44



### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

La galvanización es uno de los métodos que se utilizan para mejorar la resistencia del acero a la corrosión (y de las aleaciones de hierro) mediante un pequeño recubrimiento sobre la superficie. Este tipo de solución es efectiva en un amplio rango de ambientes corrosivos.

Se utiliza casi exclusivamente para describir la formación de un recubrimiento de cinc sobre piezas de acero o hierro, sumergiéndolas en un baño de cinc fundido, garantizando una protección a largo plazo, con necesidades muy reducidas de mantenimiento.

#### 3.1 Diagrama de proceso

En la galvanización por inmersión en caliente, las piezas a tratar se sumergen en un baño de cinc fundido. El cinc reacciona con el hierro o el acero para formar una serie de capas de aleación sobre la superficie. Para que una pieza esté correctamente galvanizada, es necesario que la superficie del hierro o acero se limpie a fondo, de tal forma que el hierro pueda reaccionar con el cinc fundido. Por este motivo, las piezas que han de ser galvanizadas son sometidas a una serie de pretratamientos que por lo general consisten en:

##### Desengrase

Es necesario eliminar los aceites y grasas de la superficie de la pieza, introduciéndola en baños desengrasantes que contienen agentes tensoactivos, cuya efectividad depende de la concentración del desengrasante, la temperatura del baño y la duración del tratamiento.

Es recomendable realizar un lavado de las piezas antes de que pasen al decapado, ya que éstas pueden arrastrar componentes del baño de desengrase que, al incorporarse al baño de decapado, alargarían el tiempo de permanencia de las piezas en este último baño.

Normalmente el desengrase es alcalino, pero puede tener carácter ácido o realizarse conjuntamente con el decapado en un mismo baño (desengrase decapante). Esta última modalidad no es recomendable ya que aumenta la carga orgánica del baño dificultando su valorización cuando está agotado.

##### Decapado

Esta etapa tiene la finalidad de eliminar la capa metálica externa de la pieza (óxido de hierro o recubrimiento de zinc en piezas mal galvanizadas). Fundamentalmente se utilizan como ácidos de decapado el clorhídrico y, en menor proporción, el sulfúrico. La velocidad de decapado depende de la concentración de ácido y la temperatura siendo normalmente la concentración de un 14-16% en peso y la temperatura ambiente para el clorhídrico, y de 10-14% y 60-80 °C para el sulfúrico.

La actividad del baño de decapado va disminuyendo al aumentar la concentración de cloruro metálico y por evaporación y arrastre del agua, por lo que son necesarias adiciones periódicas de ácido y agua. El baño estará agotado cuando se alcanza el límite de solubilidad del cloruro metálico, siendo necesaria su renovación.

Suelen añadirse inhibidores (hexametilentetramina) para que, una vez eliminado el metal (óxido y cascarilla), no se produzca el ataque del ácido a la superficie (sobredacapado) y así evitar un consumo excesivo de ácido. El empleo de estos productos suele dificultar la valorización de los baños de decapado agotados.

Tras el decapado, es necesario realizar un lavado para evitar que las piezas arrastren ácido y sales metálicas a etapas posteriores. El arrastre de hierro es el responsable de la formación de matas de zinc en el baño de galvanización. Estos baños de lavado pueden utilizarse para la preparación de nuevos baños de decapado o de desengrase.

### **Mordentado**

El mordentado es necesario para disolver y absorber las impurezas que queden sobre la superficie metálica. Normalmente suelen utilizarse mordientes a base de cloruro de zinc y cloruro de amonio en proporciones 60:40, siendo el contenido en sales del baño de 400 g/l. En algunos casos es recomendable utilizar cloruro potásico ya que la presencia del cloruro de amonio provoca la formación de humos al sumergir las piezas en el baño de zinc.

El baño debe mantenerse dentro de un rango de temperatura (25-70 °C) y el pH debe ajustarse en torno a 4-5 para que los iones hierro arrastrados de etapas anteriores precipiten como hidróxido al tiempo que se conserva el poder decapante del baño. De esta forma se evita la formación de matas de zinc en la galvanización.

