



## MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE EMISIONES FUGITIVAS Y CONDUCIDAS, AL AIRE, PARA INDUSTRIAS DE COMPETENCIA ESTATAL

### DIRECTORIO

Ing. Marco A. Del Prete Tercero  
Secretario de Desarrollo Sustentable

Ing. Juan Manuel Navarrete Resendiz  
Subsecretario de Medio Ambiente

Ing. Ricardo Javier Torres Hernández  
Encargado de Despacho de la Director de Control Ambiental

Ing. Ricardo Torres Hernández  
Jefe de Departamento de Protección Ambiental

Ing. Dagoberto Ugalde Ugalde  
Jefa de Área de Protección Ambiental

## INDICE

Directorio	1
Tipo de emisiones al aire	3
Emisiones por giro industrial	5
Industria de la Agricultura, Alimentos y Bebidas	5
Calentamiento Indirecto	5
Calentamiento Directo	6
Molienda y trituración	6
Aplicación de pesticidas	7
Industria Textil	8
Hilado	9
Acabados	10
Teñido	10
Estampado	10
Apresto	11
Recubrimientos	11
Impresión e Industrias Conexas	13
Offset	13
Huecograbado	14
Flexografía	14
Tipografía	14
Serigrafía	14
Emisiones y métodos de reportes	15
Industria de Productos del Plástico y el Hule	16
Extrusión	16
Moldeo	16
Tipo de resinas plásticas	17
Aditivos	17
Emisiones y métodos de reportes	18
Industria Metal Mecánica	19
Emisiones y métodos de reportes	19
Soldadura	20
Anodizado de aluminio	23
Recubrimientos superficiales	23
Curado	24
Calderas	24
Bibliografía	25

## 1 TIPO DE EMISIONES AL AIRE

### 1.1 Gases de combustión

Son el resultado la quema de combustibles como el Gas LP, Gas Natural, Gasolina, Diesel etc. Los principales gases de combustión son:

#### 1.1.1 *Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*

Es uno de los principales Gases de Efecto Invernadero. Al rebasar una emisión de 100,000 kg/año es considerado sustancia RETC.

#### 1.1.2 *Monóxido de Carbono CO*

Es un gas precursor de ozono el cual es un Gas de Efecto Invernadero.

#### 1.1.3 *Óxidos de Nitrógeno NO<sub>x</sub>(N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)*

Los óxidos de nitrógeno, cuando son liberados al aire a causa de la combustión forman, a través de reacciones fotoquímicas, contaminantes que pueden formar el esmog fotoquímico o niebla.

#### 1.1.4 *Dióxidos de Azufre SO<sub>x</sub>(SO<sub>2</sub> SO<sub>3</sub>)*

Los óxidos de azufre forman ácido sulfúrico disuelto, responsable de la lluvia ácida, la cual es causante de acidificación de aguas dulces, acidificación de suelos, aumento de la velocidad de corrosión de metales y deterioro de materiales calizos.

### 1.2 Partículas Suspensas Totales

Las partículas en suspensión son la acumulación de diminutas piezas sólidas o líquidas en la atmósfera ambiental, se categorizan dependiendo de su tamaño, las partículas grandes se catalogan entre 2.5 y 10 micrómetros. Los contaminantes en partículas pueden ser diferentes física y químicamente y estar formados por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos perjudiciales para la salud, afectando el balance de la radiación terrestre y la visibilidad.

#### 1.2.1 PM<sub>10</sub>

Se cataloga como PM<sub>10</sub> a las partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas cuyo diámetro es menor que 10 µm. Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono.

#### 1.2.2 PM<sub>2.5</sub>

Se denomina PM<sub>2.5</sub> a partículas cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 2.5 µm. Estas son consideradas más peligrosas, ya que, al ser inhaladas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases.

### 1.3 Compuestos Orgánicos Volátiles

Los COVs son sustancias químicas orgánicas las cuales se evaporan a temperatura y presión ambiente (25°C, 1 atm) generando vapores, que pueden ser precursores del ozono en la atmósfera. Además del carbono se puede encontrar en su composición hidrógeno, flúor, oxígeno, cloro, bromo, nitrógeno o azufre.

### 1.4 Metales Pesados

Los Metales pesados tienen la tendencia a causar serios problemas ambientales como el Mercurio (Hg), el Plomo (Pb), el Cadmio (Cd) y el Talio (Tl), el Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Cromo (Cr). En ocasiones se incluye al hablar de contaminación por metales pesados a otros elementos tóxicos ligeros como el Berilio (Be) o el Aluminio (Al), o el Arsénico (As). El principal problema de los Metales Pesados es que no pueden ser degradados y tienden a bioacumularse y a biomagnificarse.

### 1.5 Sustancias RETC

Listado de 104 sustancias que por sus características de persistencia ambiental, bioacumulación y toxicidad son consideradas dañinas para la salud y el medio ambiente.

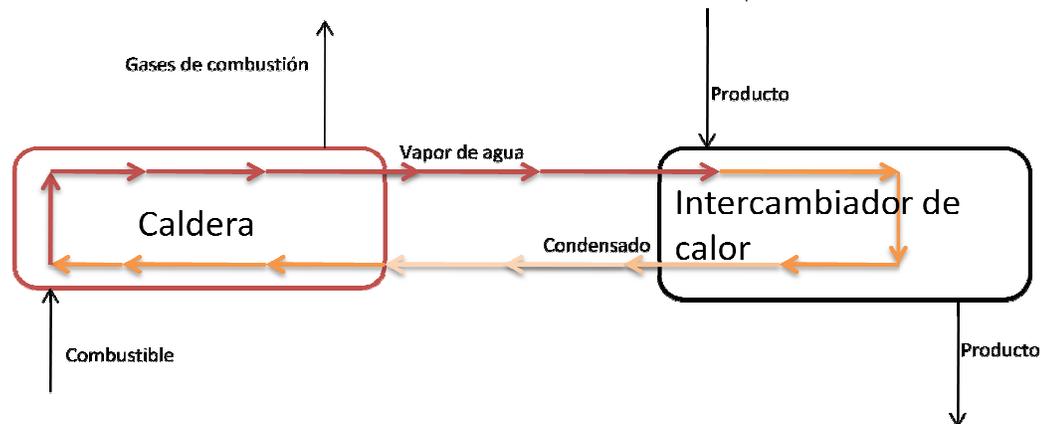
## 2 EMISIONES POR GIRO INDUSTRIAL

### 2.1 INDUSTRIA DE AGRICULTURA, ALIMENTOS Y BEBIDAS

#### 2.1.1 Calentamiento indirecto por combustión (Calderas, generadores de vapor, calentadores de aceite térmico u otro tipo de fluidos)

