

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL  
DIGESA**

**Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del  
Ambiente - DEEPA**

**INVENTARIO DE EMISIONES  
CUENCA ATMOSFERICA DE  
LA CIUDAD DE AREQUIPA**



**NOVIEMBRE, 2005**

**INDICE**  
**Inventario de Emisiones de la**  
**Cuenca Atmosférica de la ciudad de Arequipa**

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	03
4.1 Consideraciones específicas en Fuentes Fijas	03
4.2 Consideraciones específicas en Fuentes Móviles	04
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.1.1 Fuentes Fijas	05
5.1.2 Fuentes Móviles	06
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	06
5.2.1 Fuentes Fijas	07
5.2.2 Fuentes Móviles	15
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	19
5.3.1 Fuentes Fijas	19
5.3.2 Fuentes Móviles	21
5.4 Determinación del Tamaño Muestral	22
5.4.1 Fuentes Fijas de Area	22
5.4.2 Fuentes Móviles	23
5.5 Estimación de Emisiones	24
5.5.1 Emisiones Anuales	24
5.5.2 Emisiones por Contaminante	34
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	43
6. CONCLUSIONES	46
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

# **Inventario de Emisiones de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Arequipa**

## **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.

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.

Este primer inventario de emisiones a nivel local elaborado con la participación interinstitucional a través de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Aire – Gesta's Zonales, incorpora tanto las emisiones procedentes de fuentes fijas (puntuales y de área) como móviles referidas a la cuenca atmosférica delimitada en cada una de las trece Zonas de Atención Prioritaria del país, según lo establece el D.S. N° 074-2001-PCM.

Es importante indicar que la elaboración de inventarios de emisiones constituye un proceso complejo y de constante actualización, por lo tanto es "dinámico". Los resultados que forman parte del presente documento reflejan la situación existente al año 2000.

## 2. Objetivo

Elaborar el Primer Inventario Local de Emisiones para la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa, con la finalidad de contar con información sobre la situación del aporte de contaminantes a la atmósfera de los diferentes giros industriales, sectores comerciales y de servicios, así como del sector transportes, y 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 Arequipa, el inventario de emisiones integra veintitrés distritos, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

<b>Distrito</b>	<b>Población</b>
Arequipa	95537
Alto Selva Alegre	57005
Jacobo Hunter	55216
Cayma	67541
Cerro Colorado	78487
Characato	4020
Chiguata	2367
José Luis Bustamante y Rivero	86591
Mariano Melgar	54600
Miraflores	56600
Mollebaya	879
Paucarpata	131973
Pocsi	778
Polobaya	1421
Quequeña	1162
Sabandía	3624
Sachaca	17607
Socabaya	39601
Tiabaya	18421
Uchumayo	8636
Yanahuara	19322
Yarabamba	1027
Yura	9948
<b>Total Cuenca Atmosférica</b>	<b>812363 habitantes</b>

#### **4. Metodología**

El presente inventario de emisiones tanto de fuentes fijas como móviles, 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.

##### *4.1 Consideraciones Específicas en Fuentes Fijas*

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

- *Pollerías con quema de carbón vegetal :*  
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA Nº 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control Division.

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 Classification – 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.

El detalle de los porcentajes de presencia de partículas menores a 10 micras en el total del particulado en suspensión, para cada proceso productivo, se encuentra en la Guía para Estimación de PM-10.

#### 4.2 Consideraciones Específicas en Fuentes Móviles

La metodología OMS tampoco permite determinar las emisiones de PM-10 procedentes de las fuentes móviles, por lo cual bajo el mismo concepto indicado anteriormente, se recurrió al documento siguiente:

*California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).*

En este documento se especifica la fracción de partículas en el particulado total, siendo nuestro interés el PM-10, según se indica:

<b>Componente</b>	<b>Fracción &lt; 10 micras</b>
Escape de vehículos a gasolina con catalizador, usando combustible sin plomo	0.97
Escape de vehículos a gasolina sin catalizador, usando combustible sin plomo	0.90
Vehículos Diesel	1.00

Estos porcentajes fueron aplicados a las emisiones unitarias según el tipo de vehículo.

### 5. Procedimiento

#### 5.1 Tipos de Fuentes Emisoras

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

- Fuentes Puntuales : sector industrial e institucional
- Fuentes de Area : sector comercial, de servicios y municipal
- Fuentes Móviles : automóviles, camionetas, camiones, ómnibus, remolcadores, vehículos menores

*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, refinerías, 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.

*Fuentes Móviles:* Son todos los vehículos automotores que transitan por vías de circulación como calles, carreteras, caminos y avenidas. Como ejemplo se pueden mencionar a los automóviles, camionetas pick up, vehículos de carga, autobuses y motocicletas.

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

### 5.1.1 Fuentes Fijas

<b>Nº</b>	<b>Estrato</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Tipo de Fuente</b>
1	Actividades de la industria química	Fabricación de fibra no natural	-	Puntual
2		Fabricación de pinturas y barnices	-	Puntual
3		Fabricación de jabones	-	Puntual
4		Industria papelera (recicladora)	-	Puntual
5		Industria textil	-	Puntual
6	Actividades de la industria alimentaria	Deshidratadora	-	Puntual
7		Industria cervecera	-	Puntual
8		Fabricación de productos lácteos	-	Puntual
9		Embotelladora de bebidas gaseosas	-	Puntual
10		Molinos de granos	-	Puntual
11	Actividades de la industria metálica	Fundición de acero	-	Puntual
12		Corte y laminación de acero	-	Puntual
13	Actividades de la industria no metálica	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	-	Puntual
14		Fabricación de cemento	-	Puntual
15	Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión de residuos patológicos	-	Puntual

<b>Nº</b>	<b>Estrato</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Tipo de Fuente</b>
16	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
17		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
18		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	Area
19	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
20	Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	Curtiembres	Area
21		Fabricación de productos cerámicos para la construcción	Ladrilleras artesanales	Area
22	Otras fuentes de combustión municipal	Quema de residuos municipales y domésticos	Botadero	Area

Estas totalizan 15 categorías de fuentes puntuales y 7 categorías de fuentes de área.

### 5.1.2 Fuentes Móviles

<b>Nº</b>	<b>Estrato</b>	<b>Tipo</b>
1	Automóvil	Particular y de servicio público
2	Station Wagon	Particular y de servicio público
3	Camioneta	Pick Up
4		Rural
5		Panel
6	Ómnibus	< 24 asientos
7		> 24 asientos
8	Camión	3.5 – 16 Toneladas
9		> 16 Toneladas
10	Remolcador	-
11	Remolque-Semiremolque	-
12	Vehículos Menores	2 Tiempos
13		4 Tiempos

## **5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras**

### **5.2.1 Fuentes Fijas**

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de Arequipa se caracteriza por incluir un mayor número de categorías de fuentes puntuales (15) en relación a las de área, las cuales se describen a continuación:

#### ***Fabricación de Fibra No Natural***

Sólo una empresa forma parte de esta categoría, en la cual se emplea como materia prima polyéster (1197 Ton/año) y nylon (329 Ton/año) y se desarrollan las etapas de proceso siguientes:

- Hilatura / bobinado, con el empleo de extrusores y bobinadoras
- Texturizado
- Teñido, en autoclaves
- Enconado

Los productos obtenidos en presentación de conos son 213.9 Ton/año de nylon y 782.8 Ton/año de polyéster.

Como fuente de energía se emplean calderos accionados con petróleo destilado (1850 Galones/año) y petróleo residual (172236 Galones/año).

