



DIAGNOSTICO INTEGRAL SECTOR DE FUNDICION EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

**ORGANIZACIÓN PARA EL DESEMPEÑO EMPRESARIAL SOSTENIBLE
ODES**

CONTRATO DE SERVICIOS DE CONSULTORIA ODES-CRA

**BARRANQUILLA
Diciembre 5 de 2005**

Índice

INDICE.....	2
LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS	4
INTRODUCCION	6
<i>Presentación</i>	<i>6</i>
<i>Alcance.....</i>	<i>6</i>
<i>Estructura del informe</i>	<i>7</i>
1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO....	8
1.1. GENERALIDADES DEL SECTOR	8
1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO	9
1.2.1. <i>Aporte del Sector a la Economía Departamental</i>	<i>9</i>
1.2.2. <i>Cadena Productiva y Otros Actores Regionales del Sector en el Atlántico</i>	<i>11</i>
1.2.3. <i>Tipología de las Empresas del Sector.....</i>	<i>13</i>
1.2.4. <i>Inventario de Empresas del Sector de Fundición en el Atlántico.....</i>	<i>15</i>
1.2.5. <i>Concentración Geográfica de las Empresas Fundidoras en el Departamento</i>	<i>15</i>
1.2.6. <i>Agremiación</i>	<i>17</i>
1.3. CONTEXTO COMERCIAL DEL SECTOR.....	17
1.3.1. <i>Mercados, Clientes y Canales de Comercialización</i>	<i>17</i>
1.3.2. <i>Tendencias del Mercado.....</i>	<i>18</i>
1.3.3. <i>Factores de Competitividad.....</i>	<i>20</i>
1.4. CONTEXTO ECONÓMICO DEL SECTOR	20
1.4.1. <i>Estructura de Costos de las Empresas del Sector</i>	<i>21</i>
1.4.2. <i>Cadena de Valor.....</i>	<i>21</i>
1.4.3. <i>Tendencias.....</i>	<i>21</i>
1.5. CONTEXTO TECNOLÓGICO DEL SECTOR.....	22
1.5.1. <i>Descripción de las Tecnologías Utilizadas</i>	<i>22</i>
1.5.2. <i>Problemática Tecnológica.....</i>	<i>22</i>
1.6. CONTEXTO SOCIAL DEL SECTOR	24
1.6.1. <i>Población y Empleo.....</i>	<i>24</i>
1.6.2. <i>Morbilidad.....</i>	<i>24</i>
1.6.3. <i>Dinámica Socioeconómica</i>	<i>25</i>
1.6.4. <i>Problemática Social</i>	<i>26</i>
1.6.5. <i>Valoración del Aporte del Sector a la Economía Local y Departamental.....</i>	<i>27</i>
2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO	28
2.1. INTRODUCCIÓN - PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SECTOR	28
2.2. ASPECTOS AMBIENTALES DE LA FUNDICIÓN DE METALES.....	28
2.3. IMPACTOS AMBIENTALES.....	30
2.3.1. <i>Emisiones Atmosféricas.....</i>	<i>30</i>
2.3.2. <i>Residuos Sólidos.....</i>	<i>34</i>
2.3.3. <i>Vertimientos Líquidos y Afectación Sobre el Recurso Hídrico.....</i>	<i>36</i>
2.3.4. <i>Impactos sobre el Suelo.....</i>	<i>37</i>
2.3.5. <i>Efectos sobre la Vegetación.....</i>	<i>38</i>
2.3.6. <i>Efectos sobre la Salud</i>	<i>39</i>
2.3.7. <i>Impactos Ambientales sobre las Actividades Económicas Locales</i>	<i>42</i>
2.3.8. <i>Contaminación por Ruido.....</i>	<i>43</i>
2.4. NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICABLE AL SECTOR.....	43
2.4.1. <i>Normas que Regulan la Localización de las Industrias</i>	<i>43</i>
2.4.2. <i>Normas que Regulan las Emisiones Atmosféricas.....</i>	<i>44</i>

2.4.3.	<i>Normas que Regulan las Descargas Líquidas</i>	45
2.4.4.	<i>Normas Aplicables a los Residuos Sólidos</i>	46
2.4.5.	<i>Convenios Internacionales</i>	47
3.	RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EFECTUADOS A LA MUESTRA DE EMPRESAS DEL SECTOR	48
3.1.	EMISIONES ATMOSFÉRICAS	48
3.1.1.	<i>Cálculo de las Emisiones de Material Particulado</i>	48
3.1.2.	<i>Cumplimiento de la Norma de Emisión de Material Particulado</i>	50
3.1.3.	<i>Emisión de Plomo</i>	51
3.1.4.	<i>Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y de Óxidos de Azufre (SO_x)</i>	52
3.2.	CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS	54
3.2.1.	<i>Generación de Residuos en MNP</i>	54
3.2.2.	<i>Generación de Residuos en el Taller de Fundiciones Boyacá</i>	56
3.2.3.	<i>Generación de Residuos en Fundiciones de Metales De Lima</i>	57
3.2.4.	<i>Generación de residuos en Reciclal</i>	58
3.2.5.	<i>Total de Residuos Generados en las Empresas Seleccionadas</i>	59
3.3.	CALIDAD DEL AIRE	60
3.3.1.	<i>Equipos y Metodología Utilizados</i>	60
3.3.2.	<i>Norma Local de Calidad del Aire</i>	63
3.3.3.	<i>Resultados de PST</i>	63
3.3.4.	<i>Resultados para el Plomo Contenido en las PST</i>	64
3.4.	CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	65
3.4.1.	<i>Manejo y Conservación de Muestras</i>	66
3.4.2.	<i>Resultados</i>	67
3.5.	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	68
3.6.	IMPACTOS SOBRE LA VEGETACIÓN	69
4.	ANÁLISIS INTEGRAL DEL SECTOR	71
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	71
4.2.	PROBLEMAS PRIORITARIOS	73
4.3.	CAUSAS PRINCIPALES	73
4.4.	CONCLUSIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	76
	ANEXO 1 – TIPOLOGÍA DE PRODUCTOS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN DE METALES	79
	ANEXO 2 – INVENTARIO DE EMPRESAS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO	80
	ANEXO 3 – PROCESOS Y EQUIPOS TÍPICOS UTILIZADOS EN EL SECTOR DE FUNDICIÓN	82
	ANEXO 4 – APOORTE DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO A LA ECONOMÍA LOCAL Y REGIONAL	85
	ANEXO 5 – EMISIÓN DE PLOMO AL AIRE Y DEPOSICIÓN DEL PLOMO EN LA ATMÓSFERA	86
	ANEXO 6 – FACTORES DE EMISIÓN PARA DIFERENTES HORNOS DE FUNDICIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES	87
	ANEXO 7 – CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON PLOMO	89
	ANEXO 8 – ACUMULACIÓN Y TRANSPORTE DE PLOMO EN EL SUELO	90
	ANEXO 9 – DETALLE DE LOS DECRETOS 02 DE 1982 Y 948 DE 1995	91
	ANEXO 10 - CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE PROPUESTOS EN EL PROYECTO DE CALIDAD DEL AIRE DEL MAVDT	93

ANEXO 11 – METODOLOGÍA DE MUESTREOS ISOCINÉTICOS94

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

TABLA 1. CÓDIGOS CIIU DE INTERÉS SECTOR FUNDICIÓN.....	9
TABLA 2. PORCENTAJE DE EMPRESAS INSCRITAS POR SECTOR ANTE LA CÁMARA DE COMERCIO DE BARRANQUILLA (1993-2002).....	10
TABLA 3. PORCENTAJE DEL PIB DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA 1995-2000 (PRECIOS CORRIENTES)	10
TABLA 4. OTROS ACTORES REGIONALES RELACIONADOS CON EL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL ATLÁNTICO	13
TABLA 5. TIPOLOGÍA DE EMPRESAS DE FUNDICIÓN EN EL ATLÁNTICO	14
CARACTERÍSTICA	14
TABLA 6. ESTRUCTURA DE COSTOS TÍPICA DE UNA FUNDIDORA RECUPERADORA DE MATERIAL.....	21
TABLA 7. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DESPLAZADA SEGÚN MUNICIPIO DE LLEGADA.....	26
TABLA 8. NÓMINA MENSUAL Y PAGOS DE IMPUESTOS DE LAS EMPRESAS SELECCIONADAS.....	27
TABLA 9. CONTAMINANTES GENERADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN	30
TABLA 10. CLASIFICACIÓN AMBIENTAL DEL SECTOR DE FUNDICIÓN - ASA	30
TABLA 11. RESIDUOS GENERADOS EN LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN	34
TABLA 12. EQUILIBRIO DE LA ENTRADA DESDE LA ATMÓSFERA Y LA SALIDA POR ACCIÓN DEL AGUA DE ALGUNOS OLIGOELEMENTOS METÁLICOS EN DIVERSOS SUELOS (G/HA/AÑO).....	37
TABLA 13. NIVELES DE RIESGO SEGÚN CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LA SANGRE	40
TABLA 14. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LA SANGRE TOMADAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS EMPRESAS FUNDIDORAS SELECCIONADAS.....	41
TABLA 15. AFECTACIONES DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN LA SALUD	41
METAL	41
TABLA 16. NIVELES DE RUIDO TÍPICOS EN FUNDICIONES.....	43
TIPO DE HORNO	43
TABLA 17. NORMA DE EMISIÓN GENERAL PARA FUENTES FIJAS EN PROCESOS PRODUCTIVOS SEGÚN RESOLUCIÓN 1208 DE 2003 DEL DAMA.....	44
TABLA 18. PARÁMETROS A MONITOREAR EN PROCESOS PRODUCTIVOS SEGÚN RESOLUCIÓN 1208 DEL DAMA.....	45
TABLA 19. CÁLCULO DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	50
TABLA 20. LÍMITES DE EMISIÓN APLICABLES A LAS EMPRESAS MUESTREADAS.....	50
TABLA 21. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE MATERIAL PARTICULADO POR PARTE DE LAS EMPRESAS MUESTREADAS.....	51
FECHA DE	51
TABLA 22. EMISIÓN HORARIA DE PLOMO EN LAS EMPRESAS MUESTREADAS	51
TABLA 23. PLOMO EMITIDO EN FUNCIÓN DEL TOTAL DE EMISIONES	51
TABLA 24. VALORES DE REFERENCIA PARA EMISIÓN DE PLOMO EN BOGOTÁ, D.C.	52
≥ 0.025	52
TABLA 25. EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO.....	52
TABLA 26. EMISIONES DE ÓXIDOS DE AZUFRE	53
(KG/H).....	53
TABLA 27. VALORES DE REFERENCIA PARA EMISIÓN DE NO _x Y SO _x EN BOGOTÁ, D.C.....	53
CONTAMINANTE	53
TABLA 28. RESUMEN DE LAS EMISIONES EN LAS EMPRESAS MUESTREADAS	53
TABLA 29. GENERACIÓN DE ESCORIA EN MNP.....	55
FUNDICIÓN DE CHATARRA DE ALUMINIO	55
TABLA 30. RESIDUOS DEL MOLDEO Y GRANALLADO EN FUNDICIONES DE LIMA.....	57
PRODUCCIÓN DE HIERRO (TON/MES)	57

TABLA 31. CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS EN RECICLAL	58
CAJAS PLÁSTICAS DE BATERÍAS	58
(TON/MES)	58
TABLA 32. RESUMEN DE VERTIMIENTOS DE RECICLAL	59
TABLA 33. RESUMEN DE RESIDUOS GENERADOS EN LAS EMPRESAS ESTUDIADAS	60
TABLA 34. UBICACIÓN DE EQUIPOS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y FECHAS DE MUESTREO	61
TABLA 35. VALORES DIARIOS MEDIDOS DE PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	63
Día 63	
TABLA 36. PST – COMPARACIÓN CON LA NORMA	64
TABLA 37. CONTENIDO DE PLOMO EN LAS MUESTRAS DE PST	64
TABLA 38. CUERPOS DE AGUA SELECCIONADOS	66
TABLA 39. TIPO DE RECIPIENTES UTILIZADOS Y MEDIDAS DE PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE CARACTERIZACIÓN HÍDRICA	66
TABLA 40. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA	67
TABLA 42. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO	68
A 6 METROS DEL HORNO	68
TABLA 43. INVENTARIO DE EMPRESAS FUNDIDORAS EN EL ATLÁNTICO	80
TABLA 44. EMPRESAS GENERADORAS DE RESIDUOS CON MATERIAL RECUPERABLE EN EL ATLÁNTICO	81
TABLA 45. INVENTARIO DE EMPRESAS RECUPERADORAS DE MATERIAL	81
TABLA 46. FACTORES DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN FUNDICIONES FERROSAS	87
TABLA 47. FACTORES DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PARA FUNDICIONES SECUNDARIAS DE ALUMINIO	87
OPERACIÓN	87
TABLA 48. FACTORES DE EMISIÓN EN FUNDICIONES DE COBRE, LATÓN Y BRONCE	88
TABLA 49. NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES CRITERIO	93
TABLA 50. VALORES GUÍA DE CALIDAD DEL AIRE PARA CONTAMINANTES NO CONVENCIONALES	93
TABLA 51. MUESTREOS ISOCINÉTICOS REALIZADOS	94

Figuras

FIGURA 1. ESQUEMA DE LA “RUTA DEL RESIDUO METÁLICO”	12
FIGURA 2. CONCENTRACIÓN GEOGRÁFICA DE FUNDIDORAS EN EL ATLÁNTICO	16
FIGURA 3. ASPECTOS AMBIENTALES POR ETAPAS DEL PROCESO DE FUNDICIÓN	29
FIGURA 4. ROSA DE VIENTOS UTILIZADA EN ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AIRE	61
FIGURA 5. PROMEDIOS GEOMÉTRICOS OBTENIDOS PST (mg/m^3)	63

Fotos

FOTO 1. EMISIONES FUGITIVAS	48
FOTO 2. EMISIONES FUGITIVAS	49
FOTO 3. EMISIÓN POR CHIMENEA	49
FOTO 4. ESCORIA DE PROCESO PARA REPROCESAR	55
FOTO 5. ARENAS DE DESECHO EN TALLERES BOYACÁ	56
FOTO 6. GENERACIÓN DE ARENAS Y ESCORIA	58
FOTO 7. RESIDUOS PARA APROVECHAMIENTO	59
FOTO 8. UBICACIÓN DE EQUIPOS DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AIRE	62
FOTO 9. UBICACIÓN DE EQUIPOS DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AIRE	62
FOTO 10. RECUBRIMIENTO DE MOLDES CON COMPUESTOS DE PLOMO	69
FOTO 11. INSPECCIÓN VISUAL A LA VEGETACIÓN EN LAS INMEDIACIONES DE LAS EMPRESAS FUNDIDORAS	70
FOTO 12. INSPECCIÓN VISUAL A LA VEGETACIÓN EN LAS INMEDIACIONES DE LAS EMPRESAS FUNDIDORAS	70
FOTO 13. EQUIPO DE MEDICIÓN ISOCINÉTICA	95

INTRODUCCION

Presentación

Este documento tiene como propósito presentar el diagnóstico integral del sector de fundición en el Departamento del Atlántico. El diagnóstico parte del análisis de las características generales del sector, su importancia para el desarrollo del departamento, su situación comercial, económica, tecnológica, social y la problemática ambiental generada por el sector.

El desarrollo de este diagnóstico constituye la primera etapa del proyecto de “DISEÑO DE UN PLAN ESTRATEGICO DE PRODUCCION MAS LIMPIA PARA EL SECTOR DE FUNDICION EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO”, que realiza la Organización para el Desempeño Empresarial Sostenible (ODES) para la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), en el marco del programa SINA II del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El objetivo de este proyecto es apoyar el mejoramiento de la competitividad empresarial y la gestión ambiental de las empresas y la región.

El establecimiento de actividades de fundición de metales ferrosos y no ferrosos se ha desarrollado en el departamento del Atlántico, principalmente en los municipios de Soledad, Malambo, Sabanagrande y Barranquilla. La problemática que se genera con las actividades de fundición provoca un deterioro significativo en la calidad del aire de la zona donde están ubicadas dichas empresas, efectos negativos sobre la salud de las personas expuestas a los impactos ambientales y la generación de residuos sólidos y líquidos.

Las causas de los anteriores problemas tienen su origen, en buena parte, en la falta de una concepción empresarial del manejo de la gestión ambiental, en el nivel tecnológico de los procesos productivos, en el desconocimiento de estrategias preventivas por parte de los empresarios, y en la debilidad institucional para desarrollar medidas adecuadas para el sector de la fundición. Lo anterior se refleja en la eficiencia (rendimientos y productividad) y competitividad de las mismas actividades y del departamento del Atlántico.

El diagnóstico integral del sector de fundición es la referencia para la identificación de prioridades que permitan orientar la determinación de estrategias preventivas y tecnologías viables de producción más limpia en el sector. También servirá para que las partes interesadas como empresas, gremios empresariales (ACOPÍ, Cámara de Comercio principalmente), alcaldías, universidades, ONGs y organizaciones comunitarias reflexionen sobre la situación del sector y entiendan la relación entre la problemática económico, tecnológico y ambiental del sector y aporten a la identificación de prioridades de desarrollo a nivel sectorial.

Alcance

La elaboración de este diagnóstico es el resultado del trabajo en equipo de los profesionales de la Organización para el Desempeño Empresarial Sostenible (ODES).

La información descrita proviene de un estudio exhaustivo de literatura e informes regionales relacionados con el sector, visitas a 5 empresas, aplicación de una encuesta a las empresas seleccionadas, entrevistas con funcionarios, empresarios y representantes de los gremios y autoridades ambientales, y evaluación de expedientes del sector y de empresas cercanas a las empresas del sector de fundición seleccionadas. Igualmente se desarrollan monitoreos

isocinéticos, calidad de aire, suelo, agua, plomo en sangre y cuantificación de residuos, que completarán esta información.

Estructura del informe

Este informe está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se presenta el análisis integral del contexto comercial, económico, tecnológico y social del sector de fundición en el Atlántico. En el segundo capítulo se analiza la problemática ambiental del sector, haciendo énfasis en los impactos más significativos de las actividades de fundición sobre el medio ambiente y en la identificación de las diferentes causas de dicha problemática ambiental. En el tercer capítulo se presentan las mediciones y resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en las empresas participantes del proyecto y en su área de influencia. En el último capítulo se identifican y analizan los principales puntos críticos del sector en relación con los aspectos económicos, tecnológicos y ambientales tratados en el documento. En el anexo 2 se encuentran el inventario de fuentes de generación de materias primas, empresas de fundición y empresas que aprovechan el material recuperado en el departamento del Atlántico.

1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

Este capítulo describe el sector de fundición en el departamento del Atlántico de manera integral, haciendo énfasis en sus características generales, su importancia para el desarrollo de la región, su contexto comercial, económico, tecnológico, y social. De esta manera, el análisis integral del sector brinda a los empresarios y otros actores involucrados en la promoción de la gestión ambiental en la región, una referencia para la identificación de prioridades que permitan orientar la implementación de alternativas preventivas en los procesos productivos para el mejoramiento de su desempeño ambiental y competitividad empresarial.

1.1. Generalidades del Sector

La fundición de metales hace referencia al proceso mediante el cual se somete la materia prima metálica a temperaturas superiores a las de su punto de fusión, con el fin de manipularla en estado líquido y fabricar piezas de forma y dimensiones específicas (CINSET 1999, CONAMA 1998). Para ello se utilizan moldes en los cuales el metal se solidifica y en algunos casos, elementos aleantes son añadidos a la materia prima para así mejorar sus propiedades mecánicas. El calor necesario para la licuefacción de los metales es proporcionado por energía eléctrica o por combustibles fósiles según el tipo de horno utilizado.

Dentro de la actividad manufacturera, el sector de fundición es uno de los sectores fundamentales para la economía debido a que los productos que genera son utilizados como insumos de primer orden en múltiples otras industrias como la metalmecánica, la automotriz, y en general en la fabricación de maquinarias y equipos para la industria cementera, minera, petrolera, energética, agrícola, de obras públicas, de bebidas, de alimentos, y textil, entre otras (CRTM 2000: 6).

Este sector se divide en dos subsectores principales: el subsector de fundición de materiales ferrosos, que comprende hierro y acero, y el subsector de fundición de materiales no ferrosos, que comprende el aluminio, bronce, plomo, cobre, magnesio, latón, zinc, zamak, y níquel (ver Anexo 1). Bajo la clasificación industrial internacional uniforme (CIIU), las actividades de fundición de metales se clasifican bajo el código 27 de fabricación de productos metalúrgicos básicos, y en especial bajo el código 273 de fundición de metales. Este último a su vez comprende los subsectores de fundición de hierro y acero (CIIU 2731) y de fundición de metales no ferrosos (CIIU 2732). En la tabla 1 se muestran los diferentes códigos CIIU asociados con las actividades de fundición de metales.

Este sector involucra diferentes actividades económicas según el tipo de materia prima de fundición utilizada, y según la posición de las empresas fundidoras en la cadena de valor del metal. Por un lado, hay dos modalidades de fundición de metales de acuerdo con el tipo de materia prima utilizada: la fundición de metales mediante obtención primaria y mediante recuperación secundaria. La primera modalidad se refiere al procesamiento de metales, en especial los de carácter industrial, que en la naturaleza se encuentran en forma oxidada. Dicho procesamiento incluye actividades de minería y de reducción, la cual ocurre durante el

proceso de fundición. La segunda modalidad consiste en la recuperación de metales mediante la fundición de chatarras y escorias y se relaciona con actividades de reciclaje y recolección de materiales. Por otro lado, el valor agregado ofrecido por las empresas fundidoras varía de acuerdo con el grado de transformación que realicen sobre el metal una vez ha sido fundido. Es así como existen empresas cuyo proceso productivo se limita a la fundición y cuyo producto final son lingotes metálicos, como empresas cuyo proceso productivo involucra además de la fundición la fabricación de piezas metálicas específicas – productos terminados.

Tabla 1. Códigos CIIU de Interés Sector Fundición

Código	Descripción
27	Fabricación de productos metalúrgicos básicos
271	Industrias básicas de hierro y acero
271007	Fabricación de artículos de hierro fundido y de acero fundido
272	Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos
2729	Industrias básicas de otros metales no ferrosos
272901	Recuperación y fundición de cobre, incluye cuproaleaciones
272905	Recuperación y fundición de aluminio
272907	Fabricación de artículos fundidos de aluminio y sus aleaciones
272909	Recuperación y fundición de plomo y zinc
272911	Fabricación de artículos fundidos de plomo y sus aleaciones
272913	Recuperación y fundición de zinc
272915	Fabricación de artículos fundidos de zinc y sus aleaciones
271917	Recuperación y fundición de estaño y níquel
272919	Fabricación de artículos fundidos de estaño y sus aleaciones
272922	Recuperación y fundición de níquel
273	Fundición de metales
2731	Fundición de hierro y acero
2732	Fundición de metales no ferrosos

Fuente: Cámara de comercio de Bogotá, 2005

El tamaño y la tecnología utilizada por las empresas dedicadas a la fundición de metales varía enormemente desde pequeños talleres con procesos artesanales y hasta grandes plantas manufactureras con tecnología de punta que procesan miles de toneladas de materia prima por día. En cuanto al impacto ambiental de las empresas de este sector, este se relaciona directamente con el tamaño de la empresa, el tipo de tecnología y moldes utilizados, y el tipo de material procesado (hierro, acero, bronce, aluminio, plomo, cobre, zinc, estaño, entre otros) (CINSET 1999, EPA 1992).

1.2. Características del Sector en el Departamento del Atlántico

1.2.1. Aporte del Sector a la Economía Departamental

Para hacer la estimación del aporte del sector a la economía sólo se cuenta con los datos oficiales de la Cámara de Comercio, los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial y la información suministrada por las empresas. Cabe anotar que la información oficial, además de no estar actualizada, tiene un subregistro debido a que no incluyen los aportes realizados por el sector informal y el que no está legalizado. Así mismo, las cifras oficiales no

especifican el aporte realizado por el sector de fundición, sino que lo engloban en el sector de industrias manufactureras.

De acuerdo con la información de la Cámara de Comercio de Barranquilla, para el 2002 las empresas manufactureras inscritas a esta organización representaban el 9,2% del total de empresas del Atlántico, ocupando el cuarto puesto en orden de importancia, después de los sectores comercio, finanzas y servicios, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de Empresas Inscritas por Sector ante la Cámara de Comercio de Barranquilla (1993-2002)

SECTORES	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1. Agricultura - caza - pesca	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,4	1,5	1,3
2. Explotación, minas y canteras	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3. Industria manufacturera	10,2	10,2	10,6	11,0	10,5	10,7	9,7	9,8	9,1	9,2
4. Electricidad - gas - agua	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
5. Construcción	3,7	4,0	4,2	4,0	4,1	3,7	3,7	3,6	3,8	3,5
6. Comercio	55,9	55,0	54,7	53,9	53,7	55,5	54,2	56,5	55,3	56,9
7. Transporte	3,7	3,9	3,2	3,9	3,8	3,3	3,6	3,8	4,7	5,6
8. Finanzas	12,6	13,2	13,9	14,1	14,2	13,5	14,2	15,2	15,4	13,1
9. Servicios	12,1	12,1	12,1	11,5	12,1	11,7	12,9	9,5	9,9	10,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Cámara de Comercio de Barranquilla

Tabla 3. Porcentaje del PIB del Departamento del Atlántico por Actividad Económica 1995-2000 (Precios Corrientes)

Actividad Económica	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Producto Interno Bruto (\$ Millones)	3.827.679	4.521.995	5.604.320	6.452.721	6.896.463	7.908.346
Agropecuaria, Silvicultura, Pesca	123.451	141.991	157.530	232.512	277.977	299.636
Minería	20.089	22.427	27.586	23.161	19.646	24.137
Electricidad-Gas-Agua y Alcantarillado	168.982	182.130	202.007	249.864	300.439	462.758
Industria	826.916	985.147	1.182.073	1.354.160	1.407.281	1.631.123
Construcción	268.332	235.228	329.219	236.036	190.208	145.347
Comercio	491.782	570.231	685.030	809.497	826.989	949.949
Serv. Reparación de autom. - art. Personales y doméstico	68.527	92.293	121.208	149.193	156.910	165.225
Servicios de Hostelería y Restaurantes	107.146	124.026	133.599	146.648	156.094	166.173
Transporte	290.599	310.649	361.920	450.301	504.784	524.885
Servicios de Correos y Telecomunicaciones	90.578	118.872	158.203	189.773	170.938	232.044
Serv. De Intermediación Financiera y servicios conexos	188.444	260.365	325.302	366.481	301.510	321.843
Servicios Inmobiliarios y alquiler de Vivienda	274.575	348.258	417.495	482.222	579.151	625.551
Servicios a empresas excepto serv. Financ. -inmob	124.286	141.368	228.423	213.134	179.194	203.202
Servicios Domésticos	32.135	38.370	45.192	55.497	58.055	61.617
Servicio de enseñanza de Mercado	106.636	167.094	247.234	332.549	346.168	396.374
Servicios Sociales y de Salud de Mercado	75.228	91.573	108.039	115.394	133.559	142.688
Servicios de asociaciones y esparcimiento otros de mercado	43.965	50.787	59.111	70.773	69.221	72.183
Servicio de admón. publ. Y otros para la comunidad en general	240.030	331.073	417.565	546.133	662.545	719.488
Servicios de Enseñanza de no Mercadeo	81.997	115.435	130.856	136.898	171.898	202.630
Servicios sociales y de salud de no mercado	65.795	81.009	103.771	124.882	146.393	159.603
Serv. De asoc. Y esparcimiento - otros de no mercado	3.504	3.410	6.618	9.560	10.244	9.309
Menos: Serv. De Intermediación Financ. Medidos indirectamente	167.062	226.295	281.934	322.768	252.491	249.719
Subtotal Valor Agregado	3.526.935	4.185.441	5.166.047	5.971.900	6.416.713	7.266.046
Impuesto menos subvenciones sobre los productos	300.744	336.554	438.273	480.821	479.750	642.300

Fuente: DANE - Cuentas Departamentales

En cuanto a su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) del Atlántico, la tabla 3 muestra el aporte al PIB de las diferentes actividades económicas del Departamento durante el periodo 1995-2000. Como se puede apreciar, el sector industrial ha mantenido una dinámica creciente, con una participación en el PIB entre el 20 y el 22% durante dicho periodo. Con relación a la dinámica del sector fundiciones, la información suministrada por las empresas estudiadas, señala que en los últimos 10 años el sector se ha decrecido debido a que varias empresas han cerrado o han disminuido sus niveles de producción. Así mismo, según la Corporación Centro Red Tecnológico Metalmecánico (CRTM) las industrias de fundición podrían aportar un 3.8% al PIB Departamental y en el ámbito nacional un 0.22% (CRTM 2000).