### **Secado**

El secado de las piezas tras el mordentado minimiza las salpicaduras de zinc por evaporación del agua adherida a las piezas al ser sumergidas en el baño de zinc fundido. En este caso, es posible el aprovechamiento del calor que se pierde en la calefacción del baño de zinc para calentar las piezas.

### **Galvanización**

Un pretratamiento adecuado hace que el zinc fundido reaccione químicamente con la superficie de acero de una pieza sumergida produciendo capas de Zn-Fe. La temperatura normal de galvanización es de 440-460 °C siendo el tiempo de reacción de 1-2 minutos. La velocidad de reacción al comienzo es muy alta, por lo que la inmersión debe ser lo más rápida posible con el objeto de exponer al mismo tiempo toda la pieza y conseguir un espesor uniforme evitando las salpicaduras. Por el contrario, la velocidad de extracción debe ser lenta, de lo contrario pueden producirse grumos y gotas en el recubrimiento.

Antes de la inmersión, así como después de la extracción, es necesario eliminar con rasquetas la capa de óxido de zinc que se forma sobre la superficie del baño (cenizas) para evitar su deposición en las piezas.

### **Centrifugado**

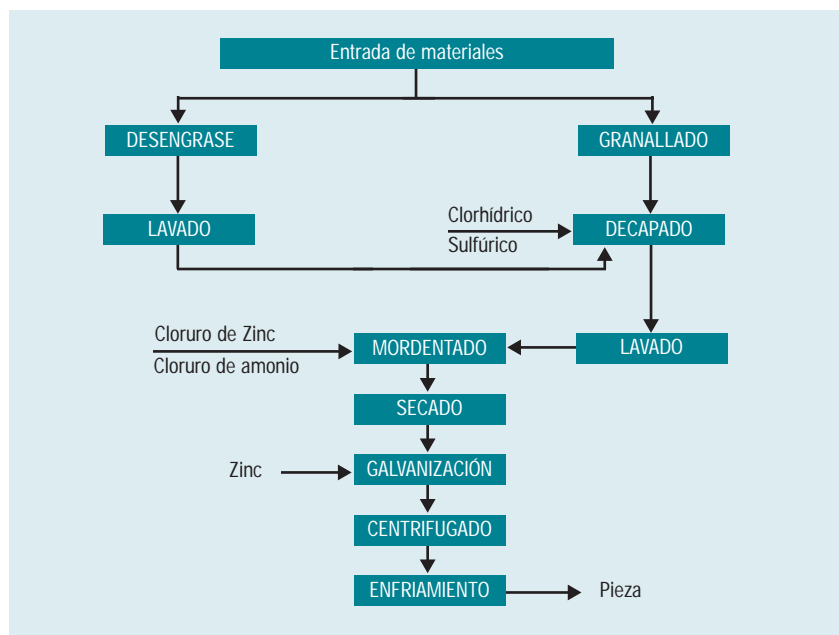
Para eliminar el zinc sobrante tras la galvanización, las piezas pequeñas se sacuden o centrifugan, mientras que las grandes las extraen mediante rascadores o por vibración.

### Enfriamiento

Las piezas deben dejarse enfriar al aire o ser enfriadas en un baño de agua (proceso húmedo). Este último método se utiliza para un enfriamiento rápido que evite que las capas Zn-Fe sigan creciendo en piezas que conserven el calor.

Estos baños de enfriamiento pueden utilizarse para preparar nuevos baños de decapado o desengrase, o para compensar las pérdidas por evaporación y arrastre.

A continuación se recoge el diagrama de proceso general:



### 3.2 Problemática medioambiental

En este apartado se expone para cada etapa, la principal problemática medioambiental destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTD's y que serán tratadas en capítulos posteriores.