##### 2.1.1.1 Descripción del proceso

Aquellos procesos en que el calor generado por la quema de un combustible se transfiere a través de los gases de combustión a un medio de calentamiento, el cual no entra en contacto directo con los materiales del proceso



(Fig. 1) Diagrama de Calentamiento Indirecto

##### 2.1.1.2 Emisiones y métodos de reporte

###### Partículas

Gases de combustión generados por la quema de combustible.

- $\text{CO}_2$
- $\text{CO}$
- $\text{NO}_x$
- $\text{SO}_x$  (Excepto para gas natural)

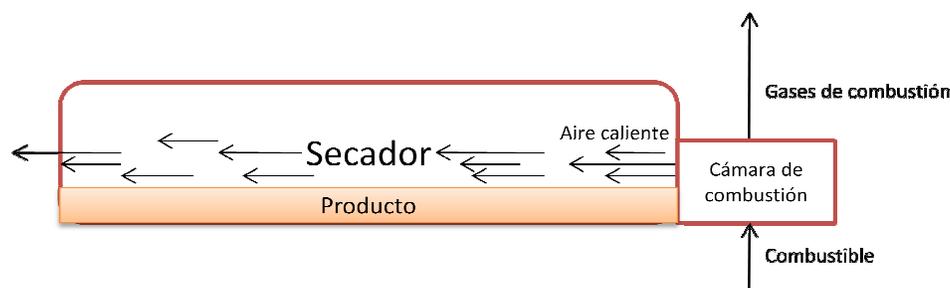
Para equipos con capacidad superior a 15 CC (0.53 GJ/hr), el método de reporte de emisiones de Partículas,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$  deberá realizarse a través de medición directa con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Para equipos con capacidad inferior a 15 CC (0.53 GJ/hr) y para emisiones de  $\text{CO}_2$  el método de reporte deberá realizarse a través de métodos de estimación como los son factores de emisión.

## 2.1.2 Calentamiento directo (Hornos, secadores)

### 2.1.2.1 Descripción del Proceso

Aquellos procesos en que el calor generado por la quema de un combustible se transfiere a un medio de calentamiento el cual está en contacto directo con los materiales del proceso.



(Fig. 2) Diagrama de Calentamiento Directo

### 2.1.2.2 Emisiones y métodos de reporte

Partículas

Gases de combustión generados por la quema de combustible.

- CO<sub>2</sub>
- CO
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>x</sub> (Excepto para gas natural)

Para procesos en los que el producto genere partículas al entrar en contacto con corrientes de aire o al ser calentado y en los que el equipo cuente con un ducto o chimenea, las emisiones de partículas deberán ser reportadas a través de la NOM-043-SEMARNAT-1993, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Para emisiones de gases de combustión generadas por la quema de combustible, el reporte deberá llevarse a cabo a través de métodos de estimación como factores de emisión.

## 2.1.3 Molienda y trituración

### 2.1.3.1 Descripción del proceso

Aquel proceso que implica solamente un cambio físico en la materia para llevar a cabo la reducción del volumen promedio de las partículas de una muestra sólida, mediante la pulverización y/o desintegración del material.

### 2.1.3.2 Emisiones y métodos de reporte

Para la estimación de emisiones de molienda y trituración se deberán utilizar estudios de emisión de partículas, dependiendo de si las emisiones son conducidas o fugitivas se apegará a la normatividad ambiental correspondiente:

Emisiones fugitivas: NOM-035-SEMARNAT-1993

Emisiones conducidas: NOM-043-SEMARNAT-1993

Para obtener las emisiones totales de las emisiones conducidas, solo es necesario conocer el número total de horas que el equipo estuvo funcionando durante el año de reporte y multiplicarlo por los resultados promedio obtenidos en los estudios de la NOM-043-SEMARNAT-1993 que se hayan realizado durante el período de reporte, usando la siguiente ecuación:

$$E = DA \times FE$$

Donde E: Emisión

DA: Datos de Actividad.- Es decir, las horas de operación del equipo durante el período de reporte.

FE: Factor de Emisión: Es decir, el promedio horario de las emisiones medidas en los estudios realizados con base en la NOM-043-SEMARNAT-1993 durante el período de reporte.

Para el caso de emisiones fugitivas, éstas deberán estimarse a través de un balance de materia o utilizando un factor de emisión, en donde DA (datos de actividad) corresponderá a la masa total de la materia prima procesada.

## 2.2 Aplicación de Pesticidas

### 2.2.1 Descripción del proceso

Los pesticidas son sustancias o mezclas químicas que se utilizan mayormente en la agricultura con el objetivo de aumentar mejor la producción agrícola, disminuyendo las plagas y mejorando la calidad estética del producto entre otros factores

### 2.2.2 Emisiones y métodos de reporte

Las emisiones al aire generadas en la aplicación de pesticidas están compuestas principalmente por COV's,, esto debido a las características de volatilidad que poseen los solventes y otros aditivos usados en las formulaciones. Estas emisiones se generan especialmente en la etapa de aplicación del pesticida. Algunos de estos compuestos pueden ser sustancias RETC.

Los métodos de estimación para estas emisiones deberán llevarse a cabo a través de métodos de estimación como factores de emisión.

