

Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las Emisiones al Aire

- Ley 16/2002 de 1 de julio de Prevención y Control de la Contaminación - IPPC
- Inventario EPER. Decisión de la UE de 17 de julio de 2000

EDITA:

© IHOBE – Sociedad Pública de Gestión Ambiental

INFORME REALIZADO POR

Fundación Labein para IHOBE, S.A.

Junio 2005

PRESENTACIÓN

La Directiva 96/61/CE, del Consejo del 24 de Septiembre, relativa a la Prevención y el Control Integrados de la Contaminación, conocida como **IPPC**, ha planteado un enfoque innovador en materia de legislación medioambiental por incorporar conceptos tales como su enfoque integrado e integrador considerando el medio ambiente como un conjunto, incluir el establecimiento de límites de emisión revisables periódicamente en base a las mejores técnicas disponibles, el intercambio de información y la transparencia informativa, la autorización integral, etc.

Asimismo, esta Directiva incluye en su artículo 15 la realización de un inventario europeo de emisiones y fuentes responsables (EPER). Este inventario EPER queda implementado mediante la Decisión 2000/479/CE y requiere que cada Estado miembro recopile los datos de 50 sustancias contaminantes procedentes de las fuentes industriales afectadas por la Directiva IPPC (Anexo I) para su envío a la Comisión Europea.

En su realización debe incluir las emisiones totales anuales (kg/año) al agua y la atmósfera de todos los contaminantes cuyos valores límites umbrales se hayan superado. Tanto los contaminantes como los valores límite umbrales se especifican en el anexo II de la decisión, y pueden ser estimados, medidos o calculados.

En este marco, esta Guía constituye una de las herramientas de la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible 2002-2020 que se está implantando en nuestro País con el fin de desarrollar una política ambiental acorde con la de la Unión Europea bajo la coordinación del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco y de acuerdo a los imperativos de la Ley 3/1988, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente en el País Vasco.

Para la realización de esta guía se han tenido en cuenta los procesos existentes en el País Vasco. Cualquier uso fuera de este ámbito geográfico podría incurrir en errores.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Asociación de Fundidores del País Vasco y Navarra (AFV) por su colaboración y coordinación sectorial en el Programa EPER y más concretamente a las siguientes empresas asociadas a la AFV por la aportación de los datos que han hecho posible la elaboración de estas Guías:

Fuchosa	Furesa
Fundiciones San Eloy	Lince
T.S. Fundiciones	Betsaide
Fundiciones Urbina	Fundifes
Guivisa	Fundicion Nodular Flesic
Fundiciones Palacio	Fundiguel
Fundiciones Alfa	Fagor Ederlan
Fundiciones del Estanda	Normelting 2000
Olazabal Y Huarte	Funsan
Fundiciones Garbi	Fundiciones Gamarra
Jez Sistemas Ferroviarios	Ampo
Fytasa	

Y a la siguiente empresa:

Cilindros Bolueta

A todas ellas por trasladarnos su conocimiento y experiencia en el sector.

Sin el apoyo de las empresas esta guía no habría sido posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
0.- OBJETO DE LA GUÍA	5
1.- LA DIRECTIVA/LEY IPPC y DECISIÓN EPER EN EL SECTOR.....	7
1.1.- DIRECTIVA/LEY IPPC EN EL SECTOR	7
1.2.- DECISIÓN EPER EN EL SECTOR.....	11
1.3.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDA/	13
1.3.- CÁLCULO/ESTIMACIÓN.....	13
2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	17
2.1.- PROCESO DE FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL FUNDIDO	19
2.2.- ARENERÍA - PRODUCCIÓN DE MOLDES Y MACHOS.....	19
2.3.- COLADA, Enfriamiento de moldes y desmoldeo	21
2.4.- OPERACIONES DE ACABADO.....	21
3.- EMISIONES ATMOSFÉRICAS: IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES.....	23
3.1.- PROCESO DE FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL FUNDIDO	24
3.2.- ARENERÍA - PRODUCCIÓN DE MOLDES Y MACHOS.....	24
3.3.- COLADA EN MOLDES, ENFRIAMIENTO Y DESMOLDEO	25
4.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDA/CÁLCULO/ESTIMACIÓN	27
4.1.- PM ₁₀ y METALES PESADOS.....	28
4.2.- CO, SO _x , NMVOC _s Y NO _x	31
4.3.- CO ₂	32
4.4.- NH ₃ , BENCENO, HCN Y NMVOC _s	33
4.5.- HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)	35
4.6.- DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/F).....	35
4.7.- HCL Y HF.....	36
4.8.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDAS	36
5.- FACTORES DE EMISIÓN DE INSTALACIONES AUXILIARES EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN	39
6.- CÁLCULO DE LAS EMISIONES. EJEMPLO PRÁCTICO	43
7.- BIBLIOGRAFÍA	53

ANEXOS.....	55
I. LEGISLACIÓN APLICABLE (VIGENTE Y FUTURA)	59
II. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS ..	67
III. ESPECIFICACIONES INFRAESTRUCTURA DE MEDICIONES	79
IV. ENLACES DE INTERÉS	85
V. LISTADO DE GUÍAS SECTORIALES	89

0.- OBJETO DE LA GUÍA

El objeto de la presente **Guía EPER Aire** es proporcionar una herramienta de carácter práctico, útil para el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco y para el sector de la CAPV, para que las empresas y entidades del sector “Fundición Férrea” afectadas por la “Ley 16/2002, de 1 de Julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación” (ley IPPC), puedan identificar los parámetros contaminantes, sus características y sus métodos de medición, estimación y cálculo.

Con esta guía, las empresas se encontrarán en disposición de poder reportar al Órgano Ambiental de la CAPV, con métodos previamente validados, tanto a partir de datos de mediciones, como de los factores de emisión aquí recopilados, o por métodos de estimación para los casos de no disponer de ninguno de los otros datos.

Este Guía incluirá información complementaria, también de carácter práctico sobre equipos de medida de emisiones, instalaciones (chimeneas instalación para toma de muestras) y metodología de medición y análisis.

1.- LA DIRECTIVA/LEY IPPC y DECISIÓN EPER EN EL SECTOR

1.1.- DIRECTIVA/LEY IPPC EN EL SECTOR

El control integrado de la contaminación descansa fundamentalmente en la autorización ambiental integrada, nueva figura de intervención administrativa que sustituye y aglutina al conjunto disperso de autorizaciones de carácter ambiental exigibles hasta el momento, atribuyéndole así un valor añadido, en beneficio de los particulares, por su condición de mecanismo de simplificación administrativa.

Las autorizaciones ambientales que resultan derogadas a la entrada en vigor de la ley son las de producción y gestión de residuos, incluidas las de incineración, vertidos a las aguas continentales de cuencas intracomunitarias y vertidos al dominio público marítimo-terrestre, desde tierra al mar, y contaminación atmosférica. Se deroga asimismo el régimen de excepciones en materia de vertido de sustancias peligrosas.

El sector de “**Fundición Férrica**” queda identificado a efectos de la ley IPPC según el epígrafe recogido a continuación.

Categoría de actividades e instalaciones según Ley IPPC y Decisión EPER	Código NOSE-P	Proceso NOSE-P
2.4: Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día.	105.12	Procesos característicos de la fabricación de metales y productos metálicos (Industrias metalúrgicas)

Entendiéndose como:

Instalación: Unidad técnica y estacionaria, en la que se realizan una o varias de las actividades relacionadas en el anexo I de la Directiva de IPPC, y cualquier otra actividad que tenga una relación técnica directa con las actividades que se llevan a cabo en el establecimiento y que puedan afectar a las emisiones y a la contaminación.

Actividad del anexo I: Actividad relacionada en el anexo I de la Directiva de IPPC, de acuerdo a las categorías especificadas en el anexo A3 de la guía EPER.

Complejo: Establecimiento industrial que dispone de una o más instalaciones en las que el titular realiza una o varias actividades del anexo I.

De acuerdo con la Ley IPPC de 1 de Julio de 2.002 (transposición de Directiva IPPC al estado español):

- * Las instalaciones existentes dispondrán de un **período de adaptación hasta el 30 de octubre de 2.007**, fecha en la que deberán contar con la pertinente autorización ambiental integrada.
- * La **autorización ambiental integrada** se concede **por un plazo máximo de 8 años** y se renovará por período sucesivo, previa solicitud del interesado. El titular de la instalación **deberá solicitar su renovación con una antelación mínima de 10 meses** antes del vencimiento de su plazo de vigencia.

OBLIGACIONES DE LOS TITULARES DE LAS INSTALACIONES Y CONTENIDO DE LA AUTORIZACIÓN AMBIENTAL INTEGRADA

Los titulares de las instalaciones en donde se desarrolle alguna de las actividades industriales incluidas en el ámbito de aplicación de esta ley deberán:

- Disponer de la autorización ambiental integrada y cumplir las condiciones establecidas en la misma.
- Cumplir las obligaciones de control y suministro de información previstas por la legislación aplicable y por la propia autorización ambiental integrada. Los titulares de las instalaciones notificarán, al menos una vez al año, a la CAPV, los datos sobre las emisiones correspondientes a la instalación (ver requisitos legales apdo 1.2).
- Comunicar al órgano competente para otorgar la autorización ambiental integrada:
 - cualquier modificación, sustancial o no, que se proponga realizar en la instalación;
 - la transmisión de su titularidad;
 - de cualquier incidente o accidente que pueda afectar al medio ambiente.
- Prestar la asistencia y colaboración necesarias a quienes realicen las actuaciones de vigilancia, inspección y control.
- Cumplir cualesquiera otras obligaciones establecidas en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación.

En lo que se refiere a “Información, comunicación y acceso a la información”:

Los titulares de las Instalaciones **notificarán, al menos una vez al año**, a las Comunidades Autónomas en las que estén ubicadas, **los datos sobre las emisiones correspondientes a la instalación.**

La información que deberán facilitar los titulares de las instalaciones al organismo competente encargado de otorgar la autorización ambiental integrada, debe de tener el contenido mínimo siguiente:

- Las prescripciones que garanticen, en su caso, la protección del suelo, y de las aguas subterráneas.
- Los procedimientos y métodos que se vayan a emplear para la gestión de los residuos generados por la instalación.
- Las prescripciones que garanticen, en su caso, la minimización de la contaminación a larga distancia o transfronteriza.
- Los sistemas y procedimientos para el tratamiento y control de todo tipo de emisiones y residuos, con especificación de la metodología de medición, su frecuencia y los procedimientos para evaluar las emisiones.
- Las medidas relativas a las condiciones de explotación en situaciones distintas de las normales que puedan afectar al medio ambiente, como los casos de puesta en marcha, fugas, fallos de funcionamiento, paradas temporales o el cierre definitivo.

La autorización ambiental integrada podrá incluir excepciones temporales de los valores límite de emisión aplicables cuando el titular de la instalación presente alguna de las siguientes medidas que deberán ser aprobadas por la Administración competente e incluirse en la autorización ambiental integrada, formando parte de su contenido:

- Un plan de rehabilitación que garantice el cumplimiento de los valores límite de emisión en el plazo máximo de 6 meses.
- Un proyecto que implique una reducción de la contaminación.

1.2.- DECISIÓN EPER EN EL SECTOR

La Decisión 2.000/479/CE de la Comisión, se conoce como Decisión EPER. Si bien de ella se derivan requisitos fundamentalmente para los Estados miembros, esta Decisión afecta directamente a los diferentes sectores industriales. Los Estados miembro deberán realizar el Inventario en el ámbito de su territorio y notificar a la Comisión los datos correspondientes. La recopilación de datos se hará a partir de la información suministrada, principalmente, por la Industria. Para el caso de la CAPV, la competencia en materia medioambiental está transferida desde el estado español al órgano competente en esta materia dentro de nuestra comunidad autónoma.

Los requisitos legales derivados de la Decisión EPER se recogen en la siguiente tabla:

Requisitos legales derivados de la DECISIÓN EPER	
¿A quién obliga la DECISIÓN?	
<input type="checkbox"/>	La Decisión EPER obliga a los Estados miembros, los cuales son los responsables de recabar los datos de las instalaciones.
¿A qué obliga la DECISIÓN?	
<input type="checkbox"/>	La Decisión obliga a notificar a la Comisión las emisiones a la atmósfera y al agua que generan todos los complejos individuales en los que se lleven a cabo una o más actividades industriales de las que figuran en el Anexo I de la Directiva IPPC.
¿Sobre qué emisiones se debe notificar?	
<input type="checkbox"/>	Se deben de incluir las emisiones a la atmósfera y al agua de la lista de 50 contaminantes recogidos en el Anexo I de la Decisión.
¿Cómo se debe notificar?	
<input type="checkbox"/>	Se seguirá el esquema incluido en el formulario de notificación que se recoge en el Anexo A2 de la Decisión EPER.
¿Cada cuánto tiempo hay que notificar?	
<input type="checkbox"/>	En principio cada 3 años, correspondiendo el primer informe a Junio de 2003 con los datos sobre emisiones de los años 2001 o en su defecto de los años 2000 ó 2002. A partir de 2008 tendrá carácter anual notificándose a la Comisión en el mes de diciembre del año correspondiente.
¿A quién afecta la Decisión EPER?	
<input type="checkbox"/>	Aunque la Decisión obliga a los Estados miembro (son los responsables de implantar el EPER a nivel estatal) los principales afectados son las industrias y entidades que realicen actividades IPPC y que emitan sustancias contaminantes de la lista contemplada en el anexo A1 de la Decisión.