#### ***Fabricación de Pinturas y Barnices***

A partir de 720 Ton/año de carbonato de calcio y 2 Ton/año de pigmentos, se elaboran los productos siguientes:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| - Pintura al agua | 12000 Galones/año |
| - Pintura esmalte | 36000 Galones/año |
| - Barniz          | 6000 Galones/año  |

Las etapas del proceso son: molienda, complejado (batidoras) y envasado manual.

En esta empresa se emplea como combustible el Gas Licuado de Petróleo (GLP) en un volumen de 5700 Galones/año.

#### ***Fabricación de Jabones***

La principal materia prima empleada para la elaboración de jabón en el Consorcio Industrial de Arequipa S.A. es el sebo (2176 Ton/año); además se utiliza palma, palmiste, alcohol, vaselina sólida y líquida, policloruro de vinilo, polietileno, soda cáustica y sal.

Las materias primas de base son sometidas a un proceso de fundido, blanqueado, saponificado y peletizado. Para la generación de energía necesaria se realiza la combustión de petróleo residual 500 en un volumen de 536.65 m<sup>3</sup>/año.

Es importante señalar que el proceso de fabricación de jabones no constituye una importante fuente de emisiones al aire, por lo cual para efectos del inventario sólo se consideró la emisión por combustión.

### ***Industria Papelera (recicladora)***

Se identificaron en la empresa que forma parte de este rubro (Papelera Panamericana S.A.), las actividades siguientes:

- Pulpeo de fibra, que se realiza en un tanque digestor con pileta lavadora
- Destintado, a base de sodio y con el empleo de lavador de gases como sistema de control
- Lavado, con el empleo de carbonato sódico

La producción asociada es de 5760 Ton/año de papel. Como combustible se emplea el petróleo residual 500 en un volumen de 855.3 m<sup>3</sup>/año para accionar un caldero de 10350 libras/hora de capacidad.

### ***Industria Textil***

Conforman esta categoría de emisión tres empresas Inca Tops S.A., Michell y Cía. y PROSUR, las cuales emplean como materia prima común la lana de alpaca, mientras que las dos primeras además lana de oveja. Los procesos desarrollados consisten en lavado, peinado, hilado, teñido y acabados.

Para la generación de vapor se hacen uso de calderos, cuyos consumos de combustible son los siguientes:

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Consumo de Combustible (m<sup>3</sup>/año)</b>
Inca Tops S.A.	GLP	146
	Petróleo Residual	1480
Michell y Cía. S.A.	Petróleo Residual	3264.57
PROSUR	Petróleo Residual	635.88

### ***Deshidratadora***

Referida a la empresa Deshidratadora Omniagro, la cual emplea como materias primas el brócoli, cebolla china, coliflor, cebolla roja, orégano, perejil crespo y poro, que en su conjunto alcanzan 3615014 Ton/año.

El proceso se inicia con la preparación de las materias primas, mediante el empleo de lavadoras (lineal y rotativa), para pasar luego a un túnel de liofilizado

y finalmente la selección, con el empleo de zaranda y detector de metales. Su producción alcanza 240,9 Ton/año.

Como fuente de energía utiliza dos calderos de 15 años de antigüedad, accionados con petróleo residual en un volumen de 1572.44 m<sup>3</sup>/año.

### ***Industria Cervecera***

Compañía Cervecera del Sur del Perú (CERVESUR), alcanza en su planta de Arequipa una producción de 40176 m<sup>3</sup> de cerveza por año, empleando como materia prima malta, maíz, lúpulo y agua.

Utiliza como combustible el petróleo destilado Diesel 2, alcanzando un consumo de 0.26789 gal/HL cerveza que equivale a 407.37 m<sup>3</sup>/año.

### ***Fabricación de Productos Lácteos***

Existen dos plantas de productos lácteos en la ciudad de Arequipa: Gloria S.A. y Laive S.A., cuyo proceso básico consiste en las etapas siguientes:

- Recepción de leche, en porongos y cisternas
- Evaporación, previo calentamiento, adición de vitaminas y enfriamiento
- Envasado, con el empleo de llenadoras y cerradoras
- Acondicionamiento, previa esterilización

El proceso desarrollado no implica emisiones a la atmósfera, por lo cual las fuentes de importancia lo constituyen los calderos, que en ambos casos emplean el petróleo residual como combustible, en volúmenes de 900 y 242 m<sup>3</sup>/año, para Gloria y Laive, respectivamente.

### ***Embotelladora de Bebidas Gaseosas***

Está referida a la operación de Embotelladora Latinoamericana S.A., que tiene como principal fuente de emisión la combustión del Diesel 1 en un consumo promedio anual de 356.5 m<sup>3</sup>/año.

### ***Molinos de Granos***

Esta categoría está conformada por tres empresas, cuyas características se presentan a continuación:

*Alicorp S.A.A.*

Materias Primas : Trigo, maíz (127700 Ton/año)

Producto Terminado : Fideos, galletas, harinas, balanceados en un total de 123052 Ton/año

Etapas de Proceso	:	Para la elaboración de harina se desarrollan las etapas de recepción, limpieza, molienda y envasado
Sistemas de control	:	Filtros textiles en los molinos
Combustibles	:	GLP 29450 Gal/año Diesel 2 167605 Gal/año Residual 139809 Gal/año

*Alimentos Procesados S.A.*

Materias Primas	:	Trigo, maíz, afrecho, soya, arroz (forrajero) (8198 Ton/año)
Producto Terminado	:	Harina
Etapas de Proceso	:	Recepción de materia prima, molienda, pesaje, mezclado, peletizado y almacenamiento
Sistemas de control	:	No dispone
Combustibles	:	GLP 2519 m3/año Diesel 2 8270 Gal/año Residual 4454 Gal/año

*Molino Las Mercedes S.A.C.*

Materia Prima	:	Trigo Importado (20616 Ton/año)
Producto Terminado	:	Harina
Etapas de Proceso	:	Recepción, pre-limpieza, almacenamiento en silos, primera limpieza, reposo en silos intermedios, segunda limpieza, molienda, envasado.
Sistema de control	:	No dispone
Tipo de energía	:	Eléctrica

***Fundición de Acero***

Con el empleo de varillas de cero de 8% de carbono, Moly Cop elabora bolas de acero templado con una producción de 28000 Ton/año.

Para el efecto emplea hornos de inducción electromagnética, por lo cual no requiere el uso de combustibles.

### ***Corte y Laminación de Acero***

En su Planta ubicada en la ciudad de Arequipa, Corporación Aceros Arequipa S.A. sólo desarrolla procesos de corte y laminado de acero, no fundición, empleando como materia prima palanquilla en un total de 60000 Ton/año.

Las etapas del proceso son las siguientes:

- Corte de palanquilla, con el empleo de equipos oxicorte
- Calentamiento de palanquilla (en horno)
- Laminación
- Enderezado – pulido
- Empaquetado

Su producción alcanza 58000 Ton/año.

Como combustibles utiliza el Petróleo Residual 500 con un total de 2744 Ton/año y Diesel 2, con 537.6 Ton/año.

### ***Fabricación de Productos Cerámicos para la Construcción***

Las dos fuentes correspondientes a esta categoría desarrollan las etapas de proceso siguientes:

- Arranque de materia prima, a través de un cargador frontal y cajón dosificador
- Molienda
- Extrusión, con el empleo de prensa y cortadora
- Secado
- Cocción

Las materias primas utilizadas consisten de arcilla negra, greda, diatomita, chamota, rotura cruda, arcilla blanca, tierra de chacra, arcilla café y finos, las cuales no son almacenadas en el interior de las Plantas.

