

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

RESULTADOS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE LIMA-CALLAO

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



ABRIL, 2005

Resultados del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas Cuenca Atmosférica de la ciudad de Lima-Callao

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 Lima-Callao, 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 Lima-Callao, el inventario de emisiones integra veintitrés distritos, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Población
Lima Cercado	348461
Breña	96516
Jesús María	68812
La Victoria	232839
Lince	72604
Magdalena	54539
Pueblo Libre	81899
Miraflores	95473
San Borja	131060
San Isidro	70724
San Luis	60871
San Miguel	134103

Distrito	Población
Surquillo	100784
El Agustino	167715
Sta. Anita	158133
Ate	358201
La Molina	140066
Lurigancho	127551
Chaclacayo	41780
San Martin de Porres	469504
Los Olivos	305838
Comas	499693
Carabaylo	151205
Rimac	214364
San Juan de Lurigancho	765919
Independencia	208846
Puente Piedra	173052
Ancon	21746
Sta. Rosa	15889
Chorrillos	274309
Barranco	46915
San Juan de Miraflores	375785
Villa el Salvador	337399
Villa Maria del Triunfo	335660
Santiago de Surco	257438
Total Lima	6995693 Habitantes

Distrito	Población
La Perla	68172
La Punta	7361
Carmen de la Legua	45249
Bellavista	85281
Callao	421127
Ventanilla	172340
Total Callao	799530 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 Ambientales (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA N° 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control División.
- *Reencauchado de Llantas:*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de Mexico.
- *Dosificación de Concreto:*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de Mexico.
- *Manufactura de Llantas:*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de Mexico.

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.

En los casos en que se dispuso de información de los monitoreos de emisiones realizados por las empresas, a requerimiento de su autoridad competente, esta información fue utilizada de manera preferencial, considerando que la carga de

emisión es estimada en base a las concentraciones de contaminantes y los caudales de descarga de las chimeneas.

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.

Las categorías de fuentes existentes en el ámbito geográfico delimitado son las siguientes:

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades de la industria química	Fabricación de pinturas y barnices	-	Puntual
2		Industria papelera (recicladora)	-	Puntual
3		Fabricación de vidrios y Cristales	-	Puntual
4		Fabrica de plásticos	-	Puntual
5		Fabricación de tintes y pigmentos	-	Puntual
6		Industria textil	-	Puntual
7		Reencauche	-	Puntual
8		Fab. De detergentes	-	Puntual
9		Fab. De llantas	-	Puntual
10		Fabricación de productos químicos	-	Puntual
11		Curtiembre	-	Puntual
12	Actividades de la industria alimentaria	Industria cervecera	-	Puntual
13		Fabricación de productos lácteos	-	Puntual
14		Molinos de granos	-	Puntual
15		Elaboración de Fideos	-	Puntual
16		Fabricación de caramelos, confitería y/o otros	-	Puntual
17		Refinación de aceites y grasas comestibles	-	Puntual
18		Fab. De alimento balanceado para animales	-	Puntual
19		Procesadoras de Alimentos	-	Puntual
20	Industria Pesquera	-	Puntual	
20	Actividades de la industria metálica	Fundición de hierro y/o acero	-	Puntual
21		Fundición de metales no ferrosos	-	Puntual
22		Manufactura de Productos metálicos	-	Puntual
23		Refinerías de metales	-	Puntual

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
24	Actividades de la industria no metálica	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	-	Puntual
25		Fabricación de cemento	-	Puntual
26		Premezclado de Concreto	-	Puntual
27		Fabricación de Cemento	-	Puntual
28		Fabricación de tiza, yeso	-	Puntual
29		Preparación de breca industrial y asfalto		Puntual
30	Evaporación de solventes por fuentes puntuales	Impresión grafica	-	Puntual
		Almacenamiento de Combustible	-	Puntual
31	Fabricación de madera y productos de madera	Madereras	-	Puntual
32	Fabricación de Productos derivados del petróleo	Refinerías	-	Puntual
33	Generación de Energía	Termoeléctrica	-	Puntual
34	Almacenamiento de Minerales	Depósitos de Minerales	-	Puntual
35	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes (pollerías)	Pollería	Area
36		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
37	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
38	Otras fuentes de combustión industrial	Textiles	-	Area
39	Evaporación de solventes por fuentes de área	Imprentas	-	Area
40		Metal mecánicas		

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
41	Fabricación de madera y productos de madera fuentes de área	Carpinterías	-	Area
42	Actividades de la industria metálica	Fundición de hierro y/o acero	-	Area
43		Fundición de metales no ferrosos		Area
44	Actividad de la Industria Química	Industria Papelera (recicladora)	-	Area

Estas totalizan 34 categorías de fuentes puntuales y 10 categorías de fuentes de área.

