

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

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

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 IQUITOS"

INDICE

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

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	02
5. PROCEDIMIENTO	03
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	03
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	04
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	07
5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area	10
5.5 Estimación de Emisiones	11
5.5.1 Emisiones Anuales	11
5.5.2 Emisiones por Contaminante	17
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	23
6. CONCLUSIONES	26
ANEXOS	

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

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.

La integración del inventario de emisiones tiene como propósito 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.

2. Objetivo

Elaborar el primer inventario local de emisiones procedentes de fuentes fijas de la cuenca atmosférica de la ciudad de Iquitos, como 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.

La cuenca atmosférica de la ciudad de Iquitos comprende los distritos de Punchana, Iquitos, Belén y San Juan.

La población de los cuatro distrito que pertenecen a la cuenca atmosférica es 420644 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 expresado 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.
- *Emisiones evaporativas de Tolueno, Benceno y Gasolina*
Factores de Emisión del Source Code Clasificación – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

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 Aserradero, Generadores de energía eléctrica, Triplayeras 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, pollerías, grifos y otros.

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

N°	Estrato	Descripción	Tipo de Fuente
1	Actividades de Industriales de transformación de madera	Triplayeras	Puntual
2		Aserradero	Puntual
3	Actividades de generación eléctrica	Electro Oriente	Puntual
4	Actividad Industrial de Transformación Química	Refinería	Puntual
5	Actividades institucionales que realizan combustión	Hospitales y Clínicas	Puntual
6	Actividad industrial de acondicionamiento	Planta de manipulación de Asfalto	Puntual
7	Actividad de extracción de recursos naturales	Canteras de Arena	Puntual
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Panaderías	Área
9		Pollerías	Área
10		Parrilladas familiares	Área
11		Ladrilleras	Área
12	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Grifos	Área
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres de Mecánica	Área
14	Carpintería y actividades relacionadas	Carpintería	Área
15	Actividades productivas de molinería	Piladoras - Molinos	Área

Estas totalizan 7 categorías de fuentes puntuales y 8 categorías de fuentes de área.

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

Entre las fuentes puntuales identificadas en la ciudad de Iquitos, se tienen cuatro rubros principales: Refinería, triplayeras y Aserraderos, cuyas características principales de producción son las siguientes:

Refinería

La Refinería Iquitos se encuentra localizada en la margen izquierda del Río Amazonas a 14 km. de la ciudad de Iquitos, provincia de Maynas, Departamento de Loreto. Tiene una capacidad de procesamiento de 10.5 MBD de petróleo crudo.

La Refinería Iquitos cubre la demanda de combustibles de los departamentos de Loreto, San Martín y parte de Ucayali, incluso la de algunos poblados fronterizos como Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil).

Cuenta con un complejo industrial donde cuentan con:

- Una Unidad de Destilación Primaria.
- Una Unidad de Tratamiento de Gasolina.
- Una Unidad de Tratamiento de Kerosene.
- Muelles para descarga de crudo, carga de residuales, carga de productos, descarga de nafta craqueada y gasolina natural.

Esta unidad es la encargada de transformar el crudo liviano en una serie de subproductos tales como: gas, nafta liviana, nafta pesada, queroseno, diesel, gasóleo y bunker. Para realizar esto se utiliza como medio de separación el proceso de destilación, el cual consiste en separar los compuestos químicos existentes en el crudo por medio de sus diferentes puntos de ebullición, proceso que es realizado a una presión determinada. La destilación en esta unidad es llevada a cabo en una torre de destilación que trabaja a una presión muy cercana a la atmosférica y por esto el nombre de la unidad.

El proceso que lleva el crudo desde que entra a la unidad de destilación, consiste en calentarse gradualmente por medio de una serie de intercambiadores de calor, luego pasa a un proceso conocido como desalinización el cual consiste en eliminarle una serie de impurezas que resultan muy dañinas para la metalurgia, las cuales si no se eliminan serian muy perjudiciales al promover la formación de focos de corrosión en los diferentes equipos. Una vez que el crudo a sido desalado pasa a una segunda etapa de intercambiadores de calor con el fin de seguir subiendo su temperatura hasta llegar a una primera torre de destilación, conocida como de despunte o preflash, en este equipo se logra despojar al crudo de la nafta liviana y de ciertos gases, el proceso continua y el resto del crudo (crudo sin nafta liviana) adquiere una temperatura mayor en un horno especial para tal fin. Una vez que el crudo alcanza una temperatura cercana a los 350 °C pasa a una segunda torre (torre de destilación atmosférica), donde se logra separar en el resto de los componentes, que seguirán otros procesos en etapas posteriores de refinación.

Electro Oriente

La empresa generadora eléctrica tiene una área de influencia de Loreto (Iquitos, nauta, Caballo cocha, Requena, Contamana), San Martín (Tarapoto, Moyobamaba, Bellavista y Yurimaguas), para lo cual consume 4450 Ton/año de petróleo residual y 34729 Ton/año de Residual 6, estos consumos anuales generan emisiones de dióxido de azufre.