En relación a los productos obtenidos se tienen los ladrillos king kong, ladrillo hueco, pandereta, pastelero y otros, que alcanzan 53957 Ton/año en Ladrilleras Unidas y 40000 Ton/año en Ladrillera El Diamante.

En Ladrilleras Unidas, existe una variedad de combustibles empleados, según se indica:

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Unidad</b>	<b>Consumo</b>
Aceite reciclado	Gal/año	23000
Petróleo Industrial 500	Gal/año	18000
Petróleo Diesel 2	Gal/año	20000
Kerosene	Gal/año	6000
Carbón (horno de fondo seco)	Ton/año	1500

Mientras que en el caso de Ladrillera El Diamante sólo se emplea el petróleo Residual 500 en un volumen de 222277 Gal/año.

### ***Fabricación de Cemento***

Para la elaboración del cemento, Cementos Yura emplea como materias primas la caliza, pizarra, óxido de fierro, yeso y puzolana, siendo la cantidad de material que ingresa al molino de bolas de 605708 Ton/año. De manera general, el proceso involucra las etapas siguientes:

- Almacenamiento del carbón (humectación)
- Silos (filtro de mangas)
- Trituración de carbón (filtro textil)
- Pulverización del carbón con sistema de inyección semidirecta
- Trituración primaria, con chancadora de cono truncado (humectación y filtro textil)
- Transporte (filtro textil)
- Horno de proceso en seco (filtro de bolsa)
- Enfriador de parrillas (multiciclones)
- Almacenamiento (pilas semiencerradas)
- Molienda de tubos / ciclo cerrado (precipitador electrostático)
- Almacenamiento en silos
- Transporte (carga)
- Empacado (filtro textil)

Se debe indicar que las toneladas de clinker obtenidas como producto intermedio del proceso alcanzan 383400 Ton/año.

El carbón empleado por Cementos Yura es de tipo importado y posee un 0.65% de azufre, siendo el consumo anual de 52670 Ton/año.

### ***Combustión de Residuos Patológicos***

Corresponde a la incineración de residuos en el Hospital General de Arequipa, y alcanza 5475 Ton/año.

Para el caso de las fuentes de área que representan siete categorías de emisión, las fuentes identificadas presentan las características siguientes:

### ***Pollerías***

Las encuestas determinan un uso exclusivo (100%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías, y sólo un 11% emplea además GLP.

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

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Carbón vegetal	100	3.9
GLP	11	0.7

### ***Panaderías***

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de la leña como combustible, conocida en Arequipa como CAPO, seguido del petróleo destilado Diesel 2, según los porcentajes y consumos que se indican a continuación:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Leña (CAPO)	96.5	10.4
Diesel 2	4.0	0.5

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce, aunque mínimamente, el uso combinado de combustibles: leña-diesel (0.5%)

### ***Saunas***

Existen en la cuenca atmosférica de Arequipa un total de 64 establecimientos dedicados al servicio de sauna. Su operación consiste en la generación de vapor con el empleo de calderos, que emplean como combustibles los siguientes:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Carbón Bituminoso	100.0	18.4
Leña	33.3	5.1

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de combustibles: carbón bituminoso-leña (33.3%).

### ***Grifos***

Existen 96 establecimientos de venta al por menor de combustibles en la cuenca atmosférica de Arequipa, los cuales expenden gasolinas de 84, 90 y 95 octanos,

así como petróleo Diesel y kerosene, sin sistema de control. Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Volumen Promedio Comercializado (Gal/mes)</b>
Gasolina 84	6489
Gasolina 90	2481
Gasolina 95	1486

Cabe señalar que para efectos de estimación de emisiones sólo se emplea la información referida a gasolinas, por lo cual no se dispone de la información referida a petróleos destilados.

### ***Curtiembres***

Se tiene un total de 60 establecimientos dedicados a la actividad de curtido de cuero a nivel artesanal, donde la principal fuente de emisión al aire es la operación de calderos, cuyos combustibles son los siguientes:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Residual 500	45.5	2.4
Carbón Bituminoso	54.5	1.0

### ***Ladrilleras Artesanales***

Además de las dos ladrilleras identificadas como fuentes puntuales en la cuenca atmosférica de Arequipa, existen 189 ladrilleras de tipo artesanal que emplean principalmente greda, cenicero y tierra como materias primas, alcanzando un producción promedio por ladrillera de 1973 Ton/año.

Los combustibles empleados en este proceso son los siguientes:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Carbón Bituminoso	80.0	27.3
Antracita	8.6	21.3
Llantas	48.6	27.8
Leña	5.7	9.3
Residual 500	5.7	21.3
Aceite lubricante residual	2.9	19.7

Se identifican además usos conjuntos de combustibles, según se indica:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>
Carbón Bituminoso / llantas	34.3
Carbón Bituminoso / leña	5.7
Carbón Bituminoso / Residual 500	2.9
Carbón Bituminoso / Aceite residual	2.9
Antracita / llantas	2.9
Antracita / Residual 500	2.9

### ***Quema de Residuos Municipales y Domésticos***

La generación de residuos municipales y domésticos que son dispuestos y quemados en un botadero de la ciudad de Arequipa, alcanzan en promedio 22810 Ton/año.

### **5.2.2 Fuentes Móviles**

La caracterización de las fuentes móviles ha sido realizada en función a la información recopilada en las encuestas de la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa, determinadas en base a un muestreo aleatorio.

#### ***Automóviles***

Existen 38403 automóviles para el año 2000 en la cuenca atmosférica de Arequipa, que representan el 52% del parque vehicular total, siendo sus características físicas las siguientes:

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Automóviles</b>
Año de Fabricación	< 1970	1
	1970 - 1980	8
	1981 - 1990	23
	1991 - 2000	69
Cilindrada	< 1400	47
	1400 - 2000	46
	> 2000	8
Tipo de Alimentación	Carburador	65
	Inyección	35

Según se aprecia, predominan los vehículos de la década del 90', con cilindraje hasta 2000 cc.

En relación a la operación de los automóviles, se tiene que en su mayoría utilizan gasolina, en las proporciones indicadas a continuación:

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Automóviles</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	5
	Gas 84	60
	Gas 90	27
	Gas 95	6.5
	Gas 97	1.5
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	27
	20 - 80 Km/día	32
	80 - 200 Km/día	29.5
	> 200 Km/día	11.5

En promedio un vehículo en la ciudad de Arequipa recorre 91 Km/día o 33129 Km/año.

### ***Station Wagon***

Este tipo de vehículos existen minoritariamente en la ciudad de Arequipa, alcanzando sólo el 7% del parque vehicular total. Sus características físicas y operativas se presentan a continuación:

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Station Wagon</b>
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	8
	1981 - 1990	42
	1991 - 2000	50
Cilindrada	< 1400	27
	1400 - 2000	62
	> 2000	12
Tipo de Alimentación	Carburador	46
	Inyección	54

Al igual que los automóviles, predominan los vehículos de la década de los 90', aunque también es significativa la presencia de los station wagon año 80'.

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Station Wagon</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	15
	Gas 84	54
	Gas 90	31
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	23
	20 - 80 Km/día	35
	80 - 200 Km/día	31
	> 200 Km/día	12

El combustible de mayor uso es la Gasolina (principalmente de 84 y 90 octanos), aunque el Diesel es empleado en un porcentaje mayor que en los automóviles (15%).

El recorrido promedio de un station wagon en Arequipa es de 98 Km/día (35826 Km/año), valor que no difiere significativamente del recorrido de un automóvil.