Para más información ver:

www.eper-euskadi.net

Umbral de emisión a la atmósfera	AIRE	Contaminantes/sustancias EPER	AGUA	Umbral de emisión a las aguas
Kg/año		Temas medioambientales		Kg/año
100.000	X	CH ₄		
500.000	X	CO		
100.000.000	X	CO ₂		
100	X	HFC1		
10.000	X	N ₂ O		
10.000	X	NH ₃		
100.000	X	COVNM		
100.000	X	NOX (en NO ₂)		
100	X	PFC2		
50	X	SF ₆		
150.000	X	SOX (en SO ₂)		
		Nitrógeno total (en N)	X	50.000
		Fósforo total (en P)	X	5.000
Kg/año		Metales y sus compuestos		Kg/año
20	X	As y sus compuestos (en Arsénico elemental)	X	5
10	X	Cd y sus compuestos (en Cadmio elemental)	X	5
100	X	Cr y sus compuestos (en Cromo elemental)	X	50
100	X	Cu y sus compuestos (en Cobre elemental)	X	50
10	X	Hg y sus compuestos (en Mercurio elemental)	X	1
50	X	Ni y sus compuestos (en Níquel elemental)	X	20
200	X	Pb y sus compuestos (en Plomo elemental)	X	20
200	X	Zn y sus compuestos (en Cobre elemental)	X	100
Kg/año		Sustancias organocloradas		Kg/año
1.000	X	Dicloroetano 1,2 (DCE)	X	10
1.000	X	Diclorometano (DCM)	X	10
		Cloroalcanos (C10-13)	X	1
10	X	Hexaclorobenceno (HCB)	X	1
		Hexaclorobutadieno (HCBd)	X	1
10	X	Hexaclorociclohexano (HCH)	X	1
		Compuestos organohalogenados (en AOX)	X	1.000
0,001	X	PCDD+PCDF - dioxinas y furanos (en Teq) ³		
10	X	Pentaclorofenol (PCP)		
2.000	X	Tetracloroetileno (PER)		
100	X	Tetraclorometano (TCM)		
10	X	Triclorobenceno (TCB)		
100	X	Tricloroetano -1,1,1 (TCE)		
2.000	X	Tricloroetileno (TRI)		
500	X	Tricloroemetano		
Kg/año		Otros compuestos orgánicos		Kg/año
1.000	X	Benceno		
		Benceno, Tolueno, etilbenceno, xilenos (en BTEX)	X	200
		Difeniléter bromado	X	1
		Compuestos organoestánicos (en Sn total)	X	50
50	X	Hidrocarburos aromáticos policíclicos ⁴	X	5
		Fenoles (en C total)	X	20
		Carbono orgánico total - TOC (en C o DQO/3 total)	X	50.000
Kg/año		Otros compuestos		Kg/año
		Cloruros (en Cl totales)	X	2.000.000
10.000	X	Cloro y compuestos inorgánicos (en HCl totales)		
		Cianuros (en CN totales)	X	50
		Fluoruros (en F totales)	X	2.000
5.000	X	Flúor y compuestos inorgánicos (en HF)		
200	X	HCN		
50.000	X	PM ₁₀		
37		Número de contaminantes		26

¹ Suma de HFC23, HFC32, HFC41, HFC4310mee, HFC125, HFC134, HFC134a, HFC152a, HFC143, HFC143a, HFC227ea, HFC236fa, HFC245ca.

² Suma de CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₁₀, C-C₄F₈, C₅F₁₂, C₆F₁₄.

³ TEQ: equivalentes de toxicidad, emisión de 17 isómeros de PCDD y PCDF relacionada con el isómero más tóxico 2,3,7,8 - CDD

⁴ Suma de HAP 6 Borneff: Benzo(a)pireno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3 - cd)pireno, Benzo(b)fluoranteno.

Nota: Los umbrales se refieren a cifras a partir de las cuales los Estados miembros tienen que reportar a Europa.

1.3.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDA/ CÁLCULO/ESTIMACIÓN

Todos los datos de emisiones deberán ir identificados con las letras **M** (medido), **C** (calculado) o **E** (estimado), las cuales indican su método de determinación, expresados en kg/año y con tres dígitos significativos.

En los casos en que el dato notificado sea la suma de las emisiones procedentes de más de una fuente existente en el complejo, se pueden utilizar diferentes métodos de determinación de emisiones en las distintas fuentes, se asignará un único código ("M", "C", o "E") que corresponderá al método utilizado para determinar la mayor contribución al dato total de emisión notificado.

A continuación se definen los términos de **MEDIDO, CALCULADO y ESTIMADO**.

MEDIDO

Dato de emisión con base en medidas realizadas utilizando métodos normalizados o aceptados; aunque sea necesario realizar cálculos para transformar los resultados de las medidas en datos de emisiones anuales. Un dato es medido cuando:

- ❑ Se deduce a partir de los resultados de los controles directos de procesos específicos en el Complejo, con base en medidas reales de concentración de contaminante para una vía de emisión determinada.
- ❑ Es el resultado de métodos de medida normalizados o aceptados.
- ❑ Se calcula con base en los resultados de un período corto y de medidas puntuales.

La fórmula general de aplicación a la hora de calcular las emisiones anuales (kg/año) a partir de medidas es la que a se indica a continuación:

Si concentración dada en mg/Nm³:

$$\text{Emisiones (kg/año)} = (\text{Concentración (mg/Nm}^3\text{)} \times \text{Caudal (Nm}^3\text{/h)} \times \text{Horas de funcionamiento anuales de la instalación})/10^6$$

Si concentración dada en ppm (partes por millón en volumen):

Bien aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones (kg/año)} = (\text{concentración [ppm]} \times \frac{\text{peso molecular contaminante } \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]}{22,4 \left[\frac{\text{l}}{\text{mol}} \right]} \times \text{Caudal} \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right] \times \text{Horas de funcionamiento anuales de la instalación}) / 10^6$$

22,4 litros es el volumen de un molen condiciones normales (273,15 K , y 101,3 Kpa).

O usar las siguientes relaciones de paso:

De	a	Multiplicar por
ppm NO _x	mg/Nm ³	2,05
ppm SO _x	mg/Nm ³	2,86
ppm CO	mg/Nm ³	1,25
ppm N ₂ O	mg/Nm ³	1,96
ppm CH ₄	mg/Nm ³	0,71

CALCULADO

Dato de emisión con base en cálculos realizados utilizando métodos de estimación aceptados nacional o internacionalmente y factores de emisión, representativos del sector industrial. Un dato es calculado cuando:

- ❑ Cálculos utilizando datos de actividad (como consumo de fuel, tasas de producción, etc.) y factores de emisión.
- ❑ Métodos de cálculo más complicados utilizando variables como la temperatura, radiación global, etc.
- ❑ Cálculos basados en balances de masas.
- ❑ Métodos de cálculo de emisiones descritos en referencias publicadas.

Como ejemplo de cálculo basándose en factores de emisión se presenta la tabla siguiente:

OPERACIÓN	FE (factor de emisión)
Cualesquiera proceso	Kg contaminante/t. Producto
	Kg contaminante/t. materia prima introducida
Combustión industrial	Kg contaminante/kWh GN
	Kg contaminante/Nm ³ GN
	Kg contaminante/termia GN
	Kg contaminante/t de combustible (fuel-oil, propano, gasóleo, carbón, coque,...)

ESTIMADO

Dato de emisión basado en estimaciones no normalizadas, deducido de las mejores hipótesis o de opiniones autorizadas. Un dato es estimado cuando:

- Opiniones autorizadas, no basadas en referencias disponibles publicadas.
- Suposiciones, en caso de ausencia de metodologías reconocidas de estimación de emisiones o de guías de buenas prácticas.

2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

En la **fundición de hierro** se fabrican piezas de hierro gris, hierro nodular o grafito esferoidal, y hierro maleable. Su receptor mayoritario es el sector de automoción.

En la **fundición de acero** se fabrican piezas de acero al carbono, de baja aleación, inoxidable, refractario, al manganeso, fundición blanca y otras aleaciones. La recepción de su producción se reparte de manera más equitativa entre diferentes sectores: maquinaria de obras públicas y canteras, y la valvulería y accesorios de tubería, seguidos de la industria del ferrocarril y de la construcción y cemento.

La fundición de hierro y acero se distinguen atendiendo al contenido en carbono de la aleación: Fundición de hierro (carbono > 2%) y Fundición de acero (carbono < 2%).

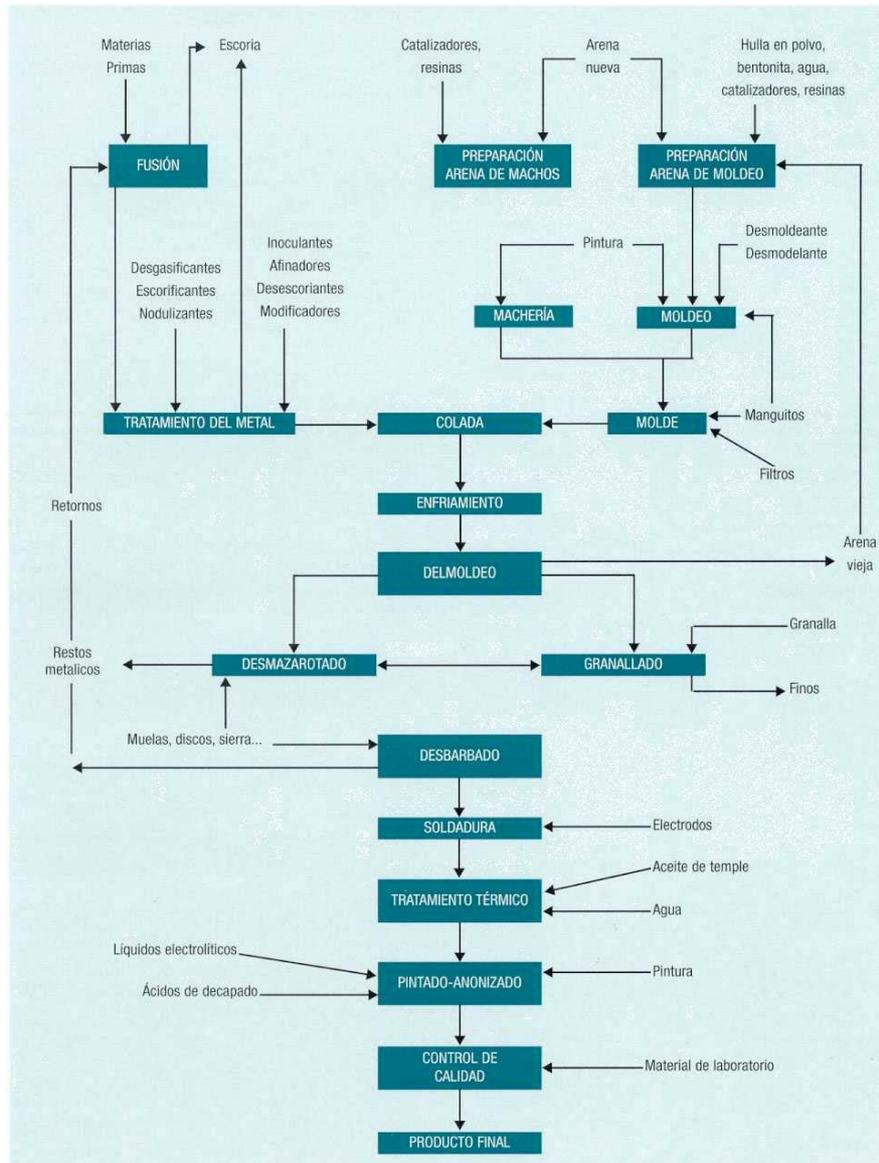
La fundición férrea en la CAPV consta de forma general de una serie de operaciones básicas:

1. Almacenamiento y manipulación de las materias primas.
2. Fusión de las materias primas (carga, fusión, recarga, refino, desescoriado).
3. Preparación de arena de machos y de moldeo.
4. Producción de moldes y machos.
5. Transferencia del metal fundido caliente en los moldes (colada en moldes).
6. Enfriamiento de los moldes y desmoldeo.
7. Acabados (limpieza de las piezas como desmazarotado, desbarbado, granallado; tratamientos de calor como el recocido; y otras operaciones de acabado)

No todas las fundiciones férreas de la CAPV desarrollan la totalidad de los procesos enumerados. El modo operativo individual de cada una de ellas suele ser diferente al del resto, pues *el tipo de tecnología empleada vendrá impuesto por las características del producto fabricado - composición química, tamaño de las piezas, fabricación seriada o bajo pedido, etc. - así como por los requisitos del cliente y los factores económicos que afectan a la producción.*

Se presenta a continuación un diagrama de flujo con las principales entradas de materias primas y de combustibles a proceso, así como las principales salidas, tanto en lo que a emisiones atmosféricas como a tipo de acero producido se refiere.

Figura 1: Diagrama general del proceso de Fundición.



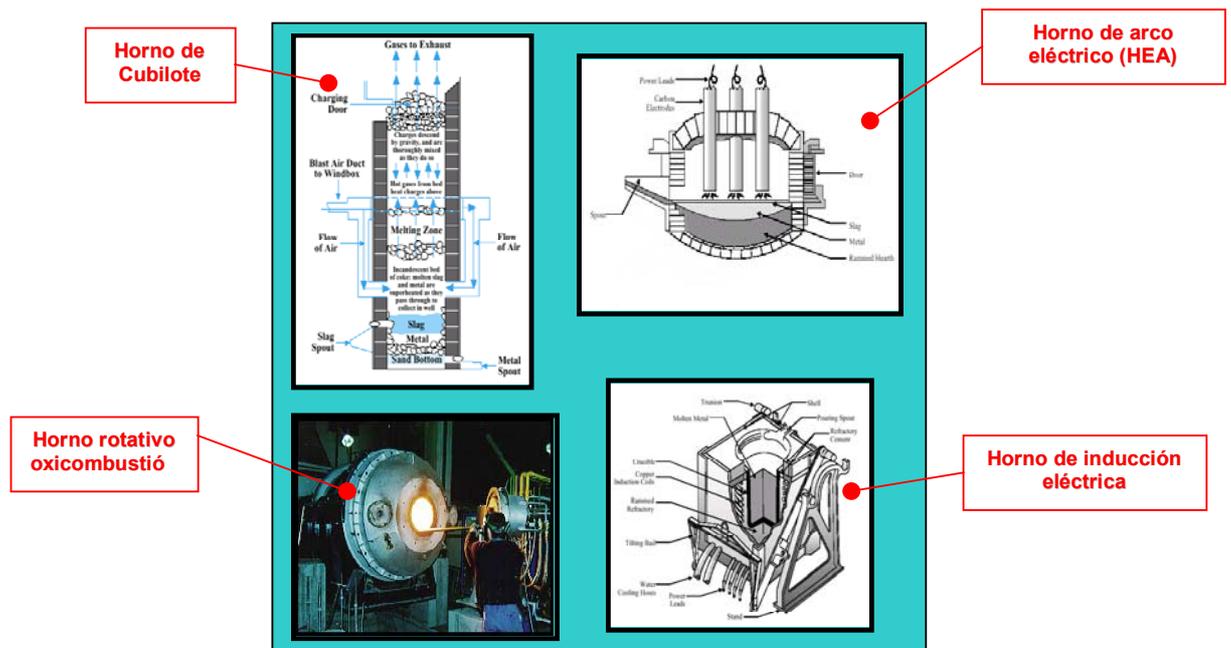
Fuente: Guías Tecnológicas - Fundación Entorno – 1.997-1.999

Se describen a continuación y de manera somera las principales etapas del proceso de fundición:

2.1.- PROCESO DE FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL FUNDIDO

El horno de fusión se carga inicialmente con las materias primas que se van a fundir: de procedencia externa (lingote, chatarra de acero, ferroaleaciones, fundentes y combustible) y de procedencia interna (bebederos, mazarotas, piezas defectuosas, etc). Las operaciones que se incluyen en un proceso básico de fusión son: **la carga, la fusión, y la recarga; el refinado**, operación durante la cual se ajusta la composición química para conseguir las especificaciones de producto; **lanzas de oxígeno** (para el caso de hornos de arco eléctrico), **el desescoriado**, y **el colado en moldes del metal fundido**.