5.2 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de Lima-Callao fue definido en base a información proporcionada por las instituciones siguientes:

- Ministerio de la Producción
- Ministerio de Energía y Minas
- OSINERG
- INEI
- Municipalidades

Los documentos de sustento de la entrega de la información por parte de las instituciones mencionadas, 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:

UNIVERSO LIMA NORTE - FUENTE DE AREA

CIU	Area	San Martín de Porres	Los Olivos	Comas	Carabayllo	Rímac	San Juan de Lurigancho	Independencia	Puente Piedra	Ancón	Santa Rosa	TOTAL
1541	Panadería	181	98	184	32		61	98				654
1721	Textiles (tintorería)	1							1			2
2010	Aserrado		3	3	3		17	7				33
2022	Carpinterías	45	20	105	7		85	45				307
2221	Imprentas	37	8	30	5		63	7				150
2693	Ladrilleras						4					4
2731	Fundición de hierro y acero						11					11
2732	Fundición metales no ferrosos	2	5	2			5	8				22
	Pollerías	64	48	23	9	33	6	16				199
	Grifos	63	32	33	22	13	79	14	40	5	2	303
SUB-TOTAL		393	214	380	78	46	331	195	41	5	2	1685

UNIVERSO LIMA NORTE - FUENTE PUNTUAL

NUMERO	EMPRESA
1	Alicorp S.A.
2	Cobres Laminados S.A.
3	Cerámica Lima S.A.
4	Compañía REX SA
5	TECNOFIL S.A.
6	AGRIBRANDS PURINA PERU S.A.
7	COBRECON S.A.
8	Inmobiliaria e Inversiones San Fernando S.A.
9	Cervecerías Peruanas BACKUS Y JOHNSTON S.A.A.
10	Corporación JOSE R. LINDLEY SA
11	Kimberly Clark

UNIVERSO LIMA SUR - FUENTE DE AREA

CIU	Area	Chorrillos	Barranco	San Juan Miraflores	Villa El Salvador	Villa María del Triunfo	Santiago de Surco	TOTAL
1541	Panadería	62	25	93	72	59	12	323
1721	Textiles (tintorería)							0
2010	Aserado	3	3	1	3	0	0	10
2022	Carpinterías	10	11	29	0	33	12	95
2221	Imprentas	19	3	50	2	22	17	113
2693	Ladrilleras							0
2731	Fundición de hierro y acero							0
2732	Fundición metales no ferrosos							0
	Polerías	53	8	36	19	22	15	153
	Gifos	21	6	32	32	40	22	153
SUB-TOTAL		168	56	241	128	176	78	847

UNIVERSO LIMA SUR - FUENTE PUNTUAL

NUMERO	EMPRESA
1	Cementos Lima S.A.
2	Refinería Conchán
3	UNICON
4	Firth
5	Parque Industrial

UNIVERSOLIMA CIUDAD- FUENTE DE AREA

Area	Lima Cercado	Breña	Jesús María	La Victoria	Lince	Magdalena	Pueblo Libre	Miraflores	San Borja	San Isidro	San Luis	San Miguel	Surquillo	TOTAL
Panadería	184	44	66	84	45	29	10	52	46	26	47	39	53	725
Textiles (tintorería)														0
A serrado														0
Carpinterías														0
Imprentas	220	94	24	96	32	8	7	17	34	6	13	8	6	565
Ladrilleras														0
Fundición de hierro y acero														0
Fundición metales no ferrosos														0
Pdlerías	66	36	11	102	14	4	9	3	17	10	9	11	34	326
Gifos	49	11	15	44	9	9	9	31	10	19	11	14	15	246
SUB-TOTAL	519	185	116	326	100	50	35	103	107	61	80	72	108	1862