Triplayeras

En la cuenca atmosférica existen tres triplayeras, producción de transformación de la madera, las emisiones son producto del corte y la combustión de madera para la generación de energía necesaria para los procesos de producción.

El proceso consiste en cortar delgadas láminas de enchapado de madera de los troncos sobre un torno rotatorio. Luego se seca el enchapado y finalmente se unen las láminas con adhesivos estructurales.

Se genera residuos de madera cortada producto del corte, generándose 22. 18 m³ de aserrín, adicionalmente se genera trozos de madera los cuales son utilizados en las calderas, quemado se 13003 TM/Año.

Aserraderos

En la cuenta existen 27 aserraderos donde se realiza actividades industriales de transformación de madera donde se corta o troza la madera con la finalidad.

El proceso de aserrado comienza con la clasificación automática de los trozos según su diámetro, a fin de asegurar un mayor rendimiento en las líneas de aserrío.

Dependiendo de las demandas de los productos (vigas, tablas) y las características de cada trozo, de acuerdo a las especificaciones requeridas por los mercados.

En los aserraderos se procesan 154,280 pt/día de madera el cual asciende a 79,729.2 TM/año.

La energía requerida para el aserrado es energía eléctrica.

Calderas de Hospitales y Clínicas

En la cuenca se encuentra cuatro establecimiento de salud que utilizan calderos, los cuales existe combustión de combustibles específicamente Diesel 2.

Rubro	Razón Social	Consumo(Galones/año)
Hospital	Apoyo Iquitos	14600
Hospital	III de Iquitos "EsSalud"	16425
Clínica	Adventista Ana Sthal	21900
Hospital	Regional Felipe S. Arriola Iglesias	14600

Planta de manipulación de Asfalto

El Ministerio Transporte y Comunicaciones tienen una planta de manipulación del Asfalto ubicada en km 10 Carretera Iq.-Nauta, en la cual tiene un consumo de 365000 galones al año de petróleo.

Restaurante - Pollerías

En la cuenta se cuanta con un universo de 98 establecimiento de restaurantes – pollerías siendo un 68.6% de pollerías, donde las encuestas determinan un uso predominante (96%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías. La producción promedio es de 72623 Toneladas/año. De pollo, para el cual se consumé 195 Toneladas/año de carbón.

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

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón vegetal	96	7.5
Leña	4	24

Panaderías

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de la leña como combustible, seguido del kerosene y mínimamente el petróleo, según los porcentajes y consumos que se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	93	38.4
Diesel 2	16.4	3.7
Kerosene	21	0.08

Ladrilleras

En la cuenca se existen 36 ladrilleras, estas fuentes son consideradas como fuente puntuales, tomado como muestra 12 ladrilleras, dichas ladrilleras presentan un consumo de leña y petróleo los cuales se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	100	2001
Diesel 2	25	4.2

Se debe mencionar que las ladrilleras que consumen petróleo también queman leña.

Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Iquitos fue definido en base a información proporcionada por:

- La Dirección Regional de Industria.
- Dirección Regional de Energía y Minas.

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

N°	Estrato	Descripción	Tipo de Fuente	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades de Industriales de transformación de madera	Triplayeras	Puntual	3
2		Aserradero	Puntual	27
3	Actividades de generación eléctrica	Electro Oriente	Puntual	1
4	Actividad Industrial de Transformación	Refinería	Puntual	1
5	Actividades institucionales que realizan combustión	Calderos de Hospitales	Puntual	7
6	Actividad industrial de acondicionamiento	Planta de manipulación de Asfalto	Puntual	1
7	Actividad de extracción de recursos naturales	Canteras de Arena	Puntual	6
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Panaderías	Área	171
9		Restaurante - Pollerías	Área	98
10		Parrilladas familiares	Área	100
11		Ladrilleras	Área	36
12	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Grifos	Área	35
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres de Mecánica	Área	26
14	Carpintería y actividades relacionadas	Carpintería	Área	219
15	Actividades productivas de molinería	Piladoras - Molinos	Área	12
Total Fuentes Puntuales				46
Total Fuentes de Área				697
Total Fuentes Fijas				743

5.3 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Área

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.

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

Donde:

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

Entonces, reemplazando en (1):

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

$$n_0 \equiv 384.16$$

$$n_0 = 385$$

$$N = 697$$

$n_0 = 385$

REGLA DE DECISIÓN:

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

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 0.55$$

Entonces :

$$n = 248.01$$

Redondeo:

$$n = 249$$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 248 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Panaderías	61
Pollerías	40
Parrilladas familiares	36
Ladrilleras	12
Grifos	13
Talleres de Mecánica	9
Carpintería	77
Molinos	4

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. Se puede apreciar que el contaminante más abundante en peso es el dióxido de azufre (SO₂), emitiéndose a la atmósfera de la ciudad de Iquitos un total de 460049.23Ton/año, a consecuencia del importante aporte (equivalente a 99.9%) de las fuentes puntuales; en segundo lugar, los óxidos de nitrógeno (NO_x) con 22279.9Ton/año, igualmente a consecuencia de las fuentes puntuales (aportando 99.4%).