### **Camionetas**

Dentro de esta categoría existen tres clasificaciones:

- Camionetas Pick Up
- Camionetas Rurales
- Camionetas Panel

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Pick Up</b>	<b>% Rural</b>	<b>% Panel</b>
Año de Fabricación	< 1970	0	0	3
	1970 - 1980	8	0	9
	1981 - 1990	36	73	39
	1991 - 2000	56	27	48
Cilindrada	< 1400	0	0	9
	1400 - 2000	40	45	73
	> 2000	60	55	18

Nótese que predominan las camionetas pick up y panel de los años 90, a diferencia de las camionetas rurales que son principalmente de la década del 80'.

En el cuadro adjunto es posible identificar que las camionetas rurales emplean principalmente el Diesel como combustible (73%) y concentran sus recorridos entre 80 y más de 200 Km/día por dedicarse al transporte público.

Las camionetas pick up y panel poseen recorridos promedios de 66 y 56 Km/día, mientras que las rurales alcanzan 154 Km/día (56287 Km/año) asociado a un consumo de combustible promedio de 7 galones/día.

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Pick Up</b>	<b>% Rural</b>	<b>% Panel</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	27	73	58
	Gas 84	50	27	36
	Gas 90	23	0	3
	Gas 95	0	0	3
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	12	9	15
	20 - 80 Km/día	68	18	70
	80 - 200 Km/día	20	33	12
	> 200 Km/día	0	39	3

### **Ómnibus**

Se tienen ómnibus con menos de 24 asientos y mayores, siendo ambos tipos exclusivamente de servicio público con el empleo de Diesel 2 (100%). Sus características principales se detallan a continuación:

Categorías	Recorrido Promedio		Consumo Combustible Promedio
	Km/Día	Km/año	Gal/día
<= 24 asientos	193	70567	14
> 24 asientos	147	53728	13

### ***Camiones***

Los camiones existentes en la cuenca atmosférica de Arequipa han sido identificados principalmente como transporte de carga. Estas unidades emplean como combustible el Diesel 2 y existen dos categorías según se indica:

Categorías	Recorrido Promedio		Consumo Combustible Promedio
	Km/Día	Km/año	Gal/día
3.5 – 16 Ton	44	16060	2
> 16 Ton	122	44611	11

### ***Remolcadores***

También los remolcadores han sido identificados como transporte de carga mayoritariamente, siendo su combustible el Diesel 2. En relación a su recorrido promedio, se estima en 50 Km/día por ser el máximo que puede recorrer una unidad dentro de la cuenca atmosférica, de sur a norte y de norte a sur, aunque en realidad las distancias recorridas superan los límites de la cuenca.

### ***Vehículos Menores***

Los vehículos menores (motocicletas) pueden ser de 2 tiempos y 4 tiempos, siendo su distribución en la cuenca atmosférica la siguiente:

Vehículo Menor	%
2 Tiempos	46
4 Tiempos	54

El recorrido promedio de una moto es de 36 Km/día, siendo en su mayoría particulares. El combustible empleado en estas unidades se indica a continuación:

Combustible	%
Gasolina 84	83.3
Gasolina 90	8.3
Gasolina 95	8.3

### **5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras**

#### **5.3.1 Fuentes Fijas**

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa fue definido en base a información proporcionada por la Dirección Regional de Industria y Dirección Regional de Energía y Minas.

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

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1		Fabricación de fibra no natural	-	01
2	Actividades de la industria química	Fabricación de pinturas y barnices	-	01
3		Fabricación de jabones	-	01
4		Industria papelera (recicladora)	-	01
5		Industria textil	-	03
6		Deshidratadora	-	01
7	Actividades de la industria alimentaria	Industria cervecera	-	01
8		Fabricación de productos lácteos	-	02
9		Embotelladora de bebidas gaseosas	-	01
10		Molinos de granos	-	03
11	Actividades de la industria metálica	Fundición de acero	-	01
12		Corte y laminación de acero	-	01
13	Actividades de la industria no metálica	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	-	02
14		Fabricación de cemento	-	01
15	Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión de residuos patológicos	-	01
16	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	150
17		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	1098
18		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	64
19	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	157
20		Curtido de cuero	Curtiembres	60
21	Otras fuentes de combustión industrial	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	Ladrilleras artesanales	189
22	Otras fuentes de combustión municipal	Quema de residuos municipales y domésticos	Botadero	01
<b>Total Fuentes Puntuales</b>				<b>21</b>
<b>Total Fuentes de Area</b>				<b>1719</b>
<b>Total Fuentes Fijas</b>				<b>1740</b>

### 5.3.2 Fuentes Móviles

La información empleada para determinar el universo de fuentes móviles de la cuenca atmosférica de Arequipa corresponde a SUNARP año 2002. Considerando que el año base para la elaboración del presente Inventario es el 2000, se aplicaron índices de crecimiento establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la ciudad de Arequipa, según se indica:

Clase de Vehículo	N° Unidades (1)		Indices de Crecimiento (2)	
	Año 2002		Año 2002	Año 2001
Automóvil	42477		3.46%	6.35%
Station Wagon	6809		13.90%	14.66%
Camioneta	Pick Up	4775	-0.69%	-0.19%
	Rural	7664	8.36%	9.46%
	Panel	7661	10.56%	8.15%
Ómnibus	<= 24 asientos	626	-0.71%	-1.03%
	> 24 asientos	2893		
Camión	3.5 – 16 Ton	2609	3.40%	4.05%
	> 16 Ton	1811		
Remolcador	3149		3.20%	2.49%
Vehículos menores	2 T	2320	0.00%	0.00%
	4 T	163		
<b>Total</b>	<b>82957</b>			

(1) SUNARP Arequipa. Año 2002.

(2) Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Oficina General de Planificación y Presupuesto. Dirección de Información de Gestión.

Realizando el descuento respectivo, el universo de fuentes móviles empleado para la elaboración del inventario es el siguiente:

Clase de Vehículo	N° Unidades	
	Año 2000	
Automóvil	38403	
Station Wagon	5003	
Camioneta	Pick Up	4817
	Rural	6359
	Panel	6294
Ómnibus	<= 24 asientos	637
	> 24 asientos	2944
Camión	3.5 – 16 Ton	2418
	> 16 Ton	1679
Remolcador	2972	
Vehículos menores	2 T	2320
	4 T	163
<b>Total</b>	<b>74009</b>	

## 5.4 Determinación del Tamaño Muestral

Por sus características particulares definidas anteriormente, tanto las fuentes puntuales de área como las fuentes móviles 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%.

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

### 5.4.1 Fuentes Fijas de Area

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

donde:

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

Entonces, reemplazando en (1):

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

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

no	385
N	1718

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:

$$\frac{n_0}{N} = 0.22$$

Entonces :  $n = 314.52$

Redondeo:  $n = 315$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 315 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	27
Saunas	12
Panaderías	201
Grifos	29
Curtiembres	11
Ladrilleras artesanales	35

### 5.4.2 Fuentes Móviles

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

donde:

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

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:

$$\frac{n_0}{N} = 0.00520207 < 0.05$$

Entonces :  $n = 385$

La muestra determinada en 385 se distribuye de acuerdo a la categoría vehicular, como se indica a continuación:

<b>Clase de Vehículo</b>		<b>Muestra</b>
Automóvil		200
Station Wagon		26
Camioneta	Pick Up	25
	Rural	33
	Panel	33
Ómnibus	<= 24 asientos	3
	> 24 asientos	15
Camión	3.5 – 16 Ton	13
	> 16 Ton	9
Remolcador		15
Vehículos menores	2 T	12
	4 T	1
<b>Total</b>		<b>385</b>

## 5.5 Estimación de Emisiones

### 5.5.1 Emisiones Anuales

A continuación se resumen las emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles. En la Tabla N° 1, se puede apreciar que el contaminante más abundante en peso es el monóxido de carbono (CO) que alcanza 31910 Ton/año, de las cuales el 90.6% son generadas por las fuentes móviles.