Figura 2: HORNOS DE FUSIÓN EN FUNDICIÓN FÉRREA



2.2.- ARENERÍA - PRODUCCIÓN DE MOLDES Y MACHOS

Durante **la manipulación de arena (Arenería)**, la arena vieja procedente de la operación de desmoldeo se devuelve al área de preparación de arena de moldeo donde es limpiada, tamizada y reutilizada. Esta arena vieja regenerada, junto con otras materias primas (arena nueva, catalizadores, resinas, hulla, bentonita, agua) sirve para producir los moldes.

En el área de preparación de arena para machos se utiliza arena nueva, catalizadores y resinas para la producción de los machos.

En el área de moldeo y machería, se elaboran los moldes y machos, fundamentalmente de arena, con las huellas de las piezas que se van a fabricar. Cuando estas piezas tienen orificios internos se utilizan machos, para obtener el orificio sin necesidad de un mecanizado posterior.

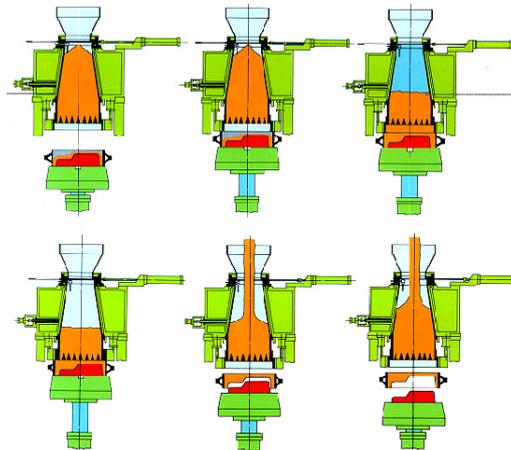
En la **producción de moldes** de arena se distinguen dos grupos principales:

- ⊗ Moldeo de arena en verde.
- ⊗ Moldeo de arena químico

En la **producción de machos**, los sistemas de aglomeración más utilizados:

- ⊗ Por caja fría (fenólico/uretano, fenólico/éster, silicato/CO₂, Furano/CO₂, epoxy/CO₂).
- ⊗ Por caja caliente/cáscara (resinas fenólicas, resinas furánicas, etc.).

Figura 3: Producción de molde en instalación mecanizada



Fuente: Guías tecnológicas. Fundación Entorno – 1.997-1.999

2.3.- COLADA, ENFRIAMIENTO DE MOLDES Y DESMOLDEO

Una vez que el metal fundido ha sido colado a los moldes se procede a su enfriamiento. Tanto en el caso de fundición de hierro como de acero, **los castings una vez enfriados se sitúan en una parrilla vibratoria en la que tiene lugar el desmoldeo**. Esta operación trata de separar la pieza de la arena. Se trata de separarla de la caja de moldeo y de hacer desaparecer la mayor parte de la arena, tanto en la superficie como en el interior (procedente de los machos).

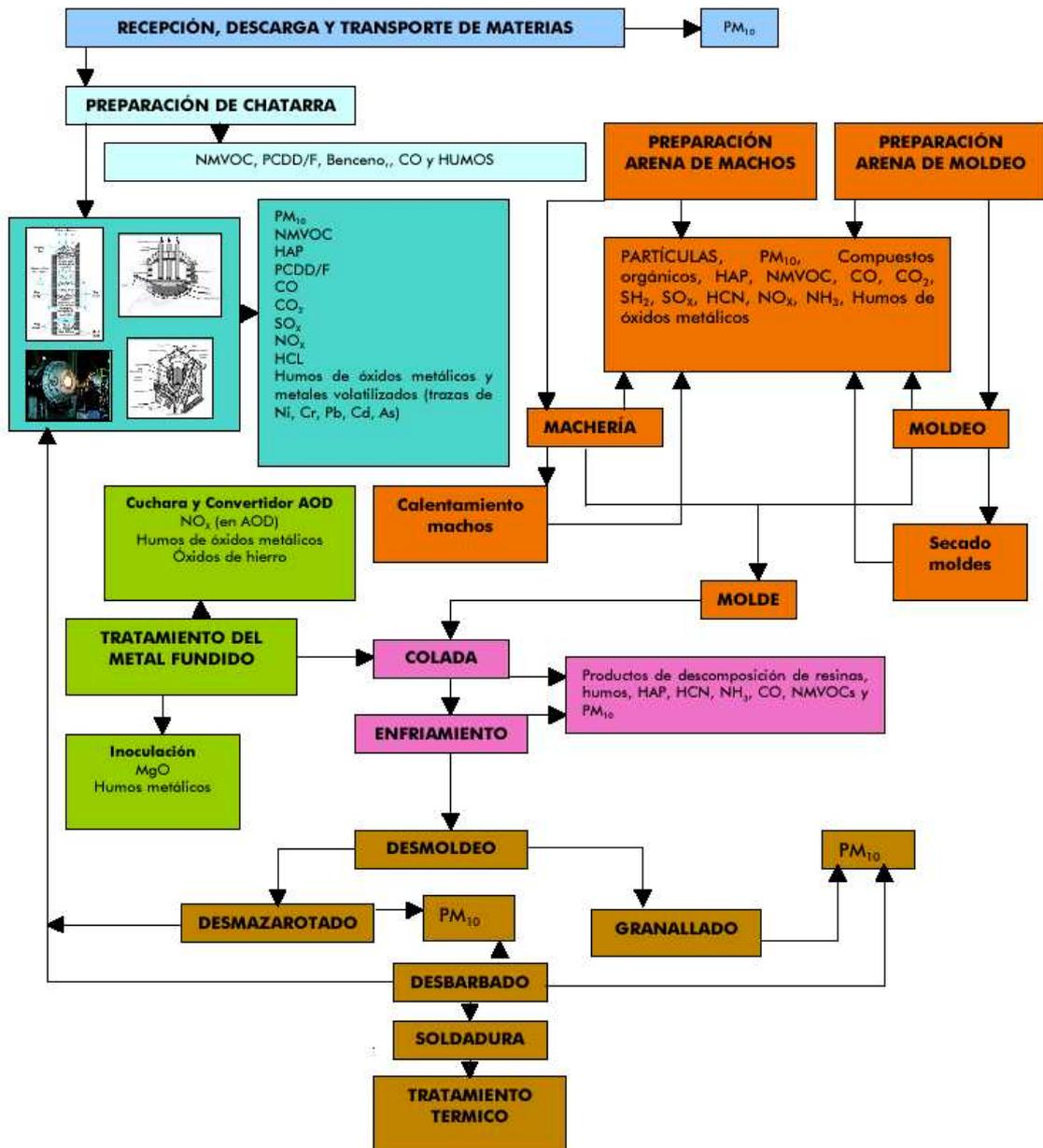
2.4.- OPERACIONES DE ACABADO

Tras el desmoldeo siempre queda una capa de arena calcinada recubriendo la pieza, así como restos de machos en el interior de las cavidades. De esta manera se procede a la eliminación de la arena con el **granallado**. Tras el granallado se procede al **desbarbado** de las piezas. Con ello se persigue eliminar todos los excesos de material presentes en la superficie de las piezas. Entre las operaciones de acabados pueden considerarse también el mecanizado de las piezas, la recuperación por soldadura de los defectos superficiales, y el tratamiento térmico como el recocido.

3.- EMISIONES ATMOSFÉRICAS: IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES

Las principales emisiones atmosféricas se describen a continuación:

Figura 4: Diagrama de flujo de emisiones atmosféricas



La mayor cantidad de emisiones se produce en las etapas de **Fusión, Arenería y Producción de moldes y machos**. Se describen a continuación y de manera somera las emisiones en estas etapas.

3.1.- PROCESO DE FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL FUNDIDO

✧ Horno de Cubilote

La fuente principal de las emisiones está en la combustión incompleta del coque y del carbón (cuando se consume), y en la suciedad e inclusiones de la carga de chatarra.

Hornos de cubilote
<i>CO₂, CO, SO₂, NO_x, Partículas (podrían contener Cd, CaO, FeO, Pb, MgO, MnO, SiO, Zn), PM₁₀, NMVOC's, HAP, Benceno, PCDD/F (dioxinas y furanos).</i>

✧ Horno eléctrico de arco (HEA)

HEA
<i>CO₂, CO, NO_x, PM₁₀, Partículas sólidas que contienen óxidos minerales y metálicos, compuestos orgánicos gaseosos (NMVOC, PCDD/F, etc.), elementos traza (Ni, Cr⁶⁺, Pb, Cd, As)</i>

✧ Horno de inducción eléctrica

Horno de inducción eléctrica
<i>PM₁₀, Partículas sólidas que contienen óxidos minerales y metálicos, compuestos orgánicos gaseosos (NMVOC, etc.), elementos traza (Ni, Cr⁶⁺, Pb, Cd, As)</i>

✧ Horno rotativo oxicomustión

Horno de inducción eléctrica
<i>PM₁₀, CO₂, CO, NO_x, NMVOC</i>

3.2.- ARENERÍA - PRODUCCIÓN DE MOLDES Y MACHOS

Las mayores emisiones en las operaciones de producción de moldes y machos son de PM₁₀ y proceden de la regeneración de arena, preparación de arena, mezcla de la arena con aditivos y aglomerantes, y de la conformación de moldes y machos.

Las emisiones de NMVOC's y demás contaminantes gaseosos (CO, CO₂, HCN, SH₂, NH₃, Benceno, HAP, SO_x, NO_x) proceden del uso de los aglomerantes orgánicos y catalizadores, y de procesos de calentamiento durante la fase de producción de los moldes y los machos. Las emisiones se producen principalmente durante el calentamiento o vulcanizado de los moldes y machos o durante la extracción de los machos de sus cajas.

ARENERÍA
PM₁₀
Moldeo de arena en verde
PM₁₀
Moldeo de arena químico y MACHERÍA
PM₁₀ ; Compuestos orgánicos: HAP (Hidrocarburos aromáticos policíclicos), NMVOC's , Benceno ; Compuestos inorgánicos: SO_x , Amoniaco (NH₃) , cianuro de hidrógeno (HCN), Olores (SH ₂).

3.3.- COLADA EN MOLDES, ENFRIAMIENTO Y DESMOLDEO

Colada en moldes, enfriamiento y desmoldeo
Productos de combustión (CO , CO₂ , NO_x , SO_x de precalentamiento de cucharas de colada); Emisiones gaseosas (NMVOC's , Benceno , HAP (Hidrocarburos aromáticos policíclicos) de volatilización y degradación térmica, compuestos químicos de aglomerantes o negros de fundición, vaporización de modelos desechables, olores. PM₁₀ de desmoldeo.

Contaminantes recogidos en sublista sectorial del Documento Guía para realización del EPER (20)

PM ₁₀	HCl	HF	HAP	C ₆ H ₆	HCN	PCDD/F	Zn	Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	SO _x	NO _x	NMVOC	CO ₂	CO	NH ₃	PFCs
------------------	-----	----	-----	-------------------------------	-----	--------	----	----	----	----	----	----	-----------------	-----------------	-------	-----------------	----	-----------------	------

Tabla 1: RELACIÓN DE CONTAMINANTES QUE SE EMITEN EN CADA UNA DE LAS PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

Proceso		Contaminante																		
		PM ₁₀	HCl	HF	HAP	C ₆ H ₆	HCN	PCDD/F	Zn	Pb	Ni	Cr	Cd	As	SO _x	NO _x	NMVOC	CO ₂	CO	NH ₃
Horno de Fusión	Cubilote																			
	HEA																			
	Inducción																			
	Rotativo Oxidación																			
Refino (convertidor AOD y Cuchara)																				
Refino (Inoculación)																				
Machería																				
Manipulación de arena - producción de moldes																				
Secado de moldes																				
Colada y enfriamiento																				
Desmoldeo																				
Granallado, desmazarotado, desbarbado																				

El **As** y sus compuestos no están recogidos en la sublista sectorial del Documento Guía para la realización del EPER para el sector en estudio. No obstante, a través de fuentes como la queda patente que estos compuestos se emiten a la atmósfera. Por el contrario, hay **compuestos que apareciendo en esta sublista sectorial (PFCs, Cu y sus compuestos)** se ha considerado no van a ser emitidos: No se ha podido determinar la fuente de su potencial emisión.

Leyenda:  Se dispone de factor de emisión  No se dispone de factor de emisión

4.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDA/CÁLCULO/ESTIMACIÓN

La evaluación de las emisiones tiene como prioridad la utilización de las medidas que las fundiciones hayan podido realizar (preferentemente las realizadas por una OCA). En ausencia de medidas, se recurre a la evaluación de las emisiones a partir de factores de emisión (cálculo).

Los factores de emisión son los ratios que expresan la cantidad emitida de una sustancia por tonelada de metal producido, unidad de combustible consumido, etc. Los factores utilizados en este sector son los que se detallan a continuación:

OPERACIÓN	FE (factor de emisión)	
Combustión industrial	Gasóleo C	Kg contaminante/t gasóleo C
	Coque	Kg contaminante/t coque
	Carbón	Kg contaminante/t carbón
	Gas natural	Kg contaminante/Nm ³
Kg contaminante/termia		
Kg contaminante/kWh		
Fusión, refino y operaciones auxiliares	Kg/t. Metal líquido producido	
	Kg/t. Metal cargado	
	Kg/t. Materia prima cargada	
	Kg/t. Metal inoculado	
	Kg/t. Abrasivo utilizado	
	Kg/t. Arena manipulada	

Las principales fuentes consultadas y de donde se han obtenido la mayor parte de los factores son:

- **EEA: EMEP/CORINAIR (Atmospheric Emission Inventory Guidebook).**
- **U.S. EPA (Emission Factor and Inventory Group).**
- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).**
- **Universidad de KARLSRUHE (Alemania).**
- **Office Industrial Technologies (Department of energy - US)**
- **Servicios Medioambientales del Estado de Maricopa (Arizona)**

A continuación se presentan las tablas para cada contaminante/proceso con el/los factores de emisión adecuados para la estimación de las emisiones. Estas tablas son la herramienta práctica de consulta a la hora de estimar las emisiones.

4.1.- PM₁₀ Y METALES PESADOS

Se propone a continuación el método de evaluación de las emisiones a partir de factores de emisión (cálculo) para PM₁₀ (excepto para los casos especificados a pie de tabla) y metales pesados.