FUENTES PUNTUALES LIMA CIUDAD

NUMERO	EMPRESA	NUMERO	EMPRESA
1	Candados Peruanos S.A.	25	San Miguel Industrial S.A.
2	PERUPLAST S.A.	26	ALICORP S.A.
3	Reencauchadora HEINTZ	27	PROCACAO S.A. GOOD FOODS S.A
4	PACKAGING Envases y Estampados Metálicos S.A.	28	MOLITALIA S.A.
5	Curtiembre La Unión	29	Cía. Industrial Nuevo Mundo
6	TECNOSANITARIA S.A	30	Cía. Universal Textil S.A.
7	Corporación Peruana de Productos Químicos S.A.	31	Fábrica de Tejidos La Bellota S.A.
8	Industrias Vencedor S.A.	32	FABRITEX Peruana S.A.
9	Fábrica Peruana Eternit S.A.	33	PERU PIMA S.A.
10	Fundición FUMASA S.A.	34	Textil El Amazonas S.A.
11	Metalurgia Peruana S.A.	35	Textil Océano
12	Perfiles Metálicos PRECOR S.A	36	Hilados y Teñidos S.A
13	INDECO S.A.	37	TEXTILIA S.A.
14	Industrias MECRIL S.A.	38	PRINTEX S.A.
15	ALIDA S.A	39	Plásticos Santa María
16	Industria Peruana de Metales y Derivados	40	Industrial Alpamayo
17	GRAFINAL S.A	41	NESTLE S.A.
18	Refractarios Rivara	42	Molinos El Triunfo
19	Procter & Gamble	43	Leche Vigor (DANLAC S.A.)
20	Productos Cerámicos S.A.	44	Chocolates El Tigre DULCITOS
21	Vidrios San Francisco (vidrieria y cristaleria Diaz)	45	Tejidos San Jacinto S.A.
22	UNICON S.A.	46	EDEGEL
23	Aceros BOHELER	47	CLEMENTS PERUANA S.A.
24	Empresa Editora El Comercio	48	VIDRIERIA Y CRISTALERIA DIAZ

UNIVERSO LIMA ESTE - FUENTE DE AREA

CIU	Area	El Agustino	Sta Anita	ATE	La Molina	Lurigancho	Chadacayo	TOTAL
1541	Panadería	93	85	217	31	42	15	483
1721	Textiles (tintorería)	2	7	20		1		30
2010	Aserrado			5				5
2022	Carpinterías	56	82	96	43	42	5	324
2221	Imprentas	12	15	30		9	3	69
2693	Ladrilleras			6		5		11
2731	Fundición de hierro y acero			5				5
2732	Fundición metales no ferrosos			3				3
	Polerías	23	58	118	20	18	5	242
	Gifos	17	15	32	18	8	6	96
SUB-TOTAL		203	262	532	112	125	34	1268

UNIVERSO LIMA ESTE - FUENTE PUNTUAL

NUMERO	EMPRESAS	NUMERO	EMPRESAS
1	AGROBASA	40	INDUBRAS S.A.C.
2	TEKNO QUIMICA S.A.	41	NOVAQUIMICA S.R.L.
3	QUIMICA ESPECIALIZADA S.A.	42	APSA CHEMICAL S.A.C.
4	CLARIANT	43	CALZADO ATLAS S.A.
5	MONTANA S.A.	44	FORU PLASTIK S.A.
6	QUIMICA ANDINA SA	45	KURESA S.A.
7	PISOPAK	46	AJEPER S.A. (Kola Real)
8	PEGA INDU PERU	47	TABACALERA NACIONAL S.A.A.
9	LIMA CAUCHO	48	PERU CUIR S.A.
10	CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS	49	CURTIEMBRE VIZCARRA S.A.
11	ATLAS S.A.	50	INVERSIONES COMINDUSTRIA S.A.
12	COMPANIA MINERA ABASTECEDORA ANDINA	51	CONFECCIONES TEXTIMAX
13	INSUMEX S.A.	52	REPRIND S.A.C.
14	TECH PACK	53	CIA. INDUSTRIAL TEXTIL CREDISA - TRUTEX S.A.A.
15	COATS S.A.	54	CONSORCIO LA PARCELA S.A.
16	ESTESA-COPERTEX	55	TEXTIL POLITEX S.A.C.
17	TEXT GROUP	56	HILANDERIA ACRILANAS
18	San Cristobal	57	GABRIEL ALI CASIS ODE
19	1520 GLORIA S.A.	58	LIVERSA S.A.C.
20	MALTERIA LIMA SA	59	INDUSTRIAS NETTALCO S.A.
21	RED STAR DEL PERU	60	LAVA JEANS S.A.
22	BACKUS	61	COTTON KNIT S.A.C.
23	LAIVE	62	JEAN SERVICE S.A.C.
24	LADRILLERA KAR	63	HILADOS ANDINOS S.A.C.
25	CIA. MINERA INDUSTRIAL SAGITARIO	64	MANUFACTURAS COLOR S.A.C.
26	LADRILLERA HUACHIPA S.A.	65	LAUMAYER PERU S.A.C.
27	LABSA	66	ANITA FOOD S.A.
28	Ladrillera FORTES	67	TODINNO S.A.C.
29	SOC. MIN. REFINERIA DE ZINC CAJAMARQUILLA	68	INDUSTRIA ALIMENTARIA CARRASCO S.A.C.
30	ALEACIONES A BASE DE COBRE S.A.	69	ALICORP S.A.A.
31	FACUSA	70	SNACKS AMERICA LATINA S.R.L.
32	HERSIL S.A.	71	MANUFACTURA DE ALIMENTOS S.A.
33	B. BRAUN MEDICAL PERU S.A.	72	DERIVADOS DEL MAIZ S.A.
34	QUIMICA ESPECIALIZADA S.A.	73	SERVICIOS CERAMICOS Y ELECTRICOS INDUSTRIALES S.A.
35	LABORATORIOS TRIFARMA S.A.	74	LADRILLERA FORTALEZA
36	PRODUCTOS DE CARTON S.R.LTDA.	75	FUNDICION ESMERALDA S.C.R.L.
37	INDUSTRIAS DEL PAPEL S.A.	76	FUNDICION DE METALES JOPASA E.I.R.L.
38	PRODUCTOS MINEROS S.A.	77	CIA. INDUSTRIAL COMERCIAL FIRMES S.A.
39	INDUSTRIAS AMARAL S.R.L.	78	FUNDICION FERROSA S.R.L.