En segundo lugar, aunque con una amplia distancia se encuentran las partículas totales en suspensión (PTS), emitiéndose a la atmósfera de la ciudad de Arequipa un total de 13249 Ton/año, a consecuencia del importante aporte (equivalente a 89.4%) de las fuentes puntuales.

Como parte de las emisiones particuladas, se tiene que del total de 13249 Ton/año, 2841 Ton/año corresponden a partículas menores a 10 micras (aproximadamente el 21%) y que en su mayoría provienen también de las fuentes puntuales.

Representando el 54% de las emisiones de PTS, se tiene al dióxido de azufre con 7116 Ton/año, emitidas también mayormente por las fuentes puntuales (58.1%), aunque también es destacable el 39.9% de aporte correspondiente a las fuentes móviles debido al empleo de combustibles con alto contenido de azufre.

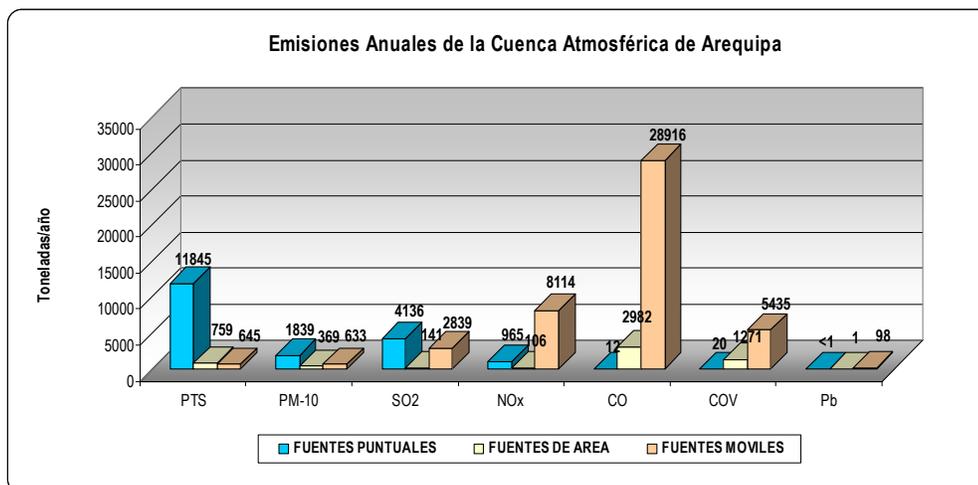
La emisión de los óxidos de nitrógeno (NOx) y de los compuestos orgánicos volátiles (COV) se ve directamente asociada a las fuentes móviles, con aporte del orden del 88.3 y 80.8% respectivamente. Debe destacarse que el presente inventario no involucra la estimación de emisiones evaporativas procedentes de los vehículos, con lo cual el aporte de COV de las fuentes móviles se incrementaría aún más.

El elemento plomo tiene un aporte poco significativo en las fuentes puntuales y fuentes de área, totalizando <2 Ton/año; sin embargo, el aporte vehicular alcanza 98 Ton/año debido principalmente al contenido de plomo en la gasolina de 84 octanos.

De manera general, en la ciudad de Arequipa las fuentes fijas representan el mayor aporte de PTS, PM-10 y SO2, mientras que las fuentes móviles son responsables de la mayor presencia de NOx, CO, COV y Plomo.

**Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de la Ciudad de Arequipa, 2000**

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	11845	1839	4136	965	12	20	<1
Fuentes de Area	759	369	141	106	2982	1271	1
Fuentes Móviles	645	633	2839	8114	28916	5435	98
<b>Total</b>	<b>13249</b>	<b>2841</b>	<b>7116</b>	<b>9185</b>	<b>31910</b>	<b>6726</b>	<b>99</b>



**Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de la Ciudad de Arequipa, 2000**

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	89.4	64.7	58.1	10.5	0.0	0.3	0.4
Fuentes de Area	5.7	13.0	2.0	1.2	9.3	18.9	0.7
Fuentes Móviles	4.9	22.3	39.9	88.3	90.6	80.8	98.9
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

En las Tablas N° 3 y N° 4 se muestra el inventario de emisiones desagregado para la cuenca atmosférica de Arequipa, evidenciándose que el mayor aporte de PTS corresponde al rubro de fabricación de productos cerámicos para la construcción, constituido por dos empresas ladrilleras clasificadas como fuentes puntuales, alcanzando un total 8472 Ton/año, que representa el 63.9% del total de emisiones de PTS en la cuenca. Asimismo, corresponde a este rubro el mayor aporte de PM-10 (21.5%).

Se aprecia también un determinante 62.3% de aporte de monóxido de carbono por parte de los automóviles.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
<b>Fuentes Puntuales</b>									
Actividades de la industria química	Fabricación de fibra no natural	01	3	3	45	4	< 1	< 1	0
	Fabricación de pinturas y barnices	01	2	2	< 1	< 1	< 1	7	0
	Fabricación de jabones	01	3	2	37	4	< 1	< 1	0
	Industria papelera (recicladora)	01	16	4	179	6	1	< 1	0
	Industria textil	03	26	24	368	37	3	1	0
	Deshidratadora	01	8	7	108	11	1	< 1	0
Actividades de la industria alimentaria	Industria cervecera	01	32	19	7	1	< 1	10	0
	Fabricación de productos lácteos	02	6	5	78	8	1	< 1	0
	Embotelladora de bebidas gaseosas	01	< 1	< 1	2	1	< 1	< 1	0
	Molinos de granos	03	947	549	49	9	2	< 1	0
	Fundición de acero	01	1	1	0	0	0	0	0
	Corte y laminación de acero	01	14	12	203	21	2	< 1	0
Actividades de la industria no metálica	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	02	8472	611	94	22	1	< 1	< 1
	Fabricación de cemento	01	2270	567	2968	824	0	0	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión de residuos patológicos	01	44	32	0	16	0	0	0

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (Ton/año)							
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb	
<b>Fuentes de Area</b>										
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	150	13	12	< 1	9	209	1	0	
	Fabricación de productos de panadería	1098	166	149	14	17	1543	507	0	
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Suministro de vapor y agua caliente	64	9	5	18	2	54	11	0	
	Venta al por menor de combustibles para automotores	157	0	0	0	0	0	216	0	
Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	60	1	< 1	5	1	2	< 1	0	
	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	189	388	20	93	10	215	45	1	
Otras fuentes de combustión municipal	Quema de residuos municipales y domésticos	01	182	182	11	68	958	490	0	
<b>EMISIONES TOTALES</b>			<b>12604</b>	<b>2208</b>	<b>4277</b>	<b>1071</b>	<b>2994</b>	<b>1291</b>	<b>1</b>	

