

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

RESULTADOS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE PISCO

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



ABRIL 2005

Ing. Milena León Antúnez
Profesional 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 PISCO"

Resultados del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Pisco

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 Pisco, 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.

Pisco se encuentra ubicado entre los 13°42´ - 13°44´ de latitud sur y 76°12´ - 76°13´ oeste. Al norte del departamento de Ica y sus límites son por el norte con la provincia de Chincha; este Castro Virreyña y Huaytará; sur con Ica y oeste con el océano pacífico.

Tiene una superficie total de 3,978.19 km cuadrados; para el año 2000 la densidad poblacional fue de 30.60 Hab/km².

El territorio de la provincia de Pisco se asienta sobre la cuenca del río Pisco.

Los distritos son 8; tiene 24 asentamientos humanos; 04 pueblos jóvenes y 05 centros poblados.

La provincia de Pisco según la INEI cuenta con la siguiente población:

Nº	CIUDAD	POBLACION
1	Pisco cercado	60,519
2	Huáncano	3,277
3	Humay	5,245
4	Independencia	12,250
5	San Andrés	16,000
6	San Clemente	18,500
7	Tupac Amaru Inca	12,000
8	Paracas	1,950
	Población Total	129,741

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 emplearon las metodologías indicadas 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.
- *Emisiones evaporativas de Tolueno, Benceno y Gasolina*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

En el caso de una industria del rubro de producción de metales, reportó sus emisiones con la cual se trabajó.

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
- Fuentes de Area : sector doméstico, comercial y de servicios

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, siderurgia, Agro Industria 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 Pisco, las categorías de fuentes existentes en el ámbito geográfico delimitado son las siguientes:

Estas totalizan dos categorías de fuentes puntuales y ocho categorías de fuentes de área.

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de fuente
1	Actividades de la industria alimentaria	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	Puntuales
2		Plantas procesadoras de flor de Marigol	Agro Industria	Puntuales
3	Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderurgia	Puntuales
4	Producción de metales	Fundición	FUNSUR	Puntuales
5	Pérdida evapotariva por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminales	Puntuales
6		Industria Textil	Textilería	Puntuales
7	Industria del cuero	Industria de Cuero y Pieles	Curtiembre	Puntuales
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	Pollerías	Area
9		Restaurantes	Restaurantes	Area
10		Fabrica de productos de panadería	Panadería	Area
11	Pérdida evapotariva por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
12	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	Carpintería	Area
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Actividades de impresión	Imprenta	Area
14		Talleres automotrices	Talleres automotrices	Area

5.2 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Pisco fue definido para el caso de las fuentes puntuales en función a información proporcionada por la municipalidad de la ciudad de Pisco, así como al conocimiento e identificación de las grandes fuentes existentes en la zona.

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

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades de la industria alimentaria	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	8
2		Plantas procesadoras de flor de Marigol	Agro Industria	3
3	Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderurgia	1
4	Producción de metales	Fundición	FUNSUR	1
5	Pérdida evaporativa por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminales	1
6		Industria Textil	Textilería	3
7	Industria del cuero	Industria de Cuero y Pieles	Curtiembre	1
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	Pollerías	23
9		Restaurantes	Restaurantes	78
10		Fabrica de productos de panadería	Panadería	31
11	Pérdida evaporativa por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	19
12	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	Carpintería	20
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Actividades de impresión	Imprenta	10
14		Talleres automotrices	Talleres automotrices	50

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.

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

CALCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA:

$$n_0 = \frac{Z^2_{(1-\alpha/2)} \times \rho \times q}{\xi^2} \quad \dots\dots (1)$$

donde:

Nivel de Significancia:	$(1 - \alpha)$	=	95%	
Error Relativo:	ξ	=	5%	0.05
$Z^2_{(1-\alpha/2)}$	=	1.96		
P = proporción =	0.5	entonces;	q = 1-p =	0.5

Entonces, reemplazando en (1):

$$n_0 = \frac{Z^2_{1,(1.96)} \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

REGLA DE DECISIÓN:

$$\frac{n_0}{N} < 0.05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0.05 \Rightarrow n = n \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 1.77 > 0.05$$

Entonces : $n = 138.78$

Redondeo: $n = 139$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 139 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación de la cuenca.

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 Pisco un total de 7053 Ton/año, a consecuencia del aporte de los procesos de combustión desarrollados en las fuentes Puntuales.

Al igual que las PTS, el dióxido de azufre (SO₂) es producto de las fuentes puntuales, emitiéndose 6209 Ton/año.

El monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), son los el tercer y cuarto mayor emisión en la cuenca atmosférica emitiendo se 3604 y 3554 Ton/año respectivamente, producidas por las fuentes de área.

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

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	SO ₂	NO _x	CO	COV	H ₂ S	Pb
Fuentes Puntuales	7049	6182	1881	609	191	33	0
Fuentes de Area	5	26	248	2995	3364	0	0
Total	7053	6209	2129	3604	3554	33	0