UNIVERSO CALLAO - FUENTE DE AREA

CODIGO CIU	CATEGORIA DE FUENTE	TOTAL UNIVERSO
1531	Elaboración de productos de molinería	14
1541	Elaboración de productos de panadería	398
2010	Aserradero y acepilladura de madera, Carpinterías	620
2221	Actividades de impresión	366
	Metalmecánicas	606
	Restaurantes, pollerías y afines	160
	Grifos y estaciones de servicio	52
TOTAL CALLAO		2216

UNIVERSO CALLAO - FUENTE PUNTUAL

NUMERO	EMPRESAS
1	QUIMPAC
2	PRAXAIR
3	VINSA/ OWENS ILLINOIS S.A.
4	SULFATO DE COBRE
5	GOOD YEAR DEL PERU
6	INSTITUTO TECNOLOGICO PESQUERO DEL PERU
7	FRUTOS DEL MAR S.A.C
8	PESCA PERU CALLAO SUR
9	TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
10	COORPORACION DEL MAR
11	PESQUERA CAPRICORNIO SAC
12	MAQUIMAR S.A.
13	CONSERVA CALLAO Y DERIVADOS
14	ROSAIMAR

UNIVERSO CALLAO - FUENTE PUNTUAL

NUMERO	EMPRESAS
15	PRODUCTOS ALIMENTICIOS MAR Y PLAYA
16	CONSERVAS UNIDAS S.A.
17	PESQUERA DIAMANTE S.A.
18	SUDAMERICANA DE FIBRAS S.A.
19	AJINOMOTO
20	BIMBO
21	ALICORP
22	MITSUI
23	PERU BAR ATALAYA
24	PERU BAR RIMAC
25	SELVA CENTRAL
26	MOBIL OIL DEL PERU
27	VOPAK SERLIPSA
28	ETEVENSA

5.3 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.

Considerando la importancia de la sectorización de la ciudad de Lima en Lima Norte, Sur, Este y Ciudad, así como la representatividad de las fuentes en la provincia constitucional del Callao, el diseño muestral se estructuró de manera independiente.

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 338 encuestas para Lima y 307 en Callao, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría				
	Lima Norte	Lima Sur	Lima Ciudad	Lima Este	Callao
Pollerías	12	08	21	14	22
Panaderías	40	20	45	30	55
Grifos	18	08	18	05	07
Carpinterías y aserraderos	20	07	-	20	87
Imprentas	09	06	32	05	51
Metal-mecánicas	-	-	-	-	85

5.4 Estimación de Emisiones

5.4.1 Emisiones Anuales

A continuación se resumen las emisiones generadas por las fuentes puntuales y fuentes de área. En la Tabla N° 1, se puede apreciar que el contaminante más abundante en peso son las partículas totales en suspensión (PTS), emitiéndose a la atmósfera de la ciudad de Lima-Callao un total de 86652 Ton/año, a consecuencia del importante aporte (equivalente a 99.4%) de las fuentes puntuales.

Como parte de las emisiones particuladas, se tiene que del total de 87208 Ton/año, 8460 Ton/año corresponden a partículas menores a 10 micras (aproximadamente el 10%) y que en su mayoría provienen de las fuentes puntuales, aunque se debe destacar que se tiene pendiente la estimación de emisiones de PM-10 por parte de algunas fuentes importantes en Lima Norte, Lima Sur y Callao.