**Tabla N° 3A. Emisiones de Partículas en Fuentes Fijas según su Procedencia**

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)					
			PTS			PM-10		
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
<b>Fuentes Puntuales</b>								
Actividades de la industria química	Fabricación de fibra no natural	01	-	3	-	-	3	
	Fabricación de pinturas y barnices	01	2	< 1	2	< 1	< 1	
	Fabricación de jabones	01	-	3	-	-	2	
	Industria papelera (recicladora)	01	-	4	-	-	4	
	Industria textil	03	-	26	-	-	24	
Actividades de la industria alimentaria	Deshidratadora	01	-	8	-	-	7	
	Industria cervecera	01	32	< 1	19	< 1	< 1	
	Fabricación de productos lácteos	02	-	6	-	-	5	
	Embotelladora de bebidas gaseosas	01	-	< 1	-	-	< 1	
	Molinos de granos	03	946	3	546	3	3	
Actividades de la industria metálica	Fundición de acero	01	1	-	1	-	-	
	Corte y laminación de acero	01	-	14	-	-	12	

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
<b>Fuentes Puntuales</b>						
Actividades de la industria no metálica	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	02	8377	95	586	25
	Fabricación de cemento	01	2209	61	541	26
	Combustión de residuos patológicos	01	-	44	-	32
<b>Fuentes de Area</b>						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	150	-	13	-	12
	Fabricación de productos de panadería	1098	-	166	-	149
	Suministro de vapor y agua caliente	64	-	9	-	5
Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	60	-	1	-	< 1
	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	189	-	388	-	20
Otras fuentes de combustión municipal	Quema de residuos municipales y domésticos	01	-	182	-	182

**Tabla N° 4. Emisiones de Fuentes Móviles en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Arequipa (desagregado)**

Categoría Vehicular	Clasificación	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)							
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb	
Automóvil		38403	98	89	244	1995	19894	2746	77	
Station Wagon		5003	20	19	85	272	2258	304	8	
Camioneta	Pick Up	4817	13	13	59	189	1490	188	6	
	Rural	6359	66	65	369	313	1213	164	5	
	Panel	6294	20	19	104	137	845	114	2	
Omnibus		3581	182	182	871	2396	1218	528	0	
Camión		4097	155	155	711	1821	780	535	0	
Remolcador		2972	87	87	394	987	396	315	0	
Vehículos Menores		2483	4	4	2	4	822	541	0	
<b>EMISIONES TOTALES</b>			<b>645</b>	<b>633</b>	<b>2839</b>	<b>8114</b>	<b>28916</b>	<b>5435</b>	<b>98</b>	

**Tabla N° 5. Emisiones Porcentuales en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Arequipa (desagregado)**

Estrato	Descripción	Emisión (%)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
<b>Fuentes Puntuales</b>								
Actividades de la industria química	Fabricación de fibra no natural	<0.05	0.1	0.6	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
	Fabricación de pinturas y barnices	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	0.0
	Fabricación de jabones	<0.05	0.1	0.5	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
Actividades de la industria alimentaria	Industria papelera (recicladora)	0.1	0.1	2.5	0.1	<0.05	<0.05	0.0
	Industria textil	0.2	0.8	5.2	0.4	<0.05	<0.05	0.0
	Deshidratadora	0.1	0.2	1.5	0.1	<0.05	<0.05	0.0
	Industria cervecera	0.2	0.7	0.1	<0.05	<0.05	0.1	0.0
Actividades de la industria metálica	Fabricación de productos lácteos	<0.05	0.2	1.1	0.1	<0.05	<0.05	0.0
	Embotelladora de bebidas gaseosas	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
	Molinos de granos	7.1	19.3	0.7	0.1	<0.05	<0.05	0.0
Actividades de la industria metálica	Fundición de acero	<0.05	<0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Corte y laminación de acero	0.1	0.4	2.9	0.2	<0.05	<0.05	0.0
Actividades de la industria que realizan combustión	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	63.9	21.5	1.3	0.2	<0.05	<0.05	0.4
	Fabricación de cemento	17.1	19.9	41.7	9.0	0.0	0.0	0.0
	Combustión de residuos patológicos	0.3	1.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0

Estrato	Descripción	Emisión (%)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
<b>Fuentes de Area</b>								
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	0.1	0.4	0.0	0.1	0.7	<0.05	0.0
	Fabricación de productos de panadería	1.3	5.2	0.2	0.2	4.8	7.5	0.0
	Suministro de vapor y agua caliente	0.1	0.2	0.3	<0.05	0.2	0.2	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
	Curtido de cuero	<0.05	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
Otras fuentes de combustión industrial	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	2.9	0.7	1.3	0.1	0.7	0.7	0.7
	Quema de residuos municipales y domésticos	1.4	6.4	0.2	0.7	3.0	7.3	0.0
<b>Fuentes Móviles</b>								
Automóvil		0.7	3.1	3.4	21.7	62.3	40.8	78.1
Station Wagon		0.1	0.7	1.2	3.0	7.1	4.5	8.4
	Pick Up	0.1	0.4	0.8	2.1	4.7	2.8	5.7
Camioneta	Rural	0.5	2.3	5.2	3.4	3.8	2.4	4.6
	Panel	0.1	0.7	1.5	1.5	2.6	1.7	2.0
Omnibus		1.4	6.4	12.2	26.1	3.8	7.9	0.0
Camión		1.2	5.4	10.0	19.8	2.4	8.0	0.0
Remolcador		0.7	3.1	5.5	10.7	1.2	4.7	0.0
Vehículos Menores		<0.05	0.1	<0.05	<0.05	2.6	8.0	0.0
<b>EMISIONES TOTALES</b>		<b>100.0</b>						

### **5.5.2 Emisiones por Contaminante**

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

#### **Partículas Totales y PM-10**

Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas totales, se identificó que en la cuenca atmosférica de Arequipa este contaminante es mayoritariamente emitido por dos grandes grupos calificados como fuentes puntuales en el estrato de actividades de la industria no metálica:

- Fabricación de productos cerámicos para la construcción
- Fabricación de cemento

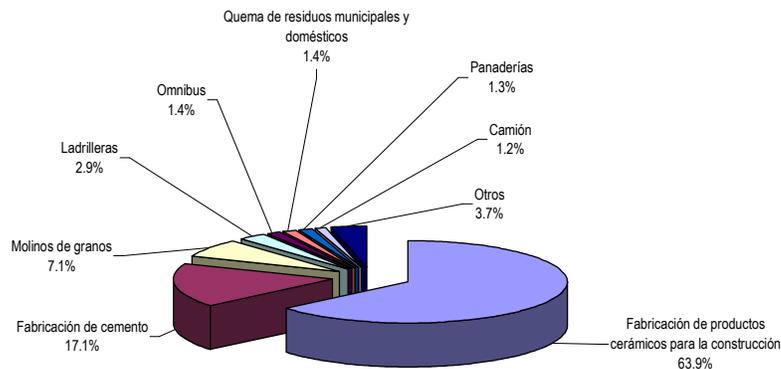
La emisión que totalizan estos estratos es de 81% del total emitido en la cuenca, y está compuesta por un aporte del 63.9% (8472 Ton/año) proveniente de la operación de dos ladrilleras, cuya principal fuente de emisión lo constituye el proceso de pulverización de la materia prima; y un 17.1% (2270 Ton/año) por la fabricación de cemento en una única planta, donde los principales emisores de acuerdo a las estimaciones realizadas, son las operaciones de almacenamiento y transporte de materia prima, y enfriamiento de clinker, cuyas emisiones individuales superan las 200 Ton/año.

En el tercer lugar de emisión de PTS con un total de 947 Ton/año se encuentra la actividad de molienda de granos, que es realizada en tres grandes empresas de la cuenca atmosférica de Arequipa, representando el 7.1%.