✦ FUSIÓN

ACERO/ HIERRO GRIS		Equipo de depuración	Sin depuración		Con depuración	
			Hierro gris	Acero	Hierro gris	Acero
			Kg/t. Hierro gris	Kg/t. acero	Kg/t. Hierro gris	Kg/t. acero
FUSIÓN	Cubilote	Torre de lavado	6,2	ND	<1,6 ¹	ND
		Lavador Venturi			1,17	
		Precipitador electrostático			<0,7 ¹	
		Filtro de mangas			0,38	
		Lavador húmedo simple			<4 ¹	
		Lavador de choque			<2,5 ¹	
		Lavador de alta energía			<0,4 ¹	
	HEA	Filtro de mangas	5,8	5,7 ³	<0,2 ¹	0,09
		Precipitador electrostático			ND	0,29
		Lavador Venturi			ND	0,23
	Inducción eléctrica ⁴	Filtro de mangas	< 0,5 ²	0,045 ⁵	<0,1 ¹	ND
	Horno rotativo oxícombustión		ND	ND	ND	ND

¹ Específico de Partículas sólidas totales(PST).

² Específico de Partículas sólidas totales(PST).

³ Si se dispone de equipo de depuración se deberá aplicar la eficacia media para el equipamiento que se describe a continuación: Precipitador electrostático (92-98%), Filtro de mangas (98-99%), Lavador Venturi (94-98%).

⁴ Normalmente no dispone de equipo de depuración.

⁵ Factor EPA de emisión. Parece excesivamente pequeño para lo que parece suceder en el sector. Será un factor a revisar a partir de medidas realizadas en hornos de inducción en Fundiciones de hierro gris.

ND = No disponible

❖ PROCESOS AUXILIARES

PROCESO			CAPV		
			Con depuración	Sin depuración	
			kg/t metal líquido		
Acero	Manipulación de la carga		ND	0,18	
	Manipulación de arena en la elaboración de moldes y machos	Sin control		0,27 ^(A)	
		Scrubber	0,004 ^(A)	ND	
		Filtro mangas	0,015 ^(A)		
	Estufas de secado de machos			0,45	
	Colada en moldes			1,4	
	Desmoldeo		ND	0,85	
Enfriamiento de los casting			0,7		
Hierro gris	Manipulación de la carga y de la chatarra/calentamiento		ND	0,18	
	Manipulación de arena	Sin control		<1,8 ^{1(A)}	
		Scrubber	<0,023 ^{1(A)}	ND	
		Filtro mangas	<0,1 ^{1(A)}		
	Refino			<2 ¹	
	Tratamiento con magnesio		ND	<0,9 ¹	
	Estufas de secado de machos			0,45	
	Colada y enfriamiento	Filtro de mangas		0,007	1,03
		Scrubber	Baja eficacia	0,47	
			Media eficacia	0,42	
			Alta eficacia	0,065	
			Venturi	0,065	
	Desmoldeo	Filtro de mangas		0,008	1,12
		Scrubber	Baja eficacia	0,58	
			Media eficacia	0,52	
Alta eficacia			0,072		
Venturi			0,072		
Operaciones de acabado (granallado, desbarbado, etc.)		0,69 ²	<8,5 ¹		

^(A) En kg/t.arena manipulada.

¹ Específico para PST.

² Específico para Granallado con granalla de acero (para PST después de filtro de mangas) - unidades en kg/Tn granalla

ND = No disponible

El cálculo de PM₁₀ (Horno de Cubilote en Fundición de Hierro gris):

- PM₁₀ = 0,90 x PS (sin depuración)
- PM₁₀ = 0,95 x PS (después de Filtro de mangas)
- PM₁₀ = 0,78 x PS (después de Lavador Venturi)

El cálculo de PM₁₀ (Colada y Desmoldeo en Fundición de Hierro gris):

- PM₁₀ = 0,49 x PS (en "Colada" sin depuración)
- PM₁₀ = 0,70 x PS (en "Desmoldeo" sin depuración)

El cálculo de PM₁₀ (Horno de Arco Eléctrico: HEA en Fundición):

- PM₁₀ = 0,58 x PS (sin depuración)
- PM₁₀ = 0,76 x PS (después de Filtro de mangas)

❖ METALES PESADOS

Contaminante/proceso			HIERRO GRIS y NODULAR (CUBILOTE)	ACERO (HEA)	
				Acero al carbono/aleado	Acero inoxidable
			kg/t. hierro producido	kg/t. acero producido	
Arsénico (As)			3x10 ⁻⁴	1,6x10 ⁻⁵	2,5x10 ⁻⁶
Cadmio (Cd)			1,4x10 ⁻⁴	4,2x10 ⁻⁵	1,1x10 ⁻⁵
Cromo (Cr)			1,1x10 ⁻³	1,6x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻³
Plomo (Pb)	Con depuración (desconocida)		7,2x10 ⁻³⁽¹⁾	2,3x10 ⁻³	4,1x10 ⁻⁴
	Sin depuración		0,3		
	Postcombustión/lavador Venturi		7,8x10 ^{-4(A)}		
	Postcombustión/filtro mangas		1,34x10 ⁻³		
Níquel (Ni)			5x10 ⁻⁴	4,2x10 ⁻⁵	8,3x10 ⁻⁴
Zinc (Zn)			5x10 ⁻³	8,3x10 ⁻³	1x10 ⁻³
Contaminante/proceso			HIERRO GRIS y NODULAR	ACERO	
Arsénico (As) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Plomo (Pb) Níquel (Ni) Zinc (Zn)	COLADA		7x10 ⁻⁷	ND	
			2,7x10 ⁻⁶		
			5,5x10 ⁻⁵		
			7,5x10 ⁻⁵		
			2,5x10 ⁻⁵		
			NA		
Arsénico (As) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Plomo (Pb) Níquel (Ni) Zinc (Zn)	ENFRIAMIENTO	Sin depuración	NA		
			1,25x10 ⁻⁵		
			1,15x10 ⁻⁴		
			1,1x10 ⁻⁴		
			NA		
			NA		
Arsénico (As) Cadmio (Cd) Cromo (Cr) Plomo (Pb) Níquel (Ni) Zinc (Zn)	DESMOLDEO		< 3x10 ⁻⁴		
			< 1x10 ⁻³		
			< 2,6x10 ⁻⁴		
			< 5x10 ⁻⁴		
			< 3x10 ⁻⁴		
			NA		

⁽¹⁾ Utilizar este valor en caso de que los datos abajo no se ajusten a su caso.

^(A) Expresado en kg/t. materia procesada.

ND = No disponible

4.2.- CO, SO_x, NMVOC_s Y NO_x

La fórmula general de cálculo es la que se propone:

$$\text{Gas (kg/año)} = \text{Gas confinado (salida de equipo depuración) o no confinado} + \text{Gas de combustión}^1 = \text{FP (kg/año)} + \text{EC (factor emisión x consumo combustible/año)}$$

¹ Referido a gases de combustión procedentes de Calderas, Quemadores, etc.

Donde FP (kg gas/año) = Factor de emisión (kg gas/t metal líquido) x Producción de hierro/acero (t metal líquido/año)

Donde EC (kg gas/año) = Factor de emisión (kg gas/unidad combustible) x Consumo de combustible/año

❖ FUSIÓN

PROCESO	CONTAMINANTE		CAPV	
			HIERRO GRIS (kg/t. hierro gris producido)	ACERO (kg/t. acero producido)
CUBILOTE	CO	No Postcomb	73	NO SE UTILIZA
		Sí Postcomb	3,65 ^C	
	SO _x	No depuración	15 ¹	
		Scrubber alta energía	30 ²	
	NO _x		7,5 ¹	
			15 ²	
NMVOC's	No Postcomb	0,05 ^B		
	Sí Postcomb	0,09 ^B		
HORNO ROTATIVO OXICOMBUSTIÓN	CO		ND	
	SO _x		NA	
	NO _x		ND	
	NMVOC's		NA	
HORNO ELÉCTRICO DE ARCO	CO		9,75 ³	
	SO _x		NA	
	NO _x		0,1	
	NMVOC's		0,09 ³	
HORNO INDUCCIÓN ELÉCTRICA	CO		NA	
	SO _x		NA	
	NO _x		NA	
	NMVOC's		NA	

¹ Expresado en kg/t coque consumido (%S en coque: 0,5-1% - CORINAIR). Asumimos 0,75% de S.

² Expresado en kg/t carbón consumido (%S en carbón de contenido medio en S: 1,5% - IPCC).

³ Valores específicos de HEA en fundición de hierro gris.

^B Expresado en kg/t. Materia cargada.

^C Si el cubilote tiene postcombustión (hasta 95% eficacia para CO y compuestos orgánicos: NMVOC's, HAP, Dioxinas y furanos, Benceno, etc-KARLSRUHE) en chimenea del horno ⇒ Minimización de emisiones de compuestos orgánicos y CO.

4.3.- CO₂

❖ FUSIÓN

1. Horno de Cubilote

Postcombustión en chimenea de salida ¹	%CO ₂ en gas de salida
SÍ	100
NO	85

¹ En el caso de que SÍ exista Postcombustión en el Horno de Cubilote se supone que todo el C pasa a CO₂ (aproximación que se hace ya que en este caso el CO presente será muy poco significativo respecto al total de CO₂).

La fórmula de cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes del Horno de cubilote:

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ (kg/año)} = \% \text{CO}_2 \text{ en gas de salida} / 100 \times [\text{toneladas/año CO}_3\text{Ca} \times 44/100 + \text{toneladas/año de coque} \times 2,63 \text{ t. CO}_2/\text{t. coque} + \text{toneladas/año de carbón} \times 2,43 \text{ t. CO}_2/\text{t. carbón}] \times 10^3$$

2. Horno de Arco Eléctrico (HEA)

Prácticamente todo el carbono eliminado durante el proceso pasará a CO₂ (se supone una conversión del 100% de C a CO₂).

Las principales fuentes a tener en cuenta en las emisiones de CO₂ procedentes de los HEA, son el coque y/o carbón introducido (carbono de inyección). No obstante, otra fuente de emisión de CO₂ como son los electrodos de grafito se toma en consideración.

No se han considerado, por su poca significación, las emisiones procedentes del balance de carbono entre la chatarra de acero y el acero líquido producido.

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ (kg/año)} = [\text{toneladas/año CO}_3\text{Ca} \times 44/100 + \text{toneladas/año C}_2\text{Ca} \times 88/64 + (\text{Factor emisión}_{\text{consumo electrodos}} \times \text{toneladas/año de acero producido})/10^3 + \text{toneladas/año de coque} \times 2,63 \text{ t. CO}_2/\text{t. coque} + \text{toneladas/año de carbón} \times 2,43 \text{ t. CO}_2/\text{t. carbón}] \times 10^3$$

Factor emisión_{consumo electrodos} = 1,25 kg CO₂/tonelada acero producido (IPCC-1996).

Para el carbón: 25,8 t C/TJ x 0,616 tep/t carbón x 41,868 GJ/tep x 44/12 t CO₂/t C = 2,43 t CO₂/t carbón

Para el coque: 25,8 t C/TJ x 0,665 tep/t carbón x 41,868 GJ/tep x 44/12 t CO₂/t C = 2,63 t CO₂/t coque

4.4.- NH₃, BENCENO, HCN Y NMVOC_s

Las siguientes tablas proporcionan los factores de emisión de distintos contaminantes que se encuentran en los aglomerantes utilizados en los procesos de moldeo y machería.

La fórmula general de cálculo es la que se propone:

$$\text{Gas (kg/año)} = [(\text{g contaminante/kg aglomerante}) \times (\text{kg aglomerante/año})] \times 10^{-3}$$

Tabla 2: Factores de emisión de los constituyentes de los aglomerantes más comunes en fundición.

Constituyente del aglomerante	Factor de emisión de contaminante (g/kg) ^{Aa}			
	Fenólico Endurecimiento en frío	Fenólico Uretano	Fenólico Caja caliente	Arena verde
Amoníaco (NH ₃)	0,039	0,083	10,931	0,065
Benceno	11,209	5,351	1,002	0,611
HCN	0,029	1,053	1,184	0,118
NMVOC's	13,06	11,73	2,73	0,97

^A Expresado en gramos de compuesto químico liberado a la atmósfera por cada kg de negro mineral (hulla) o resina añadida.

Constituyente del aglomerante	Factor de emisión de aglomerante (g/kg) ^{Aa}			
	Aceite para machos	Cáscara	Alkyd Isocianato	Silicato de Sodio-Éster
Amoníaco (NH ₃)	0,038	3,86	0,037	0,038
Benceno	2,344	6,667	5,336	1,41
HCN	0,086	10,526	0,175	0,179
NMVOC's	3,59	23,29	13,62	2,5

^A Expresado en gramos de compuesto químico liberado a la atmósfera por cada kg de resina añadida.

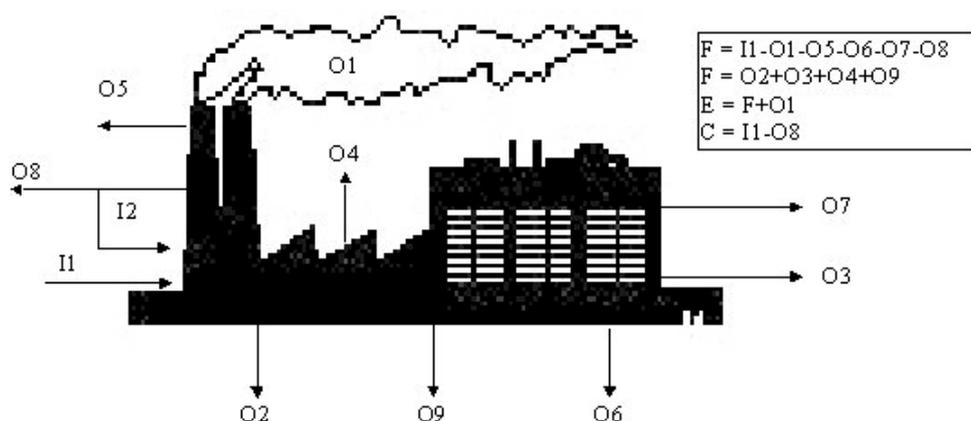
Constituyente del aglomerante	Factor de emisión de aglomerante (g/kg) ^A		
	Furano Bajo nitrógeno	Catalizador Furano TSA Nitrógeno medio	Furano Caja caliente
Amoníaco (NH ₃)	0,04	0,202	19,579
Benceno	0,648	4,534	0,537
HCN	0,368	0,607	3,474
NMVOC's	4,37	14,42	4,13

^A Expresado en gramos de compuesto químico liberado a la atmósfera por cada kg de resina añadida.

❖ **NMVOCS** procedentes de aplicación de barnices y pinturas en operación de pintado de moldes y machos.

Se propone un método de cálculo basado en el plan de gestión de disolventes. (Anexo III Directiva de VOC's 1999/13/CE). A continuación se describe en detalle el balance de masa aplicado a los disolventes:

Figura 5: Figura ilustrativa del balance de masa aplicado a los disolventes.



Donde:

C: consumo anual de disolventes en la instalación.

E = emisiones totales

F = **emisión fugaz** (formada por VOC's emitidos al aire (O4), suelo (O9), agua (O2) así como los disolventes que se encuentren en el producto (O3), a no ser que se indique lo contrario en el anexo II. No estaría incluido lo que sale por chimenea (O1).