En segundo lugar, aunque representando el 50% de las emisiones de PTS, se tiene al dióxido de azufre con 40281 Ton/año, emitidas también mayormente por las fuentes puntuales (99.4%).

Otro de los contaminantes cuya emisión se ve asociada a las fuentes puntuales son los óxidos de nitrógeno (NOx), con 7417 Ton/año de un total de 7824 Ton/año emitidos en la cuenca.

El monóxido de carbono (CO) evidencia su mayor emisión asociada a las fuentes de área, con predominancia del 72.6%, y que se debe a la combustión del carbón vegetal en todas las pollerías de la ciudad.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) poseen un aporte compartido entre fuentes puntuales (49.6%) y fuentes de área (50.4%).

El elemento plomo tiene un aporte nulo en ambos tipos de fuentes, mientras que el sulfuro de hidrógeno (H₂S) corresponde en un 100% a las fuentes puntuales, específicamente el procesamiento de pescado.

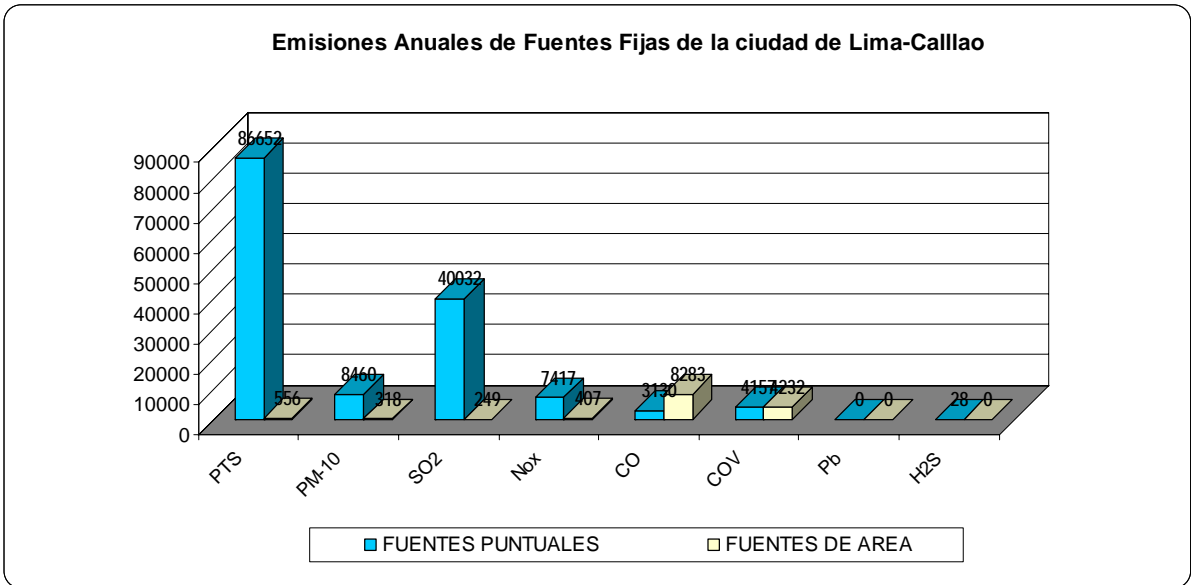
De manera general, en la ciudad de Lima-Callao las fuentes puntuales representan el mayor aporte de PTS, PM-10, SO₂, NOx y H₂S, siendo la participación de las fuentes de área menor.

Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Lima – Callao

Sector	Emisiones (Ton/año)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb	H2S
Fuentes Puntuales	86652	8460	40032	7417	3130	4157	0	28
Fuentes de Area	556	318	249	407	8283	4232	0	0
Total	87208	8778	40281	7824	11414	8389	0	28

Tabla N° 2. Inventario de Emisiones Anuales Porcentuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Lima – Callao

Sector	Emisiones (Ton/año)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb	H2S
Fuentes Puntuales	99.4	96.4	99.4	94.8	27.4	49.6	0.0	100.0
Fuentes de Area	0.6	3.6	0.6	5.2	72.6	50.4	0.0	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	100.0



5.4.2 Emisiones Desagregadas

En las Tablas siguientes se presentan los resultados desagregados para las fuentes puntuales y de área de las cinco zonas definidas como Lima Norte, Sur, Este, Ciudad y Callao.

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
DOCUMENTOS DE SUSTENTO DEL
UNIVERSO DE FUENTES FIJAS

ANEXO N° 3
MODELOS DE ENCUESTAS

BIBLIOGRAFIA

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Lima-Callao

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.