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	AFECCIÓN
DESENGRASE	C. ATMOSFÉRICA	Vapores
	C. RESIDUOS	Baños agotados, lodos de cubas
DECAPADO	C. ATMOSFÉRICA	Vapores ácidos
	C. RESIDUOS	Baños agotados, lodos de cubas
MORDENTADO	C. ATMOSFÉRICA	Vapores y humos de amonio
	C. RESIDUOS	Baños agotados, lodos de cubas
GALVANIZACIÓN	C. ATMOSFÉRICA	Gases (ClH, NH <sub>3</sub> ), humos (NH <sub>4</sub> Cl, ZnCl <sub>2</sub> ) y polvo
	C. RESIDUOS	Matas, salpicaduras y cenizas de cinc





## 4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

### 4.1 Etapa: Mordentado

Este capítulo recoge las características más relevantes de las etapas de proceso que han sido analizadas en el estudio con especial dedicación, dado su impacto ambiental y para cuya reducción se recomienda la aplicación de las MTD's.

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD
Materias primas	Pieza	N.D.
Materias secundarias	Cloruro de amonio Cloruro de zinc, Agua	Regeneración del baño cada 5-6 años

EFFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
Residuos	Baños agotados	RP	Cambio del baño cada 5-6 años	Gestor autorizado (1)	Soluciones salinas ácidas con cloruros de zinc.
	Lodos	RI ó RP	Baja	En función del carácter tóxico (2)	Hidróxido de hierro que en ocasiones supera los límites de toxicidad
C. Atmosférica	Vapores y humos	Amonio	Media	Captación y filtrado	El cloruro de amonio genera humos al introducir las piezas en el baño

(1) En posible su regeneración en la propia empresa

(2) Posibilidad de ser utilizados para saturar los baños de decapado agotados consiguiendo una solución con alta concentración de Cl<sub>2</sub>Fe con propiedades floculantes.

### 4.2 Etapa: Galvanización

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD
Materias primas	Pieza	N.D.
Materias secundarias	Zinc fundido (1)	Alta
Energía	Gas natural	3.500 Th/T

(1) La pureza no es crítica, solo se debe tener cuidado si se utiliza zinc refundido, ya que el contenido en hierro puede dar lugar a recubrimientos menos eficientes. Asimismo, la utilización de zinc de alta pureza puede acelerar el ataque a las propias paredes del baño.

EFFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
Residuos	Matas	Aleación Zn-Fe	95% en Zn	Valorización	Debido a la reacción de la pieza con el Zn
	Metales	-	-		Si piezas pequeñas caen al fondo del baño.
	Cenizas	Óxidos y clo- ruros de Zn	> 80% en Zn		Sobre la superficie del baño de zinc al contacto con el aire (óxidos) o por reacción con el mordiente (cloruros)
	Salpicaduras	Óxido de zinc, polvo y suciedad del suelo	Alto contenido en Zn (1)	Reintroducción en el baño de zinc o valorización	Por evaporación inmediata del agua adherida a la superficie
C. Atmosférica	Gases	ClH NH <sub>3</sub>	5-20% Zn 30-50% Cl 15-40% NH <sub>3</sub> <10% Al <1% Fe	Ninguna	Reacción del mordiente con el zinc.
	Humos	NH <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , ZnCl <sub>2</sub>	El contenido en polvo puede superar los 100 mg/m <sup>3</sup>		Captación, filtración y recogida del polvo (2)

(1) Depende del grado de sequedad de la pieza.

(2) Para su retirada por gestor autorizado o su adición al baño de mordentado.

## ★ 5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MTD'S

Se resumen a continuación los criterios que se han tenido en cuenta a la hora de seleccionar las técnicas disponibles para la aplicación de metal fundido y la técnicas para el control de las emisiones.

La propia Directiva establece una serie de limitaciones en cuanto al tamaño de las instalaciones afectadas, esto es, empresas de galvanización con una capacidad de tratamiento superior a 2 toneladas de acero bruto por hora.

Para este tipo de industria son de relevancia las siguientes sustancias recogidas en el anexo III de la Directiva:

- Óxidos de azufre y nitrógeno.
- Monóxido de carbono.
- Polvos conteniendo metales (procedentes de la etapa de galvanización).
- Amoníaco.
- Ácido clorhídrico.