Como un tercer mayor volumen es el monóxido de carbono (CO) con 15346Ton/año, siendo el 63% producto de las fuentes de área emitidos de por procesos de combustión, de igual manera el compuestos orgánicos volátiles (COV) y las partículas totales en suspensión (PTS) son aportantes de las fuentes de área os cuales se emiten en 5363.12Ton/año y 1765.68 Ton/año, estos aportes son en un orden de 76 y 58% respectivamente por cada contaminante.

De las 15346Ton/año de partículas totales en suspensión (PTS), aproximadamente el 86.6% corresponde a partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10).

De manera general, en la ciudad de Iquitos las 46 fuentes puntuales representan el mayor aporte de SO₂ y NO_x, para los demás contaminantes como son CO, COV PTS y PM 10, los aportantes en mayor proporción son las fuentes de área.

Tabla N° 01 Inventario de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Iquitos

Sector	Emisiones (Ton/año)					
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV
Fuentes Puntuales	266	215	3006	340	202	380
Fuentes de Area	1033	863	18	112	9692	4087
Total	1298	1078	3023	452	9893	4467

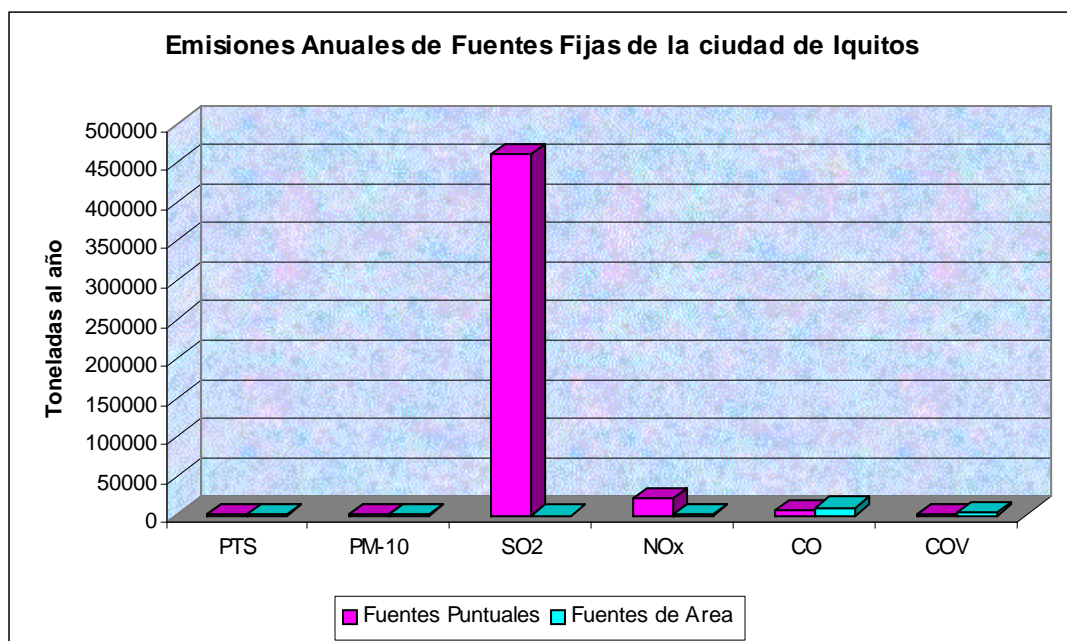


Tabla N° 02: Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Iquitos

Sector	%					
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV
Fuentes Puntuales	20	20	99	75	2	9
Fuentes de Area	80	80	1	25	98	91
Total	100	100	100	100	100	100

En la Tabla N°03 se muestra el inventario de fuentes fijas desagregado para la cuenca atmosférica de Iquitos, evidenciándose que el mayor aporte de SO₂ corresponde al rubro de Actividad Industrial de Transformación, constituido por una industria de refinación de petróleo clasificadas como fuentes puntuales, alcanzando un total 457474 Ton/año, que representa el 99.9% del total de emisiones de SO₂ en la cuenca.

Tabla N°03 Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Iquitos (desagregado)

Estrato	Descripción	Emisión (Ton/año)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales								
Actividades de Industriales de transformación de madera	Triplayeras	59	35	< 1	4	169	11	0
	Aserradero	15	9	0	0	0	0	0
Actividades de generación eléctrica	Electro Oriente	176	168	2520	308	25	5	0
Actividad Industrial de Transformación	Refinería	< 1	< 1	457	22	5	365	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Hospitales y Clínicas	1	1	4	2	< 1	< 1	0
Actividad industrial de acondicionamiento	Planta de manipulación de Asfalto	< 1	< 1	24	4	2	< 1	0
Actividad de extracción de recursos naturales	Canteras de Arena	14	2	0	0	0	0	0