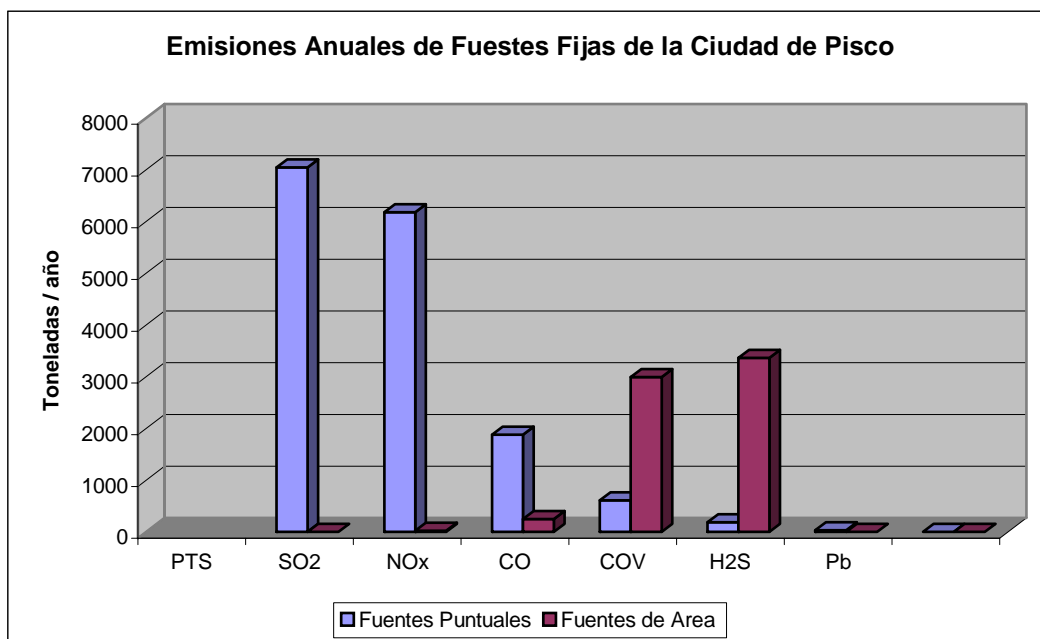


Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Pisco

Sector	%						
	PTS	SO2	NOx	CO	COV	H2S	Pb
Fuentes Puntuales	100	100	88	17	5	100	0
Fuentes de Area	0	0	12	83	95	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100

En la Tabla N° 3 se muestra el inventario de fuentes fijas desagregado para la cuenca atmosférica de Pisco, evidenciándose que los principales contribuyentes de PTS corresponden a la Industria siderurgica y industria de harina y conserva de pescado, que en su conjunto emiten 5786 Ton/año (82%).

Asimismo, el mayor aporte de SO2 corresponde a la Industria siderurgica y industria de harina y conserva de pescado, siendo 5160 Ton/año, que representa el 81% del total de emisiones de SO2 de la cuenca.

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

	Estrato	Descripción	Tipo de Fuente	TM/año						
				PTS	SO2	NOX	CO	COV	H2S	Pb
1	Actividades de la industria alimentaria	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	1905	3713	384	42	8	33	0
2		Plantas procesadoras de flor de Marigol	Agro Industria	1156	31	689	536	87	0	0
3	Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderúrgia	3882	1448	786	29	6	0	0
4	Produccion de metales	Fundición	FUNSUR	71	964	0	0	0	0	0
5	Pérdida evaporativa por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminales	0	0	0	0	88	0	0
6		Industria Textil	Textileria	35	25	22	2	2	0	0
7	Industria del cuero	Industria de Cuero y Pieles	Curtiembre	<1	2	<1	<1	0	0	0
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	Pollerías	1	<1	1	10	0	0	0
9		Restaurantes	Restaurantes	<1	21	246	2974	981	0	<1
10		Fabrica de productos de panadería	Panadería	2	5	2	11	4	0	0
11	Pérdida evaporativa por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	0	0	0	0	67	0	0
12	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	Carpinteria	2	0	0	0	0	0	0
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Actividades de impresión	Imprenta	0	0	0	0	2312	0	
14		Talleres automotrices	Talleres automotrices	0	0	0	0	16519	0	0
TOTAL				7053	6209	2129	3604	3554	33	0
Fuentes Puntuales				7048	6182	1880	609	191	33	0
Fuentes de Area				4	26	248	2995	3364	0	0

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

	Estrato	Descripción	Tipo de Fuente	%						
				PTS	SO2	NOX	CO	COV	H2S	Pb
1	Actividades de la industria alimentaria	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	27.01	59.80	18.02	1.17	0.24	100.00	0.00
2		Plantas procesadoras de flor de Marigol	Agro Industria	16.39	0.51	32.36	14.86	2.44	0.00	0.00
3	Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderúrgia	55.04	23.31	36.92	0.82	0.16	0.00	0.00
4	Produccion de metales	Fundición	FUNSUR	1.01	15.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Pérdida evapotariva por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminales	0.00	0.00	0.00	0.00	2.46	0.00	0.00
6		Industria Textil	Textileria	0.49	0.40	1.03	0.06	0.06	0.00	0.00
7	Industria del cuero	Industria de Cuero y Pieles	Curtiembre	<0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	Pollerías	<0.05	0.00	0.04	0.28	0.00	0.00	0.00
9		Restaurantes	Restaurantes	0.00	0.34	11.55	82.52	27.60	0.00	100.00
10		Fabrica de productos de panadería	Panadería	<0.05	0.08	0.07	0.30	0.10	0.00	0.00
11	Pérdida evapotariva por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
12	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	Carpinteria	<0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Actividades de impresión	Imprenta	0.00	0.00	0.00	0.00	32.77	0.00	0.00
14		Talleres automotrices	Talleres automotrices	0.00	0.00	0.00	0.00	464.76	0.00	0.00
TOTAL				99.94	100.00	100.00	100.00	66.80	100.00	100.00
Fuentes Puntuales				99.93	99.57	88.34	16.90	5.37	100.00	0.00
Fuentes de Area				0.00	0.43	11.66	83.10	61.43	0.00	100.00

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, refinерías, industrias de alimentos y otros.

Fuente 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.

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

Categoría de Fuente	Código CIU	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 CIU (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 CIU	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
MODELOS DE ENCUESTAS

BIBLIOGRAFIA

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

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.