Además, la determinación de las MTD's debe contar con los siguientes aspectos según el anexo IV de la Directiva:

- Uso de técnicas que produzcan pocos residuos.
- Uso de sustancias menos peligrosas.
- Desarrollo de técnicas de recuperación y reciclado de sustancias y residuos del proceso.
- Procesos o técnicas que hayan dado resultado a escala industrial.
- Carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate.
- Plazo que requiere la instauración de una MTD.
- Consumo y naturaleza de materias primas (incluida el agua) utilizadas en procedimientos de eficacia energética.
- Necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y de los riesgos en el medio ambiente.

## ★ 6. TÉCNICAS DISPONIBLES

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

### 6.1 Etapa: Mordentado

ASUNTO A EVALUAR		TÉNICAS DISPONIBLES		
		VÍA SECA ANTIGUA	VÍA SECA	VÍA HÚMEDA
Consumo de materiales	Materias primas	N.D.	Cl <sub>2</sub> Zn, ClNH <sub>4</sub>	
	Materias secundarias		Agua para dilución	
Consumo de energía	Térmica	-	Se calienta el baño con los gases de salida del horno de galvanización	-
Emisiones	A la atmósfera	Vapores y Humos		
Generación de residuos	Sólidos	-	Lodos de Fe(OH) <sub>3</sub>	-
	Líquidos	Baño agotado (soluciones salinas ácidas con cloruros de zinc)		
Influencia en la calidad del producto final		La elección del proceso de mordentado varía según el tipo de piezas, pero no afecta al espesor y a la protección del recubrimiento final		
Costes	Inversiones	N.D.	Cubas: 1-7 MPts	
Experiencias anteriores	Nº de aplicaciones en España	0	6	2
Conclusiones para candidatas a MTD		Proceso en desuso. Solo para decapado con ClH.	Requiere secado antes de la galvanización. Es el que menos emisiones produce.	No necesita secado. Permite mayor velocidad de extracción y por tanto mayor producción.

### 6.2 Etapa: Galvanización

ASUNTO A EVALUAR		TIPOS DE HORNOS	
		H. DEFUEL	H. DEGAS
Consumo de energía		Fuel: 10-15 Kg/T	G. natural: 350-850 Th/T
Emisiones	A la atmósfera	Partículas, CO <sub>2</sub> , NOx, SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , NOx, partículas
Influencia en la calidad del producto final		No afecta	
Costes	Inversiones	N.D.	30-40 MPts
Experiencias anteriores	Nº de aplicaciones en España	1	7
Conclusiones para candidatas a MTD		Mayor consumo energético. Mayor generación de contaminantes. Necesidad de almacenar el fuel.	Menor consumo energético. Minimización de la contaminación atmosférica.

## ★ 7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES

### 7.1 Tipo de contaminación: Baño de mordentado agotado

En este capítulo se presenta la evaluación técnico-económica de las técnicas disponibles para controlar los efectos medioambientales con relevancia a la hora de definir las MTD's.

La acumulación de sales de hierro (10 g/l aprox.), hace necesaria la reposición periódica, con la consiguiente generación de residuos líquidos peligrosos constituidos por los baños agotados. Sin embargo, esto puede evitarse mediante la instalación de un sistema automatizado de regeneración en continuo que describimos a continuación.

Para regenerar el baño de mordentado, se añade amoníaco al 25% (0,6 Kg/T galvanizada) a la solución mordiente ajustando el pH entre 3 y 5. A continuación se precipita el  $Fe^{+2}$  como  $Fe(OH)_3$  mediante la adición de agua oxigenada (0,4 Kg/T galvanizada). La solución es bombeada a un decantador donde, una vez depositado el lodo, se devuelve por bombeo la solución mordiente clarificada al baño y se deshidratan los lodos con un filtro prensa. Generalmente, la solución extraída en el filtro también se devuelve al baño de mordentado y los lodos deshidratados son entregados a un gestor autorizado dependiendo de si su contenido en metales supera o no los límites para considerarlo inerte (aprox. 0,3 Kg Fe (OH)<sub>3</sub> por tonelada galvanizada).