I1 = Cantidad de disolvente materia prima.

I2 = Cantidad de disolvente reutilizado.

O1 = Emisiones atmosféricas por chimenea (Gases residuales).

O2 = Vertidos líquidos que contienen disolventes. (Si hubiera un tratamiento de los gases con una torre de lavado, se generaría un vertido líquido que habría que considerarlo como O2.)

O3 = Cantidad de disolvente que contiene el producto.

O4 = Emisiones fugaces.

O5 = Disolventes perdidos en reacciones físicas o químicas (se incluyen, por ejemplo, los que se destruyen, como por incineración u otro tratamiento de gases residuales, o se capturan, como por adsorción,)

- O6** = Cantidad de disolvente que contienen los residuos recogidos.
O7 = Disolventes vendidos como productos comerciales.
O8 = Disolventes contenidos en preparados recuperados para su reutilización.
O9 = Disolventes contenidos en otras vías.

4.5.- HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP)

PROCESO	Equipo de depuración	EPA	CAPV
		Kg/t. metal líquido	
Cubilote	Postcombustión/ Filtro de mangas	$(5,58 \times 10^{-6} - 2,31 \times 10^{-5})^{(1)}$	$1,57 \times 10^{-5}$
		Department of Energy - US	CAPV
		Kg/t. metal	
Colada y enfriamiento	Sin depuración	$6,5 \times 10^{-4(2)}$	ND
Desmoldeo	Sin depuración	$0,021^{(3)}$	ND

(1) Valores procedentes de 2 programas de prueba en cubilote en una planta. Los valores se obtuvieron cargando de manera discontinua con lingote de hierro, chatarra de hierro y acero, coque y caliza.

Tienen en cuenta los siguientes hidrocarburos aromáticos: **Benzo(a)pireno**, **Benzo(ghi)perileno**, **Benzo(k)fluoranteno**, **Fluoranteno**, **Indeno(1,2,3-cd)pireno**, **Benzo(b)fluoranteno**.

(2),(3) Valores orientativos ya que la fuente no distingue el tipo de moldeo/machería utilizado en la instalación. Además representan la materia orgánica policíclica total sin especificar los compuestos que la forman. **Serán emisiones a tener en cuenta en el caso de que no exista depuración, de cara a la superación del umbral límite de acuerdo a la Decisión EPER.**

4.6.- DIOXINAS Y FURANOS (PCDD/F)

- ✦ Horno de Cubilote (Hierro gris y nodular):

FUSIÓN	Kg/t. Hierro fundido			
	dioxinas	furanos	dioxinas	furanos
Equipo depuración	Postcombustión/filtro de mangas		Sin depuración	
HIERRO GRIS y NODULAR	CAPV			
	$8,18 \times 10^{-11}$	$0,29 \times 10^{-11}$	$2,7 \times 10^{-7}$	$0,8 \times 10^{-6}$
	TOTAL (dioxinas + furanos)			
	$8,47 \times 10^{-11}$		$1,07 \times 10^{-6}$	

✦ Horno de Arco Eléctrico (HEA)

Dioxinas y Furanos (PCDD/F) ¹ - CAPV (µg I-TEQ/t acero)	
Aceros al Carbono, Aleados e Inoxidable	
Chatarra metálica con aceites de corte	1 ²
Chatarra metálica con PVC	20 ²
Chatarra metálica "sin Cloro"	0,7 ²
Chatarra metálica con CaCl ₂	0,2 ²

¹ Valores procedentes del Reino Unido (UK)

² Datos específicos de plantas de hierro y acero usando Filtro de mangas como equipo de depuración.

4.7.- HCL Y HF

Contaminante/proceso		ACERO (HEA)	
		kg/t. acero producido	
		Acero al carbono/aleado ¹	Acero inoxidable ¹
HCl	FUSIÓN	9,6 x 10 ⁻³	4,8 x 10 ⁻³
HF		2,35x10 ⁻³	

¹ Valores específicos de la producción de acero en Horno de Arco Eléctrico - Documento BREF de "Producción de Hierro y Acero" - Diciembre 2.001

Contaminante/proceso		HIERRO GRIS Y NODULAR
		kg/t. hierro producido
HCl	FUSIÓN	ND

4.8.- EVALUACIÓN DE EMISIONES A PARTIR DE MEDIDAS

PM₁₀

- La fórmula de medida de PS es la que se propone a continuación (teniendo en cuenta que **se dispone de medidas de Partículas**):

Las medidas de PS (mg/Nm³) se corresponden por lo general con 3 muestras por lo que tendremos PS₁, PS₂, PS₃ y 3 caudales en base seca C_{S1}, C_{S2}, C_{S3} (Nm³/h).

El caudal másico **M (kg PS/h) = (PS₁ x C_{S1} + PS₂ x C_{S2} + PS₃ x C_{S3})/(3 x 10⁶)**

$$\text{PS (kg/año)} = \text{PS confinadas (salida equipo de depuración)} = M \text{ (kg PS/año)} \times \text{Horas funcionamiento (h/año)}$$

Metales Pesados

- La fórmula de medida de **Metales pesados** es la que se propone a continuación (teniendo en cuenta que **se dispone de medidas de Partículas sólidas y de análisis de la composición del polvo de fundición retenido en equipo de depuración: (filtro de mangas o precipitador electrostático) o bien del análisis de metales pesados de los lodos de depuración procedentes de lavadores húmedos (scrubber).**

$$\text{Metal pesado (kg/año)} = \text{Metal confinado (salida equipo depuración)} = M' \text{ (kg PS/año)} \times \text{metal pesado (kg metal pesado/kg PS)}$$

Donde $M' = M \text{ (kg PS/h)} \times \text{Horas funcionamiento (h/año)}$

- Partiendo de la **medición de metales pesados** que alguna OCA haya podido realizar a la empresa ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) a partir de la medida de PS (mg/Nm^3).

Las medidas de cada metal pesado ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) se corresponden por lo general con 3 muestras por lo que tendremos Metal₁, Metal₂, Metal₃ y 3 caudales en base seca C_{S1}, C_{S2}, C_{S3} (Nm^3/h).

El caudal másico M_{metal} (**kg metal pesado/h**) = $(\text{Metal}_1 \times C_{S1} + \text{Metal}_2 \times C_{S2} + \text{Metal}_3 \times C_{S3}) / (3 \times 10^9)$

$$\text{Metal pesado (kg/año)} = \text{Metal confinado (salida equipo depuración)} = M_{\text{metal}} \text{ (kg metal pesado/año)} \times \text{Horas de funcionamiento (h/año)}$$

GASES

- En el caso de que se disponga de **medidas de gases**: CO (ppm ó mg/Nm³), NO_x (ppm ó mg/Nm³), NMVOC (mg C orgánico/Nm³) u otros, se propone la fórmula de evaluación siguiente:

Si medidas en **ppm**, pasar a **mg/Nm³** (ver apdo 1.3).

Las medidas de GASES (mg/Nm³) se corresponden por lo general con 3 muestras por lo que tendremos Gas₁, Gas₂, Gas₃ y 3 caudales en base seca C_{S1}, C_{S2}, C_{S3} (Nm³/h).

El caudal másico **G (kg Gas/h) = (Gas₁ x C_{S1} + Gas₂ x C_{S2} + Gas₃ x C_{S3})/(3 x 10⁶)**

Gas (kg/año) = Gas confinado (salida de equipo depuración) + Gas de combustión¹ = G' (kg/año) + EC (factor emisión x consumo combustible/año)

¹ Referido a gases de combustión procedentes de calderas, Quemadores, etc.

G' = G (kg Gas/h) x Horas funcionamiento (h/año)

EC (kg gas/año) = Factor de emisión (kg gas/unidad combustible) x Consumo de combustible/año

5.- FACTORES DE EMISIÓN DE INSTALACIONES AUXILIARES EN PROCESOS DE COMBUSTIÓN

Contaminante		CH ₄	CO	CO ₂	NMVOC's	NO _x	SO _x	N ₂ O	PM ₁₀	
Etapa de proceso		g/GJ	g/GJ	Kg/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	
Instalaciones auxiliares										
Calderas y quemadores (<50 MW)										
Gas natural	Aire	1,4	10	55,8	5	62	Desp.	1	Incont.	Desp.
	oxígeno	Desp.	Desp.	56,1	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Incont.	Desp.
Fuelóleo		3	10	77,0	10	150	497,6	0,26	Incont.	18,2
Gasóleo C		0,2	10	73,7	15	80	92,31	0,26	Incont.	3,23
GLP's		1	17	62,8	1,7	99	Desp.	4,5	Incont.	3,
Turbinas gas										
Gas natural		4	10	55,8	4	160	Desp.	4	Incont.	0,9
GLP's		1	1,6	62,8	1	398	Desp.	14	Incont.	2
Motores estacionarios										
Gas natural		4,7	136	55,8	47	1200	Desp.		Incont.	Desp
Gasolina		1,5	28,4	69,0	1321	738	38		Incont.	45,25
Fuelóleo		3	430,0	77,0	163	1996	430		Incont.	140,3
Biomasa										
Cortezas		12	290		50	100	5,2	5,9	Elect	18

g/GJ :gramo contaminante por Giga Julio de combustible consumido.

Desp.: despreciable

Incont. Incontrolado

Factores de emisión del CO₂ suponiendo un valor de oxidación de referencia de 0,99 para todos los combustibles sólidos y 0,995 para todos los demás combustibles. (Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004)

Tabla 3: Factores de paso a unidades de energía para los combustibles (PCI: poder calorífico inferior).

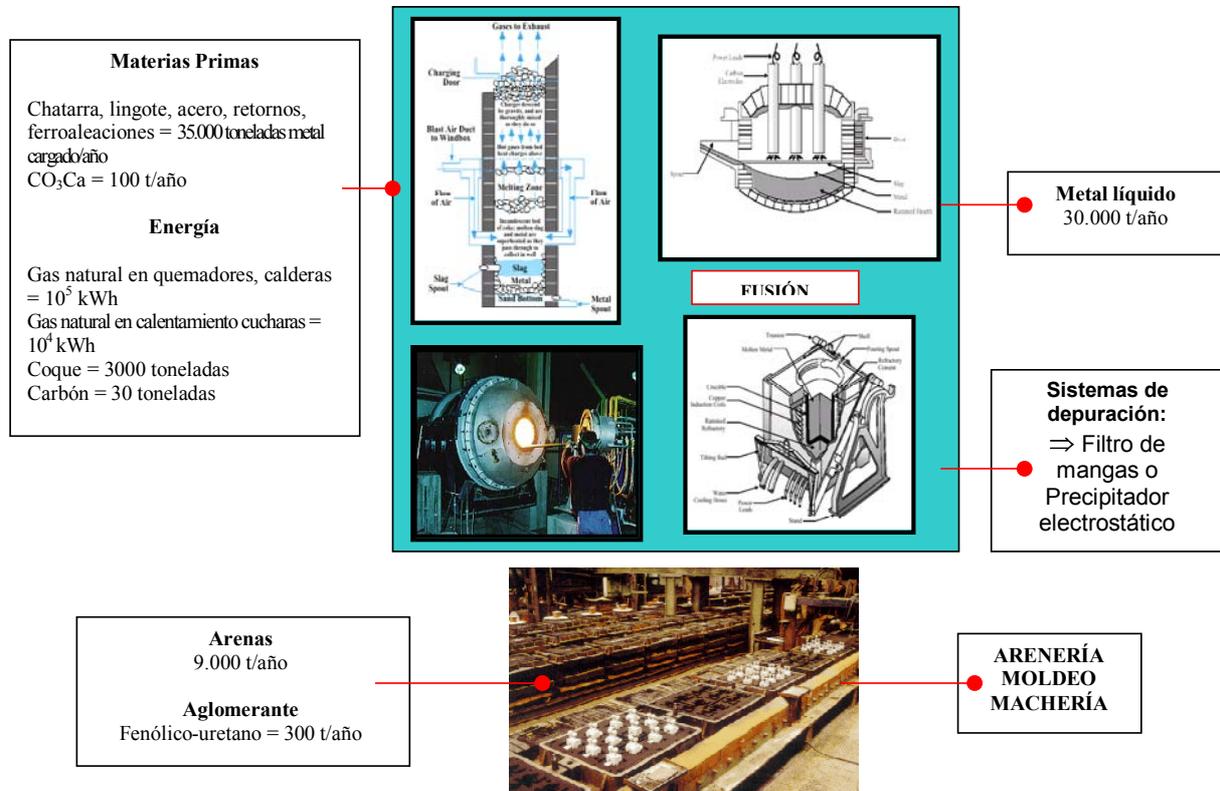
Tipo de combustible	Unidad disponible	Unidad requerida	Relación de paso*
Gas natural	MWh (PCS)	GJ	3,3 GJ/ MWh
Gas natural	MWh (PCI)		3,6 GJ/ MWh
Gas natural	Nm ³		0,038 GJ/Nm ³
Gas natural	Termias (PCS)		0,0038 GJ/ termia
Fuelóleo	Toneladas		40,2 GJ/ Tm
Gasóleo C	Toneladas		43,3 GJ/ Tm
Gasóleos A y B	Toneladas		43,3 GJ/ Tm
Gasolina	toneladas		44,80 GJ/ Tm
GLP´s	Toneladas		47,31 GJ/ Tm

*(Balances de Energía, EVE 2000)

Para el caso del PCI de la hulla, se recomienda el uso de del valor calorífico neto representativo de cada partida de combustible en una instalación.

El poder calorífico de la biomasa está en gran medida determinado por su contenido en humedad. Debido a la variabilidad del PCI de las cortezas se recomienda que sea determinado por medición.