Dentro de las fuentes de área, aunque con un aporte relativo menor de 2.9%, se tienen también a las actividades de fabricación de productos cerámicos para la construcción, identificadas como ladrilleras artesanales que totalizan 189 en la cuenca con una emisión de 388 Ton/año.

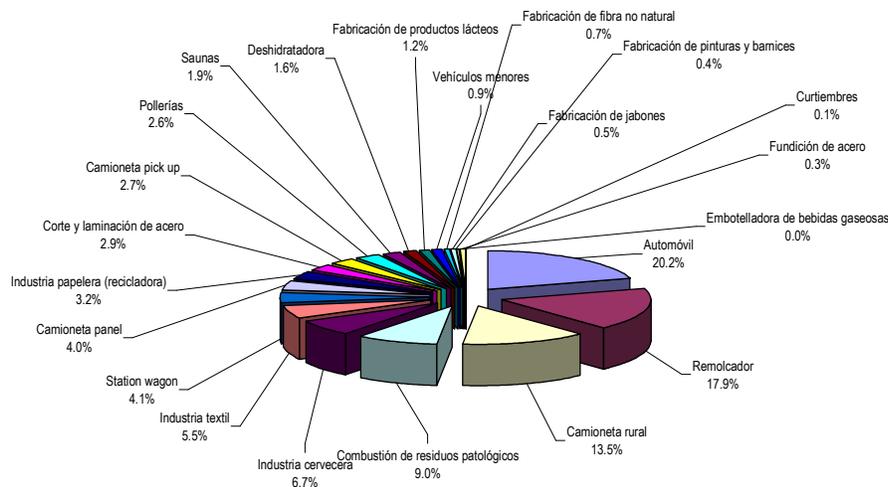
El aporte de las demás fuentes es menor y poco significativo, incluyendo las fuentes móviles que alcanzan un aporte máximo de 1.4% por parte de los omnibuses.

**Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



Se aprecia que la categoría "Otros" alcanza un total de 3.7% de la emisión total en la cuenca, distribuido según se indica en el Gráfico siguiente:

**Distribución Porcentual de PTS - Categoría Otros  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



Nótese que los porcentajes indicados en este gráfico (como en los sucesivos de la categoría "otros") corresponden a la representatividad de cada tipo de fuente dentro de la categoría "otros", y no en el total emitido en la cuenca.

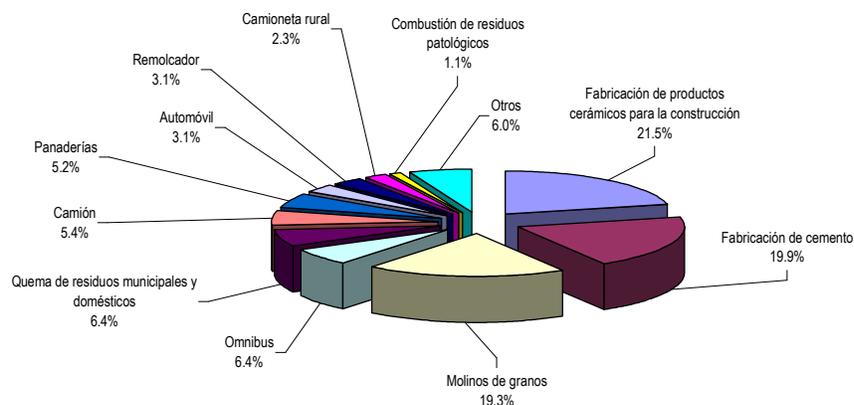
En relación a las emisiones de PM-10 que totalizan 2841 Ton/año, se aprecia que representan aproximadamente sólo el 21% de las partículas totales emitidas. En los procesos de combustión las emisiones de PTS están constituidas casi en su totalidad por PM-10, con porcentajes de aporte entre el 50 y 90%, situación que no se evidencia en las emisiones de procesos siguientes:

- Ladrilleras puntuales, donde la fracción respirable menor a 10 micras representa el 7% de la emisión total de partículas.
- Fabricación de cemento, donde la fracción respirable menor a 10 micras representa el 25% de la emisión total de partículas.
- Ladrilleras artesanales, que aportan un 5% de PM-10 en relación al particulado total.

En relación a las ladrilleras artesanales, se debe indicar que no ha sido estimado el aporte de PM-10 producto de la combustión de llantas, debido a que no se conoce con precisión este porcentaje.

En el Gráfico siguiente se puede apreciar la distribución de PM-10 para las principales fuentes de emisión:

**Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



Se aprecia que existen aportes similares por parte de las fuentes siguientes:

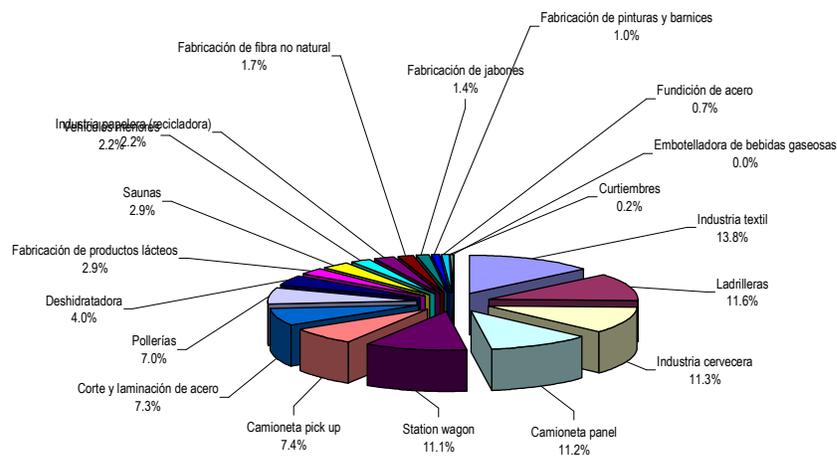
- Molino de granos con un 19.3% (549 Ton/año)
- Ladrilleras puntuales con un 21.5% (611 Ton/año)
- Fabricación de cemento con un 19.9% (567 Ton/año)

Estas en conjunto significan el 60.7% de las emisiones de PM-10 en la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa.

Otras fuentes de emisión de PM-10 que merecen destacar son los ómnibus y camiones (6.4 y 5.4% respectivamente) por la combustión del Diesel 2, la quema de residuos municipales al aire libre (6.4%) y las panaderías (5.2%) por la combustión de la leña. Las demás fuentes presentan aportes poco significativos.

Las fuentes cuya representatividad de emisión es inferior al 1% han sido agrupadas en la categoría "otros", que representan en su conjunto sólo el 6% de la emisión total en la cuenca.

**Distribución Porcentual de PM-10 - Categoría Otros  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**

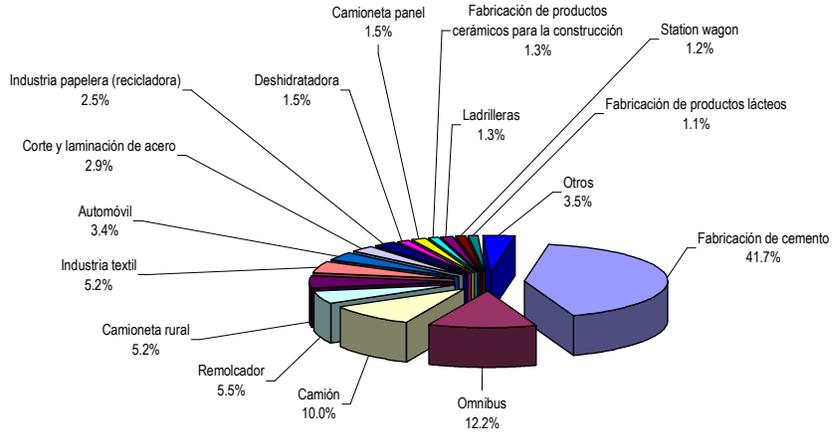


## Dióxido de Azufre

En relación al contaminante dióxido de azufre, se tiene una emisión mayoritaria de 41.7% proveniente de la fabricación de cemento, clasificada como fuente puntual. Este aporte porcentual representa 2968 Ton/año emitidas por una única fuente en su horno de proceso en seco que emplea como combustible el carbón.