Estrato	Descripción	Emisión (Ton/año)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes de Area								
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Panaderías	94	83	4	9	880	289	0
	Pollerías	25	24	< 1	18	412	5	0
	Parrilladas familiares	< 1	< 1	< 1	< 1	10	< 1	0
	Ladrilleras	841	755	14	102	5106	2583	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Grifos	0	0	0	0	0	70	0
Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres de Mecánica	0	0	0	0	0	910	0
Carpintería y actividades relacionadas	Carpintería	5	0	0	0	0	60	0
Actividades productivas de molinería	Piladoras - Molinos	9	1	0	0	0	0	0

Tabla N°04 Emisiones Porcentuales de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Iquitos (desagregado)

N°	Estrato	Descripción	Tipo de Fuente	%					
				PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV
1	Actividades de Industriales de transformación de madera	Triplayeras	Puntual	4.53	3.22		0.98	1.71	0.25
2		Aserradero	Puntual	1.15	0.80				
3	Actividades de generación eléctrica	Electro Oriente	Puntual	13.52	15.55	83.35	68.17	0.26	0.10
4		Refinería	Puntual	<0.05	<0.05	15.13	4.83	0.06	8.16
5	Actividades institucionales que realizan combustión	Hospitales y Clínicas	Puntual	0.08	0.10		0.34		
6	Actividad industrial de acondicionamiento	Planta de manipulación de Asfalto	Puntual	<0.05	<0.05	0.78	0.96	0.02	
7	Actividad de extracción de recursos naturales	Canteras de Arena	Puntual	1.10	0.20				
8	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Panaderías	Área	7.11	7.67	0.14	1.97	8.69	6.32
9		Pollerías	Área	1.94	2.21	<0.05	3.96	4.17	0.12
10		Parrilladas familiares	Área	<0.05	<0.05			0.10	
11		Ladrilleras	Área	69.42	70.01	0.45	18.71	85.00	61.85
12	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Grifos	Área						1.57
13	Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres de Mecánica	Área						20.28
14	Carpintería y actividades relacionadas	Carpintería	Área	0.36					1.35
15	Actividades productivas de molinería	Piladoras - Molinos	Área	0.67	0.12				

5.4.2 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

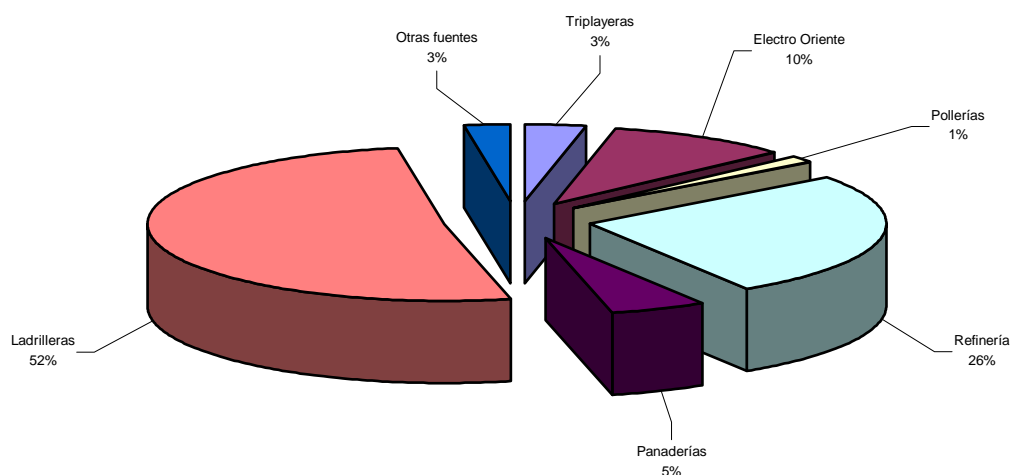
Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas totales, se identificó que en la cuenca atmosférica de Iquitos este contaminante es mayoritariamente emitido por una categoría de fuentes de área, las que son 36 ladrilleras ubicadas en la toda la cuenca atmosférica.

La emisión de este estrato aporta el 51.04 % (901.27 Ton/año), emitidas de las 36 ladrilleras, producto de la quema de leña y petróleo.

El segundo mayor aportante es la actividad de generación eléctrica, emitiendo el 15.50 % (175 Ton/año) producto del proceso de combustión.

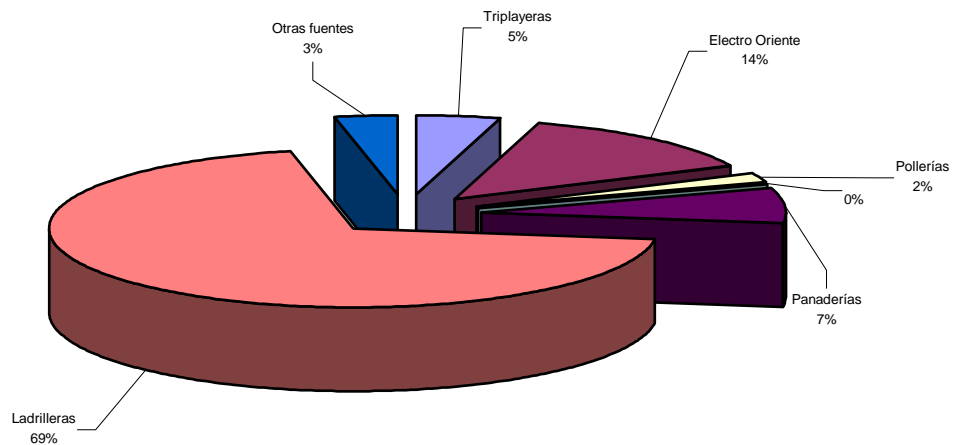
Entre las siguientes más representativas se encuentra las panaderías con 5%, triplayeras 3%, pollerías con un 1% y el 3% otras fuentes (Hospitales y Clínicas, Canteras de Arena, Molinos, Planta de manipulación de Asfalto, Parrilladas familiares, Carpintería y Aserradero) las son menos del 1% por cada estrato.

Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente



De igual forma, en el caso de las partículas en suspensión menores a 10 micras, se tiene que las categorías de fuentes de área mencionadas aportan el 50% del total emitido en la cuenca que corresponde a 755 Ton/año, siendo la distribución de manera similar a las PTS, 29% Electro Oriente, 5% panaderías, 2% Pollerías, 2% Triplayeras y 1% otras fuentes (Hospitales y Clínicas, Canteras de Arena, Molinos, Planta de manipulación de Asfalto, Parrilladas familiares, Carpintería y Aserradero)

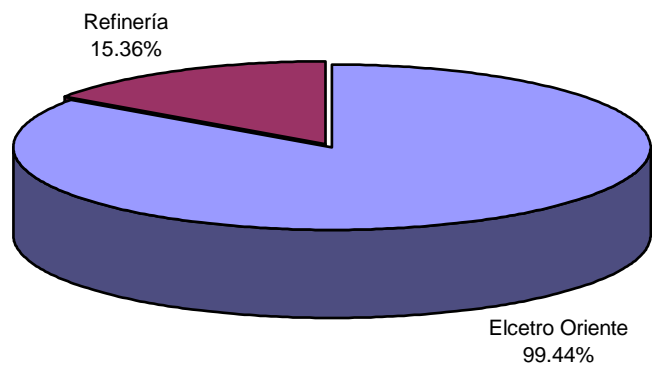
Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente



Dióxido de Azufre

En relación al contaminante dióxido de azufre, se tiene una emisión mayoritaria de 99.44% proveniente de la combustión, clasificada como fuente puntual. Este aporte porcentual representa 2520 Ton/año emitidas por una la combustión de R6 y Diesel 2, requeridos para su proceso productivo.

Distribución Porcentual de SO₂ por Tipo de Fuente

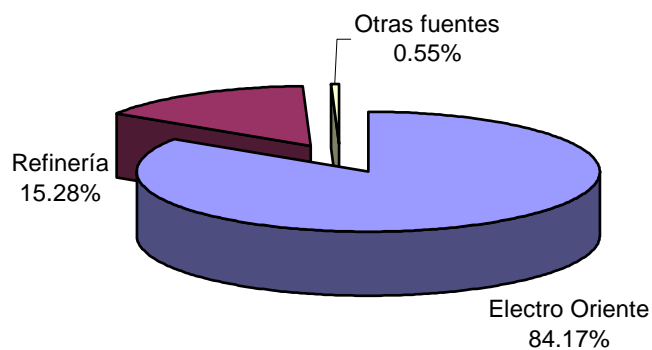


Oxidos de Nitrógeno

El máximo aporte de óxidos de nitrógeno, al igual que para el caso del dióxido de azufre, corresponde a Electro Oriente, representando el 84.17% de las emisiones totales en la cuenca atmosférica de Iquitos. Este porcentaje significa 307 Ton/año, y se genera en la combustión de R6 y Diesel 2.

El segundo aportante son las actividades de refinación con 15.28 % (21 Ton/año), y el 0.55% de aporte por parte de otras fuentes (Planta de manipulación de Asfalto, calderos de Hospitales y clínicas, y triplayeras), que aportan 45.90 Ton/año.

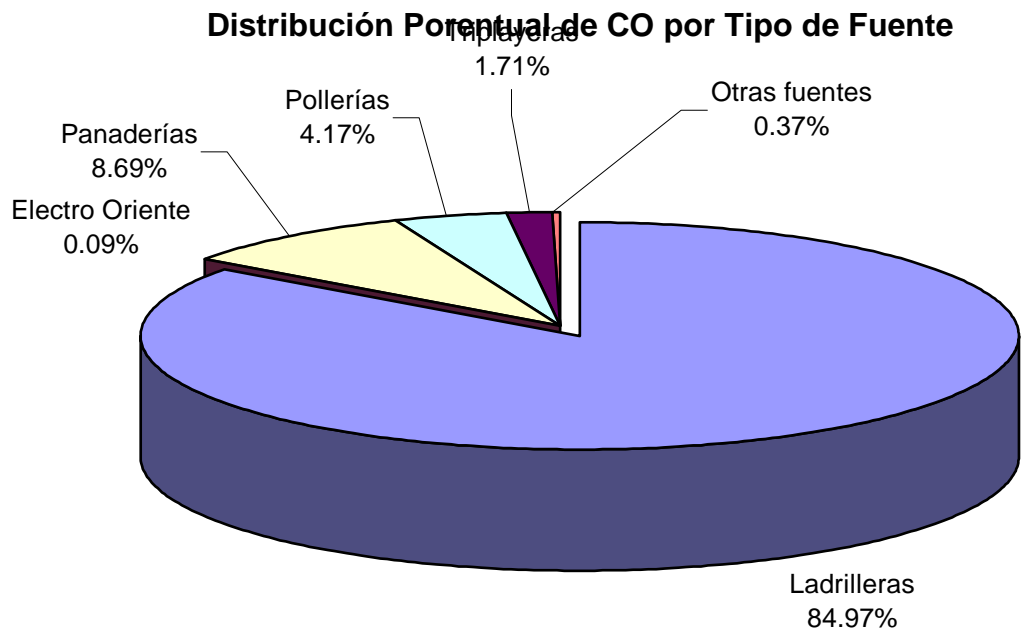
Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente



Monóxido de Carbono

A diferencia de los contaminantes descritos anteriormente, la emisión de monóxido de carbono es consecuencia principalmente del aporte de las fuentes de área por actividades de combustión. Así, las ladrilleras representan el 54.8 % de las emisiones totales, por la combustión de leña cuyo factor alcanza 140 Kg/ton.

Otras de las fuentes significativas son las panaderías con un 5.60% (860 Ton/año), Pollerías con 2.69% (412 Ton/año), triplayeras con 1.1 % (169 Ton/año) y otras fuentes con 0.24% (37 Ton/año). (Electro Oriente, carderos de hospitales y clínicas, Planta de manipulación de Asfalto y Parrilladas familiares)



Compuestos Orgánicos Volátiles

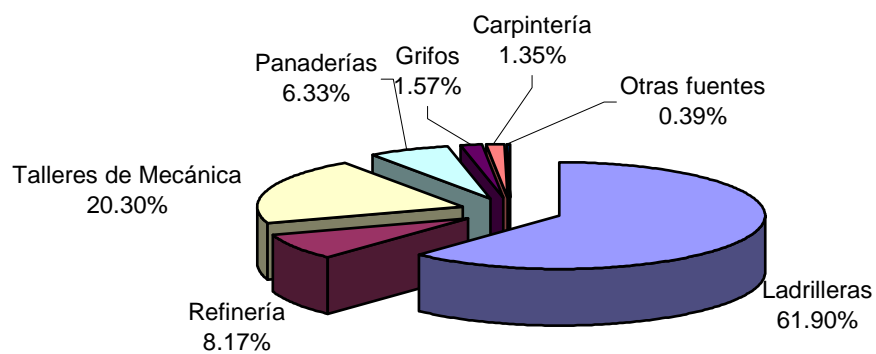
Tal como se indicó para el caso del CO, las emisiones de COV corresponden principalmente a las fuentes de área, siendo predominante en las ladrilleras con 2763 486 Ton/año.

En segundo lugar, con un 20.30% de aporte de los talleres mecánicos, donde se utiliza productos diluyentes de pinturas y lacas.

Entre otras aportante se tiene a las panaderías con 5.27 % (282 Ton/año), Grifos 1.30% (69.9 Ton/año), Carpinterías 1.12 % (60 Ton/año), y menos significativas se encuentran en la categoría de Otras Fuentes (Electro Oriente, carteros de hospitales y clínicas, Planta de manipulación de Asfalto, triplayeras, pollerías y Parrilladas familiares) que emiten 21.09 Ton/año.

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

Distribución Porcentual de COV por tipo de Fuente



Plomo

No se llegó a identificar aportantes de plomo en la cuenca atmosférica de la ciudad de Iquitos.

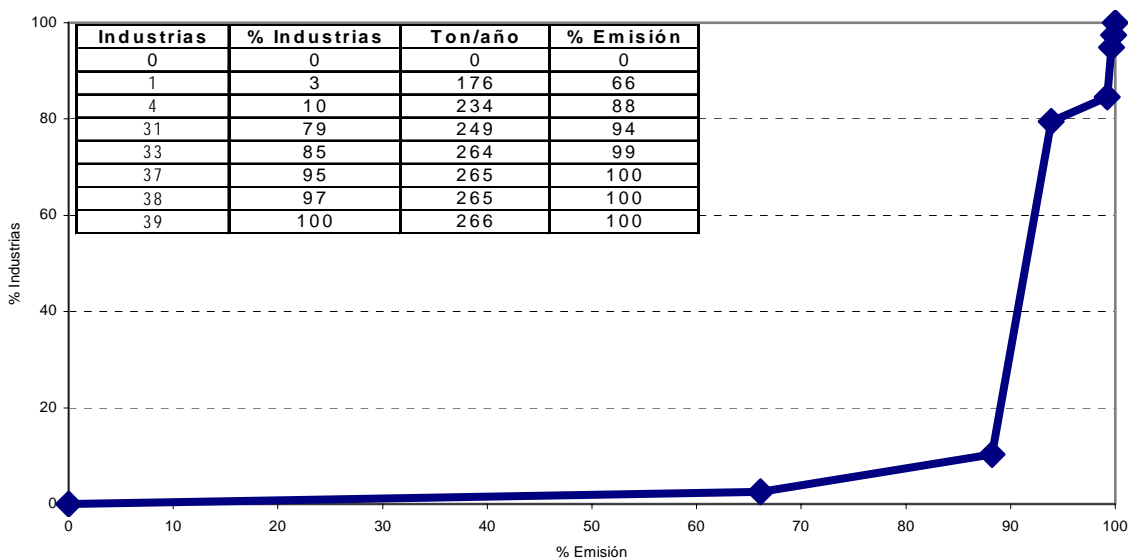
Cabe señalar que la emisión de plomo se encuentra asociada a la combustión de aceite lubricante residual.