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE	
			INVERSIÓN (Mpts)	OPERACIÓN (Pts/año)
Regeneración en continuo	Mordentado	Sistema de bombeo Decantador Filtro prensa	8-10	300.000

OBSERVACIONES: El sistema se activa cuando el contenido en hierro supera cierta concentración. Permite eliminar la etapa de lavado previa al mordentado. Reduce la generación de matas y rechazos, lo que se traduce en un ahorro de zinc.

### 7.2 Tipo de contaminación: Humos de galvanización

Durante la inmersión, el mordiente adherido a la pieza reacciona con el zinc fundido, produciéndose una serie de emisiones en forma de gas (ClH, NH<sub>3</sub>) o de humo (NH<sub>4</sub>Cl, ZnCl<sub>2</sub>), cuya composición dependerá de la del baño de mordentado. El contenido en polvo de los humos puede llegar a superar los 100 mg/m<sup>3</sup>, por lo que se hace necesario su tratamiento.

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE	
			INVERSIÓN (Mpts)	OPERACIÓN (Pts/año)
Captación y filtrado	Galvanización	Mampara levadiza que cierra la cuba Extractor Filtro de mangas	20-25	125.000*

OBSERVACIONES: Los polvos que se recogen suelen ser retirados por un gestor autorizado que, una vez sometidos a molienda, pueden entregarse de nuevo al suministrador de mordentado. En ocasiones se introducen directamente al baño de mordentado.

La mampara permite además una mejor recogida de las salpicaduras de Zn.  
(\*) Coste debido al cambio del filtro

## ★ 8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

El objeto de este apartado es definir para las etapas de proceso más relevantes (mordentado y galvanización), las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

Además, podemos señalar una serie de recomendaciones que actualmente son utilizadas en la mayoría de las instalaciones:

- El almacenamiento correcto de las piezas y su colocación óptima de manera que no existan contactos prolongados de la superficie a tratar con el agua, evitarán que se oxiden permitiendo un decapado uniforme y rápido. En caso de que existan distintos grados de oxidación, la pieza se sobredecapará hasta que la zona más oxidada esté en condiciones para su galvanización.
- El poseer una cuba aparte para la desgalvanización de piezas facilita la revalorización del ácido gastado, ya que el baño, una vez agotado, puede ser utilizado para la regeneración del mordentado por su alto contenido en  $ZnCl_2$ , convirtiendo un residuo peligroso en una materia prima para el proceso.
- Además, al baño de decapado agotado (en caso de no contener zinc, es decir que la desgalvanización se realice en una cuba aparte) se pueden añadir los lodos procedentes de la regeneración del baño de mordentado, para que reaccionen con el ClH formando cloruro férrico que puede venderse como subproducto para ser usado como floculante. De esta forma evitaremos la formación de dos residuos peligrosos, por un lado los lodos de  $Fe(OH)_2$  y por otro el ácido gastado del decapado.
- Las aguas de lavado pueden ser utilizadas para la reposición de los baños respectivos de desengrase y decapado evitando así su vertido.
- El secado puede llevarse a cabo aprovechando el calor de salida de los gases de combustión del horno de galvanización.
- Se recomienda la utilización de gas natural como combustible en el horno de galvanización.

### 8.1 Etapa: Mordentado

PROBLEMA M.A.	MTD's	REDUCCIÓN	Límites legislados
Baños agotados	Regeneración en continuo	100%	Serían RP

OBSERVACIONES: Los lodos férricos generados podrían usarse para saturar el baño de decapado agotado, consiguiendo una solución rica en  $Cl_2Fe$  que podrá ser utilizada como subproducto por sus propiedades floculantes.