6.- CÁLCULO DE LAS EMISIONES. EJEMPLO PRÁCTICO



DATOS ADICIONALES

Medidas realizadas por OCA a la salida del filtro de mangas del HORNO DE CUBILOTE:
 $[\text{NO}_x] = 60 \text{ ppm}$, $[\text{CO}] = 110 \text{ ppm}$, $[\text{Partículas sólidas}] = 5 \text{ mg/Nm}^3$

[Metales pesados]: 2 casos:

- Análisis de la composición de metales pesados (% metales pesados en polvo retenido en Filtro de mangas.**

Cr:0,9%, Ni:0,5%, As: 0,005%, Pb: 2,3%, Zn:22%, Cd:0,03%

- Resultados de mediciones de emisión de metales pesados ($\mu\text{g/Nm}^3$) realizados por OCA**

Cr: 100, Ni: 100, As: 5, Pb: 150, Zn: 3.000, Cd: 4 (Caudal_{base seca} conocido)

Categoría fuente Anexo A3 decisión EPER	Código NACE	Código NOSE-P	Proceso NOSE-P
2.4: Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día.	27	105.12	Procesos característicos de la fabricación de metales y productos metálicos (Industrias metalúrgicas)

EVALUACIÓN DE PM₁₀ Y DE METALES PESADOS

FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL LÍQUIDO

1. Evaluación de PM₁₀:

El caudal másico **M (kg PS/h) = (PS₁ x C_{S1} + PS₂ x C_{S2} + PS₃ x C_{S3})/(3 x 10⁶)**

- **PS₁ = 4 mg/Nm³; PS₂ = 6 mg/Nm³; PS₃ = 5 mg/Nm³**
- **C_{S1} = 60.000 Nm³/h; C_{S2} = 62.000 Nm³/h; C_{S3} = 59.000 Nm³/h**
- **Nº horas funcionamiento = 4.500 horas**
- **Producción = 30.000 toneladas metal líquido/año**

M (kg PS/h) = [(4 x 60.000) + (6 x 62.000) + (5 x 59.000)]/(3x10⁶) = 0,3 kg PS/h

M' (kg PS/año) = M (kg PS/h) x horas de funcionamiento = 1.350 kg PS/año

El **cálculo de PM₁₀ procedente de un Horno de Cubilote** según esto (ver apdo 4.1),

- **PM₁₀ = 0,90 x PS (sin depuración)**
- **PM₁₀ = 0,95 x PS (después de Filtro de mangas)**
- **PM₁₀ = 0,78 x PS (después de Lavador Venturi)**

Sería:

PM₁₀ (kg/año) = PM₁₀ confinadas (salida filtro mangas) = 1.350 x 0,95 = 1.282,5 kg/año

En el caso de que no existieran medidas, se utilizarían factores de emisión:

Si no hay equipo depuración:

PM₁₀ (kg/año) = FE_{SD} (kg PM₁₀/t metal líquido) x producción de metal líquido/año
= 6,2 x 30.000 = 186.000 kg/año

Si hay equipo depuración (filtro de mangas) pero no hay medidas:

PM₁₀ (kg/año) = FE_{CD} (kg PM₁₀/t metal líquido) x producción de metal líquido/año
= 0,38 x 30.000 = 11.400 kg/año

FE_{CD} = Factor emisión con depuración, FE_{SD} = Factor emisión sin depuración

2. Evaluación de metales pesados:

Se realiza la evaluación de las emisiones para el caso concreto del Plomo:

Caso 1: Análisis de la composición de metales pesados del polvo de fundición (% metales pesados en polvo retenido en Filtro de Mangas o precipitador electrostático) y conocida la medida de PS.

Cr: 0,9%, Ni: 0,5%, As: 0,005%, Pb: 2,3%, Zn: 22%, Cd: 0,03%

$M' \text{ (kg PS/año)} = M \text{ (kg PS/h)} \times \text{horas de funcionamiento} = 1.350 \text{ kg PS/año}$
(ver cálculo de PM_{10}).

$$\text{Pb (kg/año)} = \text{Metal confinado (FM/PE)} = 1.350 \times 0,023 = 31,1 \text{ kg/año}$$

Caso 2: Resultados de mediciones de emisión de metales pesados ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) realizados por OCA.

Cr: 100, Ni: 100, As: 5, Pb: 150, Zn: 3.000, Cd: 4

El caudal másico M_{metal} (kg metal pesado/h) = $(\text{Metal}_1 \times C_{S1} + \text{Metal}_2 \times C_{S2} + \text{Metal}_3 \times C_{S3}) / (3 \times 10^9)$

- $\text{Metal}_1 = 150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$; $\text{Metal}_2 = 300 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$; $\text{Metal}_3 = 450 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$
- $C_{S1} = 60.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $C_{S2} = 62.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$; $C_{S3} = 59.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$

M_{metal} (kg metal pesado/h) = $[(150 \times 60.000) + (300 \times 62.000) + (450 \times 59.000)] / (3 \times 10^9) = 0,018 \text{ kg/h}$

M_{metal}^1 (kg metal pesado/año) = $0,018 \times 4.500 = 81,2 \text{ kg/año}$

$$\text{Pb (kg/año)} = \text{Metal confinado (FM/PE)} = 81,2 \text{ kg/año}$$

FM = Filtro de mangas PE = Precipitador electrostático

En el caso de que no existieran medidas, se utilizarían factores de emisión:

Si no hay equipo depuración:

$$\text{Pb (kg/año)} = \text{FE}_{\text{SD}} \text{ (kg Pb/t metal líquido)} \times \text{producción de metal líquido/año} = 0,3 \times 30.000 = \mathbf{9.000 \text{ kg/año}}$$

Si hay equipo depuración (filtro de mangas) pero no hay medidas:

$$\text{Pb (kg/año)} = \text{FE}_{\text{CD}} \text{ (kg Pb/t metal líquido)} \times \text{producción de metal líquido/año} = 1,34 \times 10^{-3} \times 30.000 = \mathbf{40,2 \text{ kg/año}}$$

, FE_{CD} = Factor emisión con depuración (postcombustión+filtro de mangas), FE_{SD} = Factor emisión sin depuración

ARENERÍA

En el caso de que no existieran medidas, se utilizarían factores de emisión:

Si hay equipo depuración (Fundición acero con Filtro de mangas):

$$\text{PM}_{10} \text{ (kg/año)} = \text{FE}_{\text{CD}} \text{ (kg PM}_{10}\text{/t arena manipulada)} \times \text{t arena/año} = 0,015 \times 9.000 = \mathbf{135 \text{ kg/año}}$$

Si hay equipo depuración (Fundición hierro con scrubber):

$$\text{PM}_{10} \text{ (kg/año)} < \text{FE}_{\text{CD}} \text{ (kg PS/t arena manipulada)} \times \text{t arena/año} = 0,023 \times 9.000 = \mathbf{207 \text{ kg/año}}$$

PS = partículas sólidas totales, FE_{CD} = Factor emisión con depuración

EVALUACIÓN DE GASES

FUSIÓN Y TRATAMIENTO DEL METAL LÍQUIDO + INSTALACIONES AUXILIARES DE COMBUSTIÓN

1. CO y NO_x

- Paso de ppm a mg/Nm³

$$1 \text{ ppm NO}_x = 2,05 \text{ mg/Nm}^3$$

$$1 \text{ ppm CO} = 1,25 \text{ mg/Nm}^3$$

- $G \text{ (kg Gas/h)} = (\text{Gas}_1 \times C_{S1} + \text{Gas}_2 \times C_{S2} + \text{Gas}_3 \times C_{S3}) / (3 \times 10^6)$

$$\text{NO}_{x1} = 125 \text{ mg/Nm}^3; \text{NO}_{x2} = 115 \text{ mg/Nm}^3; \text{NO}_{x3} = 120 \text{ mg/Nm}^3$$

$$\text{CO}_1 = 125 \text{ mg/Nm}^3; \text{CO}_2 = 140 \text{ mg/Nm}^3; \text{CO}_3 = 145 \text{ mg/Nm}^3$$

$$C_{S1} = 60.000 \text{ Nm}^3/\text{h}; C_{S2} = 62.000 \text{ Nm}^3/\text{h}; C_{S3} = 59.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{NO}_x \text{ (kg/h)} = [(125 \times 60.000) + (115 \times 62.000) + (120 \times 59.000)] / (3 \times 10^6) = 7,23$$

$$\text{CO (kg/h)} = [(125 \times 60.000) + (140 \times 62.000) + (145 \times 59.000)] / (3 \times 10^6) = 8,25$$

Sabiendo que:

Gas natural en quemadores, calderas: 10⁵ kWh

Gas natural en calentamiento de cucharas: 10⁴ kWh

Horas de funcionamiento = 4.500 horas/año

$$\text{NO}_x \text{ (kg/año)} = \text{Gas medido (kg/h)} \times \text{horas/año} + \text{FE}_{\text{COMBUSTIÓN}}^1 \text{ en quemadores y/o calderas} \times \text{kWh gas natural/año}$$

¹ Ver apdo específico 5

$$\text{NO}_x \text{ (kg/año)} = 7,23 \times 4.500 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

$$\text{CO (kg/año)} = 8,25 \times 4.500 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

En el caso particular de que no se dispusieran de medidas, se utilizarían los factores de emisión (ejemplo para el CO):

$$\text{CO (kg/año)} = \text{FE}_{\text{SD}} \text{ (kg CO/t metal líquido)} \times \text{producción de metal líquido/año} + \text{FE}_{\text{COMBUSTIÓN}}^1 \text{ en quemadores y/o calderas} \times \text{kWh gas natural/año} = 73 \times 30.000 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

$$\text{CO (kg/año)} = \text{FE}_{\text{CD}} \text{ (kg CO/t metal líquido)} \times \text{producción de metal líquido/año} + \text{FE}_{\text{COMBUSTIÓN}}^1 \text{ en quemadores y/o calderas} \times \text{kWh gas natural/año} = 3,65 \times 30.000 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

¹ Ver apdo específico 5

2. HF, HCl, HAP, NMVOC, SO_x, PCDD/F

Para estos contaminantes, para los que no se disponga de medida alguna se emplea la fórmula siguiente:

$$\text{Gas (kg/año)} = \text{Gas confinado/no confinado} + \text{Gas de combustión} = \text{FE (kg gas/t metal líquido)} \times \text{Producción (t metal líquido/año)} + \text{EC}^1 \text{ (factor emisión} \times \text{consumo combustible/año)}$$

¹ Ver apdo específico 5

Donde EC (kg gas/año) = Factor de emisión (kg gas/unidad combustible) x Consumo de combustible/año

$$\text{NMVOC (kg/año)} = 0,09^2 \times 30.000 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

¹ Ver apdo específico 5

² Cubilote (no postcombustión).

$$\text{PCDD/F (kg/año)}^1 = \text{FE (kg I-TEQ/t metal)} \times \text{Producción (t metal líquido/año)} = (1,07 \times 10^{-6} \times 30.000) = 0,032$$

¹ Sin depuración.

Para la evaluación de SO_x y sabiendo que:

Consumo de carbón: 30 toneladas

Consumo de coque: 3.000 toneladas

$$\text{SO}_x \text{ (kg/año)} = \text{Gas confinado/no confinado} + \text{Gas de combustión} = [(15 \times 3.000) + (30 \times 30)] + 0 = 45.900$$

3. CO₂

Aplicando a un horno de cubilote + Instalaciones auxiliares de combustión:

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ (kg/año)} = \% \text{CO}_2 \text{ en gas de salida}/100 \times [\text{toneladas/año CO}_3\text{Ca} \times 44/100 + \text{toneladas/año de coque} \times 2,63 \text{ t. CO}_2\text{/t. coque} + \text{toneladas/año de carbón} \times 2,43 \text{ t. CO}_2\text{/t. carbón}] \times 10^3 + \text{EC (factor emisión} \times \text{consumo combustible/año)}$$

Sabiendo que:

Consumo de carbón: 30 toneladas

Consumo de coque: 3.000 toneladas

Consumo de CO₃Ca: 100 toneladas

Gas natural en quemadores, calderas: 10⁵ kWh

Gas natural en calentamiento de cucharas: 10⁴ kWh

Producción (t metal líquido/año) = 30.000

y aplicando los valores de los distintos factores que intervienen:

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ (kg/año)} = 0,85 \times [100 \times 44/100 + 3.000 \times 2,63 \text{ t. CO}_2\text{/t. coque} + 30 \times 2,43 \text{ t. CO}_2\text{/t. carbón}] \times 10^3 + [\text{FE}^1 \times (10^5) + \text{FE}^1 \times (10^4)]$$

Suponiendo no hay Postcombustión de gases en chimenea de salida. (85%CO₂ en gases de salida).

¹ Ver apdo específico 5

COLADA-ENFRIAMIENTO-DESMOLDEO**1. NH₃, HCN, BENCENO, NMVOC**

La fórmula general de cálculo es la que se propone:

$$\text{Gas (kg/año)} = [(\text{g contaminante/kg aglomerante}) \times (\text{kg aglomerante/año})] \times 10^{-3}$$

$$\text{NH}_3 \text{ (kg/año)} = 0,083 \times 300.000 \times 10^{-3} = \mathbf{24,9}$$

$$\text{HCN (kg/año)} = 1,053 \times 300.000 \times 10^{-3} = \mathbf{315,9}$$

$$\text{Benceno (kg/año)} = 5,351 \times 300.000 \times 10^{-3} = \mathbf{1605,3}$$

$$\text{NMVOC (kg/año)} = 11,73 \times 300.000 \times 10^{-3} = \mathbf{3.519}$$

PINTADO DE MACHOS

La fase de machería requiere del uso de pinturas.

Partimos del conocimiento de:

- Cantidad consumida de pintura (t/año) – Contenido (%) de VOC.
- Cantidad consumida de disolventes
- Gravedad específica de VOC a 20 °C (g/l)

Todos los datos de emisiones han de expresarse en kg/año y con tres dígitos significativos. Esta forma de redondeo no hace referencia a la incertidumbre estadística o científica, sino que se limita a reflejar la precisión de los datos notificados, tal como se indica en el ejemplo siguiente.

Ejemplo	
Resultado original del cálculo de las emisiones	Resultado que debe notificarse (en tres dígitos significativos)
0,0000123456 kg/año =	0,0000123 kg/año
0,0512495 kg/año =	0,0512 kg/año
0,4591 kg/año =	0,460 kg/año
1,23456 kg/año =	1,23 kg/año
12,3456 kg/año =	12,3 kg/año
123,456 kg/año =	123 kg/año
1.234,567 kg/año =	1.230 kg/año
12.345,678 kg/año =	12.300 kg/año
1.234.567.890,0000 kg/año =	1.230.000.000 kg/año

7.- BIBLIOGRAFÍA

1. Diagnósticos Ambientales Sectoriales. IHOBE. 2002
2. Comisión Europea – Dirección General de Medio Ambiente. Decisión EPER de la Comisión de 17 de Julio de 2.000 (2.000/479/CE)
3. Comisión Europea – Dirección General de Medio Ambiente. Documento de orientación para la realización del EPER. Noviembre de 2.000
4. Ley 16/2.002, de 1 de Julio, de prevención y control integrados de la contaminación – Ley IPPC.
5. Guía EPER Sectorial – Industria del Vidrio. Ministerio de Medio Ambiente.
6. European Integrated Prevention and Pollution Control Bureau. “Smitheries and Foundries”. Seville, 15 to 16 April 1.999. Note of Meeting.
7. European Environment Agency. European Monitoring and Evaluation Programme – Core Inventory of Air Emissions in Europe (EMEP-CORINAIR). Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 3rd Edition
8. Environmental Protection Agency. Air CHIEF - Compilation of Air Pollutant Emission Factors – AP 42. December 2.001.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change – Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Revised 1.996 IPPC Guidelines.
10. French-German Institute for Environmental Research. University of Karlsruhe – Germany. September 1.999
11. National Atmospheric Emissions Inventory. NAEI-UK. January 2.002
12. National Pollutant Inventory (Australia’s national public database of pollutant emissions). 2.000 – 2.001.
13. P.F.J.. vander Most – C. Veldt: “Emission Factors Manual PARCOM – ATMOS. Emission factors for air pollutants”- December 1.992.
14. Energy Efficiency and Renewable Energy Network – U.S. Department of Energy. Office of Industrial Technologies.
15. Environmental Services Department – Maricopa County.2.002.
16. Guías Tecnológicas – Fundación Entorno 1.999

ANEXOS

ANEXO I

I. LEGISLACIÓN APLICABLE (VIGENTE Y FUTURA)

▣ Decreto 833/1.975

Este Decreto desarrolla la Ley 38/1.972 de protección del ambiente atmosférico.

En su **anexo II** se relacionan las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, clasificadas en 3 grupos (A, B, C), en virtud de lo cuál se establecen las exigencias y requisitos de control.

En su **anexo IV** se establecen los límites de emisión de contaminantes a la atmósfera permitidos para las principales actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera. Hay que hacer notar que en el apartado 27 “actividades industriales diversas no especificadas en este anexo”, del citado anexo se fijan los límites de emisión para actividades no especificadas en ningún otro apartado.

DECRETO 833/1.975	
Anexo II	Grupo A
	1.3.9 Fabricación de acero en horno de arco eléctrico de capacidad superior a 10 Tm.
	Grupo B
	2.1.2 Generadores de calor de potencia calorífica superior a 2.000 termias por hora.
	2.3.1 Producción de acero en hornos de arco eléctrico , con capacidad de producción igual o inferior a 10 toneladas métricas.
	2.12.1 Aplicación en frío de barnices no grasos, pinturas y tintas de impresión sobre cualquier soporte, y cocción o secado de los mismos, cuando la cantidad almacenada en el taller es superior a 1.000 litros.
	2.12.7 Instalaciones de chorreado de arena, gravilla u otro abrasivo.
	Grupo C
	3.1.1 Generadores de calor de potencia igual o inferior a 2.000 termias por hora.
	3.3.1 Tratamientos térmicos de metales férreos y no férreos.
	3.3.2 Operaciones de moldeo y tratamientos de arenas de fundición y otras materias de moldeo.
	3.5.2 Instalaciones de soldadura en talleres de caldarería, astilleros y similares.
	3.12.1 Aplicación en frío de barnices no grasos, pinturas y tintas de impresión sobre cualquier soporte, y cocción o secado de los mismos, cuando la cantidad almacenada en el taller sea igual o inferior a 1.000 litros.
	3.12.4 Focos de emisión cuya suma de emisiones totalice 36 toneladas de emisión continua o más por año, de uno cualquiera de los contaminantes principales: SO ₂ , CO, NO _x , Hidrocarburos, Polvos y Humos.

DECRETO 833/1.975		
Anexo IV	4.4	Nivel de emisión de partículas sólidas (mg/Nm ³)* en Convertidores de oxígeno: 150 (*): Valor medio de un ciclo completo
	4.5	Nivel de emisión de partículas sólidas (en mg/Nm ³)* en Cubilotes mayores de 1 tonelada métrica:/hora y hasta 5 toneladas/hora: Instalaciones nuevas: 600 Previsión 1.980: 250 Nivel de emisión de partículas sólidas (en mg/Nm ³)* en Cubilotes mayores de 5 tonelada métrica:/hora: Instalaciones nuevas: 300 Previsión 1.980: 150 (*): Valor medio de un ciclo completo.
	4.7	Nivel de emisión de partículas sólidas (humos rojos en mg/Nm ³)* en Horno Eléctrico de Arco de capacidad mayor de 5 toneladas métricas: Instalaciones nuevas: 150 Previsión 1.980: 120 Nivel de emisión de partículas sólidas (humos rojos en mg/Nm ³)* en Horno Eléctrico de Arco de capacidad menor de 5 toneladas métricas: Instalaciones nuevas: 350 Previsión 1.980: 250 (*): Valor medio de un ciclo completo.
	4.8	La opacidad de los hornos de recalentamiento y tratamientos térmicos no excederá el 30%, equivalente a no rebasar el valor 1,5 de la escala de Ringelmann.
	4.9	Las emisiones de SO ₂ se ajustarán a lo prescrito al respecto para las instalaciones de combustión industriales. Límite de emisión SO ₂ : 1.700 mg/Nm ³ .
	27	Nivel de emisión CO (ppm): 500 Nivel de emisión NO _x (como NO ₂ en ppm): 300 Nivel de emisión Cl (mg/Nm ³): 230 Nivel de emisión HCl (mg/Nm ³): 460

□ **Directiva 1.999/13/CE**

Directiva relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.

Obligaciones aplicables a las instalaciones existentes.

Sin perjuicio de las disposiciones de la Directiva 96/61/CE (IPPC), los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para que:

- Las instalaciones existentes cumplan con los requisitos de la directiva a más tardar el 31 de octubre de 2.007;
- Todas las instalaciones existentes hayan sido registradas o autorizadas el 31 de octubre de 2.007 a más tardar;
- Aquellas instalaciones que deban ser autorizadas o registradas de acuerdo con el sistema de reducción mencionado en el anexo II B, notifiquen este hecho a las autoridades competentes a más tardar el 31 de octubre de 2.005;
- Cuando una instalación
 - sea objeto de una modificación sustancial, o
 - quede incluida en el ámbito de aplicación de la presente Directiva por primera vez como consecuencia de una modificación sustancial,

La parte de la instalación que sea objeto de la modificación sustancial sea tratada como instalación nueva o bien como instalación existente, siempre que las emisiones totales de la instalación en su conjunto no superen el nivel que se habría alcanzado si la parte sustancialmente modificada hubiese sido tratada como instalación nueva.

A continuación se presenta una tabla en la que se recogen los umbrales de consumo de disolventes así como los límites de emisión de gases **para la limpieza de superficies y operaciones de recubrimiento de bobinas, de alambre de bobinas y**

otros tipos de recubrimiento de metales que se pudieran dar, de acuerdo al Anexo II A de la Directiva.

DIRECTIVA 1.999/13/CE						
Actividad (umbral de consumo de disolventes en toneladas/año)	Umbral (umbral de consumo de disolvente en toneladas/año)	Valores límite de emisión en gases residuales (mg C/Nm ³)	Valores límite de emisión fugaz (porcentaje de entrada de disolventes)		Valores límite de emisión total	
			Nuevo	Existente	Nuevo	Existente
Limpieza de superficies (>1)	1-5	20 ⁽³⁾	15			
	>5	20 ⁽³⁾	10			
Otra limpieza de superficies (>2)	2-10	75 ⁽⁴⁾	20 ⁽⁴⁾			
	>10	75 ⁽⁴⁾	15 ⁽⁴⁾			
Otros tipos de recubrimiento, incluido el recubrimiento de metal, plástico, textil, tejidos, películas y papel. (< 5)	5 –15	100 ⁽¹⁾	25			
	> 15	50/75 ⁽²⁾	20			

(1) El valor límite de emisión se aplica a los procesos de recubrimiento y secado llevados a cabo en condiciones confinadas.

(2) El primer valor límite de emisión se aplica a los procesos de secado y el segundo a los de recubrimiento.

(3) El límite se refiere a la masa de compuestos en mg/Nm³, y no al carbono total.

(4) Las instalaciones que demuestren a la autoridad competente que el contenido medio de disolventes orgánicos de todo el material de limpieza utilizado no supera el 30% en peso estarán exentas de la aplicación de estos valores.

ANEXO II

II. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Este apartado recoge los Métodos de medición de los contaminantes atmosféricos potencialmente emitidos en los procesos desarrollados en las Acerías.

□ PM₁₀

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Fuentes estacionarias de emisión.	Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.	UNE 77 218: 1995	Equivalente a ISO10396:1993.
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
Fuentes estacionarias de emisión.	Determinación de la concentración y caudal másico de material particulado en conducto de gases. Método gravimétrico manual.	UNE 77-223:1997	

NORMAS DE MEDICIÓN

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
	Medición automática de la concentración másica de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones.	UNE 77 219: 1998	Equivalente a ISO 10155: 1995. Propuesta por EPER
Emisiones de Instalaciones industriales focos fijos de emisión	Determinación por gravimetría.	EPA 5 (40 CFR) EPA 17 (1995)	

▣ **Metales y sus compuestos** (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn y Hg)

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Fuentes estacionarias de emisión.	Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.	UNE 77 218: 1995	Equivalente a ISO10396:1993.
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	

NORMAS DE ANÁLISIS

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Análisis por espectrofotometría de absorción atómica	EPA 29	

▣ **CO**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979.
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	

NORMAS DE MEDICIÓN

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Muestreo no isocinético. Determinación in situ mediante células electroquímicas	DIN 33962	Medidas puntuales

□ CO₂

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO 6349:1979.
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
Fuentes estacionarias de emisión.	Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.	UNE 77 218: 1995	Equivalente a ISO10396:1993.

**Este parámetro no se controla, ya que no existe legislación al respecto, por lo que no se conocen normas para su análisis. La guía EPER tampoco propone ningún método para su medición*

□ **NMVOG**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
Fuentes fijas de emisión	Muestreo no isocinético con sonda calefactora con filtro de fibra de vidrio y determinación "in situ" en un analizador FID (detector de ionización de llama).	EN 12619/13526/13649	
	Toma de muestra en función del compuesto	ASTM D 3686-95 ASTM D 3687-95	
Emisiones de instalaciones de tueste y torrefacción de café.	Muestreo de compuestos orgánicos	VDI 3481	Decreto 22/98
	Muestreo de compuestos orgánicos	Método 18 EPA	

NORMAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Determinación de la concentración de masa de carbono orgánico gaseoso total a altas concentraciones en conducto de gases. Método continuo analizador FID (detector de ionización de llama)	PrEN 13526 EN 12619-99	Propuesta en la Guía EPER editada por la Comisión.
Emisiones de fuentes estacionarias	Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales	PrEN 13649 (en desarrollo) PNE-prEN 13649	Propuesta en la Guía EPER editada por la Comisión.
Focos fijos de emisión	Determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) por cromatografía de gases / espectrometría de masas	ASTM D 3687-95 ASTM D 3686-95 En función de las sustancias	
	Determinación de compuestos orgánicos por cromatografía de gases.	Método 18 EPA	

□ **NO_x (como NO₂)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Emisiones de fuentes estacionarias	Características de los monitores en continuo. Mediciones durante el periodo de una hora expresadas en mg/Nm ³	UNE77-224	Equivalente a ISO 10849:1996
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO 6349:1979.
	Toma de muestra	EPA 7 (1986) EPA 7 (1990)	
	Muestreo no isocinético	DIN 33962	Propuesta por EPER
	Aseguramiento de los aspectos de calidad de los sistemas automáticos de medición	CEN/TC 264 WG 9	Propuesta en la Guía EPER, editada por la Comisión.

NORMAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS:

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Determinación de la concentración de masa. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida.	ISO 10849/1996 UNE 77-224	Propuesta en la Guía EPER, editada por la Comisión.
	Determinación de la concentración de masa. Método fonometría de naftiletilendiamina	ISO 11564/04,98	Propuesta en la Guía EPER, editada por la Comisión.
	Determinación de óxidos de nitrógeno (NO _x) por espectrofotometría UV-VIS	EPA 7 (1990) EPA 7 (1986)	
	Determinación in situ mediante células electroquímicas	DIN 33962	

□ **SO_x/SO₂ (dependiendo del método)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
Emisiones de fuentes estacionarias	Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida de concentración másica del SO ₂	UNE 77 222: 1996	Equivalente a ISO7935: 1992.
	Aseguramiento de los aspectos de calidad de los sistemas automáticos de medición	CEN/TC 264 WG 9	Propuesta por EPER
	Toma de muestra	EPA 6 (40 CFR)	
	Muestreo no isocinético	DIN 33962	

NORMAS DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Determinación de la concentración másica de SO ₂ . Método del peróxido de hidrógeno / perclorato de bario/torina	UNE 77 216 1ª modificación. 2000	Equivalente a ISO 7934: 1989/AM 1:1998
	Espectrofotometría de UV-VIS	DIN 33962	
	Determinación de la concentración de masa. Método de cromatografía iónica	ISO 11632/03,98; UNE 77226:1999	
	Determinación de dióxido de azufre (SO ₂) por titulación volumétrica	EPA 6 (40 CFR) EPA 6 (1995) EPA 8 (1995)	

□ **PCDD/F** (Dioxinas y Furanos) como Teq

METODOS RECOMENDADOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS:

FUENTES	MÉTODO	NORMA DE REFERENCIA	REFERENCIAS
Emisiones de fuentes estacionarias	Determinación de la concentración másica de PCDD/PCDFs- Parte 1: Muestreo (isocinético)	UNE EN 1948-1:1997	Equivalente a EN 1948-1:1996
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	

METODOS DE MEDICIÓN

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA DE REFERENCIA	REFERENCIAS
Emisiones de fuentes estacionarias	Determinación de la concentración másica de PCDDs/PCDFs- Parte 2: Extracción y purificación	UNE EN 1948-2:1997	Equivalente a EN 1948-2:1996
	Determinación de la concentración másica de PCDDs/PCDFs- Parte 3: Identificación y cuantificación	UNE EN 1948-3:1997	Equivalente a EN 1948-3:1996

□ **HAP** (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979.
	Muestreo isocinético	EPA 0010 Modificación EPA 5	

□ **Cloro y compuestos inorgánicos (como HCl)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979.
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peligrosos	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
	Método manual de determinación de HCl Parte 1. Muestreo de gases	UNE EN 1911-1: 1998	

NORMAS DE ANÁLISIS

FUENTES	MÉTODO DE ANÁLISIS	NORMA	OBSERVACIONES
	Método manual de determinación de HCl Parte 2. Absorción de compuestos gaseosos.	UNE EN 1911-2: 1998	
	Método manual de determinación de HCl Parte 3. Análisis de las soluciones de absorción y cálculos.	UNE EN 1911-3: 1998	

□ **Flúor y compuestos inorgánicos (como HF)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión.	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Emisiones de instalaciones de incineración de residuos peli-grosos.	Especificaciones sobre la periodicidad y las condiciones de las mediciones	Real Decreto 1217/1997	
	Muestreo no isocinético	EPA26A	
Fuentes estaciona-rias de emisión.	Determinación de las emi-siones totales de flúor	EPA 13B	

□ **NH₃**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de perme-ación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979

□ **Benceno (C₆H₆)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Fuentes estacionarias de emisión.	Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.	UNE 77 218: 1995	Equivalente a ISO10396:1993

□ **Cianuro de Hidrógeno (HCN)**

NORMAS RELATIVAS AL MUESTREO:

FUENTES	MÉTODO	NORMA / LEGISLACIÓN APLICABLE	OBSERVACIONES
Fuentes fijas de emisión	Características generales para la situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos para la toma de muestras	Orden 18/10/1976	
Fuentes fijas de emisión	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación.	UNE 77 238: 1999	Equivalente a ISO6349:1979
Fuentes estacionarias de emisión.	Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas.	UNE 77 218: 1995	Equivalente a ISO10396:1993.

ANEXO III

III. ESPECIFICACIONES INFRAESTRUCTURA DE MEDICIONES

En este apartado se definen los requisitos y especificaciones de la infraestructura necesaria para la realización de mediciones de emisión en chimenea.

La Orden de 18 de Octubre de 1.976, sobre Prevención y Corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial regula la instalación y funcionamiento de las actividades industriales y funcionamiento dependientes del Ministerio de Industria incluidas en el Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera que se contiene en el Anexo II del Decreto 833/1.975, en cuanto se refiere a su incidencia en el medio ambiente atmosférico. El Anexo III de la citada Orden describe el acondicionamiento de la Instalación para mediciones y toma de muestras en chimeneas, situación, disposición, dimensión de conexiones, accesos.

LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Se definen las distancias desde la última intersección o codo a las bridas de toma de muestras (como L1) y desde las bridas de toma de muestras a la salida al exterior o siguiente intersección o codo (como L2):

Las condiciones ideales para la medición y toma de muestras en chimenea son:

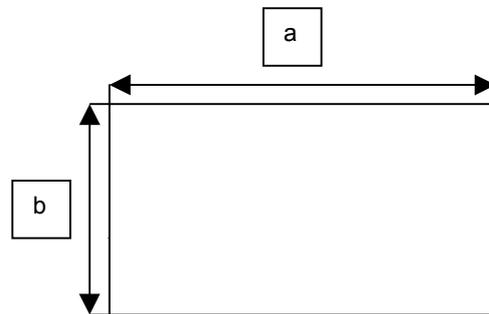
$$L_1 \geq 8D \text{ y } L_2 \geq 2D$$

La disminución de las distancias L_1 y L_2 por debajo de los valores 8D y 2D respectivamente obliga a un mayor número de puntos de medición y muestreo en la sección de la chimenea al objeto de mantener la exactitud requerida en los resultados finales. En cualquier caso nunca se admitirán valores de:

$$L_1 \leq 2D \text{ y } L_2 \leq 0,5D$$

En el caso de chimeneas de sección rectangular, se determina su diámetro equivalente de acuerdo con la ecuación y figura siguientes:

$$D_e = 2 (a \times b)/(a + b)$$

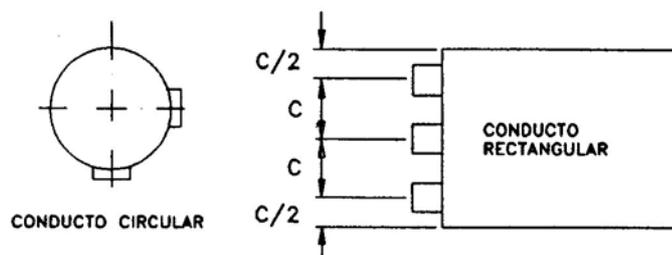


En el caso particular de encontrar dificultades extraordinarias para mantener las distancias L_1 y L_2 requeridas, éstas podrán disminuirse procurando conservar la relación:

$$L_1/L_2 = 4$$

En cuanto al número de orificios de las chimeneas será de dos en las chimeneas circulares y situadas según diámetros perpendiculares (según figura 5). En el caso de chimeneas rectangulares este número será de tres, dispuestos sobre el lateral de menores dimensiones y en los puntos medios de los segmentos que resultan de dividir la distancia lateral interior correspondiente en tres partes iguales (según figura 5).

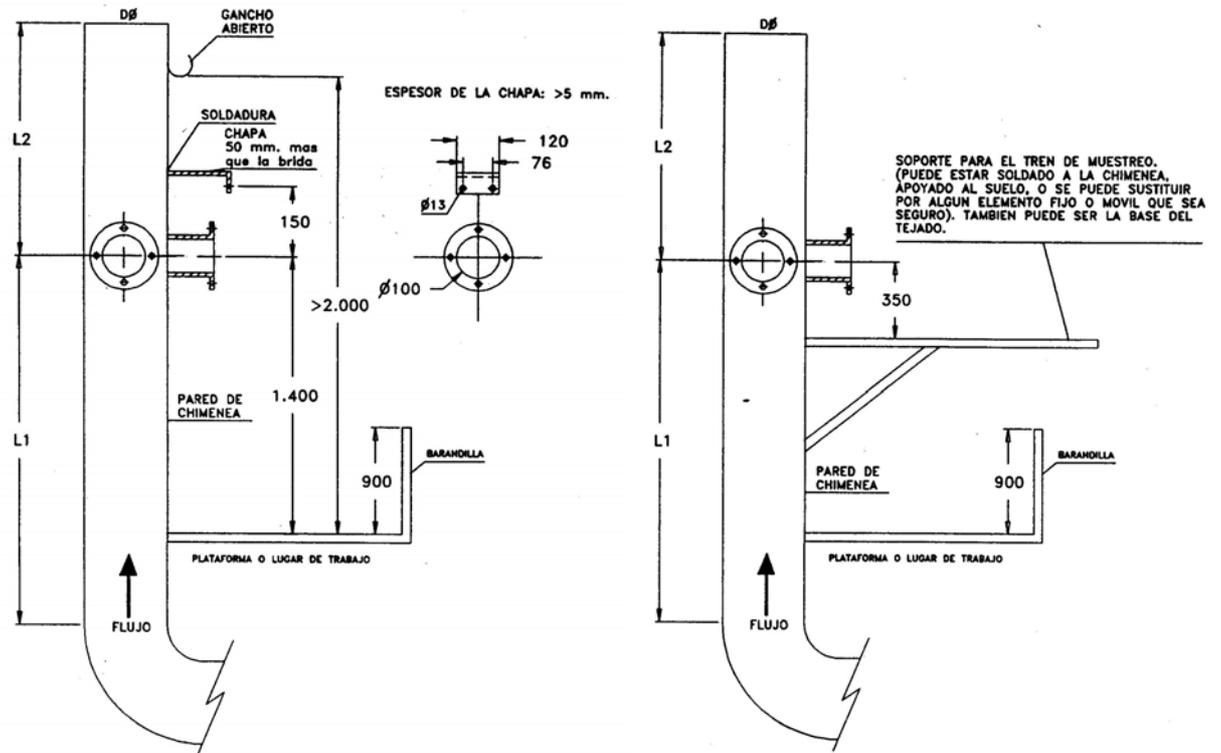
Figura 6: Situación de orificios de muestreo



En las chimeneas de diámetro interior, real o equivalente, inferior a 70 centímetros sólo se dispondrá una conexión para medición o muestreo.

En lo que respecta a las dimensiones de los orificios para la toma de muestras, serán las suficientes para permitir la aplicación de los métodos de muestreo. Normalmente será suficiente una puerta de 150 x 200 mm que soporte un orificio de 100 mm mínimo de diámetro que sobresalga hacia el exterior 40 mm (figura 6).

Figura 7: Situación, disposición y dimensión de conexiones, plataformas y accesos



ANEXO IV

IV. ENLACES DE INTERÉS

Este anexo recoge direcciones que pueden ser de utilidad para las empresas.

<http://www.eper-euskadi.net>

Página web del EPER Euskadi.

<http://www.ingurumena.net>

Página web del Gobierno Vasco sobre DESARROLLO SOSTENIBLE en Euskadi.

<http://www.ihobe.net>

Página web de la Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE, S.A. (Gobierno Vasco).

<http://www.eper-es.com>

Página web del EPER del Estado español.

<http://www.epa.gov>

Página web de la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos.

<http://www.eea.eu.int/>

Página web del Agencia Europea de Medio Ambiente.

<http://eippcb.jrc.es>

Página web de la Oficina Europea para la IPPC.

<http://europa.eu.int/comm/environment/ippc>

Página web de la Dirección General Medio Ambiente de la Comisión Europea.

ANEXO V

V. LISTADO DE GUÍAS SECTORIALES

A continuación se presenta el listado de las distintas guías sectoriales que se han elaborado y la correspondencia de las distintas actividades industriales con los epígrafes según Ley IPPC y Decisión EPER.

- **ACERO** (epígrafe **2.2** según ley IPPC y Decisión EPER: “Instalaciones para la producción de fundición o de aceros brutos (fusión primaria o secundaria), incluidas las correspondientes instalaciones de fundición continua de una capacidad de más de 2,5 toneladas por hora”).
- **AGROALIMENTARIA - GANADERA** (epígrafes **9.1, 9.2, 9.3** según ley IPPC y epígrafes **6.4, 6.5, 6.6** según Decisión EPER: **9.1 y 6.4**: “Mataderos con una capacidad de producción de canales superior a 50 Toneladas/día. Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de: Materia prima animal (que no sea la leche) de una capacidad de producción de productos acabados superior a 75 toneladas/día. Materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 toneladas/día (valor medio trimestral. Tratamiento y transformación de la leche, con una cantidad de leche recibida superior a 200 toneladas/día (valor medio anual”. **9.2 y 6.5**: “Instalaciones para la eliminación o el aprovechamiento de canales o desechos de animales con una capacidad de tratamiento superior a 10 Toneladas/día”. **9.3 y 6.6**: “Instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos que dispongan de más de: 40.000 emplazamientos si se trata de gallinas ponedoras o del número equivalente para otras orientaciones productivas de aves”).
- **CAL**(epígrafe **3.1**, según ley IPPC y Decisión EPER: **3.1**: “Instalaciones de fabricación de cemento y/o clinker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o de cal en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día”).

- **CEMENTO** (epígrafe **3.1**, según ley IPPC y Decisión EPER: **3.1**: “Instalaciones de fabricación de cemento y/o clinker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o de cal en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día”).
- **PRODUCTOS CERÁMICOS** (epígrafe **3.5** según ley IPPC y Decisión EPER: **3.5**: “Instalaciones para la fabricación de productos cerámicos mediante horneado, en particular tejas, ladrillos, refractarios, azulejos o productos cerámicos ornamentales o de uso doméstico, con una capacidad de producción superior a 75 toneladas por día, y/o una capacidad de horneado de más de 4 m³ y de más de 300 kg/m³ de densidad de carga de horno”).
- **COMBUSTIÓN** (epígrafe **1.1, 1.2, 1.3** según ley IPPC y Decisión EPER: **1.1**: “Instalaciones de combustión con una potencia térmica de combustión superior a 50 MW: Instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen ordinario o en régimen especial, en las que se produzca la combustión de combustibles fósiles, residuos o biomasa. Instalaciones de cogeneración, calderas, hornos, generadores de vapor o cualquier otro equipamiento o instalación de combustión existente en una industria, sea ésta o no su actividad principal”. **1.2**: “Refinerías de petróleo y gas: Instalaciones para el refinado de petróleo o de crudo de petróleo. Instalaciones para la producción de gas combustible distinto del gas natural y gases licuados del petróleo”. **1.3**: “Coquerías”).
- **FUNDICIÓN FÉRREA** (epígrafes **2.4** según ley IPPC y Decisión EPER: **2.4**: “Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día”).
- **GESTIÓN DE RESIDUOS** (epígrafe **5.1, 5.4** según ley IPPC y Decisión EPER: **5.1**: “Instalaciones para la valorización de residuos peligrosos, incluida la gestión de aceites usados, o para la eliminación de dichos residuos en lugares distintos de los vertederos, de una capacidad de más

de 50 toneladas por día”. **5.4:** “Vertederos de todo tipo de residuos que reciban más de 10 Toneladas por día o que tengan una capacidad total de más de 25.000 toneladas con exclusión de los vertederos de residuos inertes”).

- **METALURGIA NO FERREA** (epígrafes **2.5** según ley IPPC y Decisión EPER: **2.5:** “Instalaciones para la fusión de metales no ferrosos, inclusive la aleación, así como los productos de recuperación (refinado, moldeado en fundición) con una capacidad de fusión de más de 4 toneladas para el plomo y el cadmio o 20 toneladas para todos los demás metales, por día”).
- **PASTA Y PAPEL** (epígrafe **6.1** según ley IPPC y Decisión EPER: “Instalaciones industriales dedicadas a la fabricación de: pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas. Papel y cartón con una capacidad de producción de más de 20 toneladas diarias”).
- **QUÍMICA** (epígrafes **4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6** según ley IPPC y Decisión EPER: La fabricación a escala industrial, mediante transformación química de los productos o grupos de productos mencionados en los distintos epígrafes): **4.1:** “Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos de base”. **4.2:** “Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos inorgánicos de base”. **4.3:** “Instalaciones químicas para la fabricación de fertilizantes a base de fósforo, de nitrógeno o de potasio (fertilizantes simples o compuestos). **4.4:** “Instalaciones químicas para la fabricación de productos de base fitofarmacéuticos y de biocidas”. **4.5:** “Instalaciones químicas que utilicen un procedimiento químico o biológico para la fabricación de medicamentos de base”. **4.6:** “Instalaciones químicas para la fabricación de explosivos”.
- **TEXTIL Y CURTIDOS** (epígrafes **7.1, 8.1** según ley IPPC y epígrafes **6.2, 6.3** según Decisión EPER: **7.1 y 6.2:** “Instalaciones para el tratamiento previo (operaciones de lavado, blanqueo, mercerización) o para el tinte de fibras o productos textiles cuando la capacidad de tratamiento supere las 10 toneladas diarias”. **8.1 y 6.3:** “Instalaciones para el curtido de cueros cuando

la capacidad de tratamiento supere las 12 toneladas de productos acabados por día”).

- **TRANSFORMACIÓN DE METALES FÉRREOS** (epígrafe **2.3** según ley IPPC y Decisión EPER: Instalaciones para la transformación de metales ferrosos: Laminado en caliente con una capacidad superior a 20 toneladas de acero bruto por hora. Forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillos y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW. Aplicación de capas de protección de metal fundido con una capacidad de tratamiento de más de 2 toneladas de acero bruto por hora).

- **TRATAMIENTO SUPERFICIAL** (epígrafe **2.6, 10.1** según ley IPPC y epígrafe **2.6, 6.7** según Decisión EPER: **2.6:** “Instalaciones para el tratamiento de superficie de metales y materiales plásticos por procedimiento electrolítico o químico, cuando el volumen de las cubetas o de las líneas completas destinadas al tratamiento empleadas sea superior a 30 m³. **10.1 y 6.7:** “Instalaciones para el tratamiento de superficies de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos, en particular para aprestarlos, estamparlos, revestirlos y desengrasarlos, impermeabilizarlos, pegarlos, enlazarlos, limpiarlos o impregnarlos, con una capacidad de consumo de más de 150 kg de disolvente por hora o más de 200 toneladas/año”).

- **VIDRIO Y FIBRAS MINERALES** (epígrafe 3.3 según ley IPPC y Decisión EPER: 3.3: “Instalaciones para la fabricación de vidrio, incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día”).