El sector de la fundición con recuperación secundaria de materiales tiende a desaparecer en el Atlántico por la estructura del comercio de la chatarra, su principal materia prima. Dos factores favorecen este comportamiento: la fuerte presión mundial por demanda de chatarra y el cierre en el Departamento de empresas tanto proveedoras de materias primas como consumidoras de productos de la fundición. La sección 1.3.2 complementará esta información. En lo concerniente a la chatarra y residuo de plomo, la fuerte demanda interna, especialmente del Valle del Cauca y Bogotá, es un factor decisivo para el comportamiento actual del sector.

1.2.2. Cadena Productiva y Otros Actores Regionales del Sector en el Atlántico

En el Departamento del Atlántico la principal actividad del sector de fundición de materiales no ferrosos está enmarcada dentro de la modalidad de recuperación de metales, mientras que en el caso de fundición de hierro y acero esta se enmarca principalmente en la fabricación de piezas metálicas. En el primer caso, esta modalidad de fundición depende directamente de las actividades de generación de residuos y chatarra metálica, de su recolección y almacenamiento, y de sus diversos canales de comercialización. La cadena de valor de la fundición secundaria de metales involucra, por lo tanto, a los actores y actividades de la “ruta de la chatarra”, que se inicia con la generación del residuo y culmina con la fundición del metal para su posterior reutilización.

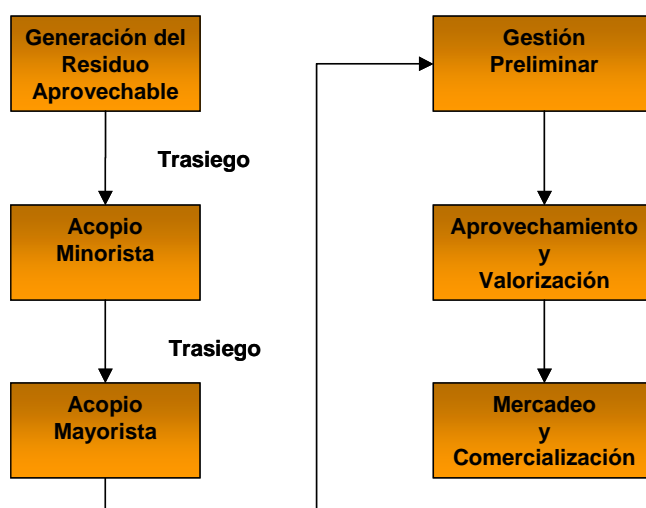
Los principales generadores de residuos y chatarra metálica recuperable para fundición son la industria de la construcción, la industria del transporte y la industria metalmecánica en general. En cuanto a la ruta del residuo, esta depende en gran parte del metal a ser fundido. A nivel nacional la mayor actividad se registra en el subsector de la chatarra de hierro, el cual registra un movimiento cercano a los tres millones de toneladas anuales. Las siderúrgicas semi-integradas consumen alrededor de un 40% de este volumen, la siderúrgica de Paz del Río un 30%, y el restante 30% se distribuye entre las pequeñas y medianas fundiciones del país. En el Departamento del Atlántico, don Luciano Maruc recoge la mayor parte de la chatarra de hierro para enviarla a Siderúrgica Boyacá.

La ruta del residuo metálico se compone, en general, por las etapas mostradas en la figura 1. Tomando como ejemplo el caso de la ruta del residuo de plomo de baterías de automotores, esta comienza cuando la batería cesa de operar adecuadamente, bien sea debido a mal mantenimiento, defecto en la fabricación o término de la vida útil. El lugar de generación del residuo puede ser el hogar, lugar de trabajo, taller de mantenimiento mecánico o serviteca. Allí comienza la cadena de acopio minorista, la cual se concentra principalmente en talleres de servicio eléctrico, servitecas y recolectores de chatarra metálica. La chatarra es posteriormente recolectada y agregada por acopiadores mayoristas. Durante este proceso de

acopio y agregación, la chatarra puede llegar a recorrer grandes distancias a nivel local, regional o inclusive nacional. A este proceso de transporte se le denomina trasiego.

Existen dos acopiadores mayoristas de plomo en Barranquilla y su zona de influencia, los cuales operan según las circunstancias del mercado de dos maneras: por un lado, venden las baterías directamente a una empresa fabricante y reprocesadora de baterías en Cali, o por el otro, contratan a pequeñas empresas fundidoras en la región vía maquila para que les presten el servicio de recuperación de plomo, el cual venden en el mercado nacional o internacional.

Figura 1. Esquema de la “Ruta del Residuo Metálico”



Previo al aprovechamiento del material recuperable de la batería (scrap de plomo, ácido y plásticos), es necesario realizar un proceso de separación de sus diferentes componentes con el fin de optimizar el porcentaje de reutilización. A esto se le denomina gestión preliminar, y en el caso específico del plomo, involucra los siguientes pasos:

- Destape de la batería
- Seguido del drenaje del ácido
- Corte de la tapa y separación de los bornes
- Descargue del contenido de la caja
- Lavado interno de la caja
- Separación y lavado de los separadores
- Acopio del scrap para su gestión posterior (venta o fundición)

En todas estas operaciones hay pequeñas liberaciones de plomo tanto oxidado como reducido, lo que amerita su realización con buenas prácticas de manufactura.

Otros actores que interactúan con la cadena productiva del sector están representados fundamentalmente por las entidades de asistencia técnica, entidades de apoyo al sector (gremios), y entidades territoriales y de orden nacional que juegan un papel crucial en cuanto al planeamiento y coordinación de las políticas públicas relacionadas con el sector de

fundición en el departamento del Atlántico. Los nombres y funciones de estos otros actores regionales se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Otros Actores Regionales Relacionados con el Sector de Fundición en el Atlántico

Actor	Función
Corporación Centro Red Tecnológico Metalmecánica -CRTM	Asistencia Técnica e investigación
Sena	Capacitación y Asistencia Técnica
Cámara de Fedemetal –Andi	Gremio
Acopi	Gremio
CRA	Autoridad ambiental – programa de sostenibilidad ambiental de los sectores productivos
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Mejoramiento de la productividad y la competitividad de la industria manufacturera.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial	Promoción de la política de producción más limpia en los sectores productivos.

En cuanto a iniciativas del sector público que impulsa el mejoramiento de las cadenas del sector manufacturero, es importante mencionar la existencia del convenio de competitividad de la cadena metalmecánica, suscrito en el 2000, que incluye al sector de Fundición y el cual es liderado por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Cámara de Fedemetal de la Andi. También participan el SENA, Centros de Desarrollo tecnológico del sector, Acopi y representantes del sector privado.

1.2.3. Tipología de las Empresas del Sector

Como en muchos sectores de la economía, la industria de la fundición se desarrolla en Colombia en empresas de tipo artesanal o microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas. Sin embargo, en el Departamento del Atlántico predominan las fundidoras artesanales o microempresas, pequeñas y medianas¹. Esta propuesta de diferenciación de las empresas, además de las implicaciones económicas relacionadas con la capacidad de producción y rentabilidad, lleva implícita una referencia a dinámicas particulares para cada categoría como se describe a continuación.

Las empresas artesanales o microempresas son predominantemente empresas familiares, con un promedio de cinco trabajadores permanentes y un máximo de 10; en general la fuerza de trabajo esta representada en su gran mayoría por mano de obra familiar; los pagos son determinados por el volumen de producción, y representan bajos niveles de tecnología en el proceso productivo, por lo cual los niveles de eficiencia de la producción son bajos. Usualmente no hay afiliación de los trabajadores al sistema de seguridad social, ni prácticas adecuadas de salud ocupacional, por lo que hay una exposición directa de manos y cara a los materiales que se manipulan y con frecuencia de pies y tronco, debido a que al elevarse la temperatura los trabajadores se quitan la camisa. También es común la presencia de altas deficiencias en orden y aseo y manejo de los residuos sólidos. Los niveles de capacitación de los trabajadores es mínimo, limitándose el conocimiento al campo de lo empírico.

¹ Sólo una de las empresas inventariadas se puede considerar como de gran tamaño.

Las empresas pequeñas ocupan hasta 50 trabajadores, tienen una remuneración permanente y afiliación al sistema de seguridad social y mantienen un contingente de trabajadores ocasionales vinculados por periodos de tiempo cortos, cuando hay picos en la producción. El proceso productivo involucra mayores niveles de tecnología y eficiencia. En este tipo de empresas la seguridad industrial se limita al uso de algunos elementos de protección personal, pero el cumplimiento de los aspectos relacionados con salud ocupacional sigue siendo mínimo y no hay mucha sensibilización de los trabajadores frente a las consecuencias nocivas derivadas del no usar los elementos de protección personal y de prácticas inseguras. En estas empresas se encuentra mano de obra semicalificada, pero siguen predominando los “empíricos”.

Las empresas medianas presentan un proceso productivo con mejores niveles de tecnología, mano de obra calificada y una estructura empresarial formal y jerarquizada. Los trabajadores cuentan con todas las garantías de la Ley de Seguridad Social y presentan un mayor nivel de capacitación formal, que se va cualificando durante su permanencia en la empresa. Se encuentra una mayor implementación de las medidas de seguridad industrial y cumplimiento de los programas de salud ocupacional, con capacitación y sensibilización permanente frente a las consecuencias derivadas del no uso de los elementos de protección de seguridad y de la ejecución de prácticas inseguras. Así mismo, las áreas de trabajo están mejor definidas y se intenta mantener el orden y el aseo, como mecanismo para evitar la ocurrencia de accidentes. La tabla 5 resume las principales características de cada uno de estos tipos de empresas.

Tabla 5. Tipología de Empresas de Fundición en el Atlántico

Característica	Microempresa	Pequeñas	Medianas
Tipo de empresa	▪ Familiar	▪ Familiares pero con mano de obra externa	▪ Estructura empresarial formal y legalizada.
Número de Empleados	▪ Máximo 10	▪ Hasta 50	▪ Más de 51
Tipo de vinculación	▪ Contrato verbal	▪ Contrato formal	▪ Contrato formal
Tipo de remuneración	▪ Por volumen de producción	▪ Salario fijo. Pequeño porcentaje a fundidores.	▪ Salario fijo
Tecnología	▪ Tecnología artesanal con baja eficiencia de producción	▪ Tecnología estándar con medios niveles de eficiencia productiva	▪ Mejores niveles de eficiencia y de tecnología
Seguridad Social	▪ Empleados no afiliados al sistema de seguridad social	▪ Empleados afiliados al sistema de seguridad social	▪ Empleados cuentan con todas las garantías de seguridad social y Caja de Compensación.
Salud Ocupacional	▪ No hay prácticas adecuadas de salud ocupacional	▪ Insuficientes programas y capacitación en salud ocupacional	▪ Cumplimiento de programas salud ocupacional
Seguridad Industrial	▪ No se usan elementos de protección personal	▪ Uso de los elementos mínimos de seguridad industrial.	▪ Uso elementos de protección personal requeridos para el tipo de actividad. Seguimiento permanente y estadísticas de Seguridad Industrial.

Característica	Microempresa	Pequeñas	Medianas
Orden y aseo	<ul style="list-style-type: none"> No hay adecuadas prácticas de orden y aseo; se presenta manejo inadecuado de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> Mejores niveles de orden y aseo 	<ul style="list-style-type: none"> Áreas de trabajo definidas, ordenadas y mejor aseadas

Es así como se encuentran en el Atlántico empresas de fundición que varían en tamaño desde pequeños talleres que trabajan intermitentemente y bajo pedido (fundiendo en algunos casos apenas unas cuantas horas al mes) y cuya producción no sobrepasa las 2 toneladas mensuales, hasta medianas fundidoras empleando más de 50 personas y cuya producción alcanza las 1,500 toneladas al año.

1.2.4. Inventario de Empresas del Sector de Fundición en el Atlántico

Se consideraron tres tipos de empresas para conformar el inventario de empresas del sector de fundición en el Departamento del Atlántico: fundidoras, generadoras de materia prima de fundición, y usuarias del material recuperado. Para la elaboración de este inventario se tuvieron en cuenta las siguientes fuentes de información: estudios de campo, entrevistas con los actores y registros ante la Cámara de Comercio de Barranquilla. El Anexo 2 incluye el inventario detallado de estos tres tipos de empresas.

La categoría de empresas fundidoras comprende aquellas empresas que funden metales como parte de su proceso productivo, bien sea para fabricar piezas metálicas o para fabricar lingotes. En el Departamento del Atlántico encontramos 30 empresas fundidoras, la mayoría de ellas localizadas en Barranquilla, y en una menor medida en Malambo, Soledad y Sabanagrande. Diez de estas empresas funden plomo, cinco de ellas hierro y acero, cinco de ellas aluminio, tres de ellas hierro, una de ellas hierro y aluminio, una de ellas plomo y aluminio, una de ellas hierro y bronce, una de ellas metales preciosos y tres de ellas funden metales varios. Sólo una de estas empresas podría considerarse de gran tamaño (Sidunorte, empresa fundidora de hierro, acero, aluminio y cobre), tres de ellas corresponden a la categoría de medianas empresas (Almesa, De Lima y JIG), mientras que el resto de ellas son pequeñas empresas o microempresas.

En cuanto a las empresas generadoras de material de fundición, estas comprenden aquellas que dentro de su proceso productivo generan residuos, desechos o escorias con metales recuperables mediante fundición. De este tipo de empresas encontramos diez en el Departamento del Atlántico, las cuales generan residuos con aluminio, zinc, hierro, acero, cobre, y plomo recuperable. Finalmente, las empresas usuarias de material recuperado son aquellas que utilizan en su proceso productivo como materia prima el material recuperado por las fundidoras.

1.2.5. Concentración Geográfica de las Empresas Fundidoras en el Departamento

En la figura 2 se muestra la ubicación de los municipios de Malambo, Sabanagrande, Soledad y Barranquilla donde se concentran las actividades relacionadas con la cadena del sector de fundición, empresas generadoras de materias primas, empresas de fundición y empresas que aprovechan el material recuperado en el departamento del Atlántico. Barranquilla sobresale con un 50% del total de las empresas del sector el Departamento. Por

otro lado, cabe anotar que la gran mayoría de las empresas de este sector que no se encuentran en Barranquilla se ubican a lo largo de la carretera oriental.

Esta concentración geográfica de las empresas de este sector obedece a la cercanía con vías de acceso principales y al puerto de Barranquilla. Por un lado, dado que las actividades relacionadas con la fundición conllevan el manejo y transporte de gran cantidad de materiales de gran peso y volumen, es de esperar que las empresas de este sector se ubiquen en cercanía a vías de acceso principales. Por otro lado, teniendo en cuenta que gran parte de los productos de este sector son exportados (ver sección 1.3), la proximidad al puerto de Barranquilla o a clientes locales en dicha ciudad es fundamental en materia de costos.

La información recopilada en el inventario de empresas del sector en el Departamento del Atlántico (ver Anexo 2 y sección 1.2.4) evidencia, por otro lado, las marcadas diferencias entre la concentración geográfica de empresas fundidoras de plomo y aquellas que funden otros materiales. Mientras la mayoría de las empresas fundidoras de plomo se encuentran fuera de Barranquilla, las fundidoras de otros metales se concentran principalmente en este centro urbano. Esto puede obedecer a los impactos negativos que tiene el plomo sobre la salud humana y por ende a la intención de ubicar estas actividades en zonas alejadas de centros poblados, o a diferencias entre los requerimientos legales (y entre ellos ambientales) para la operación de estas actividades entre Barranquilla y el resto del Departamento.

Figura 2. Concentración Geográfica de Fundidoras en el Atlántico



Fuente: CRA 2005. www.crautonomia.gov.co

1.2.6. Agremiación

Históricamente el sector de fundiciones del Atlántico no ha presentado una actividad positiva frente a las posibilidades de agremiación, sino que por el contrario se ha caracterizado por una actitud de competencia y rivalidad. De acuerdo a la información suministrada por dos de los empresarios entrevistados, hace pocos años algunos empresarios tuvieron la idea de agremiarse, pero no se contó con una actitud positiva de la mayoría del gremio, por lo cual se abandonó la idea. Del sector sólo se encuentra afiliada a ACOPI la empresa Fundiciones de Lima. Por lo anterior, y teniendo en cuenta la dinámica decreciente del sector, el promover la agremiación de los fundidores puede ser un mecanismo que les permita, mediante la unión de esfuerzos, reactivar el crecimiento del sector, de la productividad y las utilidades.

1.3. Contexto Comercial del Sector

En esta sección se hace referencia a los mercados, clientes y canales de comercialización de las empresas del sector de fundición en el Departamento del Atlántico, las tendencias que están condicionando dicho mercado y los principales factores de competitividad de las empresas.

1.3.1. Mercados, Clientes y Canales de Comercialización

El tamaño y tipo de mercado al que sirven las empresas de fundición en el Atlántico varía según sea su negocio principal. Es así como mientras las empresas cuyo negocio es la fabricación de piezas metálicas a partir del metal fundido atienden más que todo el mercado nacional y en menor grado los mercados local e internacional, las fundidoras cuyo negocio es la recuperación de metales mediante la fundición – y cuyo producto final son lingotes metálicos – hacen parte de cadenas comerciales que recientemente se están enfocando más hacia el mercado internacional.

Según un estudio realizado en noviembre de 2000 por la Seccional Costa Norte de la Corporación Centro Red Tecnológico Metalmecánica – CRTM, el 60% de la producción del microcluster de piezas y elementos fabricados a partir de la fundición de metales en el Atlántico es destinado al mercado nacional, en el cual ha alcanzado una participación del 28% en el mercado nacional de los productos que fabrica². En los últimos años ha habido una fuerte tendencia en este cluster hacia los mercados de Bogotá, Medellín y Bucaramanga. Por su parte, alrededor del 28% de la producción es destinado al mercado local y un 12% atiende mercados internacionales (CRTM 2000). En cuanto al mercado local, este se concentra principalmente en los grandes centros urbanos de la región Caribe: Barranquilla, especialmente, y también Cartagena y Santa Marta. En cuanto al mercado internacional, los principales países y regiones a las que exporta este subsector son Venezuela, Ecuador, Panamá, Centroamérica y la cuenca del Caribe. Las principales dificultades encontradas por el CRTM para que este subsector incremente sus niveles de exportación son: políticas inadecuadas de inteligencia de mercados, dificultades en el transporte, problemas para satisfacer las necesidades específicas de los clientes internacionales, dificultad para obtener precios competitivos, y barreras arancelarias (CRTM 2000).

² Los productos incluyen abrasaderas, uniones de acople, cajas para medidores, tapas de alcantarillado, bombas centrífugas, soportes para rodamientos, prensas de barco, y líneas para cementeras.

Por su parte, las fundidoras que recuperan material para luego venderlo en lingotes tienen dos tipos de clientes principales: por un lado, las empresas fabricantes de productos metálicos, y por el otro, los comercializadores y acopiadores mayoristas de chatarra y material recuperado. En el primer caso, los talleres de fundición abastecen desde empresas de mediano tamaño a nivel local y regional como grandes empresas en el mercado nacional (Reynolds, Imusa, EMMA, Willard y MAC entre otras). En el segundo caso, las fundidoras venden el material recuperado a grandes comercializadoras de materiales, quienes a su vez comercializan los metales en el mercado nacional e internacional.

Se puede dar el caso de que tanto empresas fabricantes de productos metálicos como comercializadoras establezcan relaciones comerciales tipo maquila con talleres de fundición. En tales situaciones, la empresa o comercializadora provee a la fundidora con la materia prima de fundición (residuos metálicos, chatarra, rechazos, scrap de fundición) y esta última le provee un servicio de recuperación de material. Es así como el negocio de Reciclal nació a partir de una maquila con Willard y Fundiciones JIG presta servicios de recuperación de plomo para una comercializadora de materiales de la región. Sin embargo, puede darse el caso de que las fundidoras trabajen independientemente procurándose de esa manera su propia materia prima y comercializando luego el material recuperado. Tal es el caso de la Comercializadora MNP quien le vende aluminio directamente a Imusa y EMMA o de Reciclal, que actualmente vende gran parte de su producción directamente a una comercializadora.

1.3.2. Tendencias del Mercado

Cuatro tendencias de mercado afectan actualmente el negocio de las fundidoras recuperadoras de material: el crecimiento de las exportaciones de chatarra metálica, la consolidación de la región de Barranquilla y su zona de influencia como centro de acopio de materiales en la región caribe colombiana, el creciente impacto del carácter cíclico de la industria metalmecánica de países del norte, el cierre de industrias productoras de materia prima y consumidoras de productos de la fundición en el Departamento, y la reconfiguración del mercado nacional de recuperación del plomo de baterías.

Crecimiento de Exportaciones de Chatarra

Se observa una tendencia generalizada en el país hacia la exportación de chatarra metálica. Esto obedece al alza en los precios internacionales de este tipo de materiales, motivada por el crecimiento en la demanda de sectores como el automotriz y de la construcción en países como China y Estados Unidos (González 2004)³. Según el presidente de la Cámara Colombiana de Construcción, la escasez de acero en el mercado nacional gracias al aumento de sus exportaciones generó un alza en su precio interno de 45% en el periodo entre mayo de 2003 y mayo de 2004 (Diario El País 2004). Argumentos como este llevaron a la expedición del Decreto 1771 de junio 2 de 2004, el cual limitó durante seis meses las exportaciones de chatarra de fundición de hierro y acero, lingotes de chatarra de hierro y acero y desperdicios y desechos de cobre, de aluminio y de plomo.

Esta tendencia ha tenido tres consecuencias principales para las empresas fundidoras en el Atlántico. Como primera medida, ha generado que muchos talleres de fundición ahora

³ En el caso de China, las ferroaleaciones, desperdicios y desechos de cobre y desperdicios y desechos de aluminios contribuyeron con el 76% de las exportaciones realizadas a ese país en el 2004 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo 2005).

prefieran venderle el metal recuperado a aquellas comercializadoras que realizan exportaciones que a aquellas que abastecen mercados nacionales o a empresas fabricantes de productos metálicos. Como segunda medida, empresarios del sector han manifestado que muchas empresas fundidoras han quebrado últimamente debido a la creciente escasez de material para fundición, ya que cada vez un mayor porcentaje de estos materiales está siendo exportado en vez de ser recuperado para el mercado nacional. Como tercera medida, y en contraposición a lo anterior, una mayor cantidad de chatarra y desperdicios metálicos están transitando por Barranquilla y sus alrededores, aprovechando las facilidades que para la exportación ofrece su puerto marítimo.

Consolidación de Barranquilla como Zona de Acopio de Materiales Recuperables

Como acabamos de mencionar, la zona de Barranquilla y sus alrededores se ha convertido recientemente en un acopiador regional de chatarra y residuos de metales. Esto ha sido motivado por las crecientes exportaciones de chatarra, así como por el establecimiento de dos grandes acopiadores mayoristas de materiales recuperados, entre ellos chatarra y productos metálicos, en Barranquilla y su zona de influencia. A manera de ejemplo, se calcula que alrededor del 50% del plomo reprocesado en el Departamento del Atlántico es traído de otras regiones del país⁴.

Impacto del Ciclo de Producción Industrial de Países del Norte

El carácter cíclico de industrias de países del norte tales como la automotriz ha generado un creciente impacto sobre el mercado de materiales recuperados en el país. Una de las industrias más demandantes de chatarra y residuos metálicos en países del norte como Estados Unidos es la automotriz. Dicha industria sigue un ciclo anual de producción en el cual el pico de producción ocurre en los meses de la primavera, la mayoría de las plantas de producción cierran durante el verano, y la producción se reinicia nuevamente durante el otoño. Este ciclo sinusoidal de producción genera por supuesto un ciclo similar de demanda de insumos – entre los cuales se encuentra la chatarra metálica – y por ende un ciclo de aumento y caída en los precios de dicha chatarra. Este ciclo en los precios de los materiales tiene un efecto sobre el comportamiento del mercado nacional pues en los meses en los que el precio se encuentra más bajo se preferirá fundir el material mientras que cuando el precio esté más alto se optará por su exportación.

Cierre de Industrias en el Departamento del Atlántico

Uno de los puntos críticos identificados por los empresarios entrevistados en el sector se refiere al reciente cierre de grandes y medianas empresas que cumplían papeles fundamentales en la cadena de valor de las fundiciones en el Departamento. Por un lado, han cerrado empresas que generaban volúmenes considerables de residuos recuperables mediante la fundición, y por el otro lado han cerrado también medianas y grandes empresas

⁴ En el Departamento del Atlántico, especialmente en la ciudad de Barranquilla y sus alrededores, circulan actualmente cerca de 170,000 automotores, los cuales desechan aproximadamente 200,000 unidades de baterías anualmente. A su vez, este volumen de baterías generaría alrededor de 2,500 toneladas de plomo de obra al año. La producción estimada de las dos fundidoras grandes y las cinco fundidores informales de plomo es de alrededor de 5,000 toneladas de plomo de obra, lo cual nos conduce a inferir que al menos 50% del plomo de obra generado por el procesamiento de baterías en el Atlántico proviene de otras regiones del país.

consumidoras de material recuperado por las fundidoras. De esta manera se han afectado los mercados locales tanto de materia prima como de productos terminados para el sector.

Reconfiguración del Sector de Recuperación de Plomo

La actividad de recuperación del plomo ha venido sufriendo una reconfiguración como resultado de la creciente influencia que una de las empresas más grandes del país en el negocio de fabricación y reciclaje de baterías está teniendo en el mercado. Con la determinación de dominar el mercado de recuperación de plomo en el país, esta empresa busca captar la totalidad de las baterías desechadas del país y así ser el único recuperador de plomo en el mercado. Su creciente influencia en el mercado del plomo ha sido tal que ha logrado influenciar los precios de compraventa tanto de las baterías usadas como del plomo recuperado, incrementando el primero y deprimiendo el segundo. De esta manera, se presentan casos en los que el precio del plomo es lo suficientemente bajo y el precio de las baterías usadas lo suficientemente alto y como resultado algunos fundidores prefieren revender un alto porcentaje de las baterías que logran acopiar en vez de recuperar el plomo en ellas pues resulta un mejor negocio.

1.3.3. Factores de Competitividad

Teniendo en cuenta lo mencionado en el numeral anterior, un factor de competitividad que se ha venido desarrollando recientemente para las empresas de fundición que operan bajo la modalidad de recuperación de material en el Departamento del Atlántico es su ubicación. Estar en cercanía tanto del puerto como de los dos acopiadores mayoristas de material de recuperación les garantiza a estos fundidores por un lado acceso a volúmenes importantes de materia prima de fundición proveniente de fuentes locales, regionales y nacionales, y por otro lado acceso indirecto al mercado nacional e internacional de metales recuperados.

Sin embargo, teniendo en cuenta la tendencia al alza en los precios del material de fundición, sólo las fundidoras que tengan altos índices de productividad (razón de conversión de materia prima de fundición a metal recuperado para la venta) podrán seguir siendo competitivas. Adicionalmente, entre menor sea el rendimiento productivo de las fundidoras, mayor será el porcentaje de material de fundición que estén generando en forma de residuos sólidos o emisiones al aire. En este sentido, unos de los aspectos en los que se concentrará el análisis de procesos productivos y la identificación de alternativas tecnológicas (a ser entregados en informes de avance subsiguientes de este contrato) serán precisamente las causas de dicha ineficiencia y las maneras de reducirla.

1.4. Contexto Económico del Sector

En términos generales, es un buen negocio recoger chatarra de todo tipo de metal para luego comercializarla. Sin embargo, el factor de valorización de dicha chatarra es aún más rentable, siempre y cuando esta actividad se ejecute con un rendimiento técnico cercano al 100%, lo cual depende del empleo de la mejor tecnología disponible.

Por otra parte, la recuperación de materiales mediante actividades como la fundición de metales va en línea con los objetivos de sostenibilidad de los sectores productivos, en términos de su consumo de recursos naturales no renovables. En la medida en que mayores fracciones de la demanda de metales de la industria y otros sectores de la economía se

suplan a través del reuso de materiales previamente extraídos de la Tierra y no mediante minería básica, se estarán alcanzando mayores flujos cíclicos de materiales en la economía.

1.4.1. Estructura de Costos de las Empresas del Sector

La estructura básica de costos de una fundidora recuperadora de material se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. Estructura de Costos Típica de una Fundidora Recuperadora de Material

Rubro	% del Costo Total
Materia prima de fundición	80-90%
Otros insumos de fundición ⁵	6-10%
Gastos administrativos y de personal	3-7%
Gastos de comercialización	1-4%
TOTAL	100%

Como se puede observar, el rubro más significativo es la materia prima de fundición, representando entre el 80 y el 90% de los costos. Este dato sustenta la relevancia para las empresas fundidoras de incrementar sus niveles de productividad, especialmente en relación con su capacidad de transformación de materia prima de fundición en material recuperado para la comercialización.

1.4.2. Cadena de Valor

Los márgenes de utilidad de las empresas del sector de fundición dependen directamente del valor agregado que ellas le impriman al material recuperado. Mientras que las fundidoras recuperadoras de material operan con bajos márgenes de utilidad, aquellas que fabrican piezas metálicas por lo general tienen mayores márgenes. Estos últimos pueden ser aún mayores en la medida en que las piezas tengan mejores acabados y tratamientos superficiales.

Se ha evidenciado que aquellas fundidoras que operan bajo maquila para las comercializadoras, prestándoles el servicio de recuperación de metales tienen márgenes de utilidad mayores que los exhibidos por las fundidoras independientes que compran su propia materia prima.

1.4.3. Tendencias

La principal tendencia del sector en referencia a sus costos y márgenes de operación es, como se mencionó anteriormente, el alza en los precios de la chatarra para fundición. En el caso del plomo, los precios de las baterías usadas se han incrementado pero no así el precio del plomo, dictaminado en el mercado internacional por la bolsa de Londres. De esta manera, los márgenes potenciales de las fundidoras recuperadoras se han visto disminuidos. Sin embargo, los empresarios que se visitaron manifestaron que a pesar de este incremento relativo en los costos de materia prima de fundición, este rubro no ha cobrado mayor importancia en la estructura de costos de las empresas gracias a las mejoras que han venido

⁵ Incluye combustible, fundentes, material refractario, energía y agua.

haciendo en los procesos y en la tecnología de fundición, lo cual les ha permitido obtener mayores rendimientos de su materia prima.

1.5. Contexto Tecnológico del Sector.

1.5.1. Descripción de las Tecnologías Utilizadas

A continuación se reseña una breve descripción de las tecnologías utilizadas en cada una de las empresas visitadas. Una descripción de los procesos y equipos típicos utilizados en el sector de fundición se incluye en el Anexo 3. Por su parte, un análisis más detallado del contexto tecnológico de este sector se incluirá en el segundo informe de avance.

- Fundiciones JIG: Empresa con capacidad para producir 200 toneladas de lingotes de plomo al mes, para lo que utiliza un horno de cubilote con crisol móvil. Como materia prima utilizan scrap de plomo de baterías, como combustible carbón coque y como insumo de la fundición cal. Cuentan con un sistema de control de emisiones compuesto de un tramo largo de laberintos de más de 260 metros de longitud en doble vía y un lavador de gases. Actualmente no está produciendo.
- Recicla: Empresa con capacidad de producción de 60 toneladas de lingotes de plomo al mes. Utiliza un horno de cubilote modificado con crisol fijo; el horno es alimentado con carbón coque y el crisol es calentado con gas natural. Como materia prima utiliza scrap de plomo de baterías que ellos mismos desensamblan y como insumos de fundición utilizan cal y viruta de hierro. Su sistema de control de emisiones está compuesto por dos cuartos de expansión y un lavador de gases. De igual tamaño que la empresa Recicla, se detectaron otros cinco fundidores de plomo en Barranquilla.
- Comercializadora MNP: Taller de fundición con capacidad para producir 25 toneladas de lingotes de aluminio al mes. Su proceso de fundición se realiza en un horno de solera (dos unidades), con calentamiento directo sobre la masa a fundir, por medio de un combustible compuesto de ACPM en un 80% y aceite quemado en un 20%. Como materia prima utiliza tanto chatarra de aluminio como residuos de una empresa productora de artículos de aluminio. Cuenta con un sistema de control de emisiones compuesto por una cámara de expansión de gases y un lavador.
- Fundiciones De Lima: Fundición de hierro con capacidad para producir 1,500 toneladas al año de piezas metálicas, principalmente tapas de sistemas de alcantarillado. Utiliza dos hornos de cubilote alimentados con carbón coque y un horno horizontal alimentado con gas natural. Los primeros cuentan con un sistema de retención de partículas y lavado de gases y el segundo utiliza una tecnología más limpia que emite principalmente CO₂.
- Fundiciones Boyacá: Pequeño taller de fundición dedicado a la fabricación de piezas de hierro, bronce y aluminio por encargo. Su capacidad de producción es de 2 toneladas por carga y funden entre una y tres cargas al mes. Trabaja con un horno de cubilote alimentado con carbón coque y no cuenta con sistemas de control de emisiones.

1.5.2. Problemática Tecnológica

De manera preliminar, y con base en las visitas realizadas a las empresas, se han identificado tres problemáticas tecnológicas en el sector de fundición en el Departamento del Atlántico: bajo rendimiento del proceso de fundición, la inadecuada manipulación de materiales, y la falta de adecuados sistemas de control de emisiones.

Bajo Rendimiento del Proceso de Fundición

Como ya se mencionó, un punto crítico para garantizar la viabilidad de las operaciones de fundición a pequeña escala es la optimización del proceso de transformación de materia prima de fundición a material fundido comercializable. En este sentido, una de las principales problemáticas tecnológicas del sector tiene que ver precisamente con los bajos rendimientos que a este respecto se observan.

En el caso de las fundiciones tanto ferrosas como de aluminio, la principal causa de bajos rendimientos en el proceso de fundición es la utilización de una llama directa de combustible sobre la carga dado que se favorece su oxidación. El metal oxidado, el cual se convierte en partículas, es luego fácilmente absorbido por los extractores de gases. Para estos dos casos, la tendencia mundial en tecnología es la utilización del horno de inducción, aunque para el caso de la fundición de aluminio sería factible estudiar la posibilidad de un horno de crisol calentado por coque, con lo cual se reduciría el costo del combustible y se aumentaría el rendimiento de la fusión propiamente dicha.

Con respecto a las fundiciones de plomo, los bajos rendimientos son generados principalmente por el uso de tecnologías artesanales ineficientes dada la alta temperatura utilizada en el proceso (aproximadamente 1100°C). Dicha temperatura, superior al punto de ebullición del plomo (menor a los 700°C), resulta en altas volatilizaciones del plomo y dificultades para el control de las liberaciones de las diferentes formas del metal durante su laboreo. Las observaciones de campo evidenciaron altos niveles de liberaciones no controladas de plomo en sus diferentes estados de oxidación (mayores al 10%). La tendencia mundial sobre el tema es la transformación hidrometalúrgica de las formas oxidadas del metal hasta su reducción a baja temperatura, para luego ser fundido en horno de crisol a temperaturas inferiores al punto de ebullición, con lo cual se incrementa la eficiencia en la recuperación, especialmente cuando la materia prima principal, proviene de baterías de plomo – ácido agotadas.

Inadecuada Manipulación de Materiales

En el caso específico de la fundición del plomo, otra fuente de bajos rendimientos, así como de elevados índices de contaminación, es la inadecuada manipulación de las baterías como materia prima de fundición. Como se mencionó en la sección 1.2.2, las baterías deben ser desensambladas y los separadores plásticos y el ácido extraídos y separados del plomo previo a la fundición. Se evidenció en empresas en las que se lleva a cabo esta operación un alto contenido de plomo en los materiales extraídos de las baterías y que luego es susceptible de contaminar el suelo y las fuentes de agua. Este es el caso especialmente de los separadores plásticos de las baterías.

Falta de Sistemas de Control de Emisiones Adecuados

A pesar de que las empresas visitadas cuentan con sistemas de control de emisiones atmosféricas, su diseño en muchos casos no es el adecuado, lo cual influye directa y negativamente en su rendimiento. En el segundo informe de avance se hará un análisis más exhaustivo de esta temática, pero vale la pena mencionar por ahora que la falla más crítica encontrada en los sistemas de control implementados hasta ahora se relaciona con el diseño y operación de los lavadores de gases, que si bien es cierto constituyen un medio efectivo

para reducir las emisiones atmosféricas de procesos de fundición, actualmente no están cumpliendo este propósito en las empresas del sector.

1.6. Contexto Social del Sector

1.6.1. Población y Empleo

La población del área donde se encuentran ubicadas las industrias del sector de fundiciones en el Departamento del Atlántico es aproximadamente de 1.814.487 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: Barranquilla 1.332.454 habitantes, Soledad 344.315, Malambo 115.288 y Sabanagrande 22.430 habitantes, población que en un 90% está concentrada en la zona urbana de cada municipio. El Área Metropolitana de Barranquilla (AMB), integrada por los municipios de Barranquilla, Soledad y Malambo, concentra un poco más del 80% de la población del departamento, que entre los años de 1994 y 2002 registró una tasa de crecimiento promedio anual de su población del 2.5%. (Planes de Desarrollo Municipales 2004-2007 de Barranquilla, Soledad, Malambo y Sabanagrande y Plan de Desarrollo Departamental 2004-2007 “Compromiso para una Vida Digna”)

Este crecimiento poblacional, aunado al aumento del desempleo y el subempleo, a la disminución que la industria ha presentado en los últimos 15 años, y conjugado con la falta de educación y capacitación, ha obligado a gran parte de la población trabajadora a vincularse al sector informal de la economía, en múltiples actividades como el comercio, la industria artesanal, la construcción y muchos otros servicios, tanto legales como ilegales; factores que están consolidando una situación de extrema pobreza que cada día se hace más aguda. (Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial Municipales y Departamental.)

Según lo afirmado en el Plan de Desarrollo Departamental 2004-2007, la crisis que afronta la región se evidencia en el hecho de que en el año 2002 el AMB presentó un nivel de desempleo del 18.2% (24.1% en Sabanagrande), situación que en los últimos años se ha incrementado aún más. Lo anterior ha incidido en que el departamento haya pasado de tener el 47.0% de la población bajo la línea de pobreza en 1997, al 66.7% en el 2001, logrando bajarla al 55.1% en el 2004. Este mismo documento afirma que la línea de indigencia era para 1997 de un 11.7% y en el año 2000 subió a 28.1%; 5 puntos por encima del promedio nacional.

En todos los municipios la población económicamente activa en promedio es femenina en un 53%, por lo cual el aumento del desempleo es más representativo entre las mujeres, situación que se acentúa debido a que entre la población desplazada llegan muchas mujeres cabeza de familia (Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial Municipales).

1.6.2. Morbilidad

De acuerdo con la Secretaria de Salud del Atlántico, en los Indicadores Básicos en Salud del 2005 se señala que las principales causas de morbilidad del departamento son la infección respiratoria aguda (IRA), otras enfermedades infecciosas y parasitarias, enfermedades diarreicas agudas (EDA), enfermedades del sistema urinario, hipertensión esencial, influenza, enfermedades de la piel, gastritis, trastornos de dientes y de sus estructuras de sostén, y asma.

En el caso específico de Soledad, las primeras causas de morbilidad son IRA y enfermedades de piel y tejido celular subcutáneo; en Malambo son EDA e IRA; en Sabanagrande IRA, caries dental y enfermedades del tejido de sostén; y en Barranquilla la principal causa es IRA, concentrada en la población de cero a cuatro años, seguida de EDA.

1.6.3. Dinámica Socioeconómica

En Barranquilla la generación de empleo por sectores económicos está compuesta de la siguiente manera: comercio 30.9%, servicios 30.8% e industria 15.8% (Plan de Desarrollo Municipal Barranquilla 2004-2007). Soledad presenta una distribución de los sectores económicos similar a la Barranquilla, prestando importantes servicios metropolitanos y regionales, debido a que en su territorio se encuentran el Aeropuerto, la Gran Central de Abastos y la Terminal de Transporte (Plan de Desarrollo Municipal Soledad 2004-2007).

Después de Barranquilla, Malambo presenta una actividad industrial considerable. En su área urbana tiene 29 establecimientos manufactureros, de los cuales sólo operaban en el 2004 el 59%. Esto representa 17 empresas, entre las cuales las industrias de hierro y acero representaban el 41%, las de alimentos el 35%, las de sustancias químicas industriales el 12% y las procesadoras de otras sustancias químicas también el 12% (Plan de Desarrollo Municipal Malambo 2004-2007). La mayor parte de las industrias de Malambo están ubicadas en el Parque Industrial Malambo S.A. (PIMSA), donde operan 14 empresas industriales. Entre las empresas más relevantes dicho parque industrial están la Frutera de la Costa S.A. (Frucosta), Preimpal Ltda., dedicada a la elaboración de prefabricados para la construcción, e Inyucal, procesadora de yuca.

Como una estrategia para disminuir el desempleo y fortalecer el desarrollo industrial, el Concejo Municipal de Malambo estableció en diciembre de 1999 incentivos para el desarrollo industrial y la generación de empleo mediante la exoneración a las nuevas empresas del pago del 100% del valor del impuesto de industria y comercio y de avisos y tableros por un termino de 10 años. Como contraprestación a las exoneraciones otorgadas, las empresas están obligadas a contratar mano de obra residente en este municipio en proporción al 30% del total de la nómina, como mínimo (Plan de Desarrollo de Malambo 2004-2007).

En Sabanagrande, en orden de importancia, las actividades económicas generadoras de empleo o ingresos son: comercio, actividades agrícolas y la pesca. Las empresas clasificadas como actividad industrial generan el 15% del empleo y son: fábrica de Bienestarina, Impertec, Fundiciones De Lima, Insa, procesadoras de agua “Los Magníficos” y “La Nieve” y la Fábrica de Licores Capriccio (Plan de Desarrollo Municipal de Sabanagrande 2004-2007).

En cuanto al sector de fundiciones, los dueños de las empresas estudiadas manifestaron que en los últimos 10 años también se han visto afectados por la crisis económica del departamento y del país, por lo que algunos de ellos funden ahora sólo de manera intermitente. Esto ha resultado en una reducción al máximo de su nóminas, vinculando trabajadores sólo durante los días de producción, y a que las empresas hayan reducido su tamaño y por ende su volumen de ingresos.

Como consecuencia de la crisis que viene afrontando la región, en los últimos 20 años el AMB ha perdido un poco más de 9,000 empleos industriales (Plan de Desarrollo Departamental 2004-2007), razón por la cual los esfuerzos de las autoridades departamentales en el Proyecto Atlántico Siglo XXI se concentran en fortalecer la red de

apoyo a la pequeña y mediana industria e impulsar industrias cuyas tecnologías permitan un desarrollo sostenible. Se han determinado como sectores estratégicos por desarrollar y fortalecer el siderúrgico – metalmecánico, la agroindustria, el sector de alimentos y las telecomunicaciones (POT del Atlántico).

1.6.4. Problemática Social

La problemática social del departamento del Atlántico se ha agudizado por la presencia de dos fenómenos sociales generalizados en las grandes ciudades del país: la recepción de desplazados y el incremento de la violencia. El fenómeno del desplazamiento en el AMB, es quizás de los más sensibles en la Costa Caribe, debido a que ésta es uno de los 5 primeros receptores de desplazados del país.

El crecimiento poblacional de Soledad y Malambo se ha incrementado de manera acelerada durante los últimos 10 años produciendo efectos muy negativos en el eje Barranquilla-Soledad-Malambo, especialmente porque ha sido generado por el desplazamiento de población a raíz del conflicto armado y por la crisis económica de muchas áreas rurales del Atlántico y de los departamentos vecinos. Los efectos negativos se evidencian en un mayor número de conflictos urbanos, entre ellos la crisis ambiental, alta vulnerabilidad frente a riesgos naturales y antrópicos, situaciones de inseguridad significativas y los más altos índices de pobreza (Planes de Ordenamiento Territorial Municipales).

De acuerdo a los registros de la Personería del municipio de Soledad, desde el año 1997 hasta el mes de noviembre de 2003, el municipio cuenta con 7.054 declaraciones, que representan una población desplazada aproximada de 33.141 personas (Plan de Desarrollo Municipal). Por su parte, Sabanagrande tiene aproximadamente 1.139 personas (267 familias) desplazadas (Planes de Desarrollo Municipales de Soledad y Malambo). Debido a la cercanía de Soledad, Malambo y Sabanagrande a Barranquilla, estos son los centros de atracción de población desplazada, que para 1998 presentaban el comportamiento mostrado en la tabla 7 (Plan de Ordenamiento Territorial del Atlántico).

Tabla 7. Distribución de la Población Desplazada Según Municipio de Llegada

Municipio	%
Barranquilla	77%
Soledad	19%
Malambo	3%
Sabanagrande	1%

Fuente: CEAC 1998, en el POT del Atlántico.

En el Plan Estratégico del Área Metropolitana de Barranquilla de octubre de 2004 se concluye que ésta área cuenta con aproximadamente 350.000 desplazados, muchos de los cuales no han sido certificados por la Red de Solidaridad, pero que se encuentran asentados efectivamente en el territorio y están siendo considerados en planes que propenden por soluciones socioeconómicas. Esta situación explica la razón por la cual estas cifras difieren ampliamente de las reportadas por la Red de Solidaridad Social, según las cuales el departamento contaba para Octubre 31 del 2005 con 63.672 desplazados.

De acuerdo con lo señalado en el Plan de Desarrollo Departamental, otro fenómeno negativo que se ha ido fortaleciendo en el departamento, al igual que en el resto del país, es la

violencia. En el 2001 el Departamento del Atlántico se encontraba entre los departamentos menos violentos del país, con tasas de muertes violentas de 23 por 100.000 habitantes, las cuales se incrementaron al 38 por 100.000 en el 2004. Esta violencia se concentra casi en su totalidad en el AMB, donde las muertes violentas ocupan en segundo puesto en las causas de mortalidad, superando a Bogotá en la tasa de homicidios. La penetración del conflicto armado en el AMB se evidencia en el comportamiento de los homicidios, los cuales se han incrementado entre el 2001 y el 2004 en un 32% en Malambo, un 27% en Soledad, y de más del 20% en Barranquilla (Plan de Desarrollo Departamental). Así mismo, las muertes violentas se incrementaron un 69% en Sabanagrande entre el 2003 y el 2004, pasando de cuatro casos en el 2003 a 13 en el 2004 (Plan de Desarrollo Municipal de Sabanagrande).

1.6.5. Valoración del Aporte del Sector a la Economía Local y Departamental

De acuerdo con la información suministrada por las cinco empresas estudiadas, en total ocupan de manera permanente 180 trabajadores y temporalmente 37. Debido a que este sector cuenta con un alto porcentaje de informalidad e ilegalidad, existe un subregistro del total real de la población vinculada laboralmente al mismo o que deriva sus ingresos de las diferentes actividades asociadas a la industria de la fundición. Sin embargo, con base en la información obtenida por las empresas estudiadas (ver inventario de empresas en la sección 1.2.4) se estima que el subsector fundiciones de plomo (involucrando toda su cadena productiva) está generando ingresos para aproximadamente 300 personas. Si se tienen en cuenta las fundidoras de otros metales podría estimarse que el sector de fundición puede estar generando trabajo e ingresos a por lo menos 1,000 personas en el Departamento del Atlántico. Si bien este es un número considerable de fuentes de trabajo, hay que tener en cuenta que en un alto porcentaje es un trabajo no permanente, mal remunerado, sin seguridad social, y con altos riesgos para la salud.

Además de los pagos realizados por concepto de nómina, las cinco empresas realizan el pago de impuestos. El monto aproximado de estos pagos al año es de \$1,291,600,000.00, como se muestra en la tabla 8. Tomando como referencia la información de estas empresas y extrapolándola a las demás empresas del sector relacionadas en el Anexo 2 de inventario de empresas del sector, se puede estimar que su aporte anual por pagos de nómina es de aproximadamente \$3,152,500,000.00, y por pago de impuestos de \$4,479,290,000.00, lo que daría un aporte anual del sector a la economía local y departamental de \$7,631,790,000.00 (ver Anexo 4).

Tabla 8. Nómina Mensual y Pagos de Impuestos de las Empresas Seleccionadas

EMPRESA	MUNICIPIO	NOMINA MENSUAL \$ (*)	PAGO ANUAL DE IMPUESTOS (\$)
RECICLAL	Barranquilla	8.000.000	100.000.000
DE LIMA	Sabanagrande	(**) 22.000.000	72.000.000
JIG	Malambo	12.000.000	500.000
MNP	Soledad	(**) 5.700.000	500.000
BOYACÁ	Malambo	2.000.000	90.000
TOTAL		49.700.000	173.090.000

Fuente: Empresas.

(*) Para el resultado se multiplicó el pago mensual por 13, teniendo en cuenta pago de primas.

(**) También realizan aportes para fiscales.

(***) El municipio tiene régimen especial, exonerando las industrias de impuestos por 10 años.

2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

2.1. Introducción - Problemática Ambiental de la Zona de Influencia del Sector

De acuerdo al mapa de riesgos del Atlántico, el eje Barranquilla-Soledad-Malambo, presenta el mayor número de conflictos ambientales, tecnológicos y antrópicos del departamento. En general, los cuatro municipios tienen problemas ambientales comunes: desborde de aguas negras en las vías públicas del área urbana; inadecuada disposición de desechos sólidos, muchos de los cuales van a áreas de ciénaga; deterioro creciente del sistema cenagoso, a pesar de ser la base del sustento diario de gran cantidad de familias (en especial en Sabanagrande); deterioro ambiental derivado de actividades mineras; y emisiones de gases y partículas al aire por parte de las industrias (Planes de Desarrollo Municipales 2004-2007).

En Barranquilla, al igual que en las grandes ciudades, la contaminación atmosférica genera un importante impacto epidemiológico debido a la emisión de partículas y gases tóxicos a la atmósfera. En cuanto a la emisión de partículas en suspensión, los procesos industriales que se han identificado como los más contaminantes en la ciudad son: fábricas de sulfato de amonio, cemento, yeso y de pulpa de papel. Así mismo, la emisión de gases producto del tráfico vehicular es más crítica en el centro de la ciudad, donde se desarrollan gran parte de las actividades de comercio (Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007).

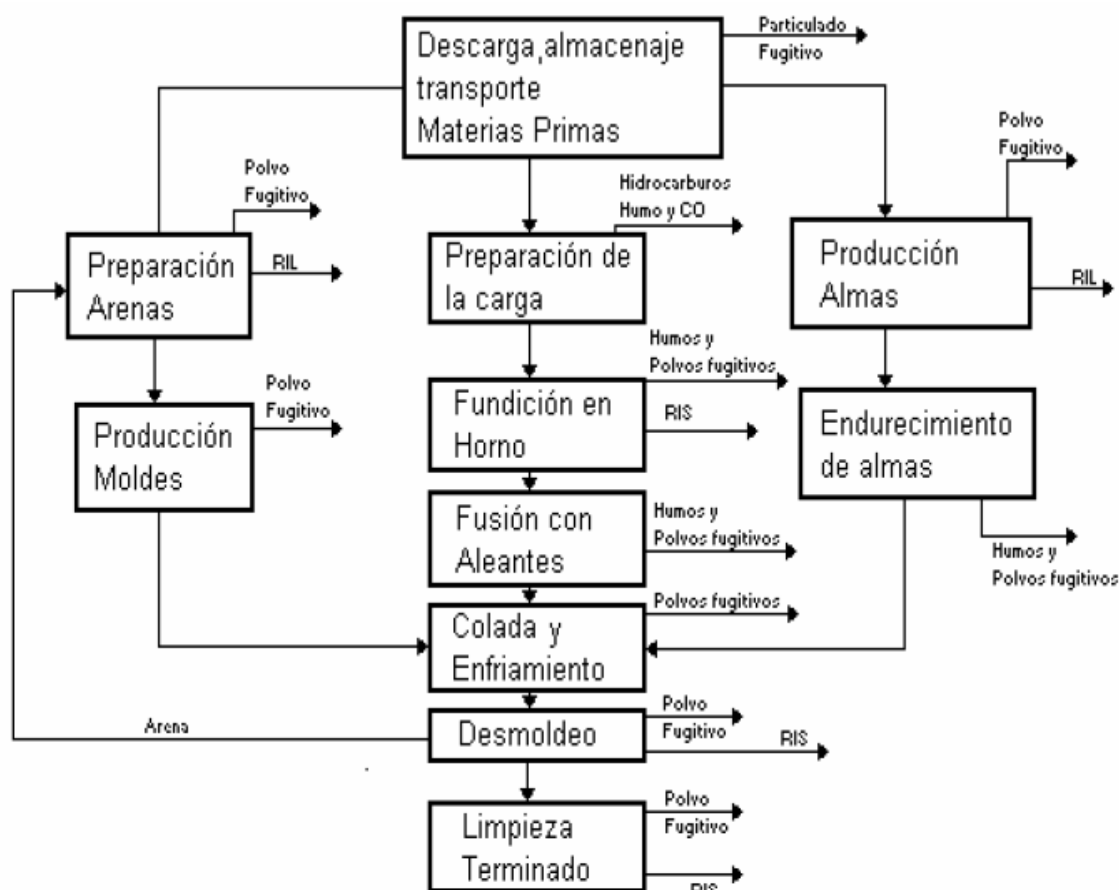
Por su parte, las autoridades de Malambo en su Plan de Desarrollo señalan que las actividades de transformación de la materia prima de batería en barras de plomo, que se realiza de manera artesanal, es una de las actividades más contaminantes debido a los residuos sólidos que produce y las emisiones a la atmósfera derivadas del humo de la combustión y del polvillo del carbón. De igual manera, la Alcaldía de Soledad en su Plan de Desarrollo, tiene entre sus programas prioritarios el del control de la contaminación atmosférica.

La preocupación por el tema ambiental se ha evidenciado en los municipios mediante la ejecución de actividades como la recuperación de las ciénagas y su entorno más próximo y de varios caños de importancia estratégica para la población y el medio natural, del manejo adecuado de residuos sólidos y del control de emisiones de contaminantes a la atmósfera (Planes de Desarrollo Municipales 2004-2007).

2.2. Aspectos Ambientales de la Fundición de Metales

La generación de residuos en el sector de fundición depende de factores tales como el material de fundición (hierro, acero, aluminio, bronce, plomo, etc.), y del tipo de combustible, machos y moldes, y tecnología empleada. En términos generales, los principales problemas ambientales del sector son las emisiones atmosféricas (materia particulado, gases de combustión y vapores propios de la fundición) y la generación de residuos sólidos (arena, escoria, residuos de limpieza, material refractario, sales y medios abrasivos) (CINSET 1999). La figura 3 muestra los aspectos ambientales asociados a las diferentes etapas de un proceso típico de fundición.

Figura 3. Aspectos Ambientales por Etapas del Proceso de Fundición



RIL: residuos industriales líquidos

RIS: residuos industriales sólidos

Fuente: CONAMA 1998: 11.

Es de anotar que en la mayoría de las etapas del proceso productivo además se genera ruido. La figura anterior se explica con más detalle en la tabla 9.

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá, DAMA, clasifica al sector de fundición y tratamiento térmico de metales como de Alta Significancia Ambiental, ASA, debido a las grandes cargas contaminantes que afectan negativamente al ambiente. Durante las diferentes etapas del proceso de fundición se emiten grandes cantidades de gases y partículas debido a la combustión incompleta, y en muchos casos, a la falta de equipos de control y tecnologías adecuadas. Si además se realiza tratamiento térmico, se presentan vertimientos con alta concentración de metales y compuestos de cianuro (ver tabla 10) (CINSET 1999).

Tabla 9. Contaminantes Generados en las Diferentes Etapas del Proceso de Fundición

Proceso	Contaminantes
Tratamiento de materias primas	▪ Material particulado
Producción de moldes y almas	▪ Material particulado ▪ Compuestos orgánicos volátiles ▪ Residuos líquidos
Carga del horno	▪ Material particulado ▪ Compuestos orgánicos volátiles
Fundición y fusión	▪ Material particulado ▪ Óxidos de azufre ▪ Óxidos de nitrógeno ▪ Monóxido de carbono ▪ Escoria ▪ Plomo y humos inorgánicos
Colada	▪ Material particulado ▪ Monóxido de carbono
Transporte del material	▪ Material particulado ▪ Monóxido de carbono
Llenado de moldes (colada)	▪ Material particulado ▪ Compuestos orgánicos volátiles
Enfriamiento	▪ Material particulado ▪ Compuestos orgánicos volátiles
Desmoldeo	▪ Material particulado ▪ Arenas de descarte
Limpieza de productos fundidos	▪ Material particulado

Fuente: CONAMA 1998:12

Tabla 10. Clasificación Ambiental del sector de Fundición - ASA

TIPO DE RESIDUO	IMPACTO		
	Alto	Medio	Bajo
Residuos sólidos		X	
Efluentes líquidos	X		
Emisiones atmosféricas	X		
Ruido		X	

2.3. Impactos Ambientales

2.3.1. Emisiones Atmosféricas

Las emisiones al aire producto del proceso de fundición de metales incluyen los gases y material particulado emitidos durante la fundición, así como el material particulado generado durante la fabricación, manejo, destrucción y reciclaje de moldes de arena. Dichas emisiones dependen de los metales que se van a fundir y de los hornos y tecnologías utilizadas. Las mayores concentraciones de emisiones en hornos ocurren cuando las tapas o puertas son abiertas para cargar, recargar, alear, inyectar oxígeno, remover la escoria y al colar.

En cuanto a las emisiones generadas durante la etapa de fundición, estas se pueden dividir en “controladas” y “fugitivas”. Las primeras corresponden a aquellas emisiones que se originan en fuentes estacionarias y pueden ser reducidas mediante sistemas tradicionales de limpieza de gases, tales como ciclones y filtros. La contribución de las emisiones fugitivas (no captadas) no es fácilmente cuantificable, pero puede llegar incluso a ser mayor que las emisiones controladas. Se generan principalmente porque la fuente generadora no posee los sistemas adecuados de captación de humos o bien por que no cuenta con un buen mantenimiento (CONAMA 1998: 12).

Otra manera de clasificar las emisiones generadas durante la etapa de fundición es la siguiente: por un lado, tenemos los gases y material particulado resultantes de la combustión de carbón, petróleo y sus derivados, gas natural, u otros combustibles fósiles; y por otro lado los vapores emitidos como resultado de la fundición de la materia prima metálica y sus compuestos aleantes. Estos dos tipos de emisiones, así como sus impactos, se detallan a continuación.

Emisiones Producto de la Quema de Combustibles Fósiles durante la Fundición

Los gases de combustión son generados únicamente en fundiciones que utilicen hornos de cubilote u hornos de reverbero alimentados con combustibles fósiles. La mezcla y cantidad de gases emitidos depende del tipo y calidad del combustible utilizado, y de la temperatura y nivel de oxigenación de la combustión. Los principales gases de combustión son los óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), producto de la oxidación del azufre y nitrógeno existente en los combustibles fósiles. Adicionalmente, los óxidos de nitrógeno también resultan de la oxidación a altas temperaturas del aire de combustión⁶. Otros gases de combustión incluyen compuestos orgánicos volátiles (COVs) y óxidos de metales presentes en el combustible. La quema de combustibles fósiles también genera emisiones de material particulado que contiene principalmente carbono elemental, carbono orgánico, sulfatos y nitratos. Adicionalmente pueden contener trazas de metales pesados presentes en el combustible y volatilizados durante la combustión (WHO 2003). Los impactos asociados con estas emisiones resultantes de la combustión son:

- Material particulado: Está conformado por humo, polvo y hollín con contenido de carbono elemental, carbono orgánico, sulfatos y nitratos. Adicionalmente pueden contener trazas de metales pesados presentes en el combustible y volatilizados durante la combustión (WHO 2003). Estos materiales aceleran la corrosión de láminas de acero y zinc e incrementan los episodios de enfermedades respiratorias.
- Óxidos de Azufre (SO_x): Normalmente están referidos al dióxido de azufre (SO_2) y al trióxido de azufre (SO_3). El SO_2 es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo. Se convierte a SO_3 o a ácido sulfúrico por procesos catalíticos o fotoquímicos de la atmósfera. El principal efecto de los óxidos de azufre es la formación de la lluvia ácida, la cual disminuye el pH de los cuerpos de agua, lixivia los nutrientes del suelo, corroe las piezas metálicas y deteriora materiales como el caucho, cuero, pintura, etc.
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs): Durante la combustión se forman hidrocarburos como el metano, butano, benceno y aldehídos, que no son corrosivos pero sí ensucian las superficies. Sólo el etileno tiene un efecto adverso sobre el crecimiento de las plantas. Cuando los COVs se combinan con los óxidos de nitrógeno, en presencia de luz solar,

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen_oxide

forman oxidantes fotoquímicos como el peroxi acetil nitrilo (PAN), que son nocivos para la salud.

- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Las dos especies mas representativas son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Este último reacciona con la humedad atmosférica para formar ácido nítrico, el cual es muy corrosivo, mientras que el NO forma smog con los compuestos orgánicos provenientes de la combustión.
- Monóxido y Dióxido de Carbono: El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, asfixiante y tóxico para el organismo. El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales gases responsables del efecto invernadero.

Vapores de la Fundición de Metales

El proceso de la licuefacción de metales genera emisiones de gases de diferente nivel de toxicidad según el metal a fundir. Los metales emitidos dependen del material fundido y de las impurezas que éste tenga. La OMS (1995) indica además que según la especie química, el tamaño de las partículas y la solubilidad en los fluidos corporales, puede absorberse hasta el 50% del compuesto de plomo inhalado. Parte de la materia en forma de partículas inhalada (superiores a 7µm) se ingiere tras pasar por el sistema mucociliar del aparato respiratorio. En las fundiciones de plomo, tal como se vienen realizando en el Departamento del Atlántico, se emiten cantidades considerables de plomo volatilizado, que se combinan con el material particulado procedente del coque o del combustible usado, y los ya mencionados gases de combustión. El anexo 5 presenta información sobre la emisiones al aire de plomo y su deposición en la atmósfera. Similar efecto se presenta en los gases procedentes de la fundición de otros metales no ferrosos como es el caso del aluminio, donde el tiraje del sistema arrastra partículas de óxido y metal, así como los productos de la combustión según el caso.

En el anexo 6 se presentan los factores de emisión⁷ de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, USEPA, para distintos tipos de hornos de fundición y sistemas de control de emisiones⁸.

Problemática de Emisiones Atmosféricas del Sector

Como ya se mencionó, la generación de emisiones al aire es una de las principales problemáticas asociadas con la operación de empresas de fundición. En este sentido, uno de los requisitos ambientales más importantes que se le exige a las empresas del sector es el trámite de un permiso de emisiones. Para obtener dicho permiso, las empresas deben:

- Realizar estudios isocinéticos en sus chimeneas con el fin de analizar el volumen y la composición de sus emisiones atmosféricas y comparar dichos valores con los máximos permitidos por la ley de acuerdo a la zona en la que estén establecidos (urbana o rural) y con sus volúmenes de producción.

⁷ Los factores de emisión son estimativos de las emisiones que podrían esperarse durante el desarrollo de una actividad determinada, según sea la intensidad con que esta se realice.

⁸ Sin embargo, cabe hacer notar que estos factores han sido determinados para la realidad de Estados Unidos (país en el cual las empresas dedicadas a las fundiciones son de mayor envergadura), por lo que es posible que exista algún grado de sesgo en los valores. No obstante, son de amplia aplicación en el ámbito mundial y se estima que son válidos de modo referencial.

- Presentar una descripción y unas memorias de diseño de sus sistemas de control de emisiones.
- Presentar una descripción de su proceso productivo que incluya los insumos utilizados y residuos generados y los equipos y tecnología empleada.
- Garantizar que la altura de sus chimeneas no es menor a la mínima exigida por la normatividad ambiental.
- En algunos casos se ha exigido a las empresas realizar estudios de calidad del aire en su zona de influencia con el fin de determinar si las concentraciones de contaminantes son mayores a los límites permitidos por la ley.

Teniendo esto en cuenta y con base en la revisión de los expedientes de las empresas incluidas en la muestra representativa del sector se identifican las siguientes problemáticas en torno al tema de emisiones al aire:

- En la mayoría de las ocasiones las empresas han sido requeridas a incrementar la altura de sus chimeneas pues no cumplen con el mínimo requerido por la regulación ambiental. Estas adecuaciones, sin embargo, han tomado meses e incluso años en algunas ocasiones.
- Como ya se comentó, todas las empresas cuentan con sistemas de control de emisiones. Dichos sistemas varían de una empresa a otra tanto en su conformación (tipo de controles o conjunto de ellos empleado) como en su tecnología. En la mayoría de los casos tales sistemas han sido construidos de manera artesanal en las mismas empresas con el fin de cumplir con la normatividad ambiental y/o mejorar su desempeño ambiental, pero como se enuncia en la sección 1.5.2 su efectividad en el control de emisiones no es la adecuada. En el segundo informe de avance se hará una descripción más detallada de los sistemas de control instalados en cada una de las empresas y las causas de su bajo rendimiento.
- En cuanto a la realización de estudios isocinéticos, estos se han llevado a cabo en todas las empresas visitadas, excepto en Talleres Boyacá, que por sus volúmenes de producción y tipo de tecnología empleada no permite la realización de dichos muestreos. Los resultados de dichos estudios han sido variados, y así como ha habido casos en los que han mostrado cumplimiento por parte de las empresas de las normas máximas de emisión, ha habido otros casos en los cuales se ha evidenciado un incumplimiento de dicha normatividad o de las máximas concentraciones permitidas de contaminantes. Adecuaciones y ampliaciones de los sistemas de control han sido en algunos casos la consecuencia de resultados evidenciando incumplimiento de la normas.

Sin embargo, la problemática de mayor relevancia en relación con el tema de emisiones atmosféricas es la falta de asistencia técnica con que han contado las empresas para poder implementar mejores tecnologías, controles de procesos y/o sistemas de control de emisiones. Todas las empresas visitadas manifestaron su voluntad y compromiso por mejorar sus procesos productivos, así como por reducir sus cargas contaminantes en la medida en que fueran orientados hacia cómo hacerlo.

2.3.2. Residuos Sólidos

Los principales residuos sólidos generados en el sector de fundición aparecen durante las etapas de elaboración de moldes y machos y después de la fundición misma. Estos residuos están constituidos por arenas de descarte, escoria, escombros (virutas y chatarra) y polvos y lodos retenidos en ciclones, filtros de mangas, lavadores de gases y otros sistemas de control. En fundiciones no ferrosas además se pueden generar residuos peligrosos y contaminados con plomo, cobre, níquel y zinc, con frecuencia en elevadas concentraciones totales y extraíbles, provenientes principalmente de la escoria. La tabla 11 muestra los diferentes tipos de residuos sólidos generados durante el proceso de fundición y su procedencia.

Tabla 11. Residuos Generados en los Procesos de Fundición

Proceso	Contaminante	Procedencia
Elaboración de Moldes y Machos	Polvos	Tierras de recuperación
	Escorias	Escorias de fundición
	Lodos	Lodos con contenidos de metales del lavador de gases
	Materiales gastados de producción	Piedra caliza, material refractario del horno, ladrillo y arenas de crisoles
Fundición de hierro, hierro dúctil y acero	Arenas de fundición	Arenas quemadas o gastadas del desmoldeo, arenas de corazones, arenas de moldeo, arena sílica quemada o gastada, arena de machos
	Escorias	Escorias de fundición de hierro y acero
Fundición de Metales No Ferrosos	Polvos	Polvos recolectados del horno
	Escorias	Escorias de aluminio, plomo, cobre, estaño, zinc y aleaciones como zamak, latón y bronce.
	Lodos	Lodos del lavador de gases.
	Materiales gastados de producción	Piedra caliza, material refractario, trozos sólidos.
Vaciado de la Fundición de Metales No Ferrosos	Arenas	Arenas quemadas o gastadas del desmoldeo, arenas de corazón, arena sílica mezclada con bentonita y arena sílica recubierta con resinas fenólicas.
	Escorias	Escorias de aluminio, cobre, plomo, estaño, zinc y escorias de zamak, latón y bronce. Natas de aluminio y de zamak y salpicaduras de zamak
	Restos de metales	Rebaba y recorte de metales
	Medios de producción gastados	Crisoles de carburo de silicio y fibras cerámicas
	Aceites y/o materiales impregnados con aceites	Aceites lubricantes de mantenimiento gastados y desmoldantes

Fuente: CINSET 1999

Arena Usada

Aunque la arena se reutiliza en los diferentes procesos de fundición, una cierta cantidad debe ser retirada periódicamente para mantener las propiedades deseadas. Otra cantidad de arena como residuo se genera por fugas y durante el desmolde. Los aglomerantes utilizados en la elaboración de machos se degradan al contacto con el metal fundido durante la etapa de vaciado, dejando libre la arena para ser mezclada con más arena de moldeo y ser utilizada nuevamente. Los residuos de arenas de moldes y machos representan del 66 al 88% del total de residuos generados en las fundiciones de hierro (USEPA 1992, CINSET 1999). Parte de estas arenas contienen partículas del material fundido que entró en contacto con este, por lo cual su manejo ambiental debe ser considerado.

Residuos de Limpieza y de Equipos de Control

Los residuos de limpieza incluyen perdigones usados, barreduras y polvos recolectados en los equipos de control. Pueden contener altos niveles de metales pesados, por lo cual deben aprovecharse (recuperar metales) o disponerse apropiadamente (ser encapsulados y enviados a un relleno de seguridad). En las fundiciones de acero, los polvos y humos retenidos en los equipos de control contienen cantidades variables de zinc, plomo, níquel, cadmio y cromo. El polvo asociado con metales no ferrosos puede contener cobre, aluminio, plomo, estaño y zinc.

Escorias

La escoria es una masa vidriosa, relativamente inerte y de estructura química compleja. Está compuesta por óxidos metálicos del proceso de fusión, refractarios fundidos, arena, cenizas de coque y otros materiales. Puede contener plomo, cadmio y cromo, si alguno de estos elementos fue cargado al sistema. En la producción de hierro dúctil suele utilizarse carburo de calcio para reducir el contenido de azufre en el hierro, generando en este caso una escoria clasificada como reactiva (USEPA 1992, CINSET 1999).

La chatarra de aluminio se funde por lo general en hornos de tambor giratorio u hornos de solera bajo una capa salina fluida que impide la entrada de aire. La sal absorbe las impurezas presentes en la chatarra de aluminio y las originadas durante el proceso de fusión y precipita como escoria salina (0,5 t/t de Al). Con el depósito de estas escorias salinas se contamina en alto grado el agua infiltrada del vertedero. De ahí que la escoria salina se deba tratar y reutilizar en el proceso de fusión.

Problemática de Residuos Sólidos de las Empresas del Sector

Dos problemáticas han sido identificadas como las más apremiantes para las empresas del sector en relación con el tema de manejo de residuos sólidos:

- Las emisiones de material particulado asociadas con el almacenamiento inadecuado de materias primas y residuos, especialmente arenas, carbón coque, cenizas y escorias. Las siguientes medidas han sido sugeridas y/o requeridas por la autoridad ambiental para contrarrestar este tipo de contaminación: designación de zonas específicas de almacenamiento de materias primas y residuos preferiblemente en lugares que no se encuentren a la intemperie, cubrimiento de materias primas y residuos para evitar su contacto con el viento y la dispersión de material particulado.

- La inadecuada disposición de residuos sólidos como escorias, lodos y cenizas. Prácticas como la utilización de escorias como material de relleno en los terrenos de las empresas fundidoras y sus alrededores y la disposición de residuos en botaderos municipales han sido comunes en el pasado. A este respecto, la autoridad ambiental ha prohibido el uso de escorias como material de relleno y ha requerido la certificación de la disposición de residuos sólidos de fundición en lugares autorizados para ello (principalmente rellenos sanitarios).

A pesar de que el manejo de residuos sólidos es una prioridad de manejo ambiental para las empresas del sector de fundiciones, no existe actualmente en el país una directriz específica que establezca una guía de cómo garantizar su adecuado manejo y disposición. A este respecto, la CRA ha manifestado que un resultado que se espera de este proyecto es precisamente la formulación de directrices específicas para el sector en cuanto al manejo y disposición adecuados de residuos sólidos.

2.3.3. Vertimientos Líquidos y Afectación Sobre el Recurso Hídrico

Los vertimientos en el sector de la fundición no revisten la misma importancia que las emisiones atmosféricas o la generación de residuos, salvo que la industria realice también tratamientos térmicos o baños químicos a los metales (CINSET 1999). Entre los principales procesos que generan efluentes contaminantes se encuentran:

- Fabricación de moldes (aglomerantes).
- Enfriamiento de moldes y piezas.
- Enfriamiento del horno.
- Sistema de lavado de gases

Cuando el proceso de enfriamiento de los hornos se realiza con agua, por lo general este consiste en un circuito cerrado y uno abierto. El circuito abierto requiere una permanente regeneración del caudal producto de las pérdidas por evaporación. La circulación de las aguas implica que se vayan concentrando sales producto de la adición de anti-incrustantes y anti-oxidantes, entre otros, lo que significa que debe existir una purga periódica de agua. Estas aguas se constituyen los principales vertimientos provenientes de las fundiciones, pero se puede considerar que es de bajo grado de contaminación.

En cuanto al sistema de lavado de gases, este también opera mediante un circuito cerrado en el que el agua utilizada recircula por el sistema. Sin embargo, es también necesario reponer una fracción del volumen de agua pues parte de esta se pierde por evaporación. De esta manera, estos sistemas no generan vertimientos líquidos.

Quizás una de las maneras en que más pueden verse afectados los cuerpos de agua en la zona de influencia de una operación de fundición es mediante el contacto del agua de escorrentía con las materias primas de fundición, escorias, arenas, cenizas u otros residuos sólidos del proceso. Esto se da en casos en los que dichas materias primas y residuos se almacenen a la intemperie o en superficies permeables. El anexo 7 hace referencia a la contaminación del agua con plomo y de su transporte en sistemas acuosos.

Problemática del Sector en cuanto a Vertimientos Líquidos y Afectación de Cuerpos de Agua

Como se mencionó anteriormente, el proceso de fundición no genera de por sí vertimientos líquidos de tipo industrial pues el agua es recirculada en sistemas cerrados de enfriamiento o lavado de gases o bien utilizada en la fabricación de moldes, sin generación de desperdicios. Sin embargo, debido a que en muchos casos las empresas fundidoras se localizan en zonas rurales sin alcantarillado, han sido requeridas por la autoridad ambiental para la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Adicionalmente, en el caso en que su suministro de agua provenga de pozos deben contar con una concesión de aguas.

En relación con la afectación de los cuerpos de agua, existe una problemática asociada con la contaminación de agua de escorrentía que entra en contacto tanto con materias primas de fundición como con escorias, lodos, cenizas y otros residuos. Esta se ha venido presentando en varias de las empresas visitadas debido al almacenamiento de materiales y residuos a la intemperie y en superficies permeables, en muchos casos en directo contacto con el suelo.

2.3.4. Impactos sobre el Suelo

Todos los contaminantes químicos, de cualquier proveniencia, acaban por llegar a la superficie terrestre, y su acción futura dependerá de las propiedades químicas y físicas del suelo que los recibe. En el caso que nos atañe, la persistencia en el suelo de los contaminantes catiónicos, y especialmente de los metales pesados, es mucho mayor que en otros componentes de la biosfera. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación. Los suelos contaminados con algunos metales pesados (zinc, cadmio, plomo) pueden tardar de varios decenios a varios miles de años en reducir el volumen de metal a un 50% (Kitagishi y Yamane 1981). La tabla 12 ilustra la entrada y salida de algunos microelementos encontrados en diferentes clases de suelos:

Tabla 12. Equilibrio de la Entrada desde la Atmósfera y la Salida por Acción del Agua de Algunos Oligoelementos Metálicos en Diversos Suelos (g/ha/año)

País	Tipo de suelo	Tipo de vegetación	Cadmio		Cobre		Plomo		Zinc	
			Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale
Dinamarca	Arcilla arenosa	Cultivos	3	0,3	-	-	260	0,3	250	120
Alemania	Arcilla limosa	Bosque de pinos	4,5	1,4	18	7	110	6	210	76
Polonia	Arcilla arenosa	Cultivos	5	3	39	25	207	40	547	180
Suecia	Suelo forestal	Bosque de abetos	2	5	20	29	150	81	180	270
EE.UU.	Arcilla arenosa	Bosque caducifolio	21	7	-	-	286	6	538	140

Fuente: Kabata-Pendias y Pendias 1995

Dado que la mayor parte de los oligoelementos, y especialmente los metales pesados, se acumulan en la superficie del suelo, se espera que sus concentraciones aumentarán probablemente a escala mundial, a medida que crezcan las actividades industriales y agropecuarias.

La capacidad del suelo para compensar los oligocontaminantes está estrechamente relacionada con su capacidad de intercambio de cationes, que controla los niveles críticos de contaminación con efectos tóxicos sobre las plantas y el ambiente. En general, la capacidad

de compensación (que también se denomina «resistencia a la contaminación química») de un suelo pesado no ácido con un alto contenido de materia orgánica y de sesquióxidos, es varias veces superior a la de un suelo ácido ligero y arenoso. Los suelos arcillosos neutros pueden acumular una cantidad mayor de oligoelementos menos agresivos para la biosfera; sin embargo, en algunos casos especiales la movilización de los oligocontaminantes puede también ser alta en suelos neutros o alcalinos. Por ejemplo, en suelos arcillosos de arrozales se movilizan fácilmente diversos metales pesados, a causa del predominio de los procesos de reducción; en suelos calcáreos y lateríticos de las regiones áridas y semiáridas pueden existir algunos oligoelementos en iones complejos fácilmente solubles. El anexo 8 presenta información específica sobre la acumulación y transporte de plomo en el suelo.

Problemática de las Empresas en Relación con el Recurso Suelo

Como ya se mencionó en secciones anteriores, se ha presentado una problemática ambiental asociada con el recurso suelo principalmente por: inadecuado manejo de materias primas y residuos sólidos en los predios de las empresas fundidoras, inadecuada disposición final de los residuos de fundición las empresas, o contaminación del agua de escorrentía con materiales tóxicos.

2.3.5. Efectos sobre la Vegetación

Aunque las plantas controlan la absorción o el rechazo de algunos elementos químicos mediante reacciones fisiológicas adecuadas, son receptoras pasivas de los oligoelementos absorbidos por las raíces y de los que llegan en las precipitaciones. La deposición atmosférica de oligoelementos directamente en la superficie vegetal contribuye decisivamente a la agresión química a las plantas. Aunque muchos de los oligoelementos son esenciales para el crecimiento, pueden producir efectos tóxicos en el metabolismo vegetal si se encuentran en concentraciones elevadas. Los desórdenes metabólicos de las plantas surgen tanto por defecto como por exceso de oligoelementos. Un equilibrio adecuado de los elementos químicos del tejido vegetal es de gran importancia, pues todos se relacionan en el organismo vegetal por sinergismo y/o antagonismo.

Las reacciones básicas relacionadas con los efectos tóxicos del exceso de oligoelementos, tanto en organismos animales como vegetales, son las siguientes:

- Cambios en la permeabilidad de las membranas celulares.
- Reacciones con los grupos tiol que provocan la desnaturalización de las proteínas.
- Competencia por lugares con los metabolitos esenciales y reacción con los compuestos químicos esenciales.
- Sustitución de iones esenciales y ocupación de lugares para conseguir los compuestos químicos esenciales.

A pesar de la gran diversidad de niveles de toxicidad, puede decirse que los elementos más tóxicos para las plantas superiores y para ciertos microorganismos son el níquel, el mercurio, el cobre, el plomo, el cobalto, el culombio, la plata, el berilio y el estaño. Así mismo, un aumento de las concentraciones ambientales de mercurio, cadmio, plomo, berilio, cromo, cobre, níquel, plata, arsénico, antimonio, talio, zinc, flúor, selenio, telurio y radionúclidos, constituye un gran peligro para la salud de los organismos animales, entre ellos el hombre (Kabata-Pendias y Pendias 1995).

Una característica común de las plantas es su capacidad de sobrevivir incluso con un exceso de oligoelementos en el ambiente, sobre todo en los suelos. Las plantas inferiores, especialmente los microorganismos, los musgos, las hepáticas y los líquenes, tienen una capacidad extremadamente alta de adaptación a las agresiones químicas. Aunque se supone que las plantas superiores son menos tolerantes, se sabe que acumulan oligoelementos y sobreviven en suelos contaminados con cantidades tóxicas de diversos oligoelementos.

La evolución de la tolerancia de las plantas a los oligoelementos ha causado la aparición de nuevas especies y genotipos en lugares contaminados. Sin embargo, la resistencia de las plantas a la agresión de los oligoelementos y su capacidad de acumular cantidades sumamente elevadas de éstos pueden llegar a constituir un grave riesgo para la salud porque producen un vínculo contaminante en la cadena alimentaria.

El flúor que emiten diversas industrias (por ejemplo, algunas fundiciones de aluminio, las fábricas de ladrillos y de vidrio y las de fertilizantes fosfatados) es el oligocontaminante más corriente, peligroso y fitotóxico. La gran actividad química del ácido fluorhídrico formado a partir de flúor sólido o gaseoso, provoca una elevada acidificación del suelo y destruye los minerales arcillosos y los complejos minerales húmicos, inhibiendo el crecimiento de diversas plantas. El daño más importante se debe a la agresión combinada del flúor y el dióxido de azufre. Los pinos parecen ser especialmente sensibles a estos contaminantes químicos.

Las fuentes antropogénicas de entrada de oligoelementos en la biosfera son uno de los aspectos más graves de la contaminación ambiental. En especial, el efecto de la agresión de los oligoelementos a la biosfera de las regiones áridas y semiáridas debe ser motivo de gran preocupación. Los procesos biogeoquímicos específicos de estas regiones pueden dar lugar a alteraciones rápidas e irreversibles del medio natural.

2.3.6. Efectos sobre la Salud

Si bien las autoridades municipales conocen algunos de los impactos típicos que generan las empresas de fundiciones, causados fundamentalmente por sus residuos sólidos y emisiones al aire, cabe anotar que ni el Departamento ni ningún municipio cuenta con estudios o investigaciones específicas en el área que permitan determinar la afectación real y puntual que pueda estar generando esta industria tanto en la población como en las actividades económicas presentes de su área de influencia.

De los metales ferrosos y no ferrosos procesados en las empresas fundidoras del Departamento del Atlántico, el que presenta mas riesgos potenciales para la salud es el plomo. Por tal motivo, esta sección hará especial referencia a dicha sustancia.

De acuerdo las investigaciones realizadas, la absorción de plomo se produce principalmente por inhalación e ingestión y su absorción depende de características como es estado fisiológico, la edad, estado nutricional, metabolismo y anatomía. En el entorno laboral la principal fuente de absorción es la inhalación y se estima que el organismo mantiene de un 20 a un 40% del plomo absorbido, mientras que la absorción no laboral es digestiva en la cual se mantiene solo un 10% del plomo. En el caso de los niños, en cualquier tipo de ruta de ingreso, la ingestión de plomo es cinco veces mayor (PNUMA 2003).

Después de ser absorbido por ingestión o inhalación, el plomo pasa al torrente sanguíneo y de allí a todo el organismo, especialmente al sistema óseo que retiene hasta un 90% del plomo. La exposición de corta duración (aguda) a compuestos inorgánicos del plomo puede producir síntomas vagos como dolores de cabeza, fatiga, náusea, calambres abdominales y estreñimiento. La exposición a largo plazo (crónica) provoca anemia y neuropatías motrices periféricas, afecta el tracto gastrointestinal, las articulaciones, el sistema nervioso, parálisis saturnina (falta de fuerza en las manos). Se diagnostican principalmente en los niños y los jóvenes casos de lesiones renales y de encefalopatía. El plomo también puede perturbar la fertilidad y lesionar el feto.

Los procedimientos de vigilancia de la salud respecto a absorción de plomo incluyen mediciones periódicas de las concentraciones de plomo en la sangre, de la protoporfirina en los glóbulos rojos y del ácido aminolevulínico en la orina. Para la detección en la sangre, los niveles de riesgo establecidos internacionalmente se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Niveles de Riesgo Según Concentración de Plomo en la Sangre

	NIVEL DE RIESGO			
	NORMAL	ACEPTABLE	EXCESIVO	PELIGROSO
Concentración de Pb en la sangre (µg/dl)	< 10	30 a 40	40 a 60	> 60

Fuente: PNUMA 2003.

Con el fin de determinar el nivel de afectación del plomo en la salud de los trabajadores y moradores del área de influencia de las cinco empresas incluidas en el estudio, se tomaron 25 muestras de concentración de plomo en la sangre. Once de dichas muestras se tomaron a empleados de las empresas fundidoras, mientras que catorce de ellas fueron practicadas a miembros de las comunidades vecinas. En la tabla 14 se resumen los resultados de dichos exámenes y en el anexo electrónico se presentan los exámenes entregados por el laboratorio.

Con base en los parámetros de niveles de riesgo de presencia de plomo en la sangre mostrados en la tabla 13 se puede concluir que el análisis de las 25 muestras de sangre tomadas en el área de influencia de las empresas fundidoras evidencia que todas las personas muestreadas se encuentran dentro de un nivel de riesgo normal. El nivel más alto de concentración de plomo en la sangre hallado en dichas muestras corresponde a un empleado de Fundiciones Boyacá con 2.16 µg%, situación que coincide con el hecho de que en esta empresa no hay evidencias de promoción y prevención en salud ocupacional tales como uso de elementos de protección personal, facilitando así la absorción de elementos contaminantes por vías respiratoria, cutánea y digestiva.

Tabla 14. Resultados de las Muestras de Concentración de Plomo en la Sangre Tomadas en el Área de Influencia de las Empresas Fundidoras Seleccionadas

No.	Área (Empresa)	Nombre	Edad (años)	* (C) (T)	Resultado $\mu\text{g } \%$
1	RECICLAL	Adriana Ortiz	35	C	ND
2		Alcides Ayala Cabrera	51	C	1.66
3		Robinson Bullfort Moreno	25	C	ND
4		Roberto Hernández Pacheco	20	T	ND
5		Edwin Haydar Peinado	25	T	1.0
6		Sergio Redondo Otero	32	T	ND
7	Fundiciones Boyacá	Darwin Alfaro Mesa	20	T	2.16
8	DE LIMA	Juana Julio Berrío	55	C	ND
9		Eder Rodríguez julio	19	C	1.33
10		Adalberto Africano Sanjuanelo	31	T	1.33
11	JIG	Deider Miranda Castro	35	C	ND
12		Leibis Miranda	12	C	ND
13		Aris Barrionuevo Pacheco	26	T	0.18
14		Yorgelis Barrionuevo	6	C	ND
15		Faustino Niebles	44	C	ND
16		Haider Manuel Niebles	6	C	ND
17		Rafael Bosa Martínez	52	T	ND
18		Carlos Arias Pacheco	26	T	ND
19		Francisco Luis Toro	62	T	ND
20		Roberto Niebles Barraza	25	T	0.18
21		María Mercedes Niebles	18	C	ND
22		Eduardo Rafael Barandica Sanjuan	16	C	ND
23		Victor Alfonso Niebles	18	T	ND
24		Petrona Niebles Agudelo	47	C	ND
25		María Magdalena Niebles Pacheco	43	C	ND

* (C) Miembro de la comunidad que reside en el área circundante a la fundidora

(T) Trabajador directo de la fundidora

ND – No Detectable

Fuente: Laboratorio SGS, noviembre de 2005.

Por otro lado, la tabla 15 muestra las principales afectaciones a la salud relacionadas con la la fundición de otros metales.

Tabla 15. Afectaciones del Sector de Fundición en la Salud

Metal	Síntomas	Efectos
Aluminio	No se ha establecido ninguna relación entre la exposición al aluminio o el óxido de aluminio y cualesquiera efectos agudos o a largo plazo para la salud, aparte de la irritación de las membranas mucosas y del sistema respiratorio superior producida por el polvo.	Se ha diagnosticado fibrosis pulmonar después de la inhalación de óxido de aluminio (enfermedad de Shaver) en trabajadores ocupados en la elaboración de abrasivos y que estuvieron probablemente expuestos al mismo tiempo a sílices cristalinos.
Cobre	Es un oligoelemento esencial y se absorbe por ingestión e inhalación de vapores y de polvo. Presenta síntomas como la gripe que se caracterizan por fiebre, escalofríos, dolores musculares y vómitos. Los	Una exposición (aguda) de corta duración por inhalación de vapores de cobre puede causar una intoxicación aguda. Una exposición crónica por ingestión puede ser causa de náuseas, vómitos, anorexia y decoloración verdosa de la piel y del cabello. Es un

Metal	Síntomas	Efectos
	síntomas iniciales pueden manifestarse después de un período de hasta 24 horas. El polvo de cobre actúa como irritante de los ojos, la piel y las membranas mucosas	elemento esencial para la vida humana, pero en dosis elevadas puede provocar anemia, irritación del estómago e intestino y daño renal y hepático
Zinc	El zinc metálico, que es estable en el aire seco, es un oligoelemento necesario para la síntesis del ácido nucleico y ciertas funciones enzimáticas. El óxido de zinc se absorbe por los pulmones y por el tubo digestivo. La exposición por períodos cortos (aguda) al óxido de zinc calentado puede producir la fiebre del zinc, sus síntomas son análogos a los de la gripe y se caracterizan por sudores, temblores, dolores de cabeza, escalofríos, sed, dolores musculares, náuseas, vómitos y cansancio.	Los primeros síntomas pueden manifestarse después de un período de hasta 24 horas. La recuperación no se acompaña con secuelas dañinas

Fuente: OIT 2003.

2.3.7. Impactos Ambientales sobre las Actividades Económicas Locales

De acuerdo con la información suministrada por las empresas y por algunos representantes de la comunidad y autoridades municipales, el entorno económico de las fundidoras estudiadas y su relación o posible afectación sobre estas es la siguiente:

RECICLAL: Se encuentra en una zona industrial, está rodeado de chatarrerías, oficinas del periódico El Tiempo y una productora de papel en de formas continuas. Hasta el momento la empresa no ha tenido problemas con sus vecinos, por afectaciones ambientales.

Comercializadora MNP: Se localiza en área rural de Soledad, aproximadamente a 70m del matadero municipal. El resto de predios circundantes son baldíos debido a la inseguridad de la zona. Hace 7 años existía en el área una fundidora de plomo que emitía contaminantes a la atmósfera, provocando continuas reclamaciones de la comunidad. MNP lleva 3 años en la zona y no se han presentado problemas con la comunidad.

Fundiciones Boyacá: Se localiza en la zona industrial de Malambo y está rodeado por una llantería, un restaurante y una granja de pollos. Hasta el momento no se han presentado problemas con la población.

Fundiciones De Lima: Está rodeada de fincas, una con un vivero y otra de tipo recreativo que tiene ganado, dos viviendas más, un lote donde se pensaba construir una estación de servicio, una tienda y la carretera. De acuerdo a la información suministrada por algunos residentes, hace dos años los vecinos de la parte posterior de la fábrica se quejaban porque en las mañanas encontraban un polvillo rojo en sus fincas, sin embargo este problema ha disminuido. Los vecinos que se localizan en la parte del frente manifiestan que no tienen ninguna molestia por la producción de la empresa.

Fundiciones JIG: Está rodeado por fincas de recreo, predios baldíos y un predio que es prestado a algunos residentes del corregimiento para que cultiven yuca para autoconsumo. Esta fundidora ha tenido problemas con algunos vecinos que argumentan que la fábrica ha afectado su ganado y sus cultivos, incluso se realizó una audiencia pública. Por otro lado, para gran parte de la comunidad de Caracolí y para sus líderes, esta empresa – que actualmente está cerrada – es la única fuente de empleo e ingresos para 45 familias, por lo cual manifiestan que su cierre les afecta considerablemente.

Si bien las autoridades municipales conocen algunos de los impactos típicos que generan las empresas de fundiciones, causados fundamentalmente por sus residuos sólidos y emisiones al aire, cabe anotar que no se cuenta con estudios o investigaciones específicas en el área, que determinen la afectación real y puntual que puedan estar generando sobre estas actividades económicas.

2.3.8. Contaminación por Ruido

Los niveles de ruido generados en empresas fundidoras dependen de la tecnología aplicada, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Niveles de Ruido Típicos en Fundiciones

Tipo de Horno	Ruido Máximo (Interior)	Ruido Medio (Interior)
Cubilote	67-70	63-67
Inducción	ND	ND
Arco	100	70
Crisol	89	77

Fuente: BKH 1992.

Debe considerarse que la manera en que el ruido generado se propaga hacia el exterior dependerá exclusivamente de las instalaciones de la empresa y de los sistemas de mitigación que tenga implementados.

2.4. Normatividad Ambiental Aplicable al Sector

El presente capítulo identifica las principales normas ambientales aplicables a la industria de la fundición, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas y residuos sólidos.

2.4.1. Normas que Regulan la Localización de las Industrias

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1220 de 2005 del Ministerio del Ambiente las empresas del sector de fundición no requieren de licencia ambiental. Sin embargo, el requisito fundamental que deben cumplir para establecerse en una locación específica es contar con certificado de uso del suelo expedido por la autoridad municipal que certifique que la actividad económica a desarrollar es compatible con los usos autorizados para el suelo en dicha locación. Por otro lado, deben tramitar los permisos de emisión y vertimientos que les exija la autoridad ambiental correspondiente.

2.4.2. Normas que Regulan las Emisiones Atmosféricas

Las dos principales normas utilizadas para fijar los límites máximos de emisión de contaminantes de las empresas del sector de fundición en el Departamento del Atlántico son el Decreto 02 de 1982 expedido por el Ministerio de Salud y el Decreto 948 de 1995 expedido por el Ministerio del Medio Ambiente. En el anexo 9 se explica más en detalle el contenido de estos dos decretos en relación con el sector de fundición.

Otras normas de relevancia en el tema de emisiones atmosféricas son:

- Resolución 1351 de 1995: Mediante la cual se adopta la declaración del Informe de Emisiones (IE-1).
- Resolución 619 de 1999: Establece parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial está actualmente formulando un proyecto de norma de calidad del aire (en revisión por el Consejo Técnico Asesor), que busca reglamentar los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio y no convencionales, los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los niveles de prevención, alerta y emergencia y la implementación de los programas de reducción de la contaminación. El anexo 10 muestra los valores considerados en dicho proyecto para niveles máximos de contaminantes criterio, así como los valores guía de calidad del aire propuestos para contaminantes no convencionales.

En cuanto a normativas específicas para el sector de fundición, vale la pena resaltar la Resolución 1208 de 2003 del Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá (DAMA), la cual reglamenta las normas de emisión para las industrias del Distrito Capital, pues es la única norma ambiental en el país en especificar máximos permisibles de emisión para este sector en particular. La tabla 17 hace referencia a las normas de emisión incluidas en dicha resolución para fuentes fijas del sector de fundición.

Tabla 17. Norma de Emisión General para Fuentes Fijas en Procesos Productivos según Resolución 1208 de 2003 del DAMA

Contaminante	Flujo Másico del Contaminante (kg/h)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)
		2003	2006	2010
Partículas Suspendidas Totales (PST)	≤ 0.5	300	250	150
	> 0.5	300	150	50
Oxidos de Azufre (dados como SO ₂)	≥ 5	600	550	500
Oxidos de Nitrógeno (dados como NO ₂)	≥ 5	600	550	500
Compuestos gaseosos de Flúor inorgánico (dados como HF)	≥ 0.05	10	8	7
Sustancias inorgánicas clase III y sus compuestos contenidos en material particulado (dados como Pb, Cr, Cu - sumatoria de compuestos presentes)	≥ 0.025	10	8	5
Hidrocarburos Totales (dados como Metano)	TODOS	----	60	50

En cuanto a los procesos productivos diferentes a procesos de combustión externa como calderas y hornos, la Resolución establece que deberán monitorear los contaminantes indicados en la tabla 18.

Tabla 18. Parámetros a Monitorear en Procesos Productivos según Resolución 1208 del DAMA

Fuente de Emisión	Parámetros a Monitorear
Fundición de acero / hierro	Partículas Suspendidas Totales – PST Dióxidos de Azufre – SO ₂ Óxidos de Nitrógeno – NO _x Cadmio, Mercurio, Arsénico, Plomo Compuestos de Fluor (dados como HF)
Fundición de aluminio	Partículas Suspendidas Totales – PST Compuestos de Fluor (dados como HF) Hidrocarburos Totales (dados como Metano)
Fundición de cobre	Partículas Suspendidas Totales – PST Dióxidos de Azufre – SO ₂ Arsénico – As Cadmio – Cd Cobre – Cu Mercurio – Hg Plomo – Pb
Fundición de plomo y zinc	Partículas Suspendidas Totales – PST Óxidos de Azufre – SO _x Arsénico – As Cadmio – Cd Cobre – Cu Mercurio – Hg Plomo – Pb Zinc – Zn

2.4.3. Normas que Regulan las Descargas Líquidas

Como se mencionó anteriormente, las empresas del sector de fundición por lo general no cuentan con descargas de aguas residuales de carácter industrial sino únicamente de tipo doméstico. Por otro lado, algunas pueden ser usuarias de pozos subterráneos como fuentes de agua para consumo industrial y/o doméstico, lo que requiere una concesión de aguas. En este sentido, las normas sobre uso de agua más relevantes al sector son:

- Decreto 1541 de 1978 del Ministerio de Agricultura: Establece las normas para el acceso y el uso de las corrientes de agua y clasifica las aguas y sus usos.
- Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura; Decreto 2340 de 1984 del Ministerio de Salud: Reglamenta usos del agua, residuos líquidos y vertimientos.

En el caso en que la descarga de aguas residuales domésticas de las empresas fundidoras en los cuerpos de agua genere el cobro de una tasa retributiva, las normas de mayor relevancia son:

- Decreto 3100 de 2003 y Resolución 240 de 2004 del Ministerio del Ambiente: Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos

puntuales; define las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de agua; deroga el Decreto 901 de 1997.

- Decreto 155 de 2004 del Ministerio del Ambiente: Reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
- Resolución 273 de 1997 del Ministerio del Ambiente: Establece tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y sólidos suspendidos totales (SST); actualiza las tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos.
- Resolución 081 de 2001 del Ministerio del Ambiente: Establece el formulario de cobro de tasas retributivas.
- Resolución 240 de 2004 del Ministerio del Ambiente: Define las bases para el cálculo de la depreciación y establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas

2.4.4. Normas Aplicables a los Residuos Sólidos

Las siguientes son las principales normas aplicables al tema de manejo y disposición de residuos sólidos:

- Decreto-Ley 2811 de 1974, Ley 253 de 1996 y Ley 430 de 1998: Relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental por la generación y manejo de residuos o desechos peligrosos; dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos.
- Decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Desarrollo: Trata sobre gestión integral de residuos sólidos; deroga el Decreto 605 de 1996, salvo el Capítulo I del Título IV y las demás normas que le sean contrarias.
- Decreto 1140 de 2003 del Ministerio del Ambiente: Modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002 en relación con el tema de las unidades de almacenamiento.
- Decreto 1505 de 2003 del Ministerio del Ambiente: Reglamenta los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos; modifica parcialmente el Dec. 1713 de 2002.
- Decreto 1200 de 2004 del Ministerio del Ambiente: Determina los instrumentos de planificación ambiental.
- Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de Salud: Regula el manejo de residuos especiales.
- Resolución 189 de 1994 del Ministerio del Ambiente: Dicta regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
- Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Ambiente: Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos concretos, agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica.
- Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo, Sección II, Título F: Define los criterios de identificación de residuos peligrosos, métodos de caracterización físico-química del laboratorio, condiciones de transporte, métodos de eliminación, criterios de ubicación de instalaciones para el tratamiento y disposición de Residuos Peligrosos.

Actualmente el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial está formulando un proyecto de norma que pretende reglamentar parcialmente los anteriores

decretos y leyes. Se encuentra en estudio y no ha sido aprobada aún. El Decreto establece medidas ambientales generales para la prevención de la contaminación y la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos con el fin de proteger la salud y el ambiente. En relación con la cadena de recuperación de plomo dispone lo siguiente:

- Para mayo de 2008 las baterías usadas de plomo – ácido estarán sujetas a un Plan de Gestión de Devolución de Productos Post-consumo, para su retorno a la cadena de producción-importación-distribución-comercialización.
- Acorde con el Convenio de Basilea identifica los desechos de plomo y compuestos de plomo como residuos que deben controlarse.
- Considera residuo o desecho tóxico aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para característica de toxicidad (conocida como prueba TCLP), contiene una concentración superior a 5 mg de plomo/litro de lixiviado.

En cuanto a normatividad regional, la resolución D.G. No. 1093 de 2003 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) establece el sistema de identificación de los Residuos Industriales de Control Prioritario –RiCoPri- en el Departamento del Valle del Cauca, y las obligaciones y prohibiciones para los generadores de dichos residuos. Adicionalmente, considera residuos industriales de control prioritario las cenizas, escorias y arena de moldes de la fundición de metales proveniente del tratamiento térmico de metales.

2.4.5. Convenios Internacionales

En materia de residuos sólidos peligrosos, el *Convenio de Basilea* sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación fue adoptado por la Conferencia de Plenipotenciarios del 22 de marzo 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. Establece el control para el plomo y compuestos de plomo y cataloga a los desechos de plomo como peligrosos. Entre estos están los residuos de desechos de zinc y cadmio que contengan plomo; acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados; desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo; baterías de desecho que se ajusten a una especificación, con exclusión de los fabricados con plomo, cadmio o mercurio y escorias de la elaboración del cobre destinado a una elaboración o refinación posteriores, que contengan arsénico, plomo o cadmio.

3. RESULTADOS DE LOS MONITOREOS EFECTUADOS A LA MUESTRA DE EMPRESAS DEL SECTOR

En este capítulo se presentan las mediciones y resultados obtenidos durante los monitoreos realizados en las empresas participantes del proyecto y en su área de influencia. Los monitoreos fueron realizados durante Noviembre de 2005 por la empresa SGS COLOMBIA S.A. con sede en la ciudad de Barranquilla, y constaron de mediciones isocinéticas, de calidad del aire, caracterización del recurso hídrico y caracterización del suelo, como se explica en las siguientes secciones.

3.1. Emisiones Atmosféricas

Se realizaron estudios isocinéticos en las empresas Fundiciones De Lima, Mario Naranjo Pérez (MNP) y ReciclaI. La metodología empleada se explica en el anexo 11.

3.1.1. Cálculo de las Emisiones de Material Particulado

Las emisiones de material particulado relacionadas en el presente informe corresponden únicamente a las mediciones que se realizaron en las chimeneas de las empresas. Es de anotar que en las visitas técnicas realizadas se observaron algunas prácticas y deficiencias de operación que ocasionan emisiones fugitivas (ver sección 2.3.1) que no son cuantificadas en los muestreos isocinéticos. Las fotos 1 y 2 muestran ejemplos de emisiones fugitivas no cuantificadas en los estudios, mientras que la foto 3 muestra emisiones por chimenea, estas sí cuantificadas en los estudios.

Foto 1. Emisiones Fugitivas



Foto 2. Emisiones Fugitivas



Foto 3. Emisión por Chimenea



El cálculo de las tasas de emisión se realiza teniendo en cuenta los datos obtenidos durante el muestreo isocinético y la producción horaria de la empresa considerada, como se indica en la tabla 19. Las hojas de trabajo de campo y los cuadros resumen con los resultados generales se anexan vía electrónica.

Tabla 19. Cálculo de Emisión de Material Particulado

Empresa	Fecha muestreo	Producción Ton/d	Horas producc.	Producción Ton/h	Medición* Kg/h	Emisión** Kg/ton
<i>Fundiciones de Lima</i>	17/11/05	15	10	1,5	0,88	0,59
<i>Fundiciones de Lima</i>	19/11/05	15	10	1,5	1,32	0,88
<i>MNP</i>	29/11/05	0,68	8	0,09	0,09	1,06
<i>Reciclal</i>	19/11/05	3	6	0,5	1,51	3,02
<i>Reciclal</i>	17/11/05	3	6	0,5	1,25	2,50

* La medición se refiere a los kilogramos de material particulado retenido durante una hora de muestreo.

** La emisión está calculada como los Kg/h de material particulado emitido, dividido entre la producción horaria.

Como puede observarse los niveles de emisión difieren entre toma y toma para una misma empresa. Esto puede deberse a diversos factores tales como la calidad de la materia prima procesada, a las condiciones de operación del horno y a la eficiencia con la que estén trabajando en ese momento los equipos de control. En general, durante las visitas realizadas a las empresas se observó que no existen procedimientos estándar que permitan mantener siempre las mismas condiciones de proceso y eficiencias de producción en las diferentes cochadas.

3.1.2. Cumplimiento de la Norma de Emisión de Material Particulado

Para verificar el cumplimiento de la normatividad colombiana aplicable a hornos de fundición, se utilizaron los Art. 62 y 63 del Decreto 02/82, los cuales hacen referencia a Industrias Metalúrgicas. La tabla 20 muestra las normas de emisión que deben cumplir las empresas mencionadas, considerando la ubicación (zona urbana o rural), la producción y la altura de las chimeneas.

Tabla 20. Límites de Emisión Aplicables a las Empresas Muestreadas

Empresa	Altura de descarga (m)	Producción (Ton/día)	Norma de emisión (Kg/ton)
<i>Fundiciones de Lima</i>	16.0	15	1.29
<i>MNP</i>	15.0	0,68	1.00
<i>Reciclal</i>	15.5	3	1.00

Para efectos del cálculo de la norma se consideró a Fundiciones De Lima ubicada en zona rural y a MNP y Reciclal en zona urbana, en donde la norma de emisión es mas restrictiva. En la tabla 21 se determina si las empresas muestreadas cumplen o no con los límites de emisión descritos en la tabla 20.

Tabla 21. Verificación del Cumplimiento de la Norma de Material Particulado por Parte de las Empresas Muestreadas

Empresa	Fecha de Muestreo	Emisión de partículas (Kg/h)	Concentración partículas (mg/m ³ std)	Emisión de partículas (Kg/ton)	Norma de emisión (Kg/ton)	Cumple
De Lima	17/11/05	0.88	75.69	0.59	1.29	SI
De Lima	19/11/05	1.32	94.8	0.88	1.29	SI
MNP	19/11/05	0.09	71.48	1.05	1.00	NO
Reciclal	17/11/05	1.51	1098.41	3.02	1.00	NO
Reciclal	29/11/05	1.25	1049.68	2.5	1.00	NO

3.1.3. Emisión de Plomo

El material particulado depositado en el filtro de los muestreos isocinéticos fue analizado en el laboratorio para la determinación de plomo. La tabla 22 resume los resultados obtenidos.

Tabla 22. Emisión Horaria de Plomo en las Empresas Muestreadas

Empresa	Fecha	Emisión de plomo (Kg/h)	Concentración de plomo (mg/m ³ std)
Fundiciones De Lima	17/11/05	0.025	2.18
Fundiciones De Lima	19/11/05	0.011	0.79
MNP	19/11/05	0.001	0.54
Reciclal	17/11/05	0.005	3.95
Reciclal	29/11/05	0.004	3.22

En estos resultados se observa que no obstante De Lima funde chatarra de hierro, es la empresa que mas plomo emite a la atmósfera. La explicación de esta situación puede encontrarse en el hecho que parte de la chatarra y material laminado que funde contiene pintura a base de plomo o soldadura de plomo. La tabla 23 muestra la participación del plomo en las emisiones totales del material particulado emitido por las chimeneas de estas empresas.

Tabla 23. Plomo Emitido en Función del Total de Emisiones

Empresa	Fecha	Emisión de Plomo (Kg/h)	Emisión de Partículas (Kg/h)	% Pb en las Partículas Emitidas	Producción (Ton/h)	Emisión de Plomo (g/ton)
De Lima	17/11/05	0,025	0,88	2,84	1,5	16,667
De Lima	19/11/05	0,011	1,32	0,83	1,5	7,333
MNP	19/11/05	0,001	0,09	1,11	0,334	2,99
Reciclal	17/11/05	0,005	1,51	0,33	0,5	10,0
Reciclal	29/11/05	0,004	1,25	0,32	0,5	8,0

Esta comparación permite deducir que aunque la empresa Reciclal es la que mas material particulado emite (1.38 Kg/h en promedio), solamente el 0.33% de esta emisión corresponde a plomo. Por el tipo de materias primas e insumos que utiliza esta empresa, puede inferirse que el resto de las emisiones está conformado por cenizas de coque, óxidos de cal, óxidos de hierro y probablemente estaño, cadmio y antimonio que van ligados a los bornes de las

baterías. En promedio, la emisión de plomo en De Lima es un 1.8% de las emisiones de material particulado y en MNP es del 1.1%. La emisión de plomo, expresada como gramos de plomo emitido por tonelada de producto, alcanza los valores mas altos en De Lima, seguida de Reciclal. La presencia de plomo en MNP se explica principalmente por la fundición de chatarra de aluminio que contiene pinturas con pigmentos de plomo.

Actualmente el país no cuenta con una legislación específica para limitar las emisiones de plomo. Como referencia se presentan en la tabla 24 los valores máximos permitidos para emisión de plomo consignados en el artículo 5 de la resolución 1208 de 2003 del Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá (DAMA), *Norma de emisión general para fuentes fijas en procesos productivos*, aplicable únicamente a empresas ubicadas en el perímetro urbano del Distrito Capital.

Tabla 24. Valores de Referencia para Emisión de Plomo en Bogotá, D.C.

CONTAMINANTE	Flujo Másico del Contaminante (kg/h)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)
		2003	2006	2010
Sustancias Inorgánicas Clase III y sus compuestos contenidos en material particulado y dados como Pb, Cr, Cu, (sumatoria de compuestos presentes)	≥ 0.025	10	8	5

Con respecto a estos valores, en la tabla 22 se observa que la concentración de plomo en la empresa De Lima es de 2.18 mg/m³ std, mientras que para Reciclal es de 3.95.

3.1.4. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y de Óxidos de Azufre (SO_x)

Los Óxidos de Nitrógeno, NO_x, se determinaron según las directrices del método EPA 7. Los Óxidos de Azufre, expresados como SO₂, se determinaron de acuerdo con el método EPA 6. La tabla 25 muestra los resultados de las mediciones de NO_x, mientras que la tabla 26 muestra los de SO_x.

Tabla 25. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno

Empresa	Fecha Muestreo	Emisión de NO _x (Kg/h)	Concentración de NO _x (mg/m ³ std)
Fundiciones De Lima	17/11/05	0.27	23.1
Fundiciones De Lima	19/11/05	0.11	8.1
MNP	19/11/05	0.01	4.8
Reciclal	17/11/05	0.01	4.4
Reciclal	29/11/05	0.01	6.2

De las tres empresas analizadas, Fundiciones De Lima es la que presenta la mayor emisión de NO_x, lo cual puede atribuirse al nitrógeno contenido en los combustibles utilizados, pero principalmente al nitrógeno contenido en el aire de combustión, el cual se oxida debido a las altas temperaturas utilizadas. De acuerdo con los resultados del muestreo isocínético (ver anexos vía electrónica) la temperatura promedio de los gases de chimenea en esta empresa es de 561°C, mientras que en MNP es de 48°C y en Reciclal de 57°C.

Tabla 26. Emisiones de Óxidos de Azufre

Empresa	Fecha	Emisión de SO ₂ (Kg/h)	Concentración de SO ₂ (mg/m ³ std)
Fundiciones De Lima	17/11/05	0.19	16.51
Fundiciones De Lima	19/11/05	0.49	34.91
MNP	19/11/05	0.01	6.97
Reciclal	17/11/05	1.68	1217.39
Reciclal	29/11/05	1.45	1050.63

La emisión de óxidos de azufre es notablemente mas alta en Reciclal que en las demás empresas. Además del azufre contenido en el coque de proceso, este fenómeno tiene su explicación principalmente en el hecho que la empresa funde placas de baterías que se encuentran impregnadas de ácido sulfúrico y que no reciben tratamiento previo a la fundición.

Dado que no existe una norma nacional contra la cual se puedan comparar las emisiones de NO_x y SO_x obtenidas, la tabla 27 presenta como referencia los valores máximos permitidos para emisión de estos contaminantes consignados en el artículo 5 de la resolución 1208 de 2003 del DAMA, *Norma de emisión general para fuentes fijas en procesos productivos*, aplicable únicamente a empresas ubicadas en el perímetro urbano del Distrito Capital.

Tabla 27. Valores de Referencia para Emisión de NO_x y SO_x en Bogotá, D.C.

CONTAMINANTE	Flujo Másico del Contaminante (kg/h)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)	Conc. (mg/m ³)
		2003	2006	2010
Oxidos de Azufre dados como SO ₂	≥ 5	600	550	500
Oxidos de Nitrógeno dados como NO ₂	≥ 5	600	550	500

La tabla 28 presenta un resumen de las emisiones obtenidas para cada contaminante en las empresas muestreadas.

Tabla 28. Resumen de las Emisiones en las Empresas Muestreadas

Empresa	Fecha	Partículas		Emisión de Plomo (Kg/h)	Emisión de NO _x (Kg/h)	Emisión de SO _x (Kg/h)
		Emisión (kg/ton)	Norma (kg/ton)			
De Lima	17/11/05	0.59	1.29	0,025	0.27	0.19
De Lima	19/11/05	0.88	1.29	0,011	0.11	0.49
MNP	19/11/05	1.05	1.00	0,001	0.01	0.01
Reciclal	17/11/05	3.02	1.00	0,005	0.01	1.68
Reciclal	29/11/05	2.50	1.00	0.004	0.01	1.45

Los monitoreos de las fuentes fijas de las empresas Fundiciones De Lima, MNP y Reciclal permiten concluir:

- La emisión de material particulado de Fundiciones De Lima cumple con lo estipulado en el Decreto 02 de 1982.

- La emisión de material particulado de MNP no cumple con lo estipulado por la norma, lo cual puede deberse a que en el momento de la medición no se encontraba en completo funcionamiento el lavador de gases.
- La emisión de material particulado de Reciclal no cumple con lo estipulado en el Decreto 02 de 1982.
- Es necesario estandarizar los procedimientos de fundición para lograr condiciones de proceso y eficiencias de producción similares en las diferentes cochadas.
- En la fundición de hierro se recomienda separar la materia prima que contiene pintura o soldadura con plomo para tratarla separadamente y disminuir de esta manera las emisiones de este metal.
- En la fundición de plomo la mayor parte de la materia prima procede de baterías usadas cuyos componentes han estado en contacto con el electrolito, el cual es ácido sulfúrico. Con el objeto de disminuir las emisiones de óxidos de azufre, es necesario pretratar las partes a fundir con una lechada de cal para neutralizar el ácido y dejar la materia prima con un contenido muy bajo de azufre.

3.2. Clasificación y Cuantificación de los Residuos Generados

Aunque los residuos generados dependen de los procesos que realice la empresa, los identificados como principales en las empresas objeto de este estudio provienen de tres fuentes:

- Residuos de arena de moldes y machos que después de ser reutilizada varias veces pierde las propiedades deseadas.
- Escoria que queda después del proceso de fundición y que por lo general es una masa vidriosa, relativamente inerte, compuesta por óxidos metálicos del proceso de fundición, refractarios fundidos, arena, cenizas de coque y otros materiales.
- Polvos y lodos retenidos en equipos de control como ciclones y lavadores de gases.

Los vertimientos de industrias como las fundidoras de plomo pueden representar un impacto importante, según sea la manera como la empresa tenga establecidos sus mecanismos de compra de materia prima. La empresa JIG compra solamente el material de plomo contenido en las baterías, de suerte que sus vertimientos son solamente de origen doméstico. La empresa Reciclal compra toda la batería y además de disponer del vertimiento proveniente del electrolito, debe también disponer de otros residuos sólidos como las bolsas plásticas que actúan como separadores y del plástico que cubre la batería.

A continuación se mencionan las cantidades de los principales residuos generados por cada una de las empresas estudiadas. Los datos presentados corresponden al promedio arrojado durante las producciones realizadas en el periodo del 8 al 30 de noviembre del año en curso.

3.2.1. Generación de Residuos en MNP

Escoria

La empresa cuenta con dos hornos de solera en los cuales realiza dos procesos de fundición: chatarra de aluminio y escoria enriquecida de aluminio. La chatarra proviene del acopio que

hace de este material en su bodega de Barranquilla, mientras que la escoria enriquecida proviene de la compra a proveedores como Aluminios Reynolds y de su mismo proceso. Esta escoria es sometida nuevamente al proceso de fundición para recuperar el metal que ésta contiene y generar así una escoria agotada que finalmente se dispone. La foto 4 muestra escoria del proceso de fundición de MNP, la cual es fundida nuevamente.

Foto 4. Escoria de Proceso para Reprocesar



La tabla 29 muestra la generación de escoria en los dos procesos mencionados.

Tabla 29. Generación de Escoria en MNP

Fundición de Chatarra de Aluminio		
Producción de Aluminio (ton/mes)	Escoria enriquecida para aprovechamiento (ton/mes)	Escoria agotada para disponer (ton/mes)
10	2	1
Fundición de Escoria Enriquecida		
Producción de Aluminio (ton/mes)	Escoria agotada (ton/mes)	
10	1	

De esta manera MNP produce 2 toneladas/mes (el 10% de su producción mensual) de escoria agotada que es un residuo valorizado que la empresa vende actualmente para la fabricación de floculantes en tratamientos de agua.

Residuos de los equipos de control

La empresa realiza cada año el mantenimiento a la planta durante el cual recolecta el polvillo atrapado por los sistemas de control de emisiones, consistentes en dos cámaras de expansión y un lavador de gases. El promedio recolectado es de 600 kg/año y dado su contenido en aluminio la empresa lo vende igualmente para la fabricación de floculantes en tratamientos de agua.

Otra fuente de generación de residuos son los domésticos pues en las instalaciones de la planta vive una familia compuesta por cinco personas, que en promedio generan 75 Kilogramos/mes. Los vertimientos domésticos calculados pueden llegar a alcanzar los 22 metros cúbicos.

3.2.2. Generación de Residuos en el Taller de Fundiciones Boyacá

El taller cuenta con un horno de cubilote en el cual funde hierro colado. El horno es alimentado con la materia prima (chatarra de hierro), una capa de arena, piedra caliza y coque. La materia prima se obtiene principalmente de los motores de automóviles y para la fundición es preparada con ferro-silicio. En esta empresa los residuos provienen de las etapas de moldeo y fundición, como se explica a continuación:

Arenas de moldeo

Las arenas de moldeo son preparadas con carbón bituminoso y bentonita en iguales proporciones y son reutilizadas en su gran mayoría. Solamente las arenas empleadas para la fabricación de machos grandes son desechadas pues debido a las altas temperaturas que soportan pierden sus propiedades y son eliminadas. Esta cantidad alcanza los 800 kg/mes y es utilizada como relleno (ver foto 5).

Foto 5. Arenas de Desecho en Talleres Boyacá



Fundición

La empresa solo funde en promedio dos veces al mes. En esta etapa del proceso las escorias representan 600 kg/mes.

Fundiciones Boyacá no presenta vertimientos industriales. Los vertimientos de origen doméstico se calculan en 19 metros cúbicos mensuales y se vierten al sistema de alcantarillado.

3.2.3. Generación de Residuos en Fundiciones de Metales De Lima

La empresa está dotada de dos hornos cubilote en los cuales se realiza el proceso de fundición de hierro. La fundición se realiza día por medio, turnando el trabajo de los hornos. Produce dos tipos de hierro: el gris y el nodular. El horno es alimentado con hierro (en forma de polvo, piedra o chatarra, siendo esta última la mas común), carbón coque y caliza.

Moldeo y Granallado

La tabla 30 muestra la generación de residuos sólidos del proceso de moldeo y granallado en De Lima.

Tabla 30. Residuos del Moldeo y Granallado en Fundiciones De Lima

Producción de Hierro (ton/mes)	Arena de Moldeo (ton/mes)	Limaya (ton/mes)
145	1,5	5,62

Las arenas empleadas para el moldeo son reutilizadas hasta agotarlas y finalmente se dispone un promedio de 1.5 ton/mes que es utilizada para relleno en las instalaciones de la empresa. La limaya es alimentada directamente al horno.

Fundición de Hierro

La empresa produce en promedio 145 toneladas mensuales de hierro y genera 14.5 toneladas mensuales de escoria. Pese a las observaciones realizadas en ocasiones anteriores por la autoridad ambiental, ésta se utiliza como relleno en las instalaciones de la planta. La foto 6 ilustra la generación de residuos de arena y escoria en Fundiciones De Lima.

Foto 6. Generación de Arenas y Escoria



Residuos de los Equipos de Control

La empresa cuenta con un sistema lavador de gases en el cual el agua se recicla y se repone a medida que se va evaporando. El tanque que contiene esta agua tiene una capacidad de 25 m³. La empresa no tiene periodicidad definida para el mantenimiento de este tanque y tampoco dispone de información de los lodos generados.

Los vertimientos originados son de tipo doméstico y se calculan en 290 metros cúbicos mensuales. Estos son llevados a un pozo séptico.

3.2.4. Generación de residuos en Reciclal

La planta de Reciclal funde plomo proveniente de escoria reciclada, baterías secas, baterías de automóviles y plomo en chatarra. El horno es de tipo cubilote “reformado” y emplea carbón fino y coque para la combustión, que también actúa como agente reductor. Además, se alimenta con cal y el plomo obtenido de las distintas procedencias. La tabla 31 muestra la generación de los diferentes tipos de residuos en Reciclal.

Tabla 31. Cantidad de Residuos Generados en Reciclal

Producción de Plomo (ton/mes)	Escoria agotada (ton/mes)	Cajas plásticas de baterías (ton/mes)	Separadores (polietileno) (ton/mes)	Polvos (ton/mes)
21	1,12	1.5	2	0,5

Cuando la escoria contiene un porcentaje de plomo mayor al 0,5 retorna al proceso de fundición, hasta agotarle su contenido en plomo. La escoria agotada es recogida por terceros para su disposición final fuera de la planta y posiblemente utilizada como relleno. Las cajas plásticas son vendidas para reciclaje y las bolsas separadoras de polietileno son sometidas a una limpieza para recuperar plomo y son dispuestas en el relleno sanitario de Baranoa. Los polvos que se generan durante todo el proceso son alimentados nuevamente al horno. La foto 7 muestra algunos residuos para aprovechamiento generados en Reciclal.

Foto 7. Residuos para Aprovechamiento



Reciclal genera un vertimiento industrial en la etapa de selección del plomo, en la cual las baterías son desarmadas y se desecha ácido sulfúrico al 8%. Este ácido es llevado a un filtro compuesto por caliza, coque y arena. El vertimiento final representa 400 litros mensuales y es vertido al sistema de alcantarillado, como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Resumen de Vertimientos de Reciclal

Empresas	ARD (m³)	ARI (m³)
<i>De Lima</i>	290	
<i>MNP</i>	22	
<i>Reciclal</i>		0.4
<i>Taller Boyacá</i>	19	

ARD: agua residual doméstica

ARI: agua residual industrial

NC: vertimiento no cuantificado

3.2.5. Total de Residuos Generados en las Empresas Seleccionadas

Los residuos totales generados por las 4 empresas analizadas alcanzan las 25.12 toneladas mensuales siendo las escorias y arenas agotadas las que se generan en mayor cantidad (72.5% y 9.2% respectivamente). Solamente se aprovecha el 18.3% de los residuos generados. Lo anterior conlleva a iniciar la búsqueda de una solución que logre, de una parte,

minimizar la generación de escorias y arenas, y de otra, encontrar alternativas de aprovechamiento. La tabla 33 resume los datos obtenidos de generación de residuos en las cuatro empresas estudiadas.

Tabla 33. Resumen de Residuos Generados en las Empresas Estudiadas

Empresa	Escoria (Ton/mes)	Polvillo de equipos de control (Ton/mes)	Cajas Plásticas (Ton/mes)	Arenas (Ton/mes)	Polietileno (Ton/mes)
<i>De Lima</i>	14.5	NC		1.5	
<i>MNP</i>	2*	0.6*			
<i>Reciclal</i>	1.12	0.5*	1.5*		2*
<i>Taller Boyacá</i>	0.6			0.8	
TOTALES	18.22	1.1*	1.5*	2.3	2*

* Residuos que son valorizados y vendidos

NC: no cuantificados por la empresa

3.3. Calidad del Aire

Las mediciones de calidad del aire en el área de influencia de las cinco empresas seleccionadas comprendieron la determinación de las Partículas Suspendidas Totales (TSP) y de Plomo (Pb). Con ello se persiguió detectar las concentraciones a nivel del suelo del contaminante relacionado con cada fuente, para así verificar el cumplimiento de los estándares vigentes en el país.

3.3.1. Equipos y Metodología Utilizados

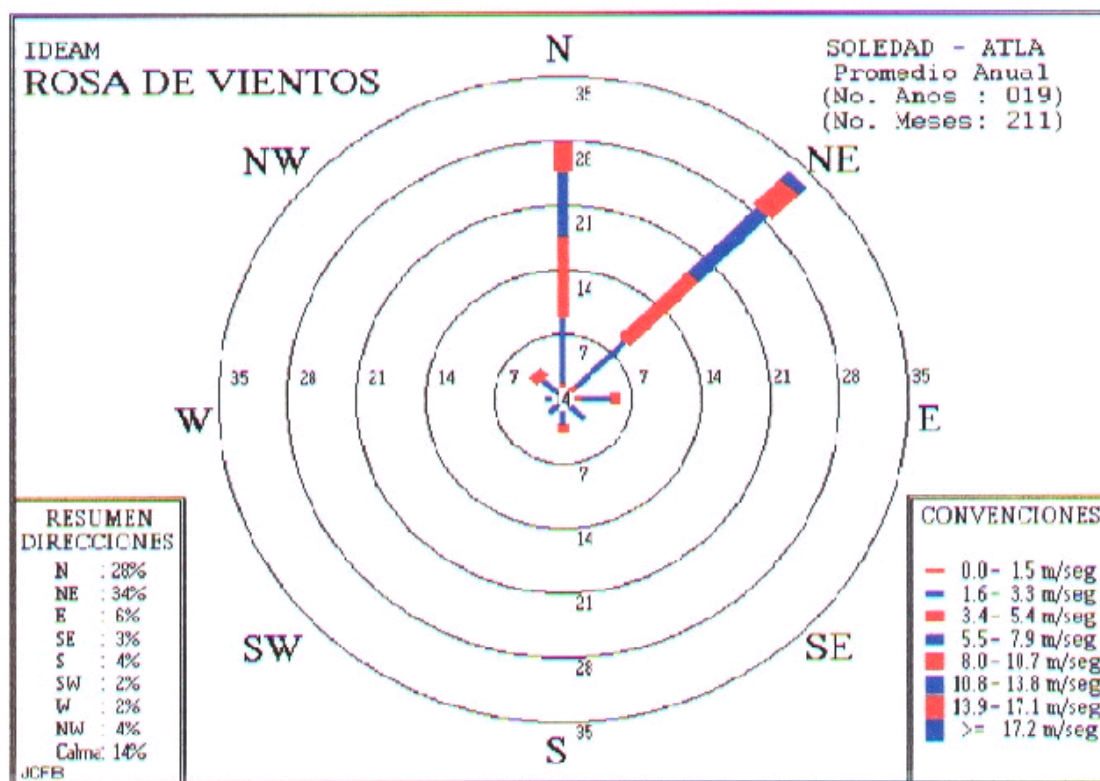
Para el monitoreo de calidad del aire se utilizaron muestreadores de alto volumen equivalentes al Graseby GL2000H, con contador horario, carta de tiempo semanal y controlador de flujo y un Kit para calibración de orificio, marca Graseby, Serie 46J.

La ubicación de los equipos se realizó tratando de satisfacer en lo posible los criterios generales de la Agencia de Protección Ambiental (US EPA, CFR 40, Parte 58, Apéndice E), dentro de los cuales los más importantes se resumen así:

- Altura sobre el terreno de 2 a 7 metros
- Distanciados de los árboles 20 metros
- Entrada del muestreador libre de obstrucciones en un ángulo de 270 grados.
- Suficientemente distanciados de carreteras según sea el tráfico promedio diario
- Ubicados en la dirección predominante del viento
- Disponibilidad de suministro de energía
- Suficientes condiciones de seguridad para proteger los equipos contra el hurto y el vandalismo.

Debido a que algunas de las empresas se encuentran rodeadas de fincas y árboles y otras se encuentran ubicadas en zonas consideradas como muy inseguras, no todas las condiciones anteriores se lograron en todos los sitios. La figura 4 muestra la Rosa de los Vientos utilizada para estos estudios, correspondiente al Aeropuerto Ernesto Cortissoz.

Figura 4. Rosa de Vientos Utilizada en Estudios de Calidad del Aire



La tabla 34 muestra las fechas en que se realizaron los monitoreos y la ubicación de los equipos. Las fotos 8 y 9 ilustran la ubicación de los equipos en dos de las empresas.

Tabla 34. Ubicación de Equipos de Monitoreo de Calidad del Aire y Fechas de Muestreo

Empresa	Fecha del Muestreo	Ubicación del equipo
Fundiciones de Lima	24/1105 – 01/12/05	A un costado de la entrada a la planta en la dirección del viento
MNP	24/1105 – 01/12/05	Cerca de la entrada de la portería
Reciclal	24/1105 – 01/12/05	Techo de la oficina
Taller Boyacá	26/1105 – 03/12/05	Techo de un taller vecino
Fundiciones JIG	26/1105 – 03/12/05	Techo de una casa Vía Caracolí

Foto 8. Ubicación de Equipos de Muestreo de Calidad del Aire



Una vez calibrados los equipos se pusieron en funcionamiento durante siete días continuos, realizando el cambio de los filtros que se encontraban en uso cada 24 horas. En el archivo magnético anexo se muestran los datos obtenidos durante el trabajo de campo y los cálculos correspondientes a la calidad del aire para cada uno de los días del muestreo. También se incluyen los resultados de la calibración del orificio de cada muestreador.

Foto 9. Ubicación de Equipos de Muestreo de Calidad del Aire



3.3.2. Norma Local de Calidad del Aire

Para efectos de calcular la norma local de calidad del aire se consideraron los artículos 31 y 32 del Decreto 02 de 1982. El artículo 31 establece como promedio geométrico anual cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y promedio diario cuatrocientos microgramos por metros cúbicos ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El artículo 32 establece la corrección que debe hacerse a este estándar cuando la muestra se toma a condiciones distintas de 760 mm de Hg y 25°C . Dado que las mediciones se realizaron a 760 mm Hg de presión barométrica y 30°C (303°K), se hizo la corrección respectiva y se obtuvo que la norma local promedio diario es de $393.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la anual es de $98.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3.3. Resultados de PST

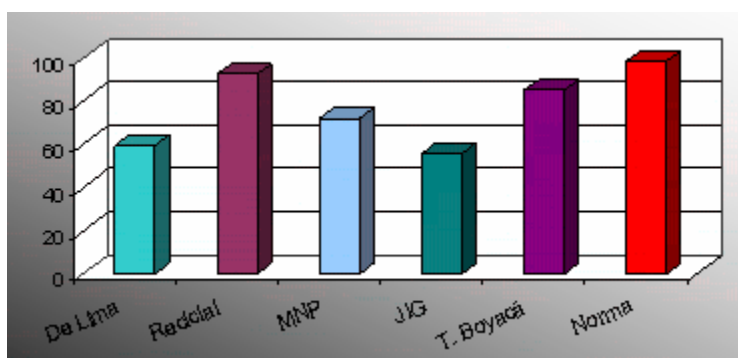
Los resultados obtenidos para cada punto de muestreo se muestran en la tabla 35.

Tabla 35. Valores Diarios Medidos de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Día	Fundiciones De Lima	Recicla	MNP	Fundiciones JIG	Taller Boyacá	Norma
1	50,66	70,07	72,76	54,75	71,31	100
2	62,08	68,48	59,32	62,18	52,81	100
3	73,76	68,77	74,99	56,02	95,82	100
4	86,17	75,40	72,40	52,60	129,34	100
5	40,42	89,52	77,89	52,41	87,78	100
6	58,54	174,24	68,42	52,55	139,56	100
7	54,31	146,91	79,93	59,66	56,10	100

Los valores mas altos se obtuvieron en Recicla durante los días 6 y 7, seguidos de Taller Boyacá los días 4 y 6. Sin embargo en ninguno de los casos se superó la norma diaria. La figura 5 presenta los resultados de los promedios geométricos obtenidos, comparados contra la norma anual.

Figura 5. Promedios Geométricos Obtenidos PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Como puede apreciarse, en ninguno de los muestreos realizados se superó la norma anual de calidad del aire y se encuentran por debajo de ésta, como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36. PST – Comparación con la Norma

Empresa	Promedio (ug/m3)	% inferior a la norma
<i>JIG</i>	55,6	43,4
<i>MNP</i>	71,9	28,1
<i>De Lima</i>	59,3	41,7
<i>Talleres Boyacá</i>	85	15
<i>Reciclal</i>	92,3	7,7

Es de anotar que durante la realización del muestreo en el área de influencia de la empresa JIG, ésta no se encontraba desarrollando actividades. Este valor puede ser tomado como referencia para futuros estudios cuando esta empresa opere nuevamente. La mayor presencia de PST se dio en Taller Boyacá y Reciclal, aunque como se mencionó anteriormente, sin llegar a sobrepasar la norma establecida.

3.3.4. Resultados para el Plomo Contenido en las PST

El material particulado contenido en los filtros fue llevado al laboratorio para su digestión y posterior análisis de plomo por el método de absorción atómica. Los resultados obtenidos para cada día de muestreo se resumen en la tabla 37.

Tabla 37. Contenido de Plomo en las Muestras de PST

Empresa	Fecha	Plomo mg/Kg	Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor Ref ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fundiciones De Lima	25/11/2005	2404.61	0,1218	0,05
Fundiciones De Lima	26/11/2005	849.30	0,0527	0,05
Fundiciones De Lima	27/11/2005	70.71	0,0052	0,05
Fundiciones De Lima	28/11/2005	155.30	0,0134	0,05
Fundiciones De Lima	29/11/2005	12.20	0,0005	0,05
Fundiciones De Lima	30/11/2005	1.05	0,0001	0,05
Fundiciones De Lima	01/12/2005	4.68	0,0003	0,05
Reciclal	25/11/2005	984.45	0,0690	0,05
Reciclal	26/11/2005	4125.01	0,2825	0,05
Reciclal	27/11/2005	8017.42	0,5514	0,05
Reciclal	28/11/2005	5005.13	0,3774	0,05
Reciclal	29/11/2005	5054.74	0,4525	0,05
Reciclal	30/11/2005	4135.53	0,7206	0,05
Reciclal	01/12/2005	885.74	0,1301	0,05
MNP	25/11/2005	18.21	0,0013	0,05
MNP	26/11/2005	20.93	0,0012	0,05
MNP	27/11/2005	11.19	0,0008	0,05
MNP	28/11/2005	20.90	0,0015	0,05
MNP	29/11/2005	63.16	0,0049	0,05
MNP	30/11/2005	16.53	0,0011	0,05
MNP	01/12/2005	17.95	0,0014	0,05
Fundiciones JIG	27/11/2005	1.01	0,0001	0,05
Fundiciones JIG	28/11/2005	1.12	0,0001	0,05
Fundiciones JIG	29/11/2005	1.24	0,0001	0,05
Fundiciones JIG	30/11/2005	1.06	0,0001	0,05
Fundiciones JIG	01/12/2005	1.08	0,0001	0,05
Fundiciones JIG	02/12/2005	1.15	0,0001	0,05

Empresa	Fecha	Plomo mg/Kg	Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valor Ref ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fundiciones JIG	03/12/2005	1.10	0,0001	0,05
Taller Boyacá	27/11/2005	23.43	0,0017	0,05
Taller Boyacá	28/11/2005	2224.77	0,1175	0,05
Taller Boyacá	29/11/2005	37.64	0,0036	0,05
Taller Boyacá	30/11/2005	85.46	0,0111	0,05
Taller Boyacá	01/12/2005	36.75	0,0032	0,05
Taller Boyacá	02/12/2005	83.00	0,0116	0,05
Taller Boyacá	03/12/2005	37.69	0,0021	0,05

Los resultados de las muestras analizadas revelan que las muestras de la empresa Recicla contienen las concentraciones mas altas, comparadas con las de las demás empresas. Sobresale la muestra del 30 de Noviembre que alcanzó los $0.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y que coincide con el día en el cual la empresa fundió y se realizó el segundo muestreo isocinético. En concordancia con los resultados de los muestreos a las chimeneas, se observa también que la empresa De Lima es la que sigue en su orden, con un pico de $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguida del Taller Boyacá que igualmente presenta un pico de $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La empresa MNP mantiene niveles de plomo bajos y por último está JIG, la cual como se mencionó anteriormente no se encuentra en funcionamiento.

Aunque el país no dispone actualmente de un estándar para regular la concentración de plomo en el aire ambiente, el Proyecto de Norma de Calidad del Aire que desarrolla el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial propone que esta concentración sea de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual para el plomo y sus compuestos.

Diversos países han adoptada igualmente este estándar de la OMS de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio aritmético anual⁹. La Norma Oficial Mexicana Nom-026-ssa1-1993 establece que la concentración de plomo, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el valor permisible de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un periodo de tres meses promedio aritmético, como protección a la salud de la población susceptible.

3.4. Caracterización del Recurso Hídrico

Este estudio tuvo como objetivo central analizar la calidad del agua en algunos de los cuerpos de agua presentes en el área de influencia de las empresas de fundición objeto del estudio. La selección de estos cuerpos de agua se realizó con base en la recopilación de la información de los Planes de Ordenamiento Territorial referente al recurso hídrico, visitas de campo y análisis del comportamiento de los vientos. Cada uno de los puntos de muestreo fue debidamente geo-referenciado con el fin de identificarlo para mediciones futuras. La tabla 38 muestra los cuerpos de agua seleccionados en el área de influencia de cada una de las empresas.

⁹ <http://www.conam.gob.pe/aire/legales/normas/069-2003.pdf>
<http://www.conama.cl/portal/1255/article-27150.html>

Tabla 38. Cuerpos de Agua Seleccionados

Empresa	Cuerpo de agua	Coordenadas	Fecha de muestreo
<i>De Lima</i>	Lagos de Sabanagrande: es un sitio de alta actividad pesquera de este municipio.	X = 925005 Y = 1695587	19/11/05
<i>Recicla!</i>	Caño de la intendencia Loma Astillero: es un caño que desemboca en el río Magdalena, muy cercano a la fundición.	X = 925076 Y = 1695619	19/11/05
<i>Taller Boyacá</i>	Arroyo Caracolí: arroyo que atraviesa el municipio de Malambo.	X = 914987 Y = 1691524	28/11/05
<i>MNP</i>	Laguna de Mezolandia: es lugar de captación de agua de varias empresas de la zona y de la comunidad.	X = 916176 Y = 1691836	28/11/05
<i>JIG</i>	Pozo artesiano: es el pozo del cual la empresa capta agua para su propio consumo. Queda dentro de sus instalaciones.	X = 923816 Y = 1707146	28/11/05

3.4.1. Manejo y Conservación de Muestras

Las muestras fueron recolectadas, conservadas y procesadas para cada uno de los parámetros a evaluar conforme a las normas establecidas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1.999, a las metodologías oficialmente aceptadas por el capítulo XIX del Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud de Colombia, y a la Environmental Protection Agency EPA. Los parámetros analizados y los métodos utilizados para la preservación de las muestras se relacionan en la tabla 39.

Tabla 39. Tipo de Recipientes Utilizados y Medidas de Preservación de Muestras de Caracterización Hídrica

Parámetro	Tipo de Recipiente	Medidas de Preservación
DBO	Plástico	Refrigeración
DQO	Vidrio	H ₂ SO ₄ , pH<2 + Refrigeración
pH	Vidrio	In Situ
Hierro	Plástico	HNO ₃ , pH<2 + Refrigeración
Plomo	Plástico	HNO ₃ , pH<2 + Refrigeración
Temperatura	Plástico	In Situ

Como puede apreciarse, las mediciones de pH y temperatura fueron registradas al momento de la toma. Una vez tomada la muestra ingresaron al laboratorio con la cadena de custodia respectiva.

3.4.2. Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 40.

Tabla 40. Resultados de los Análisis de Agua

Parámetro	Cuerpo Hídrico				
	Lagos Sabanagrande (De Lima)	Caño de la intendencia Loma Astillero (Recicla)	Laguna de Mezolandia (MNP)	Arroyo Caracolí (T. Boyacá)	Pozo Artesiano (JIG)
pH	6.97	6.90	7.01	7.54	7.21
Temperatura °C	29,8	29,6	31	30	29,8
DBO ₅ mg O ₂ /L	5.25	25.5	19.5	10.5	4.5
DQO mg O ₂ /L	22.09	56.71	49.29	39.40	<13
Plomo mg Pb/L	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Hierro mg Fe/L	1.601	0.846	3.711	0.656	<0.1

Dado que la calidad del agua se define según sea el uso que ésta tenga, es necesario precisar sobre los usos dados a los cuerpos hídricos en mención. El uso del agua de la Laguna de Mezolandia se entiende para consumo humano y doméstico, toda vez que varias empresas de la zona y de la comunidad se surten de este cuerpo hídrico. El uso del agua de Lagos de Sabanagrande, Caño de la intendencia Loma Astillero y Arroyo Caracolí puede considerarse de especial interés para la preservación de la flora y la fauna, pues mantienen la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y permiten la extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas. El pozo artesiano de JIG está destinado para uso industrial y doméstico.

Aunque no se evaluaron todos los parámetros indicados en el Decreto 1594 de 1984 para establecer si estas aguas son aptas para destinarlas al consumo humano y doméstico, es decir que para su potabilización se requiere solamente de tratamiento convencional o solo desinfección, hay parámetros como el pH, la DQO y la DBO que indicarían que sí lo son.

En el caso del plomo, el límite de detección de la técnica de laboratorio utilizada para su determinación (Absorción atómica / Llama Aire-Acetileno) es de 0.15 mg/L y por lo tanto no puede asegurarse que cumple con la concentración exigida por el decreto, la cual es de 0.05 mg/L. Cuando el agua se destina para uso pecuario el límite es de 0.1 mg/L, mientras que para uso agrícola este límite es mas permisivo y el Decreto lo establece en 5 mg/L. Este mismo valor lo fija para el hierro.

Llama la atención el contenido de Hierro en Lagos de Sabanagrande y Laguna de Mezolandia, los cuales son de 1.6 y 3.7 mg/L respectivamente. Dado que estos cuerpos de agua se destinan para preservación de flora y fauna, superan el límite establecido de 0.1 mg/L.

Los resultados permiten concluir que si bien los cuerpos hídricos estudiados no presentan gran contaminación, sí se debe prestar atención al uso que se le vaya a asignar al recurso. No obstante, como se mencionó anteriormente, se haría necesario estudiar una gama mas amplia de parámetros antes de tomar cualquier decisión.

3.5. Caracterización del Suelo

El muestreo de suelos se realizó tomando doce muestras en cuatro de las empresas participantes del presente proyecto. Para hacer mas representativa la determinación, se tomó siempre una muestra en cercanías al horno de fundición, otra en la parte intermedia de la planta y otra cerca a la entrada. Los métodos analíticos utilizados fueron los siguientes:

- Determinación de plomo: método SM 3111 B
- Determinación de materia orgánica: termo gravimetría
- Determinación de pH: método EPA 9045 D

La tabla 42 muestra los resultados de la caracterización de suelos efectuados en las empresas De Lima, Comercializadora MNP, Talleres Boyacá y Reciclal.

Tabla 42. Resultados del Análisis de Suelo

FUNDICIONES DE LIMA			
Fecha de Muestreo	19/11/05	19/11/05	19/11/05
Procedencia	Patio de Escoria	a 10 metros del Horno	Entrada a la planta
<i>Plomo mg Pb/Kg</i>	20.46	661.81	14.09
<i>Materia Orgánica %</i>	6.56	9.21	4.93
<i>pH Unidades</i>	9.23	8.78	7.62
COMERCIALIZADORA MNP			
Fecha de Muestreo	19/11/05	19/11/05	19/11/05
Procedencia	a 6 metros del Horno	Almacenamiento Granito de Aluminio	Entrada a la Planta
<i>Plomo mg Pb/Kg</i>	59,085.66	3,218.92	41,714.56
<i>Materia Orgánica %</i>	15.41	22.52	10.28
<i>pH Unidades</i>	7.03	7.52	7.59
TALLERES BOYACÁ			
Fecha de Muestreo	25/11/05	25/11/05	25/11/05
Procedencia	a 4 metros del Horno	Horno	Entrada al Taller
<i>Plomo mg Pb/Kg</i>	67.54	145.36	138.21
<i>Materia Orgánica %</i>	3.01	4.47	3.73
<i>pH Unidades</i>	9.45	8.41	8.65
RECICLAL			
Fecha de Muestreo	25/11/05	25/11/05	25/11/05
Procedencia	Almacenamiento de Baterías	a 5 metros del Horno	Entrada a la Planta
<i>Plomo mg Pb/Kg</i>	45,759.45	13,728.81	10,640.60
<i>Materia Orgánica %</i>	6.13	4.26	4.22
<i>pH Unidades</i>	6.42	7.22	6.57

Los resultados de pH indican que son suelos de tendencia neutra a alcalina, registrándose los valores mas bajos en Reciclal, posiblemente debido al manejo de los electrolitos de las baterías. El contenido de materia orgánica mas alto se presenta en MNP, mientras que los mas bajos se presentan en talleres Boyacá y Reciclal, fenómeno que puede atribuirse a la concentración de plomo en el suelo de estas empresas. Como es de esperar, la concentración de plomo en la mayoría de las empresas es apreciablemente mayor en cercanía de los hornos, excepto para Reciclal que el valor mas alto lo presentó en el área de almacenamiento de baterías. Este hecho permite avistar una oportunidad de mejoramiento para esta empresa, tanto desde el punto de vista ambiental como de producción. En general, a la entrada de las plantas se presentan los niveles mas bajos, aunque en Talleres Boyacá esta situación no se da por que hacia la entrada está ubicada la zona en donde se hacen los recubrimientos de los moldes con óxidos de plomo (ver foto 10).

Foto 10. Recubrimiento de Moldes con Compuestos de Plomo



3.6. Impactos sobre la Vegetación

Con respecto al impacto sobre la vegetación causado por las empresas fundidoras, el equipo de estudio realizó una inspección visual en los alrededores de las plantas en la cual no se apreció impacto alguno sobre ella (ver fotos 11 y 12). Sin embargo, para determinar si existe o no impacto se requerirán estudios más ampliados que incluyan análisis químicos al material vegetal (raíces, hojas, etc.).

Foto 11. Inspección Visual a la Vegetación en las Inmediaciones de las Empresas Fundidoras



Foto 12. Inspección Visual a la Vegetación en las Inmediaciones de las Empresas Fundidoras



4. ANÁLISIS INTEGRAL DEL SECTOR

Se presenta un análisis integral de los principales aspectos tratados en el documento, partiendo de identificar los puntos críticos de carácter económico, tecnológico, social y ambiental, priorizando los problemas más importantes e identificando sus principales causas, para finalmente presentar las conclusiones del diagnóstico.

4.1. Identificación de Puntos Críticos

Económicos

- Incremento en el costo de las materias primas de fundición: Motivado principalmente por su creciente exportación, el precio de las materias primas de fundición ha aumentado significativamente en los últimos años, reduciendo de esta manera el margen de utilidad con el que operan las fundidoras.
- Altos costos de ineficiencia operativa: Como se explicará más adelante, las empresas del sector conllevan altos costos asociados a su ineficiencia operativa, la cual se demuestra en ineficiente operación de los hornos de fundición, bajos rendimientos en la transformación de materia prima a material comercializable, y altos contenidos de material aprovechable en los residuos y emisiones de la fundición.
- Uso ineficiente de la energía: La mayoría de las empresas del sector operan sus hornos de fundición de manera ineficiente, lo cual redundará en altos costos energéticos, así como en el uso ineficiente de este recurso.
- Falta de capital de trabajo: Por lo general las pequeñas y medianas empresas del sector trabajan con bajos márgenes de utilidad y por lo tanto no cuentan con capital suficiente para inversión en nuevas tecnologías.
- Desorden financiero y contable: La gran mayoría de las empresas no llevan un adecuado seguimiento financiero y contable de sus operaciones.

Comerciales

- Alta dependencia de condiciones externas de mercado: Esto es particularmente relevante para empresas de fundición que operan vía maquila y para acopiadores mayoristas de materiales.
- Consolidación de Barranquilla como zona de acopio de materiales recuperables: Los crecientes volúmenes de exportación de chatarra, así como el establecimiento de dos grandes acopiadores mayoristas de materiales recuperables en la zona, han consolidado a Barranquilla como zona de acopio de estos materiales.

Tecnológicos

- Deficiente localización de equipos: Se pudo constatar en las visitas a las empresas que su distribución de planta no es la adecuada para un eficiente movimiento de personal y materiales.

- Bajos niveles tecnológicos: Una buena parte de las pequeñas empresas del sector utiliza tecnologías artesanales, que aunque les permiten operar con un cierto margen, no involucran
- Bajos rendimientos del proceso de transformación de materia prima de fundición a material fundido comercializable: En el ámbito tecnológico, este es el punto más crítico. Como se explicó anteriormente, la utilidad de un negocio de fundición es consecuencia directa de la eficiencia en la transformación de materia prima a material fundido comercializable. En este sentido, los bajos rendimientos en esta transformación representan la mayor vulnerabilidad de las empresas del sector.
- Inadecuada manipulación de materiales: Esto se presenta especialmente en el caso de las fundidoras de plomo, debido a la inadecuada separación y manipulación de las baterías agotadas, lo cual disminuye la eficiencia en la recuperación de plomo y aumenta los riesgos de contaminación con este material así como con ácidos.
- Inadecuado control de procesos: Por lo general, las empresas no llevan un adecuado control de materiales e insumos entrando y saliendo del proceso, así como de las condiciones de operación de los hornos de fundición, lo cual no les permite hacer mejoras en el proceso.

Sociales y Organizacionales

- Falta de capacitación técnica y organizacional: Por lo general, únicamente las empresas grandes y algunas de las medianas del sector de fundición en el departamento del Atlántico cuentan con programas de capacitación técnica. En su gran mayoría, las tecnologías utilizadas son de tipo artesanal, y así mismo el entrenamiento que reciben los empleados es principalmente empírico e informal.
- Deficiencia en programas de seguridad industrial y plan de emergencias: En muchos casos se pudo constatar en las visitas a las empresas que los empleados no cuentan con los equipos apropiados de protección personal, estando de esa manera expuestos a altas temperaturas y a emisiones tóxicas, e inclusive en riesgo de contacto directo con materiales de fundición.
- Inestabilidad laboral y falta de seguridad social: Este es el caso de la mayoría de empresas artesanales o familiares. La mano de obra empleada en estas empresas es remunerada, por lo general, con base en el volumen de producción y no cuenta con afiliación al sistema de seguridad social. Esta problemática se ha acentuado recientemente por los bajos niveles de producción que han tenido algunas de estas empresas.
- Falta de agremiación: No existe aún una consciencia clara entre las empresas del sector acerca de las ventajas comerciales, económicas, tecnológicas y demás que podrían resultar de agruparse en un gremio.

Ambientales

- Baja implementación de buenas prácticas y medidas preventivas: La mayoría de las empresas del sector cuenta con sistemas de control de emisiones. Sin embargo, no adoptan medidas de prevención de la contaminación ni buenas prácticas que mejoren la eficiencia de sus operaciones.

- Falta de sistemas de control de emisiones adecuados: En muchos casos, los sistemas de control de emisiones no están generando la disminución adecuada de emisiones atmosféricas, bien sea porque fueron construidos de manera artesanal y sin especificaciones o porque no están siendo operados o mantenidos óptimamente.
- Inadecuado almacenamiento y disposición de residuos sólidos: La gran mayoría de las empresas fundidoras almacena residuos sólidos del proceso en sus predios sin las adecuadas medidas de aislamiento y/o contención. Por otro lado, en muchos casos estos residuos son dispuestos en botaderos o rellenos sanitarios no autorizados para recibir este tipo de materiales.
- Bajo aprovechamiento del potencial comercial de los residuos generados: Sólo algunas empresas fundidoras están aprovechando el potencial comercial de los residuos sólidos que generan. Por lo general estos residuos contienen metales y otras sustancias que pueden servir de materia prima a otras industrias o procesos, y que podrían de esta manera convertirse en una fuente adicional de ingresos para las fundidoras.

4.2. Problemas prioritarios

- Falta de organización empresarial: Esto redundaría en un inadecuado control de procesos, financiero, y de capacitación al interior de la empresa, lo cual genera ineficiencias.
- Bajos niveles de competitividad: Como resultado de lo anterior, el sector de fundición del departamento puede ser catalogado como de baja competitividad.
- Generación de contaminación atmosférica: Este es el principal problema ambiental del sector, que si se suma a los inadecuados sistemas de control de la contaminación, genera una creciente presión sobre el medio natural y la salud de las personas en su área de influencia.
- Contaminación del suelo: En gran medida a causa del inadecuado manejo de residuos sólidos de la fundición, así como del inadecuado manejo de las baterías agotadas.

4.3. Causas principales

Los anteriores problemas se deben a diferentes causas, entre las que se resaltan las siguientes:

- Falta de exigencias del mercado
- Cultura empresarial
- Tecnología rudimentaria
- Falta de asesoría técnica
- Falta de capital de trabajo y desconocimiento de fuentes de financiación
- Cultura económica deficiente.
- Baja capacitación tecnológica.

4.4. Conclusiones

- La variedad económica y tecnológica que se presenta en el sector es muy significativa teniendo en cuenta las diferencias que existen entre las empresas artesanales, pequeñas y medianas. En cuanto al impacto ambiental de las empresas de este sector, este se

relaciona directamente con el tamaño de la empresa, el tipo de tecnología y moldes utilizados, y el tipo de material procesado (hierro, acero, bronce, aluminio, plomo, cobre, zinc, estaño, entre otros).

- El aporte a la economía del sector manufacturero en el departamento el Atlántico, puede considerarse poco significativo, teniendo en cuenta los datos oficiales, no obstante, es un sector que tiene un alto impacto a nivel local, en zonas afectadas por el desplazamiento, la violencia y altas tasas de desempleo.
- Los talleres de fundición que recuperan material bajo la modalidad de maquila para empresas nacionales y los que venden a comercializadoras, tienen algún tipo de exigencia ambiental de sus clientes y se constituyen en empresas prioritarias para la implementación de alternativas para el mejoramiento de su desempeño ambiental y competitividad en el mercado.
- Se tiene conocimiento claro por parte de los empresarios que deben cumplir con una normatividad ambiental aplicable a su negocio, y consideran que el tema ambiental es un riesgo y un requisito para su funcionamiento, pero requieren de capacitación más especializada y asistencia técnica que les permita mejorar su producción y su desempeño ambiental.
- Existe un bajo ordenamiento de la actividad de fundición en términos de cumplimiento normativo ambiental (concesión de aguas y permisos de emisiones).
- Es muy importante, desde el punto de vista regional que la CRA, conozca a fondo este sector y que como autoridad ambiental promueva la aplicación de prácticas de PML que optimicen los procesos de forma que apunten a la preservación y uso racional de los recursos naturales.
- En el sector de fundición existen varios aspectos críticos tanto económicos como tecnológicos y ambientales, los cuales funcionan como un ciclo, es decir al tener debilidades económicas como la capacidad de inversión, entonces el acceso a la tecnología de punta no es posible y los riesgos de generar mayores impactos al ambiente son mayores, y estos grandes impactos terminan afectando nuevamente la economía y rentabilidad de la empresa.
- El tema ambiental y las acciones que hay que implementar con el fin de desarrollar este tema, puede ser una estrategia que permiten la posibilidad para desarrollar negocios que al colaborar o desarrollar procesos que protejan el medio ambiente y al mismo tiempo cumplan con la satisfacción de necesidades de los clientes, puedan ser reconocidos como únicos, diferenciarse y competir con una ventaja a su favor.
- Las empresas están interesadas en que se adelante un proyecto piloto que les permita desarrollar alternativas de producción más limpia, haciendo acompañamiento en la implementación.
- Del análisis de los problemas que caracterizan el contexto social y económico en el cual está inmerso el sector de la fundición en el departamento del Atlántico, es viable asegurar que el fortalecer este sector permitirá al AMB, a Sabana Grande y al departamento, mejorar sus indicadores sociales, económicos y ambientales y con esto, la calidad de vida de sus habitantes.
- Para lograr solucionar la problemática ambiental del sector de fundición del departamento del Atlántico es necesario que las diversas instituciones del estado, la

autoridad ambiental, las entidades territoriales, desarrollen acciones conjuntas para lograr un mejor desempeño ambiental del sector en la región.

- Las causas de los anteriores problemas tienen su origen, en buena parte, en la falta de una concepción empresarial del manejo de la gestión ambiental, en el nivel tecnológico de los procesos productivos, en el desconocimiento de estrategias preventivas por parte de los empresarios, y en la debilidad institucional para desarrollar medidas adecuadas para el sector de la fundición. Lo anterior se refleja en la eficiencia (rendimientos y productividad) y competitividad de las mismas actividades y del departamento del Atlántico.
- Debido a que la inversión en controles ambiental que garanticen una correcta operación y disminución de los riesgos para la salud es bastante elevada, algunos de los gestores pequeños operan clandestinamente y en horas de la noche, con el fin de evadir la aplicación de correctivos.
- Así mismo, dentro de las empresas legalizadas la falta de iniciativa o de capital privado para el desarrollo de una estrategia de cooperación – agremiación a nivel de la industria del reciclaje de baterías y en general del sector de fundiciones hacen prioritario del Estado un apoyo adecuado con miras a generar procesos que permitan resolver los problemas sociales, económicos y ambientales de la población involucrada directa e indirectamente con el sector.
- Por lo anterior, y teniendo en cuenta el panorama general tanto de la población como del sector en particular, la situación amerita una concertación promovida por las entidades estatales, de tipo comercial, tecnológico, de capacitación y asociatividad con los actores involucrados, que les brinde los mecanismos necesarios para llevar a cabo su actividad con la menor afectación posible para el ambiente, sus trabajadores y con un alto rendimiento técnico y económico.
- Por último se puede esperar que al fortalecer el sector de las fundiciones, el AMB, Sabanagrande y el departamento en general, podrían mejorar sus indicadores sociales, económicos y ambientales.

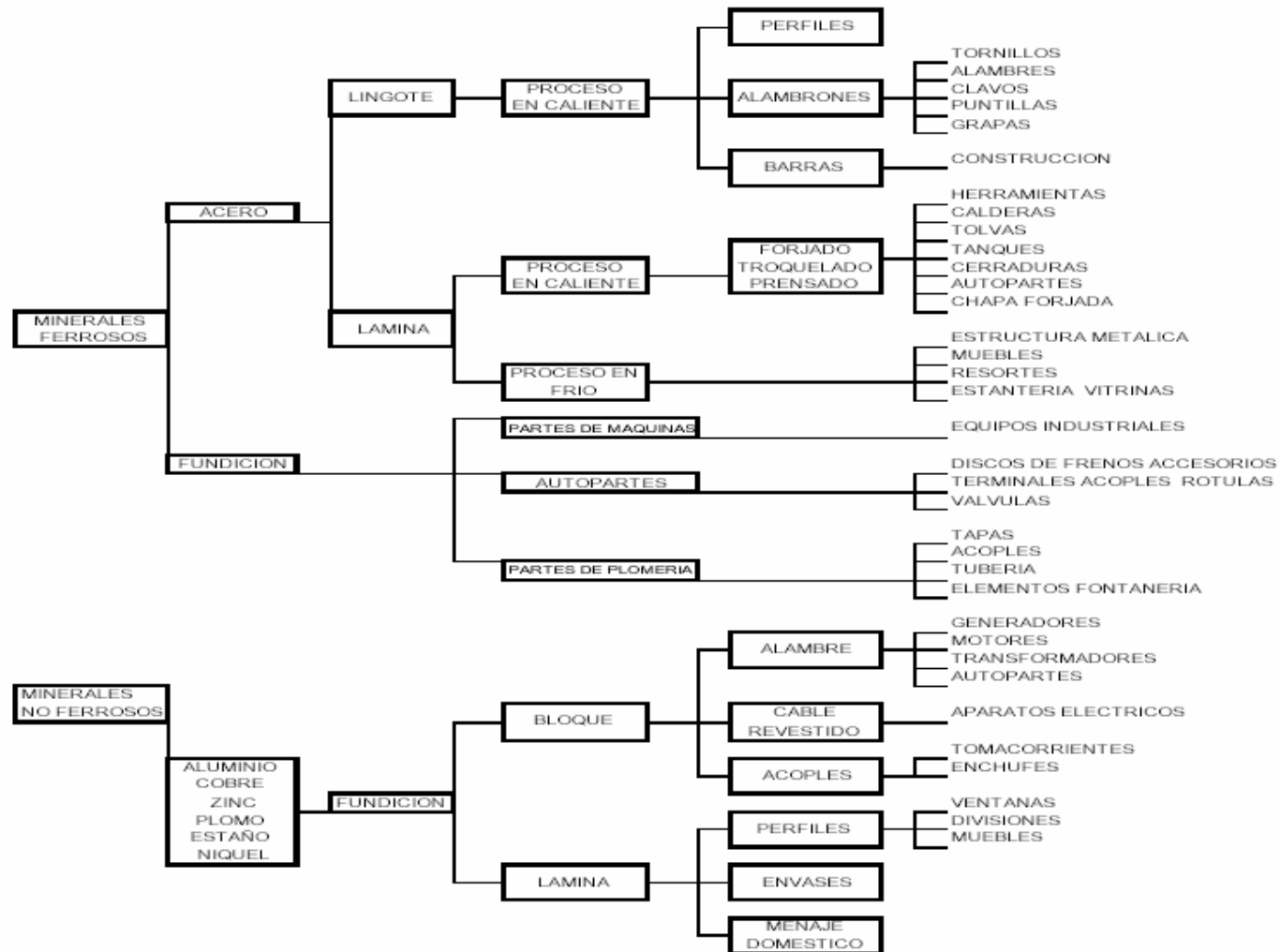
BIBLIOGRAFÍA

- Beijer K y Jernelöv A (1984), "Microbial Methylation of Lead", en: Grandjean P. ed. *Biological effects of organolead compounds*. Boca Raton, Florida, CRC Press, pp13-19.
- BKH (1992), "Estudio de Factibilidad en Control de la Contaminación".
- CINSET – Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia (1999), "Fundición: Planes de Acción para Mejoramiento Ambiental, Manual para Empresarios PYME". DAMA, ACERCAR: Bogotá.
- Colombia, Departamento del Atlántico. Plan de Desarrollo Departamental 2004-2007 "Compromiso por una Vida Digna".
- Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2004). Decreto 1771 de junio 2 de 2004. http://www.mincomercio.gov.co/VBeContent/Documentos/Normatividad/decretos/2004/decreto_1771_02_06_04.pdf.
- Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2005), "Economía y Comercio Exterior de China y Colombia: Un Análisis Comparativo". Oficina de Estudios Económicos, marzo.
- Colombia, Municipio de Barranquilla. Plan de Desarrollo Distrital "Acuerdo Social por la Ciudad". Abril de 2004.
- Colombia, Municipio de Barranquilla. Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla. 2000.
- Colombia, Municipio de Barranquilla. Plan Estratégico del Área Metropolitana de Barranquilla "Concertando el Futuro". Octubre de 2004.
- Colombia, Municipio de Malambo. Plan de Desarrollo 2004-2007 "Para Seguir Cumpliendo".
- Colombia, Municipio de Malambo. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Malambo "Malambo Ciudad Industrial & Agroindustrial del Atlántico" 2001 – 2009.
- Colombia, Municipio de Sabanagrande. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Sabanagrande 1999-2008.
- Colombia, Municipio de Sabanagrande. Plan de Desarrollo 2004-2007 "Sabanagrande es nuestro compromiso".
- Colombia, Municipio de Soledad. Plan de Desarrollo 2004-2007 "Hacia un municipio viable – donde la confianza sigue viva".
- Colombia. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soledad. 2001-2009 "Un Norte Para el Desarrollo en el Siglo XXI".
- Colombia. Vicepresidencia de la República. Red de Solidaridad Social. www.accionsocial.gov.co
- CONAMA – Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana (1998), "Guía para el Control y la Prevención de la Contaminación Industrial, Rubro Fundiciones". Santiago de Chile.

- CRTM – Corporación Centro Red Tecnológico Metalmecánico, Seccional Norte (2000), “Caracterización Tecnológica del Microcluster ‘Piezas y Elementos Fabricados bajo el Proceso de Fundición’”. Barranquilla.
- Diario El País (2004), “La Chatarra se Volvió un Lío de Mucho Peso”. Cali, agosto 3. <http://elpais-cali.terra.com.co/paisonline/notas/Agosto032004/A603N3.html>.
- Estrucplan Consultora, “Impactos Ambientales y Actividades Productivas: Fundiciones de Chatarra de Cobre”. <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=170>
- González, Luis Alberto (2004), “Gremios alertan por arancel del acero”. *Revista Propiedades*. Marzo 16. http://www.propiedades.com.co/sector/noticias/acero_16.htm.
- Kabata-Pendias A (1983), “La Agresión Química a la Biosfera”, en: *Unasyva* **141**. Depósito de Documentos de la FAO. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/q2570s/q2570s01.htm
- NCDENR – North Carolina Department of Energy and Natural Resources (Departamento de Energía y Recursos Naturales del Estado de Carolina del Norte, EEUU), “Ferrous and Non-Ferrous Foundries”. <http://www.p2pays.org/ref/01/text/00778/chapter3.htm>.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (1993), “Lead, Background and National Experience with Reducing Risk”, Risk Reduction Monograph No. 1: OCDE/GD(93)67. <http://www.oecd.org/dataoecd/23/50/1955919.pdf>
- OIT – Organización Internacional del Trabajo (2003), “La Seguridad y la Salud en las Industrias de los Metales No Ferrosos”.
- OMS – Organización Mundial de la Salud (1973), “Oligoelementos en la Nutrición Humana”. Serie de informes técnicos de la OMS No. 532: Comité de expertos de la OMS.
- Reisinger K, Stoeppler M y Nurnberg HW (1981), “Evidence for the absence of biological methylation of lead in the environment”, *Nature* (Lond) **281**: 228-230.
- Royal Society of Canada (Sociedad Real de Canadá) (1986), “Lead in the Canadian Environment: Science and Regulation”. Reporte Final, Commission on Lead in the Environment. Schmid E, Bauchinger M, Pietruk S y Hall G (1972), “Cytogenic action of lead in human peripheral lymphocytes *in vitro* and *in vivo*”, *Mutat Res* **16**: 401-406 (en alemán)
- The Fly Ash Resource Center, “Typical Chemistry of Coal Fly Ash”. <http://www.rmajko.com/chemistry.html>.
- UN-IOMC – United Nations Inter-Organization Program for the Sound Management of Chemicals (Programa Interorganizacional de las Naciones Unidas para el Manejo Adecuado de Químicos) (1998), “Global Opportunities for Reducing the Use of Leaded Gasoline”. <http://www.chem.unep.ch/pops/pdf/lead/toc.htm>
- Universidad del Norte (2002), “Industria Manufacturera y su Inserción en el Gran Caribe, Sectores Alimentos, Plásticos y Metalmecánica”. Vicepresidencia de la República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Barranquilla.
- Universidad Industrial de Santander (1996), “Metalmecánica, Microempresas y Competitividad”. Ministerio de Desarrollo Económica, Departamento Nacional de Planeación. Bucaramanga.

- USEPA – US Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) (1986), “Air Quality Criteria for Lead”, EPA-600/8-83/028aF-dF.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) (1992), “Lineamientos para la Prevención de la Contaminación: Industria de Fundición y Tratamiento Térmico de Metales”. EPA/625/R-92/009. Traducido al español por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) (1995a), “Profile of the Non-Ferrous Metal Industry”. EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. EPA/310-R-95-010. <http://www.p2pays.org/ref/01/00391.pdf>.
- USEPA – US Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) (1995), “Compilation of Air Pollutant Emission Factors”, Document AP-42.
- WHO – World Health Organization (Organización Mundial de la Salud) (2003), “Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide”. Reporte de un Grupo de Trabajo de la WHO. Bonn, Alemania, enero 13-15. <http://www.who.dk/document/e79097.pdf>.
- WHO-IPCS – International Program on Chemical Safety (Programa Internacional de la Organización Mundial de la Salud en Seguridad Química) (1977), “Criterios de salud ambiental No.3: Plomo”. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc003.htm>
- WHO-IPCS – International Program on Chemical Safety (Programa Internacional de la Organización Mundial de la Salud en Seguridad Química) (1989), “Criterios de salud ambiental 85: Plomo – Aspectos ambientales. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc85.htm>
- WHO-IPCS – International Program on Chemical Safety (Programa Internacional de la Organización Mundial de la Salud en Seguridad Química) (1991), “Poison Information Monograph (PIM 302): Organic, Lead”. <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/organlea.htm>
- WHO-IPCS – International Program on Chemical Safety (Programa Internacional de la Organización Mundial de la Salud en Seguridad Química) (1995), “Criterios de salud ambiental 165: Plomo inorgánico”. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm>
- Wong PTS, Chau YK y Luxon PL (1975), “Methylation of lead in the environment”, *Nature* (Lond) **253**: 263-264.

ANEXO 1 – TIPOLOGÍA DE PRODUCTOS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN DE METALES



Fuente: www.redcolombiacompite.com

ANEXO 2 – INVENTARIO DE EMPRESAS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

Tabla 43. Inventario de Empresas Fundidoras en el Atlántico

No	TELEFONO	NOMBRE_ENTIDAD	METAL	TAMAÑO	MUNICIPIO	TN/mes
1	3688548	Fimaca Andina S.A	Fe Acero	Micro	B/quilla	
2	3792652	Industria de fundición de la costa norte E.U	Fe Acero	Micro	B/quilla	
3	2700777	Almesa Alambres y mallas S.A	Fe Acero	Mediana	Malambo	
4	3782351	West Commerce Ltda.	Metales preciosos	Micro	B/quilla	
5	3435044	Pedro Pablo Luzardo	Fe Acero	Pequeño	B/quilla	
6	3603037	Emma S.A	Aluminio	Micro	B/quilla	
7	3797347	Tecnomoldes Ltda	Varios	Pequeña	B/quilla	
8	3401819	Metalock Ltda	Varios	Pequeña	B/quilla	
9	3705237	Delima Ltda	Fe Acero	Mediana	Sabanagrande	120
10	3688333	Sidunorte	Fe,Acero, Cu,Al	Grande	B/quilla	6000Fe, Varilla. 1000Cu, alambre 1300Al, Alambre
11	3157514457	Jorge Ivan Garcia JIG	Pb	Mediano	Malambo	200
12	3707897	Reciclal	Pb-Al	Micro	B/quilla	60
13		Francisco Luis Toro	Pb	Micro	Malambo	40
14		Jorge Cherry	Pb	Micro	Malambo	40
15		Luis Castellanos	Pb	Micro	B/quilla	40
16		Jose Flores	Pb	Micro	B/quilla	20
17	3156511778	Hernando Campuzano	Pb	Micro	Malambo	20
18		Alfredo Correa	Pb	Micro	B/quilla Juan Mina	100
19		Willian Serpa	Pb	Micro	Malambo	40
20		Belisario Cabarcas	Pb	Micro	B/quilla	40
21	3794994	Comercializadora MMP	Al	Micro	Soledad	20
22		Metal Charvel	Pb	Micro	Galapa	
23		Metalcor	Fe	Mediano	Malambo	
24		Hidromatat	Fe		B/quilla	
25		Metaval	Fe/Al		B/quilla	
26	3103680446	Fundiciones El unico (Nicolas Ariza)	Al	Micro	B/quilla Barrio Granjas	5
27		Adalberto Atencio	Fe	Micro	B/quilla	20
28		Martin Sandoval	Al	Micro	B/quilla	5
29		Germa Diaz	Al	Micro	B/quilla	5
30	3116831411	Fundiciones Boyacá	Fe/Bronce	Micro	Malambo	5

Tabla 44. Empresas Generadoras de Residuos con Material Recuperable en el Atlántico

No	TELEFONO	NOMBRE_ENTIDAD	METAL	TAMAÑO	MUNICIPIO	TN/mes
1	3603037	Emma S.A	Aluminio	Micro	B/quilla	20
2		Acesco	Zn, Fe	Grande	Malambo	>100
3		Reinolds Aluminio (Reynolds)	Aluminio, escoria	Grande	B/quilla	40
4	3688333	Sidunorte	Fe, Acero, Cu, Al	Grande	B/quilla	>50
5		Willard Baterías	Pb	Mediano	Malambo	60
6		Comercializadora MMP	Varios (Cu, Fe, Al)	Pequeño	Soledad	100
7	3709060	Green Line	Pb-Al	Mediano	B/quilla	<400
8	3446300	Luciano Maruc (Diacó)	Fe (Chatarra)		B/quilla	>6000
9	3611051	Electricaribe	Fe, Al, Cu	Grande	B/quilla	>50
10		Triple A	Fe	Grande	B/quilla	4

Tabla 45. Inventario de Empresas Recuperadoras de Material

No	TELEFONO	NOMBRE_ENTIDAD	METAL	TAMAÑO	MUNICIPIO	TN/mes
1	3782351	West Commerce Ltda.	Au, Ag	Micro	B/quilla	
2	3156511778	Hernando Campuzano	Pb	Micro		20
3	3342542-3346564	Power	Pb-Artesanías	Micro	B/quilla	
4		Belica Baterías	Pb-reconstructor	Micro	B/quilla	
5		Imusa	Al		Medellín	
6						
7	3103680446	Fundiciones El único (Nicolás Ariza)	Al, Latón	Micro	quilla Barrio Granja	6

ANEXO 3 – PROCESOS Y EQUIPOS TÍPICOS UTILIZADOS EN EL SECTOR DE FUNDICIÓN¹⁰

La fundición de metales, en general, involucra las siguientes etapas:

- Fabricación de moldes
- Fundición del metal
- Colada
- Limpieza de piezas fundidas

Fabricación de Moldes

El proceso de fundición de metales comienza con la fabricación de los moldes en los cuales será vaciado el metal líquido. La función de dichos moldes es la de imprimirle una forma específica al metal durante el proceso de solidificación.

Existen dos tipos de moldes para fundición de metales: permanentes y desechables. Los primeros son elaborados en metales con puntos de fusión más altos que los del metal a ser fundido, en material refractario o en arenas enlazadas químicamente (NCDENR) y se pueden reutilizar en múltiples ocasiones. Los segundos son elaborados principalmente en arena refractaria y son destruidos después de cada proceso de fundición. La arena es posteriormente reutilizada para fabricar nuevos moldes.

Los moldes desechables de arena se elaboran a partir de arena refractaria aglomerada con el fin de que conserve su forma durante la colada del material. El tipo más común utilizado es la arena verde, compuesta de arena, arcilla, material carbonoso y agua. La arena constituye un 85% de la mezcla y es principalmente sílice aunque se utiliza olivino y circón cuando se requiere un mayor punto de fusión o mayor densidad. La arcilla, aportando entre el 4 y el 10% de la mezcla, actúa como aglomerante brindando resistencia y plasticidad al compuesto. Los materiales carbonosos se añaden con el fin de suministrar una atmósfera reductora y una película de gas que evite la oxidación del metal durante la colada, y pueden constituir entre el 2 y el 10% de la mezcla. Como materiales carbonosos se utilizan el carbón de mar (un carbón bituminoso finamente molido) y productos del petróleo. El agua, por su parte, activa la aglomeración de la arcilla y es añadida en pequeños porcentajes a la mezcla (2-5%).

La mezcla de arena refractaria y aglutinantes es colocada alrededor de un patrón de la pieza a fabricar para hacer el molde. El molde se fabrica por lo general mediante la utilización de cajas de moldeo por mitades para que el patrón pueda ser retirado fácilmente. Al ensamblarse nuevamente las dos mitades queda una cavidad dentro del molde con la forma del patrón. Los patrones pueden ser elaborados en madera, metal, yeso, materiales plásticos u otros materiales.

Para dar forma a aquellas superficies interiores de la pieza a moldear que no pueden ser dadas por la superficie interior del molde se utilizan los denominados machos. Considerados parte del patrón, los machos se elaboran de una mezcla especial de arena y aglutinantes que se compacta y hornea para mayor solidez y resistencia. Los machos se insertan en el molde

¹⁰ Este anexo se basa en EPA 1992, CINSET 1999 y CONAMA 1998.

y luego es vertido en él el metal líquido que se solidifica ocupando el espacio delimitado por el molde de arena y los machos.

Fundición del Metal

La fundición del metal y sus compuestos aleantes (si los hay) se lleva a cabo en hornos que trabajan a diferentes temperaturas dependiendo del material a fundir. En el caso de las fundiciones no ferrosas, los puntos de fusión de los metales se alcanzan a temperaturas entre 500°C y 1000°C, por lo que la potencia específica requerida no es muy elevada. En el caso de las fundiciones ferrosas, la temperatura de fusión requerida se eleva considerablemente (1600 °C), requiriéndose de esta manera altas potencias específicas para lograr fusionar los materiales.

Los hornos más utilizados para los procesos de fundición de metales son:

- De manga o cubilote
- Eléctricos
- De inducción magnética
- De reverbero y crisol

El *horno de manga o cubilote* es el tipo de horno más antiguo utilizado en la industria de fundición. Consiste en una cuba cilíndrica fija a la cual se cargan por la parte superior capas alternadas de materia prima de fundición y aleantes, carbón coque y piedra caliza o dolomita. El metal es fundido mediante contacto directo con un flujo a contracorriente de gases calientes resultantes de la combustión del coque. El metal líquido se acumula en el pozo donde se descarga mediante flujo continuo o descargas intermitentes. Los hornos de cubilote convencionales están recubiertos en su interior por una capa de material refractario de 4 a 12 pulgadas de espesor que lo protege de la abrasión, el calor y la oxidación. Los revestimientos más comúnmente utilizados son la arcilla, y los ladrillos o bloques refractarios. Como consecuencia de las altas temperaturas y la atmósfera oxidante durante el proceso de fundido, el revestimiento del horno se fluidifica y se convierte en parte de la escoria del horno.

Los hornos de cubilote utilizan carbón coque de alta calidad como combustible para la fundición. El consumo de coque varía generalmente entre 8 y 16% de la cantidad de metal. En algunos casos se suministra aire enriquecido con oxígeno al horno a través de toberas con el fin de enriquecer la combustión. Este tipo de hornos generalmente van acompañados de sistemas de control de emisiones, entre los cuales los más utilizados son los lavadores húmedos de gas de alta energía y los filtros de mangas (cámaras de bolsa seca).

Los *hornos eléctricos* son utilizados principalmente por grandes fundiciones y siderúrgicas. Su principio de funcionamiento consiste en un arco eléctrico que se genera entre electrodos, encontrándose en el medio el material a fundir. Este tipo de hornos, genera una elevada temperatura, por lo que es muy utilizado en fundiciones ferrosas y de aceros. Este tipo de hornos también es revestido con refractarios que se deterioran y convierten en escoria de fundición. La formación de capas de escoria protectora en el horno se puede inducir mediante la adición de cal y sílice, mientras que el uso de fundentes como el fluoruro de calcio hace que la escoria sea más líquida y fácil de manejar.

Los *hornos de inducción magnética* funcionan con base en un campo magnético generado por la circulación de corriente alterna por las bobinas que envuelven el manto del horno. Este

campo magnético cambiante produce que el metal se caliente y se funda. Este tipo de hornos se han convertido en los más usados para la fundición de hierro y, más recientemente se han comenzado a utilizar también en la fundición de metales no ferrosos.

Finalmente, los *hornos de reverbero y de crisol* son usados más que todo para la fundición de metales de bajo punto de fusión (no ferrosos como aluminio, cobre, zinc y magnesio). Consisten en una cuchara de material refractario (crisol), donde es depositado el metal. Calentadores eléctricos o de combustible transmiten el calor necesario para fundir el metal a través del crisol. En este tipo de hornos se acumula escoria en el revestimiento de la superficie metálica mientras que en el fondo se acumula lodo pesado no fundido. Ambos reducen la vida útil del crisol y debe ser retirados frecuentemente.

Colada

Una vez el metal ha sido fundido y mezclado con los aleantes que le brindan las propiedades deseadas, es conducido al área de colada en cucharas revestidas con material refractario. La escoria, que generalmente se encuentra en suspensión encima del metal líquido, es retirada y el metal es vertido en los moldes. Una vez el metal se ha enfriado y solidificado se saca del molde y se retiran los elementos de sujeción y machos que no hacen parte de la pieza. El molde de arena es destruido y la arena es separada en arena reutilizable para la fabricación de nuevos moldes y arena de desecho (quemada o degradada).

Limpieza de piezas fundidas

Una vez se ha retirado la pieza del molde se retiran los tubos verticales y burletes mediante discos de corte abrasivos o dispositivos de corte con arco. Para retirar la arena, rebabas metálicas y óxido, las piezas son luego sometidas a chorros con perdigones o arenisca. Las piezas de hierro son generalmente limpiadas con perdigones de acero o con una combinación de perdigones y arenisca, mientras que las de aluminio son generalmente limpiadas con chorros de arena resistencia a la abrasión.

ANEXO 4 – APOORTE DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE FUNDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO A LA ECONOMÍA LOCAL Y REGIONAL

No.	Teléfono	Nombre de la Entidad	Metal de Fundición	Tamaño	Municipio	Producción (Ton/mes)	Nómina Mensual	Pago Impuestos/Año
1	3688548	Fimaca Andina S.A	Fe Acero	Micro	B/quilla		\$5,000,000	\$4,000,000.00
2	3792652	Industria de fundición de la costa n	Fe Acero	Micro	B/quilla		\$5,000,000	\$4,000,000.00
3	2700777	Almesa Alambres y mallas S.A	Fe Acero	Mediana	Malambo		\$22,000,000	\$72,000,000.00
4	3782351	West Commerce Ltda.	Metales preciosos	Micro	B/quilla		\$5,000,000	\$4,000,000.00
5	3435044	Pedro Pablo Luzardo	Fe Acero	Pequeña	B/quilla		\$8,000,000	\$60,000,000.00
6	3603037	Emma S.A	Aluminio	Micro	B/quilla		\$5,000,000	\$100,000,000.00
7	3797347	Tecnomoldes Ltda	Varios	Pequeña	B/quilla		\$5,000,000	\$40,000,000.00
8	3401819	Metalock Ltda	Varios	Pequeña	B/quilla		\$5,000,000	\$40,000,000.00
9	3705237	Delima Ltda	Fe Acero	Mediana	Sabanagrande	120	\$22,000,000	\$72,000,000.00
10	3688333	Sidunorte	Fe,Acero, Cu,Al			6000 Fe 1000 Cu 1300 Al	\$46,800,000	\$3,600,000,000.00
11	3157514457	Jorge Ivan Garcia JIG	Pb	Pequeña	Malambo	200	\$12,000,000	\$500,000.00
12	3707897	Reciclal	Pb-Al	Micro	B/quilla	60	\$8,000,000	\$100,000,000.00
13		Francisco Luis Toro	Pb	Micro	Malambo	40	\$5,000,000	\$200,000.00
14		Jorge Cherry	Pb	Micro	Malambo	40	\$5,000,000	\$200,000.00
15		Luis Castellanos	Pb	Micro		40	\$5,000,000	\$200,000.00
16		Jose Flores	Pb	Micro		20	\$3,000,000	\$100,000.00
17	3156511778	Hernando Campuzano	Pb	Micro		20	\$3,000,000	\$100,000.00
18		Alfredo Correa	Pb	Micro	B/quilla Juan Mina	100	\$8,000,000	\$100,000,000.00
19		Willian Serpa	Pb	Micro	Malambo	40	\$5,000,000	\$200,000.00
20		Belisario Coborcón	Pb	Micro	B/quilla	40	\$5,000,000	\$167,000,000.00
21	3794994	Comercializadora MNP	Al	Pequeña	Soledad	20	\$5,700,000	\$500,000.00
22		Metal Charvel	Pb	Micro	Galapa		\$3,000,000	\$100,000.00
23		Metalcor	Fe	Mediana	Malambo		\$22,000,000	\$72,000,000.00
24		Hidromat	Fe		B/quilla		\$2,000,000	\$100,000.00
25		Metaval	Fe/Al		B/quilla		\$4,000,000	\$8,000,000.00
26	3103680446	Fundiciones El unico (Nicolas	Al	Micro	B/quilla	5	\$4,000,000	\$8,000,000.00
27		Adalberto Atencio	Fe	Micro	B/quilla	20	\$4,000,000	\$10,000,000.00
28		Martin Sandoval	Al	Micro	B/quilla	5	\$4,000,000	\$8,000,000.00
29		Germa Diaz	Al	Micro	B/quilla	5	\$4,000,000	\$8,000,000.00
30		Fundiciones Boyacá	Fe, Bronce	Micro	Malambo	5	\$2,000,000	\$90,000.00
SUBTOTAL							\$242,500,000	\$4,479,290,000.00
APOORTE ANUAL DE NÓMINA (CONSIDERANDO 13 SUELDOS INCLUIDA LA PRIMA)							\$3,152,500,000	
APOORTE TOTAL AL AÑO							\$7,631,790,000	

ANEXO 5 – EMISIÓN DE PLOMO AL AIRE Y DEPOSICIÓN DEL PLOMO EN LA ATMÓSFERA

Emisiones de Plomo al Aire

El aire es una vía importante de distribución de contaminantes como plomo en el ambiente (OMS 1995). Entre los procesos que liberan plomo en la atmósfera figuran la minería y la fundición, la incineración, la combustión de gasolina, la fabricación de pilas, baterías y acumuladores, y la pintura desprendida con chorro de arena o en escamas. Además, los suelos pueden ser una fuente de plomo en suspensión en el aire a escala local, como lo indica la estrecha correlación entre el plomo en el polvo y el plomo en el suelo. Ahora bien, es improbable que el arrastre de plomo depositado en forma de polvo sea una fuente importante para la atmósfera, porque el gran tamaño de las partículas limita la dispersión (Royal Society of Canada 1986).

Las concentraciones de plomo en la atmósfera oscilan entre $7,6 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zonas remotas como la Antártida y es cercana a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cerca de las fundiciones de plomo (OMS 1995). Las mayores concentraciones de plomo en el aire ambiente se registran en centros densamente poblados. En centros urbanos se han observado concentraciones comprendidas entre 1 y 5 a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en lugares no urbanos concentraciones menores que $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Según la OMS (1995), el polvo es una fuente significativa de exposición al plomo, en particular para niños jóvenes, como se ha demostrado en varios estudios de correlación de las concentraciones de plomo en la sangre de los niños con los niveles de plomo en el polvo.

Deposición del Plomo en la Atmósfera

Desde el punto de vista del balance de masas, el transporte y distribución del plomo procedente de fuentes importantes de emisión, tanto fijas como móviles, son principalmente atmosféricos. La mayor parte del plomo descargado a la atmósfera se deposita cerca de la fuente. No obstante, aproximadamente el 20% se dispersa ampliamente y contamina zonas lejanas. La amplitud del transporte a larga distancia de las partículas de plomo depende del tamaño de las partículas. Las partículas mayores a $2 \mu\text{m}$ de diámetro se depositan cerca de la fuente de emisión.

El plomo puede desplazarse de la atmósfera y transferirse a superficies y compartimientos ambientales mediante deposición húmeda o seca. Al parecer la deposición húmeda es más importante que la deposición seca para la remoción del plomo atmosférico. Según la ubicación geográfica y el nivel de las emisiones en la zona, entre el 40% y el 70% del plomo atmosférico se desplaza por deposición húmeda (fuente – Carlos). En la mayoría de los casos es poco soluble y bien se precipita en los suelos y sedimentos o está ligado a materia orgánica en estos compartimientos. Por estas razones el plomo no se desplaza con facilidad y tiende a acumularse en los ecosistemas en que se deposita. Adoptando varias hipótesis relativas a las concentraciones atmosféricas mundiales de plomo, velocidad del viento, superficie de las zonas y textura, la USEPA (1986) calculó una deposición mundial de plomo (combinada húmeda y seca) de aproximadamente 410.000 toneladas por año.

ANEXO 6 – FACTORES DE EMISIÓN PARA DIFERENTES HORNOS DE FUNDICIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

Tabla 46. Factores de Emisión de Material Particulado en Fundiciones Ferrosas

Tipo de Horno	Sistema de Control	Factor de Emisión (kg/ton Fe fundido)
Cubilote	Sin control	6.9
	Torre de lavado	1.6
	Lavador Venturi	1.5
	Precipitador electrostático	0.7
	Caja de filtros de mangas	0.3
	Captador húmedo simple	4.0
	Lavador de choque	2.5
	Lavador de alta energía	0.4
Arco eléctrico	Sin control	6.3
	Caja de filtros de mangas	0.2
Inducción eléctrica	Sin control	0.5
	Caja de filtros de mangas	0.1
Crisol	Sin control	1.1
	Caja de filtros de mangas	0.1

Fuente: USEPA

Tabla 47. Factores de Emisión de Material Particulado para Fundiciones Secundarias de Aluminio

Operación	Sin Control (kg/ton Al fundido)	Filtros de Mangas (kg/ton Al fundido)	Precipitador Electrostático (kg/ton Al fundido)
Horno de “sudor”	7.25	1.65	ND
Fusión			
Horno crisol	0.95	ND	ND
Horno rotatorio	2.15	0.65	0.65
Separación por cloro	500.00	25.00	ND

Fuente: USEPA

Tabla 48. Factores de Emisión en Fundiciones de Cobre, Latón y Bronce

Horno y tipo de carga	Equipo de Control	Particulado Total (PTS)	PM - 10	Plomo
Horno Rotatorio				
Latón y Bronce	No	150	88.3	SD
	PEE	7	SD	SD
Emisiones fugitivas	No	SD	1.3	SD
Horno de Crisol				
Latón y Bronce	No	11	6.2	SD
	PEE	0.5	SD	SD
Emisiones fugitivas	No	SD	0.14	SD
Horno de Arco eléctrico				
Cobre	No	2.5	2.5	SD
	FM	0.5	SD	SD
Latón y Bronce	No	5.5	3.2	SD
	FM	3	SD	SD
Inducción eléctrica				
Cobre	No	3.5	3.5	SD
	FM	0.25	SD	SD
Latón y Bronce	No	10	10	SD
	FM	0.35	SD	SD
Emisiones fugitivas	No	SD	0.04	SD

Emisiones expresadas en [kg de contaminante / Ton de metal procesado]

SD: no hay datos

PEE: Precipitador Electrostático

FM: Filtros de Mangas

ANEXO 7 – CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO CON PLOMO

Contaminación del Agua con Plomo

El agua puede resultar contaminada por deposición del plomo atmosférico, cuya concentración resulta incrementada por la combustión de combustibles con plomo. De conformidad con la OMS (1977), la exposición del ser humano al plomo por el agua es generalmente baja en comparación con la exposición debida al aire y a los alimentos. El límite prescrito por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos para el contenido de plomo en el agua es de 50 µg/L. En las aguas superficiales naturales de este país se han registrado contenidos normalmente inferiores a 0,1 mg/L. En zonas no contaminadas las concentraciones son del orden de 1 µg/L o menos.

Transporte del Plomo en el Agua

Según la OMS (1995), cuando el plomo se deposita en el agua procedente de la atmósfera o por escorrentía del suelo, se reparte rápidamente entre las fases sedimento y acuosa, según sea el contenido de sal del agua y la presencia de agentes orgánicos de complejación. Por ejemplo, con pH > 5,4 la solubilidad total del plomo es de 30 µg/L aproximadamente en aguas duras y 500 µg/L en aguas blandas. Además la presencia de iones sulfato y carbonato puede limitar la solubilidad del plomo.

Puede también existir plomo suspendido en el agua, bien como plomo soluble o como partículas coloidales no disueltas, en suspensión en la fase acuosa o transportado como revestimiento superficial de otros sólidos en suspensión. La relación entre el plomo en sólidos en suspensión y el plomo en forma disuelta ha resultado variar entre 4:1 en zonas rurales y 27:1 en corrientes urbanas.

La mayoría de los abastecimientos de agua potable contienen niveles de plomo inferiores a 5 µg/L cuando salen de la planta del tratamiento. No obstante, cuando se sabe que el agua es disolvente de plomo, hasta el 40% de las muestras pueden superar los 100 µg/L en hogares donde se han utilizado soldaduras de plomo, tuberías de plomo o accesorios de bronce.

ANEXO 8 – ACUMULACIÓN Y TRANSPORTE DE PLOMO EN EL SUELO

Acumulación de Plomo en el Suelo

Según la OMS (1995), en zonas rurales y remotas el plomo del suelo procede principalmente de fuentes geológicas naturales. Estas fuentes naturales producen de 1 a 30 mg de plomo/kg, pero cuando los suelos proceden de rocas mineralizadas de plomo, las concentraciones naturales pueden oscilar de varios cientos a varios miles de mg/kg.

Las concentraciones de plomo en los suelos urbanos varían mucho. En zonas consideradas de baja concentración pueden encontrarse concentraciones de 200 a 3,300 mg/kg. Las concentraciones pueden ser superiores a 20,000 mg/kg en las cercanías de las zonas donde se desarrollan operaciones de minería y tratamiento de plomo, o en zonas en las que se han utilizado pinturas a base de plomo.

En general, cuanto mayor es la cercanía del suelo a una carretera, mayor será la concentración de plomo en el suelo. Las concentraciones descienden exponencialmente con la distancia a la carretera.

La concentración de plomo encontrada en varios alimentos resulta ser muy variable. La OMS (1977) informa que el intervalo de plomo era de 0 a 1,5 mg/kg para condimentos, 0,2 a 2,5 mg/kg para pescado y marisco, 0 a 0,37 mg/kg para carnes y huevos, 0 a 1,39 mg/kg para cereales, y 0 a 1,3 mg/kg para hortalizas. Aunque las plantas no absorben fácilmente plomo del suelo, las frutas y las hortalizas cultivadas en zonas expuestas a emisiones de fundiciones pueden resultar apreciablemente contaminadas. Kerin (1972) determinó el plomo en la dieta total de campesinos cerca de una fundición y descubrió que la ingestión diaria de plomo con los alimentos era 670 a 2640 µg (OMS 1977).

Transporte de Plomo en el Suelo

La acumulación de plomo en los suelos es principalmente una función de la tasa de deposición húmeda y seca de la atmósfera. El transporte en los suelos y la biodisponibilidad de plomo del suelo dependen de muchos factores, incluido el pH, la composición mineral del suelo y la cantidad y tipo de materia orgánica, quedando ligada la mayor parte del plomo en los 5 cm superiores del suelo. Esto limita la cantidad que puede lixivarse en el agua o quedar disponible para su incorporación por las plantas. Se ha demostrado que solamente el 0,2% del plomo total en el suelo puede disolverse por agitación. Ahora bien, la separación de plomo de los complejos orgánicos a la forma soluble, y por lo tanto biodisponible depende básicamente del pH. Dentro del intervalo normal de pH de los suelos (4 a 6), los complejos orgánicos de plomo resultan más solubles y el plomo más disponible para su absorción por las plantas y lixiviación en agua.

ANEXO 9 – DETALLE DE LOS DECRETOS 02 DE 1982 Y 948 DE 1995

Decreto 02 de 1982 – Ministerio de Salud

Este decreto reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 referente a normas de calidad del aire y normas de emisiones atmosféricas.

- Artículo 31: Define las normas de Calidad del Aire para partículas en suspensión, dióxido de azufre, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos y óxidos de nitrógeno.
- Artículo 40: Establece que los puntos de descarga de contaminantes al aire ambiente, en ningún caso podrán estar localizados a una altura inferior a quince (15) metros desde el suelo.
- Artículo 48: Fija las normas de emisión para calderas a base de carbón.
- Artículo 49: Establece la máxima emisión permisible de partículas (Kilos/millón de Kilocalorías):
 - Zona rural
 $E = 3.0 \text{ P} < 10$ $E = 6.29 \text{ P} - 0.321$ $10 < \text{P} < 1.500$ $E = 0.6 \text{ P} > 1.500$
 - Zona urbana
 $E = 2.0 \text{ P} < 10$ $E = 4.46 \text{ P} - 0.348$ $10 < \text{P} < 1.500$ $E = 0.35 \text{ P} > 1.500$
- Los artículos 54, 62 y 66 fijan la emisión máxima de partículas para las industrias del cemento, metalurgia, plantas productoras de asfalto y mezclas de asfalto. El artículo 70 lo hace para otras industrias.
- Artículo 76: Normas de emisión para plantas de ácido sulfúrico. Fija (SO_2) y neblina ácida (SO_3 Y H_2SO_4)
- Artículo 79: Fija normas de emisión para calderas, hornos o equipos a base de combustible líquido o sólido, tales como Carbón, Fuel Oil, Kerosene, Diesel Oil o Petróleo Crudo, que originen o produzcan Dióxido de azufre (SO_2), Está en función de la altura de la chimenea.
- Determina los métodos para medición de gases a través de ductos o chimeneas.

Decreto 948 de 1995 – Ministerio del Medio Ambiente

Este decreto fija el marco de las acciones y mecanismos administrativos de las autoridades ambientales para la prevención de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.¹¹ Reglamenta, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9ª de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Su artículo 8 establece que las normas de emisión que expidan la autoridad ambiental competente contendrán los estándares e índices de emisión

¹¹ En específico, sus artículos 5, 6, 7, 10, 12 y 108 le otorgan la responsabilidad al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para establecer las distintas clases de normas y estándares para la protección de la calidad del aire, la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, las clases de normas de calidad del aire o de los distintos niveles periódicos de inmisión, los niveles de prevención alerta y emergencia y los programas de reducción de la contaminación del aire.

legalmente admisibles de contaminantes del aire. Dichos estándares determinarán, según sea el caso, los factores de cantidad, peso, volumen y tiempo necesarios para determinar los valores permisibles.

ANEXO 10 - CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE PROPUESTOS EN EL PROYECTO DE CALIDAD DEL AIRE DEL MMAVD

Tabla 49. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10 ¹²	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	ppb	30	Anual
		48	24 horas
		134	3 horas
NO ₂	ppb	53	Anual
		80	24 horas
		106	1 hora
O ₃	ppb	51	8 horas
		77	1 hora
CO	ppm	9	8 horas
		26	1 hora

Nota: Promedio aritmético a condiciones de referencia

Tabla 50. Valores Guía de Calidad del Aire para Contaminantes No Convencionales

Contaminante No Convencional	Concentración	Tiempo de Exposición
Benceno	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Plomo y sus compuestos	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Cadmio	$5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Mercurio	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹³	1 año
Hidrocarburos Totales (expresado como Metano)	$1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	4 meses
Sulfuro de hidrógeno	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas
	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	30 minutos
Tolueno	$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 semana
	$1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	30 minutos
Vanadio	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas

¹² El límite máximo permisible anual de PM10 en el año 2010 será $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el año 2015 será $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

ANEXO 11 – METODOLOGÍA DE MUESTREOS ISOCINÉTICOS

Los muestreos se llevaron a cabo según se muestra en la tabla 51.

Tabla 51. Muestreos Isocinéticos Realizados

Empresa	Ubicación	Actividad Económica	Número de Muestreos	Fecha de Realización
Fundiciones De Lima	Km. 5 Carretera Oriental del Municipio de Sabanagrande	Fundición de hierro	2	17 y 19 de Noviembre
MNP	Calle Principal Vía Aeropuerto SN-5 Soledad	Fundición de aluminio	1	19 de Noviembre
Reciclal	Calle 41No. 50B-90 Barranquilla	Fundición de plomo	2	17 y 29 de Noviembre

Dichos muestreos se realizaron siguiendo los requerimientos del Decreto 948 del 95 y los artículos vigentes del Decreto 02 del 82, los cuales corresponden a metodologías y procedimientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, EPA, relacionados con los siguientes métodos:

- Método EPA No. 1, Sample and velocity traverses for stationary sources.
- Método EPA No. 2, Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate.
- Método EPA No. 3, Gas Analyses for the determination of dry molecular weight
- Método EPA No. 4, Determination of moisture content in stack gases.
- Método EPA No. 5, Isocinetic sampling.
- Método EPA No. 6, Determination of Sulfur Oxides from Stationary Sources.
- Método EPA No. 7, Determination of Nitrogen Oxides from Stationary Sources.

El análisis de plomo se realizó sometiendo a digestión el material particulado depositado en el filtro del equipo muestreador y posteriormente analizando el contenido de plomo por absorción atómica. Para los muestreos se utilizó un equipo marca APEX INSTRUMENTS, conocido como tren muestreador de ductos o chimeneas, aprobado por la EPA. La foto 13 muestra el equipo de medición isocinética utilizado.

Foto 13. Equipo de Medición Isocinética