## 2.3 INDUSTRIA TEXTIL

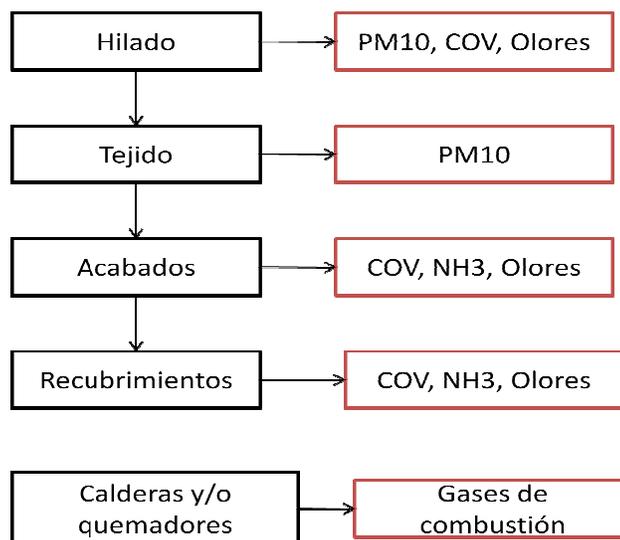
### 2.3.1 Descripción del proceso productivo y emisiones a la atmósfera

El proceso textil es aquel en el que a partir de fibras textiles, a través de procesos como hilatura, tejido y acabados se obtienen hilados, tejidos y sus mezclas así como sus correspondientes acabados.

El sector textil está compuesto por un gran número de subsectores, los cuales pueden dedicarse a algún proceso específico dentro del ciclo productivo, desde la generación de materias primas y productos intermedios, hasta la elaboración de los productos finales. De esta forma, dentro del sector textil se pueden establecer los siguientes subsectores:

- Hilo y fibra
- Tejido
- Acabado de tejido
- Productos de menaje
- Tejidos industriales y otros
- Material de punto y complementos

Dentro del proceso productivo se pueden identificar las siguientes emisiones:



(Fig. 3) Principales emisiones atmosféricas. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. (2005)

## 2.3.2 Hilado

### 2.3.2.1 Descripción del Proceso

El hilado es aquel proceso dentro del cual las fibras cortadas son transformadas en hilo apropiado para uso dentro de los procesos de la industria textil. Existen principalmente dos tipos de procesos: el de la lana, y el del algodón.

### 2.3.2.2 Emisiones y métodos de reporte

Las principales emisiones emitidas en esta actividad son de  $PM_{10}$  generadas por el elevado esfuerzo al que se someten las fibras, así mismo puede haber emisiones de gases de combustión si en dicho proceso se aplican a la superficie de hilados y tejidos para la eliminación de pelusas.

### 2.3.2.3 Emisiones y métodos de reporte

Para la estimación de emisiones del proceso de hilado se deberán utilizar estudios de emisión de partículas, dependiendo si las emisiones son conducidas o fugitivas se apegará a la normatividad ambiental correspondiente:

Emisiones fugitivas: NOM-035-SEMARNAT-1993

Emisiones conducidas: NOM-043-SEMARNAT-1993

Para obtener las emisiones totales de las emisiones conducidas, solo es necesario conocer el número total de horas que el equipo estuvo funcionando durante el año de reporte y multiplicarlo por los resultados promedio obtenidos en los estudios de la NOM-043-SEMARNAT-1993 que se hayan realizado durante el período de reporte, usando la siguiente ecuación:

$$E = DA \times FE$$

Donde E: Emisión

DA: Datos de Actividad.- Es decir, las horas de operación del equipo durante el período de reporte.

FE: Factor de Emisión: Es decir, el promedio horario de las emisiones medidas en los estudios realizados con base en la NOM-043-SEMARNAT-1993 durante el período de reporte.

Para el caso de emisiones fugitivas, éstas deberán estimarse a través de un balance de materia o utilizando un factor de emisión, en donde DA (datos de actividad) corresponderá a la masa total de la materia prima procesada.

### 2.3.3 Acabados

#### 2.3.3.1 Descripción del proceso

Son los tipos de tratamientos en los cuales se añaden o mejora las características físicas y de presentación de los textiles, entre los cuales se encuentran teñido, estampado, apresto, entre otros.

#### 2.3.3.2 Teñido

##### 2.3.3.2.1 *Descripción del proceso, emisiones y métodos de estimación*

Aquel proceso mediante el cual se le da color a cualquier textil, haciendo uso de diferentes sustancias químicas y auxiliares, consta de cuatro etapas diferentes; primero, el colorante es disuelto o dispersado en el baño de teñido. Después el colorante se acumula en la superficie del textil, posteriormente el colorante se desplaza al interior de la fibra y finalmente el colorante se fija en la tela.

Las emisiones a la atmósfera dependerán del tipo de colorante que se use. En su mayoría las emisiones son de compuestos orgánicos volátiles y se deberán reportar a través de métodos de estimación como factores de emisión.

#### 2.3.3.3 Estampado

##### 2.3.3.3.1 *Descripción del proceso, emisiones y métodos de estimación*

El estampado es otro proceso para la aplicación de color aun textil, pero en lugar de colorear el textil entero, el color se aplica sólo a unas áreas definidas. Esto implica el uso de técnicas y maquinaria diferentes. Un proceso típico de estampado comprende las siguientes fases:

- Preparación de la pasta de color
- Estampado
- Fijación
- Tratamiento posterior

Las emisiones principales del proceso son compuestos orgánicos volátiles por el proceso de fijado y secado y dependiendo del colorante que se utilice. Así mismo pueden existir emisiones de  $\text{NH}_3$  derivadas de la descomposición de la urea y del amoníaco si estos se encuentran presentes en los pigmentos de las pastas de estampado. Estas emisiones deberán de reportarse por métodos de estimación como factores de emisión o balances de materia.

### 2.3.3.4 Apresto

#### 2.3.3.4.1 Descripción del proceso, emisiones y método de estimación

El apresto son aquellos tratamientos químicos que sirven para dar al textil las propiedades finales deseadas.

En la mayoría de casos, el baño de acabado, en forma de solución / dispersión acuosa, es aplicado mediante técnicas de impregnación (técnicas de fulardado). El tejido se pasa por el baño de apresto, que contiene todas las sustancias requeridas, y se escurre pasándolo entre rodillos; después se seca y, finalmente, el tejido es polimerizado.

En procesos como secado y polimerización se producen emisiones a la atmósfera, de compuestos orgánicos volátiles debido a la alta volatilidad de las sustancias activas y de sus componentes. La carga y la gama de agentes contaminantes pueden ser muy diferentes y depende de la temperatura de secado o polimerización, del tipo y la cantidad de sustancias volátiles en el baño de acabado, del sustrato y de los potenciales reactivos en la formulación.

### 2.3.3.5 Recubrimiento

#### 2.3.3.5.1 Descripción del proceso, emisiones y métodos de estimación.

Es aquel el proceso mediante el cual se aplica un polímero directamente sobre el textil (como un líquido viscoso). En cambio, cuando hablamos de un tejido laminado, se trata de uno o varios sustratos textiles, combinados, mediante el uso de colas o la aplicación de calor y presión, con una película o membrana de polímero preparada. El laminado con llama, de espumas, es la técnica más usada: una fina capa de espuma termoplástica preparada es expuesta a una llama antes de los cilindros de laminado. Las emisiones al aire producidas durante este tratamiento pueden ser irritantes y pueden provocar reacciones alérgicas en personas susceptibles.

Las principales emisiones al aire generadas de la actividad de recubrimiento y laminado son compuestos orgánicos volátiles que provienen de los disolventes, los aditivos y los subproductos contenidos en las formulas de los compuestos utilizados. Entre los cuales están los siguientes:

*Agentes de recubrimiento en pasta:* Las emisiones provienen de todos los aditivos contenidos. Principalmente son: alcoholes grasos, ácidos grasos y aminas grasas (tensoactivos); glicoles (emulgentes); alquilfenoles (dispersantes); glicoles, hidrocarburos alifáticos y N-metilpirrolidona (agentes hidrotópicos); hidrocarburos alifáticos, ácidos grasos, sales grasas y amoniaco (espumantes); ftalatos, sulfonamidas y ésteres; ácido acrílico, acrilatos, amoniaco e

hidrocarburos alifáticos (espesantes). (Ministerio de Medio Ambiente de España. (2004))

*Dispersiones de polímeros:* Las emisiones provienen de los dispersantes, de compuestos residuales de la polimerización y monómeros de reacciones incompletas durante la polimerización.

*Resinas de melanina:* Durante su aplicación, la reacción se inicia por un catalizador ácido y/o con altas temperaturas, liberando metanol y formaldehído.

### 2.3.4 Calderas y/o quemadores

#### 2.3.4.1 Calderas, vaporizadores (calentamiento indirecto)

Las emisiones generadas por estos equipos con de partículas y gases de combustión generados por la quema de combustible.

- CO<sub>2</sub>
- CO
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>x</sub> (Excepto para gas natural)

Para equipos con capacidad superior a 15 CC (0.53 GJ/hr), el método de reporte de emisiones de Partículas, CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> deberá realizarse a través de medición directa con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Para equipos con capacidad inferior a 15 CC (0.53 GJ/hr) y para emisiones de CO<sub>2</sub> el método de reporte deberá realizarse a través de métodos de estimación como los son factores de emisión.

#### 2.3.5 Quemadores, Chamuscadoras, Ramas (Calentamiento Directo)

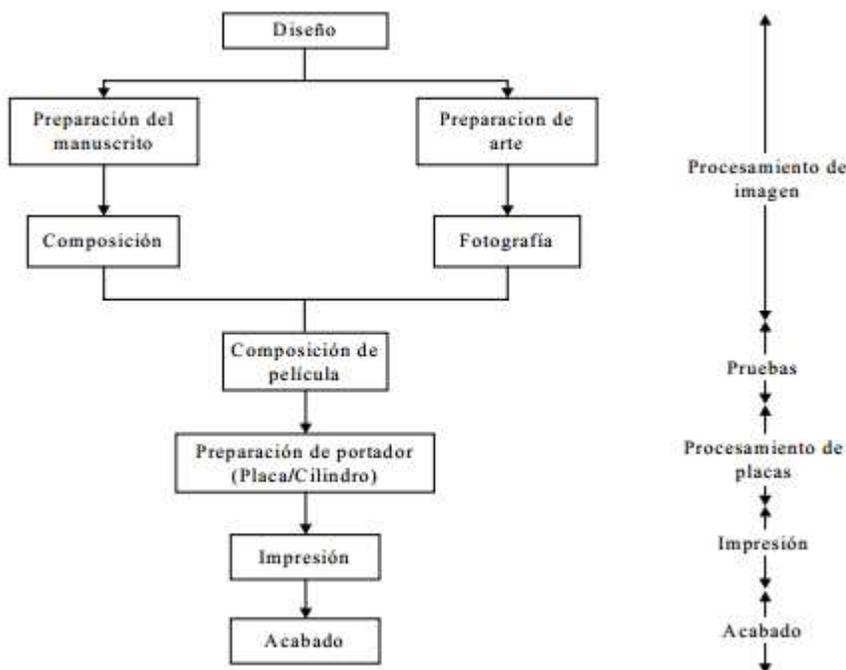
Las emisiones generadas por estos equipos con de gases de combustión y para procesos en los que el producto genere partículas al entrar en contacto con corrientes de aire o al ser calentado y en los que el equipo cuente con un ducto o chimenea, las emisiones de partículas deberán ser reportadas a través de la NOM-043-SEMARNAT-1993, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Para emisiones de gases de combustión generadas por la quema de combustible, el reporte deberá llevarse a cabo a través de métodos de estimación como factores de emisión.

## 2.4 IMPRESIÓN E INDUSTRIAS CONEXAS

### 2.4.1 Descripción del Proceso

En general las etapas que conforman el proceso de impresión son el procesamiento de imagen, pruebas, preparación de placas, impresión y acabado.



(Fig. 4) Proceso Gráfico. Comisión Nacional del Medio Ambiente de la República de Chile. (1999)

Dentro de la industria gráfica existen una gran variedad de técnicas o proceso de impresión, ente las cuales se pueden encontrar; Offset o litografía, huecograbado, serigrafía, tipografía, impresión digital.

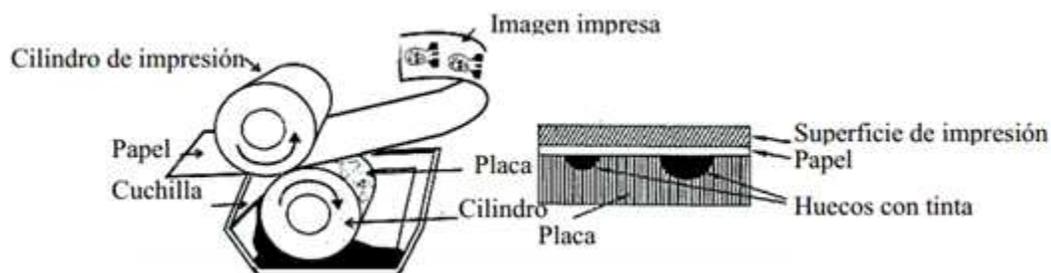
### 2.4.2 Offset

Es el proceso de impresión en el que se usan prensas con alimentación de hojas o prensas de bobina. El proceso empieza cuando las placas son puestas en un cilindro rotatorio en donde la imagen a imprimir se transfiere en un medio acuoso formado por una solución de agua y tinta., posteriormente la imagen es transferida capa o lienzo a un sustrato. Después de la impresión, el sustrato es pasado a través de un sistema de secado, dependiendo del tipo de tinta utilizada. Existen tres tipos de offset: cold-set-web-offset (alimentación en bobina con sistema en frío), heat-set-web-offset (alimentación en bobina con secado en base a aplicación de calor) y sheet-fed-offset

La mayoría de las emisiones generadas en este proceso corresponden a compuestos orgánicos volátiles provenientes en las tintas y aceites en el proceso de secado, así como gases de combustión por hornos de secado si estos utilizan combustible.

### 2.4.3 Hecograbado

En este proceso se usa un portador de imagen cilíndrico en el cual el área de impresión esta bajo el área de no impresión, utilizándose tinta en base a solventes para asegurar el secado. Lo huecos son llenados con tinta y el sobrante es limpiado del área de no impresión.



Principios de Hecograbado (USEPA, 1994; 1997)

Los solventes utilizados en las tintas contienen compuestos orgánicos volátiles, los cuales se evaporan en la etapa de secado, aunque algún porcentaje puede ser retenido por el rodillo.

### 2.4.4 Flexografía

Es una forma de tipografía que utiliza una plancha de plástico flexible o goma en una prensa rotatoria. Se utiliza principalmente para envases plásticos, papel corrugado, cartones de leche, cortinas de baño y bolsas de papel.

### 2.4.5 Tipografía

Es el proceso en el cual se utiliza un sistema de prensas de placas hecho de dos superficies planas llamadas cama y superficie de impresión. La placa que contiene la imagen es localizada en la cama, mientras que el sustrato se apoya contra la superficie de impresión. La placa es entintada y luego la superficie de impresión hace presión de forma tal que el sustrato entra en contacto contra la placa produciéndose la impresión.

### 2.4.6 Serigrafía

Dentro de este proceso la tinta se pasa por una superficie a ser impresa mediante la presión ejercida sobre un portador de imagen poroso (malla), en el que el área de impresión está abierta y la de no-impresión está sellada. Se utilizan tintas líquidas viscosas en base a solvente para posibilitar el secado.

#### 2.4.7 Emisiones y métodos de reporte

Las principales emisiones dentro de la industria gráfica son de compuestos orgánicos volátiles provenientes de solventes y de diluyentes de tintas, las cuales son emitidas durante su aplicación y secado. así mismo existen emisiones derivadas de los solventes utilizados en la limpieza (tanto su almacenamiento como manipulación) y como humidificadores (solución fuente). Durante el proceso de publicación pueden existir emisiones por el uso pegamentos y gomas,. Entre otros componentes que se pueden identificar en estas emisiones están el xileno, MEK y tolueno. Pueden existir también emisiones de gases de combustión por el uso de combustible en el proceso de secado.

<b>Posible Emisión Atmosférica</b>	<b>Punto de generación</b>
Compuestos de aerosoles	Durante uso
Revelador	Durante su uso o almacenamiento
Fijador	Durante su uso o almacenamiento
Solventes para limpieza	Durante su uso o almacenamiento
Revelador de placa en base a solvente	Durante uso
Solución fuente (alcohol isopropílico)	Durante uso
Tinta	Durante uso
Soluciones de limpieza de prensa (solventes, diluyentes)	Durante su uso o almacenamiento
Adhesivos	Durante uso
Tinta y emulsiones	Durante uso

(Fig. 6) Comisión Nacional del Medio Ambiente de la República de Chile. (1999)

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y gases de combustión deberán de reportarse a través de métodos de estimación como factores de emisión o balance de materia.

## 2.5 INDUSTRIA DE PRODUCTOS DEL PLÁSTICO Y EL HULE

### 2.5.1 Descripción del Proceso

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos:

- Obtención de las materias primas.
- Incorporación de los aditivos
- Síntesis del polímero básico.
- Procesamiento del polímero.

Únicamente la etapa de procesamiento de polímero es considerada como fuente de emisión de competencia estatal en la Entidad. Los procesamientos de polímeros se pueden clasificar en dos ramos:

- **Procesos Primarios:** en los cuales el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado líquido y finalmente se solidifica (Extrusión, Inyección, Soplado, Rotomoldeo etc)
- **Procesos Secundarios:** utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico. (Termoformado, Doblado, Corte, Torneado, Barrenado etc)

Los procesos más conocidos y empleados en la transformación de todo tipo de polímeros son: Extrusión, moldeo por soplado y proceso por inyección.

### 2.5.2 Extrusión

#### 2.5.2.1 Descripción del proceso

Es un proceso que a diferencia del moldeo es continuo, en el que se utilizan resinas termoplásticas para formar piezas largas cilíndricas de plástico como tuberías, tubos, alambres recubiertos, revestidos de cables, mangueras entre otros.

En los procesos de extrusión la resina seca se vierte en una tolva la cual dirige la resina a la boca de la máquina de extrusión en donde es calentada. Dentro de la cámara a resina caliente es empujada por un tornillo que gira continuamente hacia un orificio al final de la cámara, la resina pasa a través del orificio o boquilla la cual tiene la forma de la sección transversal del producto plástico final.

### 2.5.3 Moldeo

#### 2.5.3.1 Descripción del Proceso

En la mayoría de los procesos de moldeo, la formación del producto plástico tiene lugar dentro de un molde completamente cerrado. Los métodos de moldeo varían

dependiendo del tipo de resina, las materias primas, los productos finales entre otros factores. Algunos de los métodos de moldeo más comunes son: Inyección, Soplado, Rotomoldeo etc.

#### 2.5.4 Tipos de Resinas Plásticas

Las resinas plásticas son clasificadas por su reología, o capacidad para fluir bajo calor o presión. Existen dos principales tipo de resinas plásticas usadas en la fabricación de productos plásticos; las Termoplásticas y las Termoestables, algunas pueden ser clasificada dentro de ambos grupos.

##### 2.5.4.1 Resinas Termoplásticas

Son resinas plásticas que repetidamente se vuelven blandas cuando se calientan y duras cuando se enfrían. Estas reinas normalmente no sufren ningún cambio químico durante la formación. Una ventaja económica es que fácilmente pueden ser reutilizadas o reprocesadas. Éstas resinas representan la mayor parte de la producción de polímeros domésticos. Algunos ejemplos son los Siguietes:

- Polietileno le alta y baja densidad
- Cloruro de polivinilo
- Polipropileno
- Poliestireno

##### 2.5.4.2 Reinas Termoestables

Las resinas termoestables sufren un cambio químico y se vuelven sólidas de forma permanente cuando se calientan, son presurizadas, o se hacen reaccionar con un agente de endurecimiento. A diferencia de los termoplásticos los termoestables no pueden ser fácilmente reprocesados.

#### 2.5.5 Aditivos

Los aditivos son aquellos que se incorporan a las resinas plásticas antes del procesamiento para dar propiedades químicas o físicas específicas al plástico. Los aditivos pueden ser lubricantes, antioxidantes, colorantes, plastificantes, estabilizantes de calor, retardadores de flama.

##### 2.5.5.1 Plastificantes

Son aquellos aditivos que son incorporados a las resinas para mejorar su flexibilidad, facilidad de trabajo o estabilidad. La mayoría de los plastificantes son usados en la manufactura de PVC flexible. Los ftalatos, adipatos y trimeliatos son los plastificantes más comunes.

##### 2.5.5.2 Antioxidantes

Los antioxidantes se añaden a las resinas plásticas para inhibir la oxidación del plástico a en la exposición al aire. Los antioxidantes reducen la degradación durante el procesamiento, almacenamiento y servicio. Algunos fenoles son la

clase de compuestos usados con más frecuencia para estabilizar la mayoría de los polímeros.

### 2.5.5.3 Estabilizadores

Son aquellos aditivos que son incorporados a las resinas con el objetivo de evitar que los plásticos se degraden cuando son expuestos al calor o luz ultravioleta. Bensotrioles, benzofenonas y níquel son algunos ejemplos.

## 2.5.6 Emisiones y métodos de estimación

Las emisiones generadas en los procesos de producción de piezas plásticas se componen principalmente por compuestos orgánicos volátiles y pueden provenir de diferentes fuentes dentro del proceso productivo y dependen de la composición química de las materias primas (resinas, aditivos) y los tipos de procesos utilizados. Sin embargo pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

### 2.5.6.1 Monómeros libres/ solventes (COV)

Pueden producirse emisiones de monómero libre cuando una resina es calentada para su procesamiento primario. Por ejemplo, en el proceso de extrusión de resinas ABS son frecuentes las emisiones de estireno. (USEPA,1999)

Las emisiones también pueden generarse cuando las resinas termoestables son manejadas en forma de monómero antes de la solidificación por calor, presión o reacción con un agente de endurecimiento para generar un polímero sólido. Por ejemplo, cuando el curado de materiales termoestables se lleva a cabo durante el proceso o cuando el proceso implica la polimerización.

### 2.5.6.2 Procesos Secundarios

Dentro de los procesos productivos se puede tener la etapa de desmolde en la cual se pueden llegar a usar sustancias adicionales para la lubricación la cual es utilizada para evitar que el material se pegue al molde, Los agentes utilizados como desmoldantes contienen solventes que se evaporan inmediatamente.

### 2.5.6.3 Reacciones Químicas/Byproducts

Las emisiones de COV pueden generarse a partir de reacciones químicas que ocurren como parte directa del proceso, como es el caso de las resinas termoestables. Debido a que muchas operaciones de termoplásticos se producen con calor una cierta cantidad de emisiones se produce debido a la degradación térmica de los aditivos, así como el del polímero de la resina.

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles deberán de reportarse a través de métodos de estimación como factores de emisión o balance de materia.

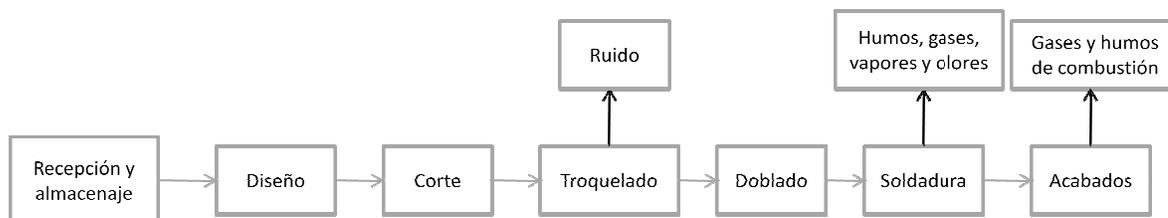
## 2.6 INDUSTRIA METAL MECÁNICA

### 2.6.1 Descripción del Proceso

Dentro de la Industria Metal Mecánica se pueden encontrar varias y diferentes actividades manufactureras las cuales utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Dentro de esta rama podemos identificar diferentes sectores:

- Industria metálica básica
- Fabricación de autopartes automotriz y aeronáutica
- Fabricación de maquinaria y equipos
- Fabricación de productos de acero
- Fabricación de electrodomésticos

En la mayoría de los procesos metalmeccánicos se transforman los metales en piezas mediante procesos mecánicos cambiando su figura geométrica, para posteriormente realizar un acabado de la superficie de las piezas. Dentro de esta Industria se pueden identificar los siguientes procesos principales y sus emisiones, así como los principales procesos de acabados:



(Fig. 7) Diagrama de flujo general de la Industria Metalmeccánica

### 2.6.2 Emisiones y métodos de reporte

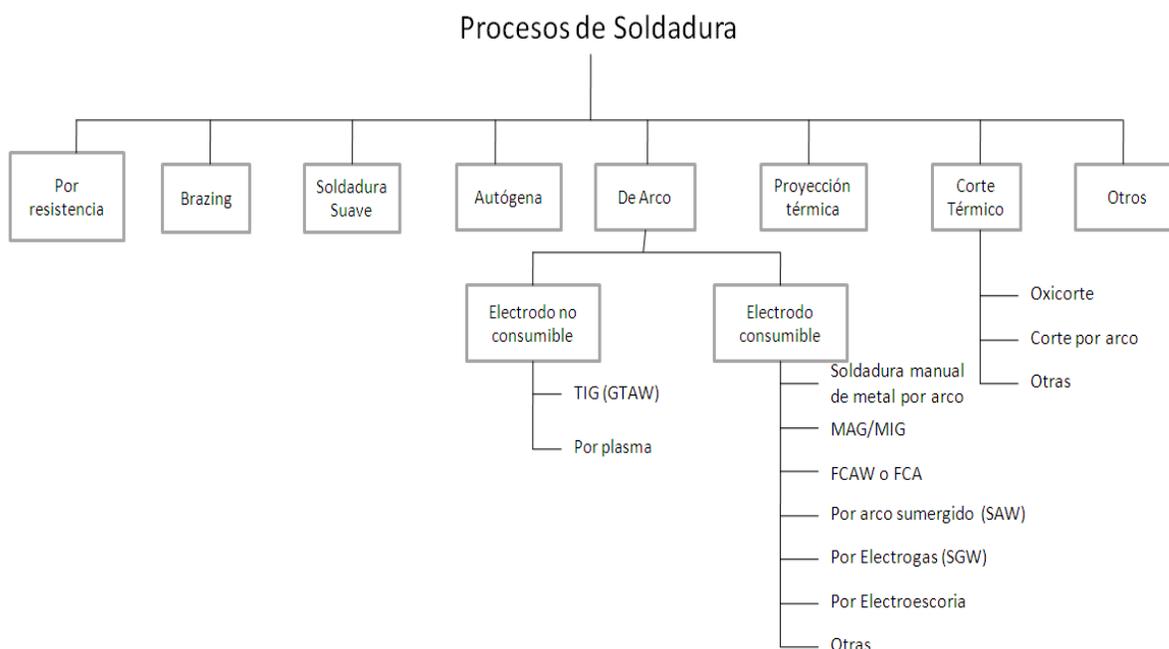
En la siguiente Tabla se presenta un resumen de las principales emisiones al aire producidas por las diferentes actividades desarrolladas en el sector:

<i>Actividad</i>	<i>Tipo de emisiones</i>
Soldadura	Humos y partículas de Metales Pesados
Anodizado de aluminio	NOx
Pintura	Partículas y COV
Curado	Partículas y gases de combustión
Calderas	Gases de combustión
Hornos	Gases de combustión
Granalladoras	Partículas

### 2.6.2.1 Soldadura

La soldadura es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos. Es dicho proceso es necesario suministrar calor hasta que el material de aportación funda con una o ambas superficies, o bien lo haga el propio metal de las piezas.

Existen más de 80 tipos de operaciones de soldadura en uso comercial, las cuales se pueden clasificar de la siguiente manera;



(Fig. 8) USEPA. AP-42. (1995)

Las principales emisiones que se generan en el proceso de soldadura son humos y partículas de metales pasados. Siendo la soldadura por arco la que los genera en

mayor cantidad, ya que las temperaturas de operación de los otros procesos de soldadura son más bajas por lo que liberan menos vapores.

La composición de los humos varía dependiendo del tipo de electrodo utilizado y con la composición de los materiales a soldar.

Los contaminantes en los procesos de soldadura pueden provenir de tres diferentes fuentes:

- o Emisiones procedentes del metal base de las piezas soldadas
- o Procedentes del recubrimiento de las piezas soldadas
- o Procedentes de los materiales de aporte usados en el proceso

Tipos de contaminantes procedentes del metal base de las piezas	
Aceros al Carbón	Hierro, Manganeso.
Aceros Aleados	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel
Acero Inoxidable	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel
Aluminio	Aluminio
Broces	Cobre, Estaño
Latón	Cobre, Zinc
Aleaciones cobre-berilio	Cobre, Berilio
Plomo	Plomo

**Tabla 1. OSALAN (2009)**

Tipos de contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas		
Recubrimientos Metálicos	Galvanizado	Óxido de Zinc y Plomo
	Cromado	Óxidos de Cromo
	Niquelado	Óxido de Níquel
	Cobreado	Óxido de Cobre
	Cadmiado	Óxido de Cadmio
Recubrimientos con pinturas, resinas, barnices, plásticos etc	Todos	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, COV
	Pinturas en general	Óxidos de los Metales de sus pigmentos
	Pinturas con cromatos	Óxidos de Cromo, Plomo y Zinc

**Tabla 2. OSALAN (2009)**

Tipos de contaminantes procedentes del material de aporte

Material de aporte	Tipo de soldadura	Contaminantes característicos	
Varilla o alambre desnudo	Corte térmico (con soplete)	Según los casos: óxidos de cobre, zinc, estaño, berilio, manganeso, plomo, plata y cadmio	
	TIG, MIG, MAG	Óxidos de los metales del hilo de la varilla de aporte, Óxidos de cobre cuando el hilo va cubierto de este metal	
	Soldaduras blandas	Según los casos: óxidos de estaño, plata, plomo y cobre	
Electrodo revestido	Manual al arco eléctrico -  Tipo de revestido	Todos	Óxidos de hierro y de manganeso
		Ácido	Sílice amorfa
		De rutilo	Óxido de titanio
		Básico	Fluoruros
		Celulósico	Monóxido y Dióxido de carbono
		Grafito cobreado	Óxido de cobre. Monóxido y dióxido de carbono
		Otros especiales	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo
Gas de protección	MAG En su caso; MIG;TIG;Plasma	Cuando se aporta anhídrido carbónico: Monóxido y Dióxido de carbono	
Gases de combustión	Oxigás	Óxidos nitrosos y anhídrido carbónico	
	Oxiacetilénica	Fosfina	
Fundente, Flux, Decapante, Termita	Electrodo sumergido	Fluoruros	
	Uso de decapantes ácidos	Fluoruros, cloruros	
	Uso de bórax, carbonatos	Óxidos alcalinos	
	Aluminotermia	Óxidos de aluminio y de hierro	

Tabla 3. OSALAN (2009)

El cálculo de estas emisiones se deberá reportar a través de métodos de estimación como factores de emisión y balance de materia. Asimismo, si la empresa cuenta con estudios de ambiente laboral y extractores para los que conozca el gasto del flujo volumétrico se propone el siguiente método de estimación:

Para calcular la emisión de humos de soldadura, se aplica la siguiente fórmula:

$$E = Q \times C / (3.6 \times 10E6) \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

E: emisión de humo o gas, g/s.

Q: Flujo de captación de humos o gas por extractor, m<sup>3</sup>/hr

C: Concentración promedio de humos o gas, mg/ m<sup>3</sup>.

Se cuenta con la siguiente información:

Q = 960 m<sup>3</sup>/hr

C = 0,5 mg/m<sup>3</sup>

La emisión de humos de soldadura corresponde a:

$$E_{\text{soldadura}} = 1,33 \times 10^{-4} \text{ [g/s]}$$

(Fig. 11)Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco

### 2.6.2.2 Anodizado de aluminio

El anodizado es el proceso mediante el cual se transforma las superficies de los metales, por vía electroquímica, y se produce la oxidación de la superficie del metal en cuestión. El aluminio es uno de los principales metales anodizados, formándose en su superficie óxido de aluminio. En este caso, la superficie a tratar actúa como ánodo produciéndose su oxidación.

El anodizado del aluminio por lo general se lleva a cabo con ácido sulfúrico, aunque en ocasiones pueden utilizarse otro tipo de soluciones como el ácido fosfórico o crómico.

La capa de alúmina formada durante el proceso de anodizado puede colorearse con tintas orgánicas o compuestos inorgánicos metálicos. Posteriormente, se somete a un proceso de sellado con el propósito de aumentar la resistencia a la corrosión y retener la coloración dada a la superficie.

Existen diferentes tipos de anodizado como lo son: Anodizado de aluminio con ácido sulfúrico, Anodizado con ácido fosfórico, Anodizado de aluminio con ácido crómico entre otros.

Las emisiones que se pueden presentar en este proceso son las siguientes:

- o Partículas metálicas asociada a las operaciones de mecanizado, gratado y lijado.
- o Compuestos orgánicos volátiles (COV) en las operaciones de desengrase realizadas en presencia de disolventes orgánicos, especialmente en el caso de halogenados.
- o Vapores ácidos/básicos, metales y partículas de aceite en las cubas de desengrase y decapado.

### 2.6.2.3 Recubrimientos Superficiales

Existen varios tipos de recubrimientos superficiales: pinturas convencionales en base solvente, base agua, barnices (recubrimientos transparentes) esmaltes, lacas etc.

Las pinturas constan de resinas orgánicas, pigmentos orgánicos e inorgánicos y aditivos, todo ello en suspensión o diluido.

Las emisiones de este proceso son de Compuestos Orgánicos Volátiles y partículas en el caso de pintura en polvo, estas emisiones deberán reportarse a través de métodos de estimación como factores de emisión o balances de materia.

#### 2.6.2.4 Curado

El proceso de aplicación de pintura puede dividirse en tres etapas: preparación de la superficie a pintar, aplicación y curado de la pintura.

El curado se realiza a través de calentamiento directo en un horno de curado. Las emisiones generadas por estos equipos y para procesos en los que el producto genere partículas al entrar en contacto con corrientes de aire o al ser calentado y en los que el equipo cuente con un ducto o chimenea, las emisiones de partículas deberán ser reportadas a través de la NOM-043-SEMARNAT-1993, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Para emisiones de gases de combustión generadas por la quema de combustible, el reporte deberá llevarse a cabo a través de métodos de estimación como factores de emisión

#### 2.6.2.5 Calderas

Las emisiones generadas por estos equipos con de partículas y gases de combustión generados por la quema de combustible.

- CO<sub>2</sub>
- CO
- NO<sub>x</sub>
- SO<sub>x</sub> (Excepto para gas natural)

Para equipos con capacidad superior a 15 CC (0.53 GJ/hr), el método de reporte de emisiones de Partículas, CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> deberá realizarse a través de medición directa con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, la cual establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Para equipos con capacidad inferior a 15 CC (0.53 GJ/hr) y para emisiones de CO<sub>2</sub> el método de reporte deberá realizarse a través de métodos de estimación como los son factores de emisión

### 3 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Mayor de Bogotá, Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente. Oportunidades de producción más limpia en el sector de metalmecánica.
- AMBIOMA Consult, SL. (2007) Guía Sobre las Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de Tratamiento de superficies Metálicas y Plásticas.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente de la República de Chile. (1999) Guías Para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Industria Gráfica.
- Daniel Blázquez, Marta del Olmo. EOI Escuela de Negocio, Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa. Fabricación de productos de plástico.
- Fundación Entrono. (1998) Informe Medio Ambiental de Sector Metal Mecánico.
- Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. Guías Técnicas Para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire, <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-home/es>
- M.C. Gutiérrez, M. Droguet, M. Crespi. (2003). Las Emisiones Atmosféricas en la Industria Textil.
- Ministerio de Medio Ambiente de España. (2004) Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector textil.
- OSALAN Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. (2009) El Soldador y los humos de soldadura.
- U.S. Environmental Protection Agency. AP-42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>

Todos los documentos anteriores se encuentran disponibles en internet.