### 8.2 Etapa: Galvanización

PROBLEMA M.A.	MTD's	REDUCCIÓN	Límites legislados
Emisiones de humos y gases	Cerramiento, captación y filtrado	99% en polvo	SS:150 mg/Nm <sup>3</sup>

OBSERVACIONES: La composición del polvo recogido ( $Zn, Cl, NH_3, Al, Fe$ ) hace que, si se superan los límites, tenga que ser gestionado como RP, sin embargo, bien directamente, bien tras someterlo a molienda, puede ser reutilizado en el baño de mordentado.

## ★ 9. TÉCNICAS EMERGENTES

Se desconoce el desarrollo de técnicas piloto concretas para el sector de galvanización en caliente.



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Problemática medioambiental y carencias tecnológicas

A partir de la situación general del sector y de los efectos medioambientales ya comentados, haremos referencia a las pautas a seguir, con objeto de paliar el impacto sobre el medio ambiente.

- La etapa de desengrase, no siempre necesaria, no representa un problema medioambiental grave para el sector, no obstante citamos a continuación unas posibles pautas de actuación:
  - Minimización del arrastre de aceites y grasas al baño de desengrase.
  - Prolongación de la vida de los baños de desengrase.
  - Valoración de los lodos y concentrados que contienen aceites y grasas.
- De la etapa de decapado caben destacar las siguientes pautas de actuación:
  - El almacenamiento de las piezas previo al decapado debería evitar en la medida de lo posible la oxidación de las mismas, para minimizar el aporte de óxidos de hierro al baño y prolongar así la vida del mismo.
  - Es conveniente tener una cuba aparte para desgalvanizar piezas y utillaje siempre que sea posible. Esta práctica facilita la revalorización del baño gastado y además permite la posibilidad de utilizar el baño agotado de desgalvanización para la regeneración del baño de mordentado por su alto contenido en cloruro de cinc.
  - Optimización del escurrido de las piezas.
- Tanto los lavados tras el desengrase como tras el decapado, si se dan, es conveniente que sean estancos. Además, este agua puede ser utilizada para reponer los baños de desengrase y decapado respectivamente consiguiendo así cierto ahorro de agua en el proceso.
- En la etapa de mordentado hay que destacar la posibilidad de regenerar el baño de mordentado agotado consiguiendo así evitar la generación de un residuo peligroso. Se ha constatado que aproximadamente el 50% de las empresas del sector afectadas por la Directiva cuentan con este sistema.
- El secado previo de las piezas puede llevarse a cabo aprovechando el calor de salida de los gases de combustión del horno de galvanización. Otra posibilidad es que por sí solas se sequen al salir del baño de mordentado si éste es en caliente, pudiendo aprovecharse en este caso el calor residual de los gases de combustión para calentar el baño de mordentado.
- Finalmente, en la etapa de galvanización propiamente dicha hay que destacar los siguientes puntos:
  - Es importante que las empresas cuenten con una mampara móvil que facilite la extracción de los humos generados durante la inmersión de las piezas, a la vez que facilita la recogida y reutilización de las salpicaduras de cinc.
  - Es también necesario un sistema de captación de dichos humos y un filtrado que recoja las partículas, que de otro modo saldrían a la atmósfera junto con el resto de gases. Aproximadamente un 30% de las empresas del sector afectadas por la Directiva cuentan con un sistema como el descrito.

### 10.2 Inversiones necesarias

En la tabla adjunta se muestran los costes unitarios, el nº de empresas susceptibles de aplicarlas y, finalmente, la inversión necesaria para la implantación de las técnicas seleccionadas por el sector como MTD's.

ETAPA	Problemática medioambiental	MTD's	Coste unitario	Nº empresas	INVERSIÓN
Mordentado	Baño agotado	Regeneración en continuo	9 MPts	20	180 MPts
Galvanización	Humos y polvos	Mampara,captación y filtrado	22 MPts	28	616 MPts
				TOTAL	796 MPts

### 10.3 Actuaciones previstas

En cuanto al calendario europeo, el epígrafe 2.3.c forma parte del Grupo de Trabajo Técnico número 5 junto con el sector de laminado en caliente (epígrafe 2.3.a), el cual comenzó los trabajos para la determinación de las MTD's en 1998.



Colaboran:



Ejecución Técnica:

