

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE PIURA

SUB PROGRAMA IM-07
PROCLIM
“INVENTARIOS LOCALES DE GASES CONTAMINANTES”



ABRIL, 2005

Ing. Roxana Ríos Ravello
Coordinadora Sub Programa IM-07
"Inventarios Locales de Gases Contaminantes"

Ing. Paola Chinen Guima
Area de Control de la Contaminación Atmosférica
DIGESA – Ministerio de Salud

Ing. Fausto Roncal Vergara
Representante Técnico Administrativo Sub Programa IM-07
Director Ejecutivo de Ecología y Protección del Ambiente
DIGESA – Ministerio de Salud

Ing. Jorge Alvarez Lam
Ing. Francisco Avendaño Ugaz
Componente Inventarios y Mitigación
PROCLIM

Colaboradores:
Grupo de Estudio Técnico Ambiental – "GESTA PIURA"

INDICE
Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la
Cuenca Atmosférica de la ciudad de Piura

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	03
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	06
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	11
5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area	13
5.5 Estimación de Emisiones	14
5.5.1 Emisiones Anuales	14
5.5.2 Emisiones por Contaminante	23
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	28
6. CONCLUSIONES	31
ANEXOS	

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Piura

1. Introducción

En el contexto de las actividades de gestión ambiental en el país, se publicó en el año 2001 el D.S. N° 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, el cual tiene por objetivo principal proteger la salud de la población, a través de estrategias para alcanzar los estándares progresivamente.

El diagnóstico de línea base constituye uno de los elementos del proceso de aplicación de los estándares, y tiene por finalidad evaluar de manera integral la calidad del aire en una zona y sus impactos sobre la salud y el ambiente, a través de estudios específicos como el monitoreo de la calidad del aire, inventario de emisiones y estudios epidemiológicos, siendo así la base para la toma de decisiones correspondientes a la elaboración de los Planes de Acción y manejo de la calidad del aire a nivel local.

Con la finalidad de apoyar el cumplimiento de las responsabilidades asignadas a la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA del Ministerio de Salud, y con el objeto de integrar a esta institución en el desarrollo del Sistema Nacional Integrado de Inventarios, es que el Programa Nacional de Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire – PROCLIM, a través de la cooperación de la Embajada Real de los Países Bajos, inicia en Octubre del 2003 el Sub Programa IM-07: “Inventarios Locales de Gases Contaminantes”.

Este Sub Programa está dirigido a la elaboración de inventarios locales de fuentes fijas en las trece ciudades de atención prioritaria establecidas en el citado D.S. N° 074-2001-PCM, que permitan identificar las principales fuentes de emisión de gases contaminantes, así como la contribución de las mismas en las emisiones totales de las ciudades seleccionadas, y disponer de una base de datos de las emisiones atmosféricas locales en trece ciudades del país.

Un indicador de la calidad del aire lo constituye el consumo de energéticos empleados en los sectores productivos y el transporte, y también en el sector comercial y de servicios, ya que en su mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el resultado de la combustión de diferentes tipos de combustibles fósiles.

En ese sentido, la identificación de las fuentes que emiten contaminantes a la atmósfera se vuelve una actividad importante y a la vez compleja, que demanda la instrumentación y aplicación de métodos que permitan estimar el tipo y la cantidad de los contaminantes emitidos. Un instrumento importante en esta tarea lo constituye el inventario de emisiones, mediante el cual es posible identificar tanto a las fuentes emisoras, como el tipo y cantidad de contaminantes generados como resultado de la realización de procesos industriales y otras actividades específicas.

Para la elaboración de este primer inventario de emisiones a nivel local, se contó con la participación interinstitucional a través de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Aire – Gesta's Zonales.

2. Objetivo

Elaborar el primer inventario local de emisiones procedentes de fuentes fijas de la cuenca atmosférica de la ciudad de Piura, con la finalidad de contar con información que indique la situación en cuanto al aporte de contaminantes a la atmósfera de los diferentes giros industriales, y de los sectores comerciales y de servicios, que asimismo constituya una herramienta de apoyo para la evaluación de las medidas y estrategias del Plan "A Limpiar el Aire".

3. Delimitación Geográfica y Población

Un elemento importante en la planeación de un inventario de emisiones, es definir los límites geográficos del área que éste cubrirá. Esta área por lo general se define con base en los problemas de contaminación atmosférica que se presentan en una región.

Debido a la configuración geográfica de la ciudad de Piura, el inventario de emisiones integra tres distritos, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Población
Piura	246897
Castilla	114829
Catacaos	66279
Total Cuenca Atmosférica	428005 habitantes

4. Metodología

El presente inventario de emisiones de fuentes fijas fue desarrollado principalmente con la aplicación de la metodología de "Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire – Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental" de Alexander P. Economopoulos, traducido y publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS de la Organización Mundial de la Salud, la cual en adelante se denominará Metodología OMS.

Este método permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio, mediante la aplicación de factores de emisión basados en experiencias previas (medición) sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes generados, con y sin sistemas de control.

Cada factor de emisión se define como la carga normalizada liberada de un contaminante expresada en kilogramos por unidad de actividad que caracteriza a la fuente de emisión.

Para aquellos casos particulares en que no se dispuso de factores de emisión específicos en la metodología OMS, se empleó la metodología indicada a continuación:

- *Pollerías con quema de carbón vegetal* :
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA N° 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control División.
- *Emisiones evaporativas de Tolueno, Benceno y Gasolina*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.
- *Emisiones por Dosificación de Concreto y Almacenamiento de Agregados*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

El parámetro partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10) no se encuentra incorporado dentro de los contaminantes posibles de calcular en la metodología OMS, por lo cual fue necesario recurrir a la metodología de Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

Sin embargo, los factores de emisión no fueron aplicados directamente, a fin de no emplear una metodología diferente a la correspondiente a los demás contaminantes, decidiéndose definir porcentajes de aporte de PM-10 en el total de partículas en suspensión, en función a los factores de emisión. Estos

porcentajes fueron aplicados a los resultados obtenidos mediante la estimación realizada por la metodología OMS.

5. Procedimiento

5.1 Tipos de Fuentes Emisoras

Para el propósito de este inventario de emisiones, las fuentes de emisión han sido agrupadas de la manera siguiente:

- Fuentes Puntuales : sector industrial e institucional
- Fuentes de Area : sector comercial, de servicios y municipal

Fuentes Puntuales: Se define como una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que puedan generar emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, por ejemplo se puede citar a las fundiciones primarias, refinерías, industrias de alimentos y otros.

Fuentes de Area: Son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera y que no llegan a considerarse como fuentes puntuales. En esta categoría se incluyen la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros.

De acuerdo a la evaluación realizada por los miembros del Gesta Zonal de Aire de la ciudad de Piura, las categorías de fuentes existentes en el ámbito geográfico delimitado son las siguientes:

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades de la industria alimentaria	Desmotado de algodón	-	Puntual
2		Fabricación de aceite vegetal	-	Puntual
3		Planta de productos hidrobiológicos	-	Puntual
4	Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	-	Puntual
5	Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	-	Puntual

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
6	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	Puntual
7	Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	-	Puntual
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
9		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
10	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por menor	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
11	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	Area
12	Actividades artesanales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	Ladrilleras	Area
13		Fabricación de cerámica no refractaria para uso no estructural	Talleres de cerámica artesanal	Area
14	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	Area
15		Aserraderos	Aserraderos	Area
16	Evaporación de solventes	Uso de pinturas y solventes en actividades metal-mecánicas	Talleres metal-mecánicos	Area
17		Actividades de impresión	Imprentas	Area

Estas totalizan 7 categorías de fuentes puntuales y 10 categorías de fuentes de área.

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

Las categorías de fuentes puntuales y de área existentes en la cuenca atmosférica de la ciudad de Piura, se describen a continuación:

Desmotado de Algodón

Este rubro está constituido por dos empresas: Industrial Textil Piura S.A. y Creditex, ubicadas ambas en el distrito de Piura, las cuales poseen niveles de producción similares de 6270 y 6210 Toneladas/año, respectivamente.

En el caso de Industrial Textil Piura, su régimen de producción es de 330 días al año, mientras que Creditex tiene una producción por campaña anual, la cual se realiza entre los meses de junio a diciembre.

Es importante indicar que ambas empresas poseen sistemas de control de emisiones en sus procesos, siendo aspiradores o succionadores de partículas y ciclones respectivamente.

Fabricación de Aceite Vegetal

La Planta Calixto Romero de Alicorp S.A.A. y la empresa Ucisa S.A. pertenecen a esta categoría de fuente puntual, en las cuales además de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles características del proceso, se tienen emisiones resultado de las actividades de combustión.

En relación al proceso, las características de producción son las siguientes:

Planta	Materia Prima (Ton/campaña)	Producción (Ton/año)	Sistema de Control de Emisiones
Planta Calixto Romero	4400	3000	Ciclones
Ucisa	1049	800	No controlado

Se desarrolla una campaña por año de deslintado de la pepa de algodón, la cual tiene una duración de 02 meses.

Los procesos involucran la operación de calderos de tipo pirotubular, con el empleo de combustibles residuales según se indica:

- Calixto Romero R600 1140 galones/día
- Ucisa Bunker 1200 galones/día

Planta de Productos Hidrobiológicos

Las materias primas empleadas en la Planta de CNC S.A.C. son las siguientes:

- Pota 8 Toneladas/12 horas
- Anguila 3 Toneladas/semana
- Sal 200 sacos de 50 Kg por semana

La producción está en función a la disponibilidad de materia prima, siendo su tiempo de operatividad de 6 meses al año (12 horas/día). Dispone de dos cámaras de refrigeración.

Dispone de un caldero de tipo pirotubular de 150 HP, consumiendo 500 galones/día de petróleo Bunker.

Industria de Concreto

Cementos Pacasmayo S.A.A. dispone de una Planta de Concreto en la ciudad de Piura, en la cual se utilizan los agregados siguientes:

- Cemento 500 Ton/mes
- Arena 1800 Ton/mes

- Piedra 800 Ton/mes
- Agua 250 m3/mes

El almacenamiento del cemento es en silos, mientras que la arena y piedra en pilas abiertas, y el agua en cisternas. La producción es continua, a un régimen de 10 Ton/hora.

La materia prima es transportada en bombonas, y la descarga del cemento es cerrada. Se emplea una cámara mezcladora para la elaboración del concreto.

El régimen de trabajo es de seis días a la semana, siete horas por turno y dos turnos al día.

Generación de Energía

Duke Energy International – EGENOR es la empresa generadora de energía de la ciudad de Piura, cuyo consumo de combustible alcanza 1500 galones/hora de Diesel 2, operando un promedio de 30 horas/mes sólo en períodos de baja de tensión del sistema interconectado.

El almacenamiento mensual de combustible es de 70000 galones por mes.

Almacenamiento de Combustibles

El Terminal de Almacenamiento de Petroperú maneja los volúmenes de combustibles indicados a continuación:

Combustible	Volumen de Venta (Barriles/día)	Capacidad de Almacenamiento (Barriles)	Frecuencia de Abastecimiento (días)
Gasolina 84	1000	3210	3
Gasolina 90	100	997	9
Kerosene	300	976	3
Diesel 2	3500	4630	1

Los tanques de almacenamiento son en su totalidad de techo fijo.

Generación de Energía en Hospitales

El Hospital Cayetano Heredia cuenta con un caldero de tipo pirotubular que data del año 1972, el cual posee un consumo de 140 galones/día de petróleo Diesel 2.

Pollerías

Las encuestas determinan un uso predominante del carbón vegetal como combustible en las pollerías de Piura, alcanzando un 92.5%. En mucho menor grado se emplea la leña y gas licuado de petróleo.

En relación a los consumos de combustible asociados, se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón vegetal	92.5	5.9
GLP	5.0	2.1
Leña	2.5	11.0

Además, la producción promedio de pollo por establecimiento alcanzan 6234 Kg/año.

Panaderías

En la cuenca atmosférica de Piura existen 183 establecimientos de panaderías, cuyo combustible mayormente empleado es la leña, además del petróleo diesel 2 y gas en menor proporción, según se indica:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	75.0	20.3
Diesel 2	18.8	6.7
GLP	6.3	1.8

Grifos

Existen 37 establecimientos de venta al por menor de combustibles en la cuenca atmosférica de Piura, los cuales expenden gasolinas de 84, 90 y 95 octanos, así como petróleo Diesel y kerosene. Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (Gal/mes)
Gasolina 84	9246
Gasolina 90	7354
Gasolina 95	450
Diesel 2	30459
Kerosene	2400

Cabe señalar que para efectos de estimación de emisiones sólo se emplea la información referida a gasolinas.

Molinos

Los molinos existentes en la cuenca atmosférica de Piura procesan básicamente maíz y arroz, sin el empleo de sistemas de control. El detalle de la información se presenta a continuación:

Tipo de Grano	% Establecimientos	Producción Promedio (Ton/año)
Maíz	50.0	441
Arroz	50.0	274

Ladrilleras Artesanales

Se han identificado 10 ladrilleras de tipo artesanal, que alcanzan una producción promedio por ladrillera de 7000 Ton/quema, realizándose una quema por mes.

El combustible exclusivamente empleado en este proceso es la leña, con un consumo promedio de 24.6 Ton/año.

Talleres de Cerámica Artesanal

Se tiene en la cuenca atmosférica de Piura una zona dedicada eminentemente a la artesanía en cerámica, ubicada en el Caserío de Simbilá – Catacaos, donde existen 40 talleres que fabrican cántaros, tinajas, jarras, ollas para chicha y otros.

En promedio se realizan dos quemas al mes en cada taller, empleando como combustible la leña, con un consumo de 2.2 Ton/año por cada establecimiento.

Carpinterías

Se han incluido en el rubro de carpinterías, las actividades siguientes:

- Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcción
- Fabricación de otros productos de madera, fabricación de artículos de corcho, paja y materiales trenzables
- Fabricación de muebles

La cantidad de establecimientos identificada en cada caso es de 147, 43 y 425 respectivamente. Los detalles de estas actividades (a nivel de promedio) se presentan a continuación:

Tipo de carpintería	m2 madera laminada/año	Cantidad de aserrín generado (Ton/año)
Para edificios y construcción	1858.2	4.8
Corcho, paja y materiales trenzables	802.3	0.6
Muebles	2389.2	2.0

Tipo de carpintería	Thiner (Ton/año)	Laca (Ton/año)	Barniz (Ton/año)
Para edificios y construcción	0.9	0.6	0.8
Corcho, paja y materiales trenzables	0.4	0.1	0.1
Muebles	0.5	0.3	0.2

Aserraderos

En la cuenca atmosférica de Piura se han identificado 28 aserraderos, cuyos niveles promedio de trabajo se indican a continuación:

m2 madera aserrada/año	Cantidad de aserrín generado (Ton/año)
31366.4	31.1

Se considera que los aserraderos no hacen uso de pinturas ni solventes.

Talleres Metal-Mecánicos

En este tipo de talleres, se consideró como actividad principal desde el punto de vista de emisiones al aire, el uso de pinturas y solventes, siendo los consumos promedio los siguientes:

Revestimiento / Solvente	Consumo Promedio Anual (Ton/año)
Pintura	0.6
Thiner	0.2

Imprentas

Cinco tipos de sistema de impresión son los que caracterizan a esta categoría, siendo los principales la impresión tipo offset e impresiones en general (tipografía).

Sistema de Impresión	% Establecimientos	Consumo Promedio Tinta (Ton/año)
Offset	69.2	0.08
Tipografía	69.2	0.07
Huecograbado	26.9	0.02
Flexografía	9.6	0.01
Rotograbado	7.7	0.05

Se aprecia que el porcentaje de establecimientos excede el 100% debido a que se realizan diferentes tipos de impresión por establecimiento.

5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Piura fue definido en base a información proporcionada por diferentes fuentes de información que se indican:

- Dirección Regional de Producción – Piura
- SUNAT
- Dirección de Salud de Piura
- Otros

La información remitida por las diferentes instituciones fue cruzada, y finalmente se definió la mejor fuente de información para cada categoría incluida en el inventario. Los detalles de este proceso se incluyen en el Anexo N° 2.

Así, el universo de fuentes fijas aprobado para su empleo como base en el desarrollo del inventario, es el siguiente:

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades de la industria alimentaria	Desmotado de algodón	-	02
2		Fabricación de aceite vegetal	-	02
3		Planta de productos hidrobiológicos	-	01
4	Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	-	01
5	Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	-	01
6	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	01
7	Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	-	01
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	233
9		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	183
10	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	37
11	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	25
12	Actividades artesanales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	Ladrilleras	10
13		Fabricación de cerámica no refractaria para uso no estructural	Talleres de cerámica artesanal	40
14	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	615
15		Aserraderos	Aserraderos	28
16	Evaporación de solventes	Uso de pinturas y solventes en actividades metal-mecánicas	Talleres metal-mecánicos	383
17		Actividades de impresión	Imprentas	299
Total Fuentes Puntuales				09
Total Fuentes de Area				1853
Total Fuentes Fijas				1862

5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area

Por sus características particulares definidas anteriormente, las fuentes de área requieren de la determinación de un número representativo de ellas que permitan caracterizar el universo. En ese sentido, se aplicó el Muestreo Aleatorio Estratificado con error del 5% y nivel de confianza del 95%, cuyo procedimiento de cálculo se describe en el Anexo N° 1.

En la ciudad de Piura, las variables y estimaciones fueron las siguientes:

Cálculo de Tamaño de muestra

Error estándar (e)	0.05	Z	Cv	d
Probabilidad de éxito	0.95	1.95996108	0.5	0.05
Tamaño poblacional	1853	Z²	3.84144744	
		e²	0.0025	
		Cv²	0.25	
		n₀	384.14	385
		n	318.8	319

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 319 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	40
Panaderías	32
Grifos	06
Molinos	04
Ladrilleras artesanales	02
Talleres de cerámica artesanal	07
Carpinterías	105
Aserraderos	05
Talleres metal-mecánicos	66
Imprentas	52

Los modelos de encuestas empleados para el levantamiento de información se incluyen en el Anexo N° 3.

5.5 Estimación de Emisiones

5.5.1 Emisiones Anuales

Las emisiones anuales generadas por las fuentes puntuales y fuentes de área de la cuenca atmosférica de Piura se presentan en las Tablas N° 1 y N° 2, en las cuales se puede apreciar que el contaminante mayormente emitido son los compuestos orgánicos volátiles (COV), alcanzando 1886 Ton/año, a consecuencia de un aporte compartido de 54.5% procedente de las fuentes puntuales y 45.5% de las fuentes de área.

Con una emisión de 899 Ton/año se encuentra el monóxido de carbono (CO) alcanzando, generado en un 99.6% por las fuentes de área, principalmente por procesos de combustión desarrollados en las mismas.

Las partículas totales en suspensión (PTS), así como las menores a 10 micras (PM-10), se encuentran asociadas a las fuentes de área en porcentajes de 73.1 y 86.5% respectivamente. Se debe indicar que para el caso de las PM-10, las 141 Ton/año emitidas a la atmósfera no incluyen las emisiones de las actividades de desmotado de algodón y molinería, dado que se desconoce el porcentaje de aporte en cada uno de ellos.

Tomando en cuenta la consideración anterior, se tiene que el 46% aproximadamente de las partículas totales son menores a 10 micras.

En el caso del dióxido de azufre (SO₂), sus principales aportantes corresponden a las fuentes puntuales con 305 Ton/año, que representan el 98.3% de las emisiones totales en la cuenca por causa de las fuentes fijas.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x), al igual que los compuestos orgánicos volátiles, poseen un aporte compartido de 56.4% por fuentes puntuales y 43.6% por fuentes de área, alcanzando en su conjunto 57 Ton/año.

La emisión de plomo en la cuenca atmosférica de Piura fue nula, tanto por fuentes puntuales como de área.

De manera general, en la ciudad de Piura las nueve fuentes puntuales representan el mayor aporte de SO₂, NO_x y COV, siendo la participación de las fuentes de área predominante en relación a las PTS, PM-10 y CO.

Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Piura

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10*	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	82	19	305	32	4	1027	0
Fuentes de Area	222	122	5	25	895	859	0
Total	304	141	310	57	899	1886	0

(*) No incluye la estimación de emisiones de PM-10 por actividades de desmotado de algodón y molinería, dado que no se conoce el porcentaje de aporte.

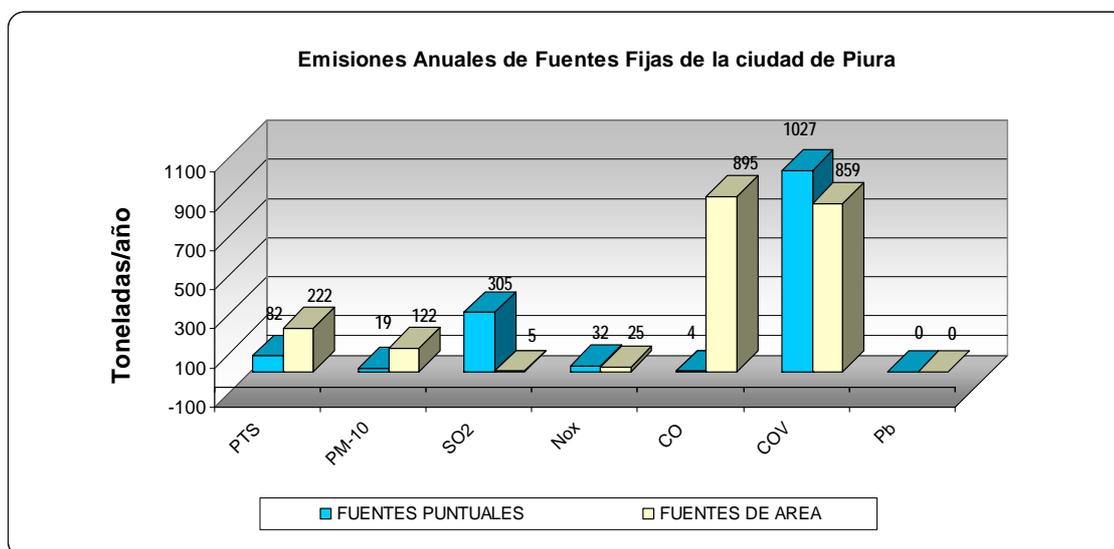


Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Piura

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	26.9	13.5	98.3	56.4	0.4	54.5	0.0
Fuentes de Area	73.1	86.5	1.7	43.6	99.6	45.5	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0

En la Tabla N° 3 se muestra el inventario de fuentes fijas desagregado para la cuenca atmosférica de Piura, evidenciándose que el mayor aporte de COV corresponde al rubro de pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor, constituido sólo por la Planta de Ventas de Petroperú clasificado como fuente puntual, alcanzando un total 1000 Ton/año, que representa el 53% del total de emisiones de COV en la cuenca.

Tabla N° 3. Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Piura (desagregado)

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades de a industria alimentaria	Desmotado de algodón	02	56	-	0	0	0	0	0
	Fabricación de aceite vegetal	02	16	14	219	22	2	27	0
	Planta de productos hidrobiológicos	01	3	3	47	5	< 1	< 1	0
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	6	2	0	0	0	0	0
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	01	< 1	< 1	35	5	1	< 1	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0	0	0	0	0	1000	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	01	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	0

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	233	28	27	< 1	20	458	6	0
	Fabricación de productos de panadería	183	42	38	5	5	390	128	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	37	0	0	0	0	0	76	0
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	25	45	-	0	0	0	0	0
Actividades artesanales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	10	4	3	< 1	< 1	34	11	0
	Fabricación de cerámica no refractarias para uso no estructural	40	1	1	< 1	< 1	12	4	0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	615	67	33	0	0	0	483	0
	Aserraderos	28	36	20	0	0	0	0	0
Evaporación de solventes	Uso de pinturas y solventes en actividades metal-mecánicas	383	0	0	0	0	0	140	0
	Actividades de impresión	299	0	0	0	0	0	11	0
EMISIONES TOTALES			304	141	310	57	899	1886	0

Tabla N° 3A. Emisiones de Partículas según su Procedencia

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes Puntuales						
Actividades de a industria alimentaria	Desmotado de algodón	02	56	0	-	-
	Fabricación de aceite vegetal	02	0	16	0	14
	Planta de productos hidrobiológicos	01	0	3	0	3
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	6	0	2	0
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	01	0	< 1	0	< 1
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	01	0	< 1	0	< 1

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes de Area						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	233	0	28	0	27
	Fabricación de productos de panadería	183	0	42	0	38
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	25	45	0	-	0
Actividades artesanales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	10	0	4	0	3
	Fabricación de cerámica no refractarias para uso no estructural	40	0	1	0	1
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	615	67	0	33	0
	Aserraderos	28	36	0	20	0

Tabla N° 4. Emisiones Porcentuales de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Piura (desagregado)

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (%)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades de a industria alimentaria	Desmotado de algodón	02	18.4	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Fabricación de aceite vegetal	02	5.2	10.0	70.8	38.6	0.2	1.4	0.0
	Planta de productos hidrobiológicos	01	1.1	2.1	15.1	8.2	< 0.05	< 0.05	0.0
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	2.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	01	0.2	0.2	11.3	8.8	0.1	< 0.05	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.0	0.0
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	01	< 0.05	< 0.05	1.1	0.8	< 0.05	< 0.05	0.0

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (%)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	233	9.2	18.7	< 0.05	34.8	51.0	0.3	0.0
	Fabricación de productos de panadería	183	13.9	26.7	1.7	8.0	43.4	6.8	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	25	14.7	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades artesanales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	10	1.2	2.3	< 0.05	0.6	3.8	0.6	0.0
	Fabricación de cerámica no refractarias para uso no estructural	40	0.4	0.8	< 0.05	0.2	1.4	0.2	0.0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	615	22.0	23.6	0.0	0.0	0.0	25.6	0.0
	Aserraderos	28	11.7	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Evaporación de solventes	Uso de pinturas y solventes en actividades metal-mecánicas	383	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0
	Actividades de impresión	299	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
EMISIONES TOTALES			100.0						

5.5.2 Emisiones por Contaminante

En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas, por lo tanto es importante conocer cuáles son los sectores del inventario que tienen una mayor contribución.

Partículas Totales y PM-10

Las mayores emisiones de partículas totales en la cuenca atmosférica de Piura corresponden al rubro de fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción, que alcanza 67 Ton/año. Se debe indicar que esta emisión está asociada a un universo de 615 establecimientos, lo que significa una emisión unitaria de 0.1 Ton/año a consecuencia del laminado de la madera y manipulación del aserrín.

Dentro de esta categoría también se debe mencionar a los aserraderos, que emiten 36 Ton/año con un total de 28 establecimientos, lo que implica una emisión unitaria mayor de 0.8 Ton/año, mayor a la de las carpinterías por los volúmenes de madera trabajados que en promedio son más de 18 veces superior.

En segundo lugar, y representando el 18.4% de la emisión total en la cuenca, se tienen las actividades de desmotado de algodón con 56 Ton/año emitidas por dos empresas, aún cuando una de ellas dispone de sistema de control de emisiones (ciclones).

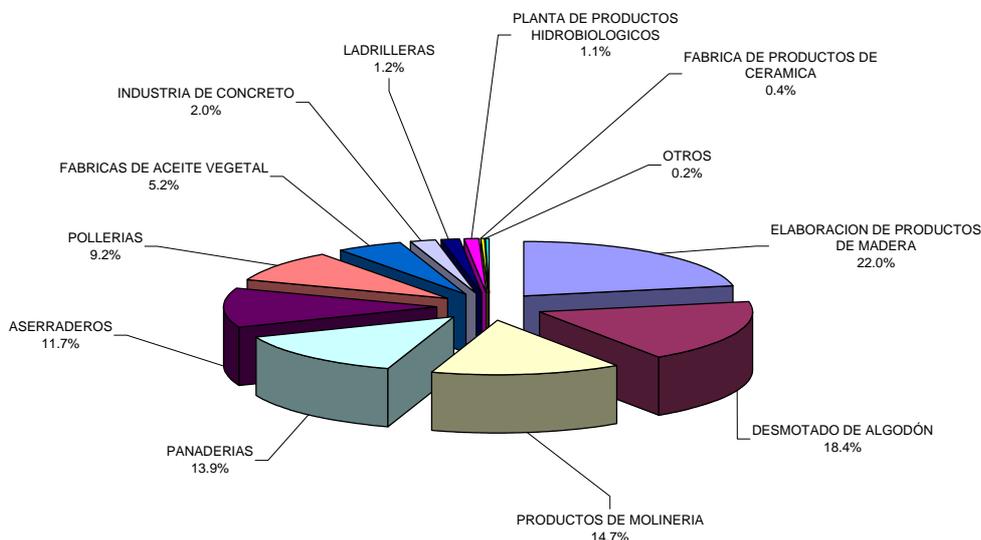
Es importante indicar que en ambos casos, las emisiones están asociadas a procesos y no a combustión, al igual que sucede con las actividades de molinería que representan el 14.7% de la emisión de PTS (45 Ton/año).

Las emisiones sí asociadas a procesos de combustión están referidas a las pollerías con 28 Ton/año y panaderías con 42 Ton/año.

El Gráfico siguiente muestra la distribución de las emisiones de PTS, considerando aquellas que generan una emisión superior a 1 Ton/año y un rubro "otros" donde se incluyen las emisiones menos significativas, que en su conjunto representan el 0.2% de las emisiones totales.

Cabe indicar que en esta categoría existen fuentes con emisiones de PTS nulas, como son el almacenamiento de combustibles y el uso de pinturas y solventes.

Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente



En relación a las emisiones de PM-10 que totalizan 141 Ton/año, se aprecia que representan aproximadamente el 46% de las partículas totales emitidas, esto sin considerar el aporte que significarían las partículas menores a 10 micras pertenecientes a los procesos de desmotado de algodón y molienda de granos.

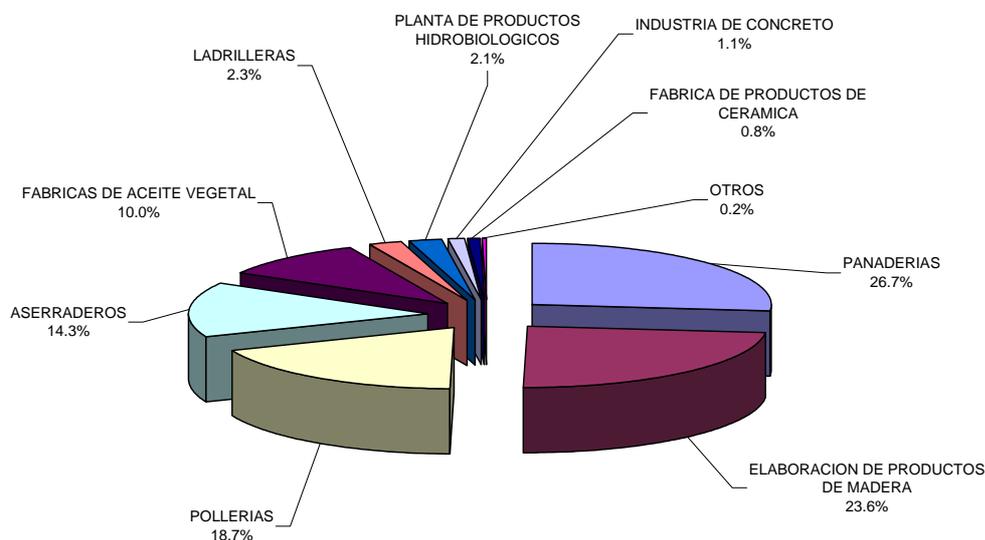
Este alto porcentaje de PM-10 presente en el PTS se encuentra principalmente asociado a los procesos de combustión, donde su aporte oscila entre el 50 y 90%. También se debe destacar el aporte en los procesos de carpinterías donde el particulado fino (< 10 micras) representa aproximadamente el 50% de la emisión total de partículas.

En el Gráfico siguiente se puede apreciar la distribución de PM-10 para las principales fuentes de emisión, evidenciándose dos categorías principales de aporte:

- Panaderías, con una emisión de 38 Ton/año debido al empleo predominante de la leña como combustible, en el cual las partículas menores a 10 micras alcanzan el 90%.
- Carpinterías, con una emisión de 33 Ton/año debido principalmente a las actividades de lijado de madera y manipulación de aserrín en la gran cantidad de estos establecimientos en la cuenca atmosférica de Piura (615).

También se debe destacar el aporte de las pollerías con 27 Ton/año y los aserraderos con 20 Ton/año.

Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente



La categoría "otros" en el caso de PM-10 también representa sólo el 0.2% de las emisiones totales y está representada por las emisiones de generación de energía y combustión institucional.

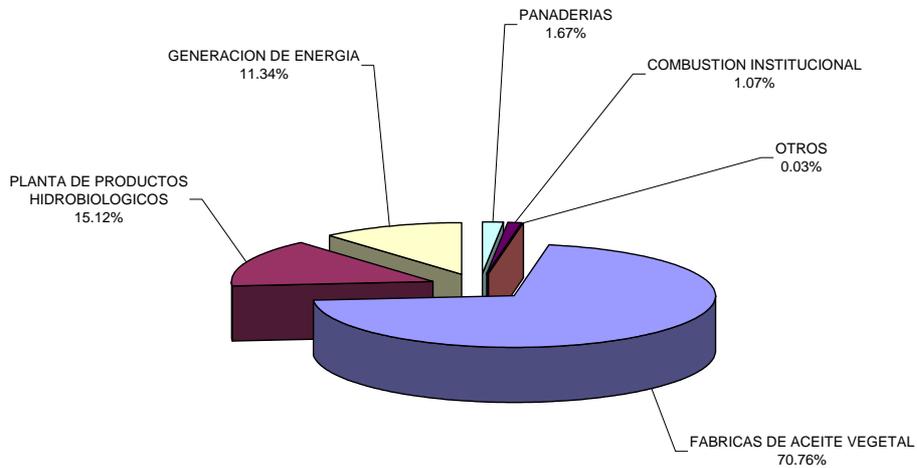
Dióxido de Azufre

Tal como se indicó anteriormente, el dióxido de azufre es emitido a la atmósfera principalmente por fuentes puntuales, y dentro de ellas se tiene un aporte del 70.8% proveniente de la fabricación de aceite vegetal en las empresas Alicorp y Ucisa, que totaliza 219 Ton/año debido al uso de petróleos residuales como combustibles, que poseen un contenido de azufre de 3.5%.

El 26.4% de las emisiones, es producido por la planta de productos hidrobiológicos (47 Ton/año) y generación de energía (35 Ton/año), ambos en procesos de combustión.

Las emisiones restantes son mínimas y se encuentran distribuidas en las demás fuentes puntuales y de área.

Distribución Porcentual de SO2 por Tipo de Fuente



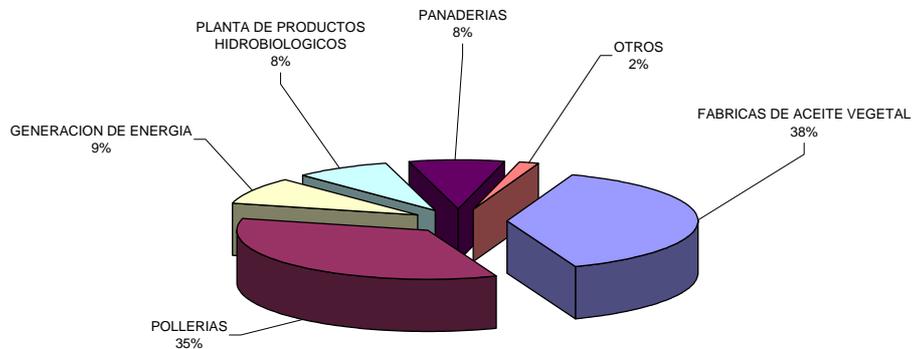
Oxidos de Nitrógeno

Las emisiones de óxidos de nitrógeno son las menores dentro de los totales estimados para la cuenca atmosférica de Piura, alcanzando 57 Ton/año. Su contribución principal está asociada a las dos categorías siguientes:

- Fabricación de aceite vegetal, con 22 Ton/año.
- Pollerías, con 20 Ton/año.

Las demás fuentes, tanto puntuales como de área, poseen aporte menos significativos.

Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente

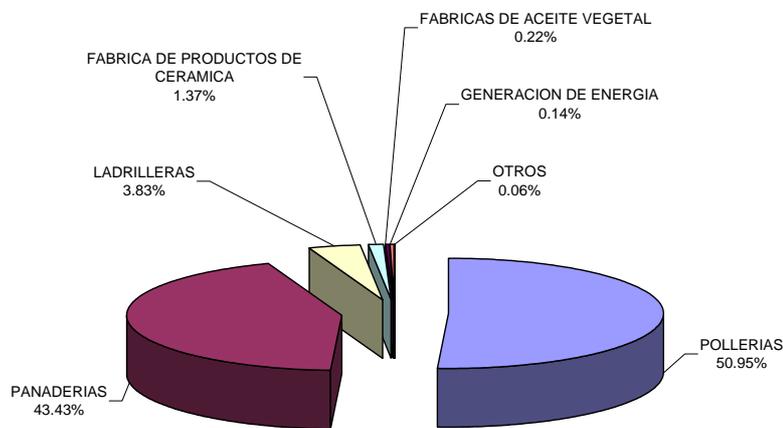


Monóxido de Carbono

La emisión de monóxido de carbono es consecuencia principalmente del aporte de las fuentes de área por actividades de combustión. Así, las pollerías representan el 51%, por la combustión de carbón vegetal cuyo factor alcanza 179.4 Kg/Ton pollo, y la fabricación de productos de panadería representa el 43.4% de las emisiones totales, por la combustión de leña cuyo factor alcanza 140 Kg/ton.

Las emisiones de las demás fuentes son poco significativas.

Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente



Compuestos Orgánicos Volátiles

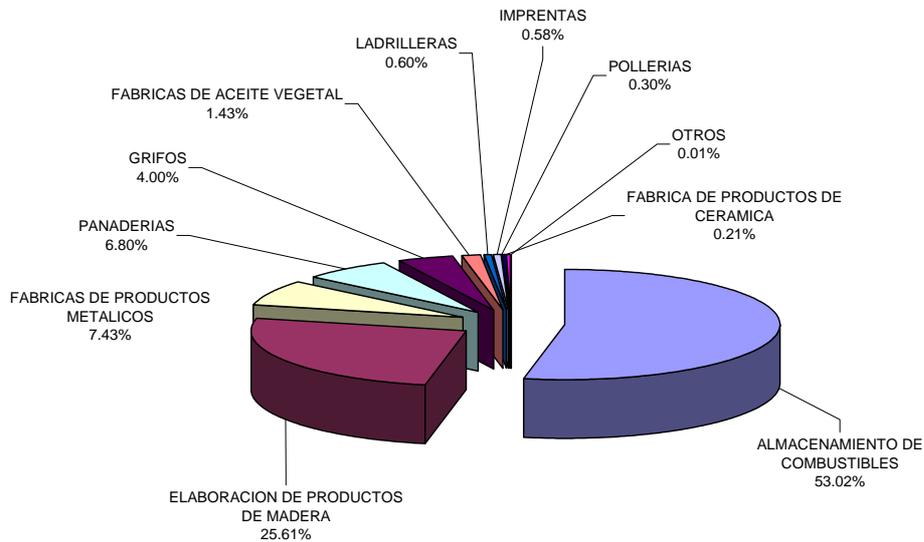
Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles presentan una particularidad en la cuenca atmosférica de Piura, y es que el 53% de las emisiones corresponden a una única fuente puntual que es la Planta de Ventas de Petroperú, la cual almacena un total de 87390 m³/año entre gasolinas y kerosene, en tanques de techo fijo, que generan una mayor emisión de COV.

En relación al aporte de las fuentes de área, el 43.8% de los COV se agrupa en cuatro categorías, a saber:

- Panaderías, con 128 Ton/año por el empleo predominante de la leña como combustible.
- Carpinterías, con 483 Ton/año, por el uso de insumos como thinner, laca y barniz.
- Metal-mecánicas, con 140 Ton/año, por el empleo de pintura y thinner.
- Grifos, con 76 Ton/año por la evaporación del combustible durante las actividades de carga de tanques y recarga de vehículos.

El Gráfico siguiente presenta la distribución de los principales aportantes de COV en la cuenca atmosférica de Piura.

Distribución Porcentual de COV por Tipo de Fuente



Plomo

No se ha identificado en la cuenca atmosférica de Piura, ningún aportante de plomo por causa de fuentes fijas.

El detalle de las emisiones unitarias por fuente puntual y categoría de fuentes de área se presentan en el Anexo N° 4.

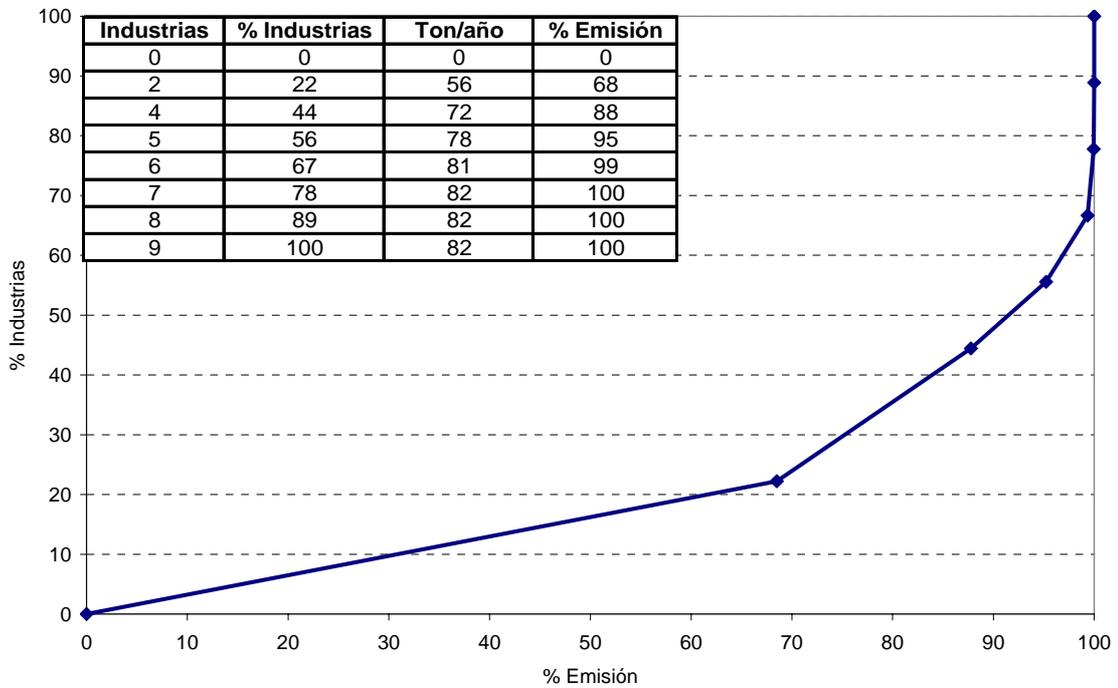
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más contaminantes

En las siguientes gráficas se hace un análisis del número de industrias (fuentes puntuales) que contribuyen significativamente a la emisión de cada uno de los contaminantes criterio evaluados en la cuenca atmosférica de Piura.

Para el caso de las emisiones de PTS y PM-10, se indicó anteriormente que se encuentran mayoritariamente asociadas a las fuentes de área, representando las fuentes puntuales sólo el 26.9% en el caso de PTS y 13.5% en el caso de PM-10. Considerando este aspecto, se realiza el análisis de las fuentes puntuales que contribuyen con los porcentajes mencionados.

En la Gráfica siguiente se aprecia que en la emisión de PTS por fuentes puntuales para la cuenca atmosférica de Piura, el 88% es generada por el 44% de las industrias, que para el caso son cuatro, dos pertenecientes al rubro de desmotado de algodón y dos fábricas de aceite vegetal. Se debe recordar que se refiere al 88% del 26.9% de PTS producidas por fuentes puntuales.

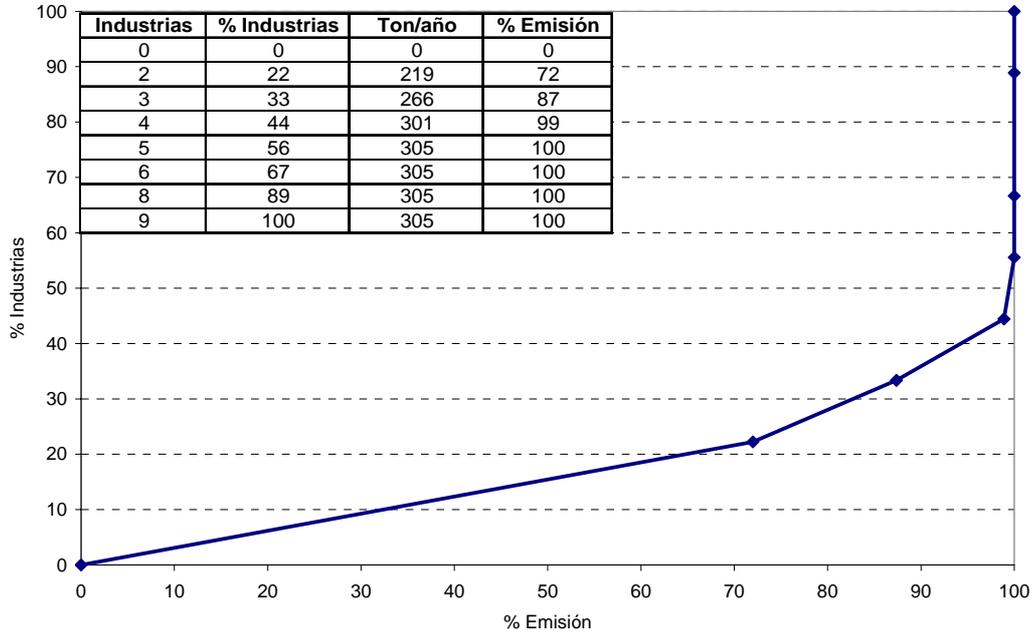
Nº de Industrias más emisoras de PTS



En el caso de las emisiones de PM-10, no es posible realizar este análisis dado que no se conoce el aporte por parte de las desmotadoras de algodón, que son significativas en la emisión de PTS.

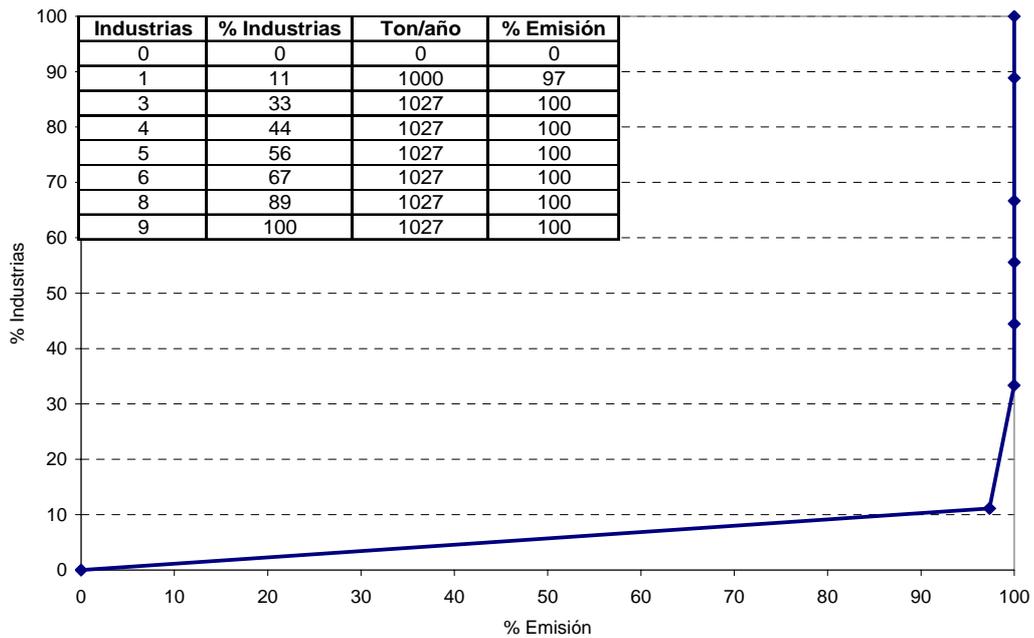
En relación al dióxido de azufre, el análisis es representativo debido a que el 98.3% de la emisión en la cuenca corresponde a las fuentes puntuales, identificándose que el 22% de las industrias pertenecientes al rubro de fabricación de aceite vegetal contribuyen con el 72% de la emisión, lo cual indicaría que los esfuerzos en reducción de emisiones de SO₂ deben estar dirigidos a estas fuentes.

Nº de Industrias más emisoras de SO2



La Gráfica siguiente muestra el análisis correspondiente a los compuestos orgánicos volátiles, y demuestra como se indicó anteriormente, que el 97% de la emisión de fuentes puntuales es originada por una empresa que es la Planta de Venta de Petroperú.

Nº de Industrias más emisoras de COV



6. Conclusiones

La elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Piura permite establecer las conclusiones siguientes:

- 6.1 Existen nueve fuentes puntuales en la cuenca atmosférica de la ciudad de Piura, que son causantes de los mayores aportes de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.
- 6.2 Las fuentes de área totalizan 1853 y predominan en número las carpinterías, talleres metal-mecánicos e imprentas.
- 6.3 Los compuestos orgánicos volátiles constituyen los contaminantes con mayor emisión en la cuenca atmosférica de Piura, generado por el almacenamiento de combustibles en la Planta de Ventas de Petroperú, el uso de pinturas y solventes, y la combustión de leña.
- 6.4 La alta emisión de compuestos orgánicos volátiles en la Planta de Ventas es debido a la disposición de tanques de techo fijo, que mantienen un mayor espacio de vapor entre el techo y el nivel de combustible almacenado.
- 6.5 La segunda emisión de mayor significancia en términos de masa, es la de monóxido de carbono, eminentemente a consecuencia de las emisiones de fuentes de área en los procesos de combustión de carbón vegetal en pollerías y leña en panaderías.
- 6.6 Las actividades de procesos como el desmotado de algodón, carpinterías, aserraderos y molienda de granos son las que originan el mayor aporte de partículas a la atmósfera, sin embargo éstas representan aproximadamente la tercera parte de las emisiones de monóxido de carbono.
- 6.7 Las emisiones de dióxido de azufre se encuentran concentradas en dos fuentes puntuales pertenecientes al rubro de fabricación de aceite vegetal, pero debido a sus actividades de combustión de petróleo residual. Su control permitiría reducir en un 72% las emisiones de este gas por causa de fuentes puntuales.
- 6.8 Los óxidos de nitrógeno contribuyen con las menores emisiones en la cuenca atmosférica de Piura, mientras que el plomo se encuentra ausente.

ANEXO N° 1
METODOLOGÍA EMPLEADA PARA
ELABORACIÓN DEL INVENTARIO LOCAL

PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS LOCALES DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS

De manera general, la elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas consiste de seis etapas que se indican a continuación:

- Determinación del universo de fuentes
- Definición de categorías y tipos de fuentes
- Diseño muestral
- Levantamiento de información de campo
- Estimación de emisiones
- Validación de la información recopilada y cálculos desarrollados

Determinación del universo de fuentes

Para conocer el universo de fuentes fijas de emisión, es necesario recurrir a diferentes instituciones de nivel central y local, tales como Ministerio de la Producción, Ministerio de Energía y Minas, SUNAT, INEI, Municipalidades y otros.

Debe mantenerse en un archivo todas las comunicaciones remitidas por las instituciones y las bases de datos originales, a fin de sustentar la información empleada.

La información oficial entregada por las instituciones consultadas, podrá ser depurada sólo en relación a los aspectos siguientes:

- Distritos que no pertenecen a la cuenca atmosférica o a la cuenca de trabajo.
- Categorías de fuentes (según código CIIU) que no han sido identificadas como contaminantes del aire en cada ciudad.
- Industrias o comercios que hayan sido identificadas como "Baja Definitiva", "Inoperativa" u otros (tal es el caso de la información entregada por SUNAT).

No se deben considerar depuraciones, inclusiones o modificaciones en los casos siguientes:

- No haber ubicado físicamente una fuente.
- Identificar nuevas fuentes no registradas en las bases de datos.
- Disponer de dos o más fuentes de información y fusionarlas.

Es importante sí, mantener un registro de esta información, sin embargo no es posible modificar las bases emitidas por la autoridad competente, salvo el caso en que se realice un empadronamiento total de las fuentes existentes en las zonas de evaluación.

El procedimiento a seguir, luego de haber reducido la base de datos a la cuenca atmosférica de interés, es decidir cuál es la mejor fuente de información (mayor confiabilidad) de las disponibles. A manera de ejemplo, es posible determinar que para las fuentes puntuales podría emplearse la información proporcionada por el Ministerio de la Producción, y para las fuentes de área la entregada por las Municipalidades.

En este sentido, es importante mantener siempre identificada la fuente de información que se está empleando para la determinación del universo, así como el año de actualización de la misma.

Considerando que el año base del inventario es el 2000, para efectos prácticos se considerará la suposición que toda la información de fuentes fijas recopilada actualmente es la misma que la del año en mención.

Para los casos en que la información entregada por las instituciones difiere significativamente de la realidad o en su defecto no existe, es posible que se desarrollen estudios de campo, tales como un empadronamiento o censo, con la finalidad de determinar el universo de determinadas categorías de fuentes de área; sin embargo, es necesario que se elabore un informe del trabajo desarrollado, considerando la metodología empleada, los criterios, cobertura, personal involucrado y otros, el cual debe ser avalado por el Gesta Zonal de Aire, para ser considerado como una fuente de información en la determinación del universo.

Definición de categorías y tipos de fuentes

Esta actividad está referida a establecer la lista típica de fuentes fijas de contaminación existentes en cada ciudad, y que formarán parte del inventario, así como a identificar cuáles de estas fuentes serán consideradas como "puntuales" y cuáles como "área".

Para el efecto, se considerarán las definiciones siguientes:

Fuente Puntual : Se define como una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que puedan generar emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, por ejemplo se puede citar a las fundiciones primarias, refinerías, industrias de alimentos y otros.

Fuente de Área : Son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera y que no llegan a considerarse como fuentes puntuales. En esta categoría se incluyen la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros.

El resultado esperado en esta etapa debe presentar el esquema siguiente:

Categoría de Fuente	Código CIIU	Tipo de Fuente	Cantidad
Categoría 1	XXXX	P	3
Categoría 2	YYYY	P	2
Categoría 3	ZZZZ	A	68
Categoría 4	AAAA	A	109
....
....
....
....
Total Fuentes Puntuales			
Total Fuentes de Area			
Total General			

P : Puntual A : Area

Es importante indicar que para el caso de Lima-Callao, esta categorización debe realizarse de manera integral (5 Direcciones Ejecutivas de Salud).

Diseño Muestral

Considerando la importancia de las fuentes puntuales, éstas serán incluidas en su totalidad en el inventario, es decir, que se realizará un censo de las mismas. Sin embargo, para el caso de las fuentes de área se desarrollará un muestreo.

El muestreo correspondiente al inventario de emisiones de fuentes fijas de área es el Muestreo Aleatorio Estratificado, donde los estratos corresponden a las categorías de fuentes por código CIIU (Código Internacional Industrial Uniforme), considerando la descripción correspondiente a los 4 dígitos.

Para calcular el tamaño de muestra se considera la aplicación de las fórmulas siguientes:

1) Determinación del tamaño de muestra inicial (n_0) :

$$n_0 = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * Cv^2}{\epsilon^2}$$

2) Aplicación de regla de decisión :

$$\frac{n_0}{N} < 0,05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0,05 \Rightarrow n = n$$

3) Determinación del tamaño de muestra óptimo (n) :

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

- n_0 = Tamaño de muestra inicial
- N = Tamaño de muestra óptimo
- N = Universo (conocido)
- E = Error relativo (definido por el investigador)
- $(1 - \alpha)$ = Nivel de confianza (definido por el investigador)
- Cv = Coeficiente de variación

Para efectos de estandarizar el inventario de fuentes fijas, se considerarán como parámetros uniformes los siguientes:

- E = 0.05 (5%)
- $(1 - \alpha)$ = 95 %
- $Z_{(1 - \alpha)}$ = 1.96
- Cv = 0.5

El resultado de la aplicación de este procedimiento puede presentarse en el esquema que se indica a continuación:

Categoría de Fuente de Area	Código CIIU	Total por Categoría	Ponderación	Muestra Calculada por Categoría
Categoría 3	XXXX	68	= TC/ TFA	= P * TMO
Categoría 4	YYYY	109	= TC/ TFA	= P * TMO
....
....
....
....
Total Fuentes de Area		TFA		

Total Muestra Optima	
-----------------------------	--

- TC : Total por Categoría
- TFA : Total Fuentes de Area
- P : Ponderación
- TMO : Total Muestra Optima

En los casos que sea posible, el muestreo constará de dos etapas, la primera correspondiente a las categorías de fuente, y la segunda referida a la ubicación de las fuentes por distritos que pertenecen a la cuenca atmosférica o de trabajo, según se indica a continuación:

Categoría de Fuente de Area	Código CIU	Muestra Calculada por Categoría	N° de Fuentes por Distrito			Ponderación por Distrito			Muestra Calculada por Distrito		
			Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...	Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...	Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...
Categoría 3	XXXX	= P * TMO	21	12	35	=FPD1/TPC	=FPD2/TPC	=FPD../TPC	=PD*MPC	=PD*MPC	=PD*MPC
Categoría 4	YYYY	= P * TMO	47	53	9	=FPD1/TPC	=FPD2/TPC	=FPD../TPC	=PD*MPC	=PD*MPC	=PD*MPC
....
....
....
....

FPD1 : Fuentes en el distrito 1
 TPC : Total por categoría
 PD : Ponderación por distrito
 MPC : Muestra calculada por categoría

Levantamiento de Información de Campo

El levantamiento de la información de campo es realizado a través de encuestas, disponiéndose de diferentes tipos en función a si se trate de fuentes puntuales o de área, y también en base a la posibilidad de agrupación de categorías de fuentes en una misma encuesta.

Las encuestas inicialmente han sido diseñadas por cada ciudad; sin embargo, a futuro se espera disponer de una estandarización de las mismas.

Sin embargo, de manera general el contenido de las encuestas de fuentes puntuales es mayor, y no sólo referido a la información de proceso, sino también a los monitoreos de emisiones que dispongan como requerimiento de su autoridad competente, dado que nos proporcionan una información más real de la carga de emisión de las fuentes.

Para el caso de fuentes de área, se incide en la recopilación de información especificada en la Guía de Evaluación Rápida de la OMS, considerando todos aquellos datos anexos (tiempo de operación de las fuentes, unidades de reporte y otros) que permitan llegar a la unidad de actividad requerida.

Las encuestas deben ser desarrolladas de acuerdo a la distribución obtenida por distrito, y seleccionadas de manera aleatoria dentro del conjunto de la base de datos del universo. No olvidar que las fuentes puntuales se encuestan en su totalidad.

Es conveniente siempre disponer de un margen superior de encuestas, dado que es posible que tengan que ser depuradas al momento de su revisión por no contener la información completa requerida para la estimación.

Si fuera el caso que una vez determinada la muestra a encuestar, los establecimientos seleccionados no se encuentran operativos o no se ubican o han sido clausurados o han cambiado de rubro, es posible reemplazar estas fuentes por otras que se ubiquen en la lista del universo, hasta completar el número de muestra requerido. Sin embargo, se recomienda mantener un registro de todos estos casos identificados por ciudad.

Si al momento de realizar el trabajo de campo, se encuentran establecimientos que no figuran en la lista del universo, también pueden ser encuestados, dado que es sabido que existe una falta de actualización en la información entregada por las autoridades. Además, se asume que así como existen establecimientos nuevos, otros han dejado de funcionar, siendo este caso particular el de las fuentes de área.

Es conveniente que el trabajo de campo se desarrolle previa instrucción al grupo encuestador, y que se considere una supervisión por parte de los miembros del grupo responsable del inventario en la ciudad.

Estimación de Emisiones

Es uno de los procedimientos más simples, basados en la aplicación del factor establecido en la Guía de Evaluación Rápida de la OMS a las unidades de actividad determinadas para cada categoría de fuente.

El aspecto más importante en este sentido, es identificar el factor de emisión correcto de acuerdo a la actividad señalada en la encuesta. También se puede recurrir al código CIIU de la categoría, para ello es conveniente disponer claramente de la equivalencia entre el código CIIU versión 3 y el código especificado en el Guía (versión 2).

Es posible que en las ciudades existan fuentes de emisión no incluidas en la Guía OMS, para lo cual se puede recurrir a otras fuentes de información tales como la Guía de Factores de Emisión de la EPA / AP-42 que es una de las más completas, el SCC utilizado en México (traducción EPA) y otras.

En relación al procedimiento de estimación de emisiones, debe ser desarrollado de acuerdo a lo siguiente:

- Estimación de emisiones para fuentes puntuales de acuerdo a Guía OMS
- Estimación de emisiones para fuentes puntuales en función a mediciones reales de las fuentes
- Estimación de emisiones para fuentes de área

Fuentes Puntuales de acuerdo a Guía OMS

Para este caso, se estiman las emisiones por contaminante de cada fuente puntual de manera independiente, y luego se realiza una sumatoria de las mismas. Es importante mantener en una hoja de excel independiente la información sobre fuentes puntuales, para otros fines que se requieran.

En el caso que una fuente puntual disponga de varias etapas, se calcula primero cada una de ellas y luego se realiza una suma parcial para obtener la emisión total de la fuente.

En el caso que la fuente disponga de sistemas de control de emisiones, se aplicará la fórmula siguiente:

$$ESC = FE * UA (1-EFSC/100)$$

Donde:

ESC	=	Emisión con aplicación del sistema de control
FE	=	Factor de Emisión
UA	=	Unidad de Actividad
EFSC	=	Eficiencia del sistema de control (%)

Fuentes Puntuales en función a Mediciones Reales

Es necesario disponer de la información de las emisiones de las fuentes expresadas en mg/m³ para cada contaminante, el caudal de descarga de los gases por la chimenea expresado en m³/hora, y el tiempo de operación de la fuente de emisión (chimenea) en el año. El proceso de cálculo es el siguiente:

$$\text{Emisión (ton/año)} = \text{Concentración (mg/m}^3\text{)} \times \text{Caudal (m}^3\text{/hora)} \times \text{Tiempo de operación} \times \text{unidades de conversión}$$

Este resultado por cada chimenea debe ser sumado al resultado de la estimación anterior, para conocer la emisión total de cada fuente puntual.

En el caso que la empresa sólo disponga del monitoreo de algunos de los contaminantes requeridos, los demás podrán ser estimados mediante la Guía OMS. Así también, en el caso de las emisiones fugitivas.

Fuentes de Área

Considerando que para el levantamiento de información de este tipo de fuentes se realizó un muestreo, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Estimación del promedio de la unidad de actividad por cada categoría de fuente de área. Ejemplo: el promedio de consumo de carbón en las pollerías encuestadas.
- Aplicación del factor de emisión para cada contaminante, a la unidad de actividad promedio calculada, con lo cual se obtendrá la emisión promedio de la muestra (estimador de la población).
- Llevar las emisiones promedio de la muestra al total de fuentes de área de cada categoría (multiplicación del promedio por el universo total de fuentes para la categoría correspondiente).
- Sumatoria parcial de todas las emisiones obtenidas para fuentes de área.

Es importante en la fuentes de área, contar también con las emisiones unitarias por establecimiento, a fin de verificar los cálculos realizados a nivel de promedios.

Al disponer de la información de fuentes puntuales y de área, que constituye el universo, ya se conoce la emisión total de la cuenca atmosférica o de trabajo de cada ciudad.

Se recomienda emplear el formato de reporte establecido en la Guía OMS acápite 3.2.3 (pagina 73).

Con la información disponible en esta etapa, es posible realizar todas las interrelaciones necesarias, como las siguientes:

- Emisión por cada una de las fuentes puntuales.

- Emisión total por fuentes puntuales y de área.
- Emisión por distritos que forman parte de la cuenca, en los casos que haya sido posible realizar esta segregación.
- Emisión por cada categoría de fuente de área.
- Otros.

Validación de la información recopilada y cálculos desarrollados

Un aspecto de suma importancia en el procedimiento de elaboración de inventarios, es la validación de la información, que está enfocada a los aspectos siguientes:

- Revisión del universo de fuentes fijas y sustentos para su determinación.
- Consideración de categorías de fuentes de acuerdo a la realizada local.
- Revisión de la información contenida en las encuestas, dado que es probable incurrir en errores de respuesta por parte del encuestado o errores de interpretación o digitación por parte de los responsables del vaciado de la información. Es muy importante en este aspecto la clara identificación de las unidades y tiempos en los cuales están reportados los datos.
- Chequeo de la secuencia de cálculos realizados.
- Congruencia de los resultados finales obtenidos en función a comparaciones con otras ciudades o entre tipos de fuentes.

Es importante considerar la participación de terceros en el proceso de revisión y validación de los inventarios, dado que pueden incorporar aportes significativos al no haber estado involucrados en el desarrollo de la actividad.

ANEXO N° 2
INFORMACIÓN DE SUSTENTO DEL
UNIVERSO DE FUENTES FIJAS

ANEXO N° 3
MODELOS DE ENCUESTAS

ANEXO N° 4
DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS

BIBLIOGRAFIA

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Piura

1. Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire. Alexander Economopoulos. Parte I: Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 1993.
2. Anuario Estadístico 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. Dirección de Promoción y Estadística.
3. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen III – Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
4. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen V – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Area. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
5. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen IV – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes Puntuales. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
6. Cuaderno de Trabajo para la Capacitación Avanzada en la Metodología para el Proyecto del Inventario de Emisiones de México. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
7. Inventario de Emisiones a la Atmósfera. Zona Metropolitana del Valle de México 2000. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
8. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II – Fundamentos de Inventarios de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
9. Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources. Office of Air Quality. United States Environmental Protection Agency.
10. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol 1: Stationary Point and Area Sources. AP-42 USEPA. 1985.

11. Inventario de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana para 1997 y Proyecciones al 2005. Comisión Nacional del Medioambiente. Chile. 1997.
12. Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón). Reporte Final. Preparado para la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Washington DC.
13. Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Primera Comunicación. Junio 2001.
14. Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. ERG Inc. Prepared for: Western Governors' Association Denver, Colorado and Binational Advisory Committee. 2003.
15. Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos. Dirección de Promoción y Estadística.
16. Emisiones al Aire de la Combustión de Llantas Usadas. USEPA.
17. Anuario Minero 2001. Ministerio de Energía y Minas. Sub Sector Minería. Dirección General de Minería. Dirección de Promoción y Estadística.
18. Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México 1996. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
19. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.