5.4.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más contaminantes

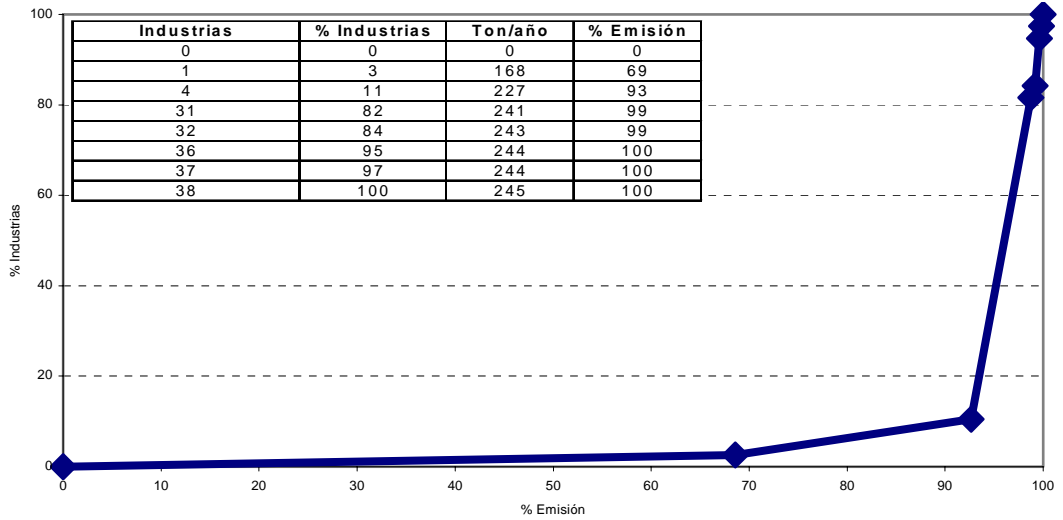
En las siguientes gráficas se hace un análisis del número de industrias (fuentes puntuales) que contribuyen significativamente a la emisión de cada uno de los contaminantes criterios evaluados en la cuenca atmosférica de Iquitos.

En la Gráfica se aprecia que en la emisión de PTS para la cuenca atmosférica de Iquitos, el 3% de las industrias (01) contribuyen con el 66%, así mismo el 10% de las industrias (04) contribuyen 88% de las emisiones de este contaminante; sin embargo, se debe indicar que de acuerdo a lo señalado en el acápite 5.5.1, las fuentes puntuales en relación a este contaminante representan sólo el 42%, mientras el 58% son emitidas por las fuentes de área donde también se deberá de considerar como significativas. Y de esta manera las medidas a adoptarse se debe estar también datas para las fuentes de área.

Número de Industrias más emisoras de PTS



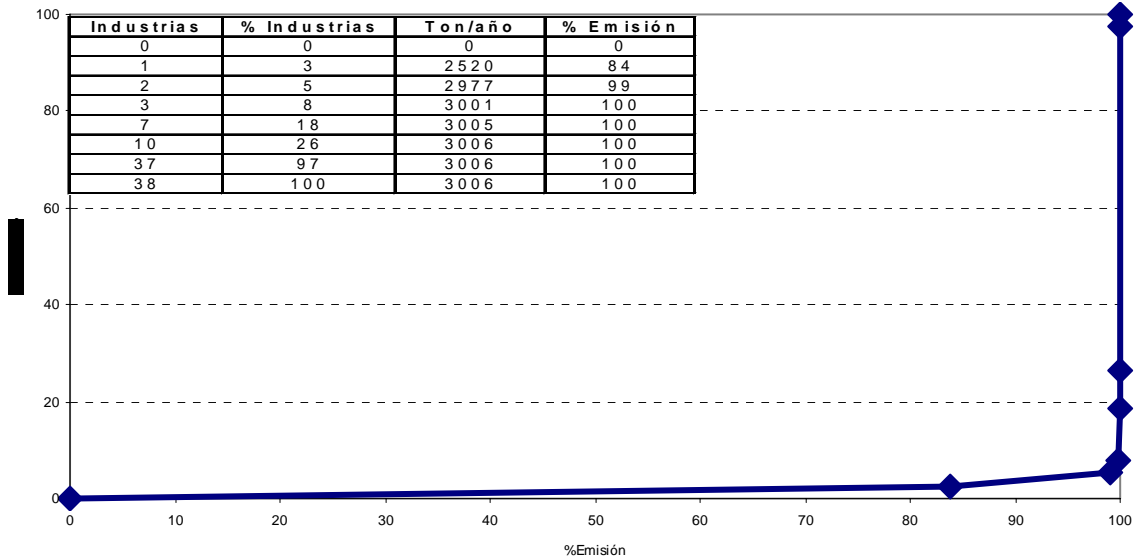
Número de Industrias más emisoras de PM-10



De manera similar, para el PM-10 se tiene que el 3% de las industrias (01) contribuyen con el 69%, así mismo el 11% de las industrias (04) contribuyen 93% de las emisiones de este contaminante

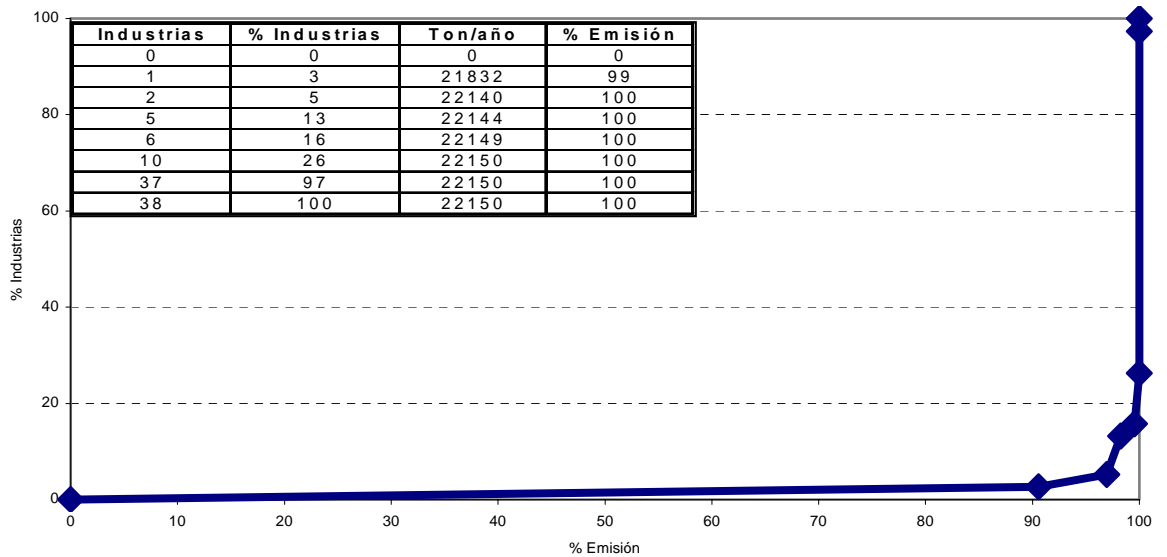
Para el caso del SO₂, el Gráfico es muy determinante y muestra que el 3% de la emisión de este gas se concentra en el 84% de las industrias la cual es una industria, el 5% de industrias representada por 5 industrias son las que generan el 100% de emisiones de SO₂. Con esta representación es determina que las actividades de gestión de mejora para disminuir las emisiones.

Número de Industrias más emisoras de SO2



Al igual SO2, para las emisiones de NOx, se puede apreciar que el 99% de emisiones es desarrollada por una industria y 100 de emisión por dos industrias.

Número de Industrias más emisoras de NOx



6. Conclusiones

La elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Iquitos ha permitido establecer las conclusiones siguientes:

- 6.1 La cuenca atmosférica de Iquitos sólo cuenta con treinta y ocho fuentes puntuales siendo el de mayor aporte es la actividad de generación eléctrica, , la segunda fuente puntual de mayor importancia es la actividad de refinación de petróleo; siendo los mayores portantes de SO₂ y NO_x.
- 6.2 Las mayores emisiones de compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono orgánico volátil y partículas totales en suspensión, corresponden a las fuentes de área.
- 6.3 El contaminante mayormente emitido en la cuenca atmosférica de Iquitos es el SO₂, producto e la combustión de combustibles (Residual 6 y Diesel₂).
- 6.4 El NO_x es el segundo mayor emitid, al igual que el SO₂, producto de combustión de combustibles
- 6.5 La mayor emisión de PTS se generan en las fuentes de área, producidas por la combustión de leña y petróleo en los hornos de las ladrilleras.
- 6.6 Las emisiones de material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras, de importancia para la salud dada su facilidad para ingresar al sistema respiratorio humano, representan aproximadamente el 80% de las emisiones totales del particulado en la cuenca atmosférica de Iquitos.
- 6.7 El principal aporte de compuestos orgánicos volátiles es debido la combustión de leña en las ladrilleras.
- 6.8 Las emisiones de plomo se encuentran asociadas al empleo de aceite lubricante residual como combustible, las que no se llegaron a encontrar en las fuentes.

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 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
BASE DE DATOS DE FUENTES FIJAS

ANEXO N° 3
MODELOS DE ENCUESTAS

BIBLIOGRAFIA

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

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.