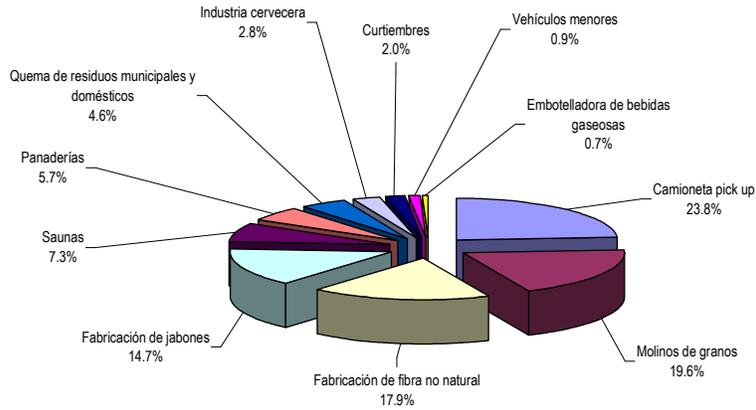
Los aportes de las demás fuentes son menores y distantes de la emisión de la cementera, pudiendo destacarse la emisión por la combustión del Diesel 2 con un contenido de azufre del 1% en los omnibuses (12.2%), camiones (10%) y camionetas rurales (5.2%) principalmente, asimismo la industria textil que representa también el 5.2% de la emisión total de la cuenca, correspondiente a tres plantas industriales.

**Distribución Porcentual de SO2 por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



La categoría "otros", que agrupa a todas aquellas fuentes que de forma individual alcanzan emisiones < 1%, representa para el caso del SO2 el 3.5% de la emisión total, con la distribución siguiente:

**Distribución Porcentual de SO2 - Categoría Otros  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



## Oxidos de Nitrógeno

A diferencia de los parámetros anteriores, el máximo aporte de óxidos de nitrógeno corresponde a las fuentes móviles por el desarrollo de los procesos de combustión interna, alcanzando en su conjunto 8114 Ton/año para un parque automotor constituido por 74009 unidades, que corresponde a más del 88% del total de óxidos de nitrógeno emitidos en la cuenca.

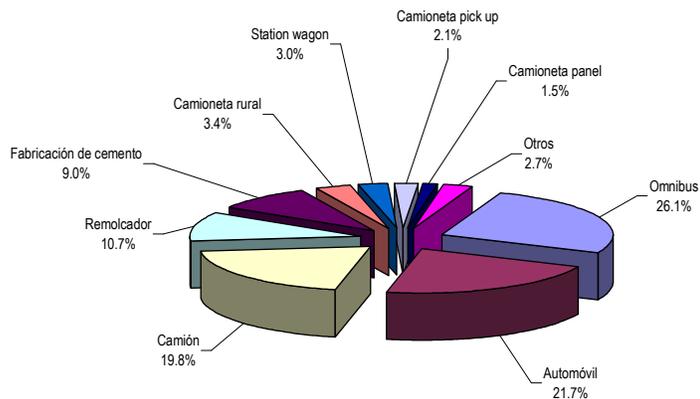
Dentro de esta categoría los aportes se distribuyen en orden de magnitud e importancia, según se indica a continuación:

- Ómnibus, 26.1%
- Camiones, 19.8%
- Remolcadores, 10.7%
- Automóviles, 21.7%.

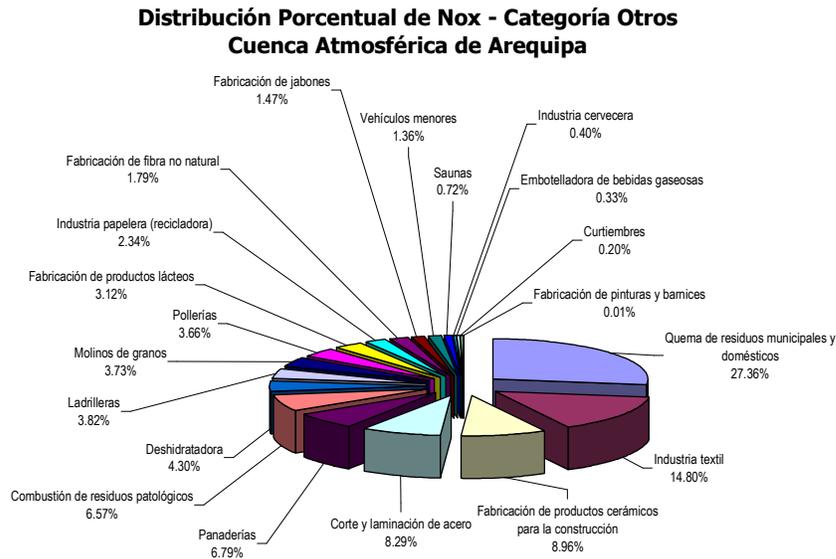
En los tres primeros casos, el combustible empleado es eminentemente Diesel 2 y su emisión unitaria supera los 10 Kg/1000 Km por tratarse de vehículos pesados. Situación diferente ocurre en el caso de los automóviles, en que la emisión unitaria es inferior a 3 Kg/1000 Km, pero se incrementa por el tamaño de la categoría que alcanza 38403 unidades y representa aproximadamente el 50% del parque vehicular total de la cuenca.

Merece destacar también dentro de las fuentes puntuales, la categoría de fabricación de cemento que representa el 9.0% de las emisiones totales. Este porcentaje significa 824 Ton/año, y se genera en la combustión de carbón en los hornos de clinkerización.

**Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



Las fuentes que poseen aportes de óxidos de nitrógeno inferiores al 1% han sido agrupadas en la categoría "otros", que se grafica a continuación:



### Monóxido de Carbono

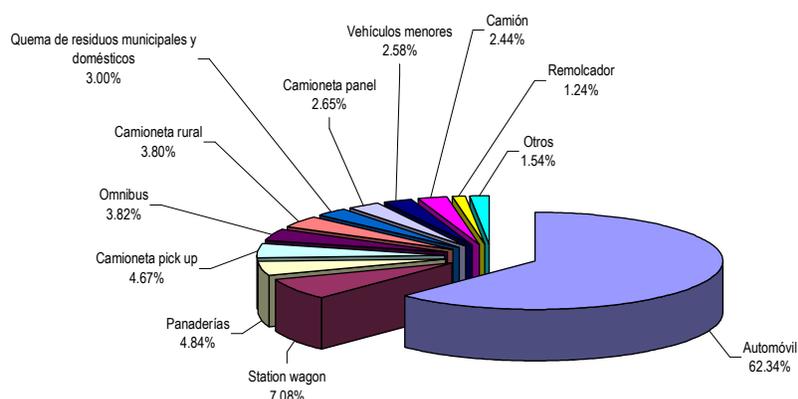
Las emisiones de monóxido de carbono se encuentran directamente asociadas a procesos de combustión, principalmente ocurridos en las fuentes móviles, en menor grado en las fuentes de área y con aportes ínfimos por parte de las fuentes puntuales.

En las fuentes móviles se tiene un determinante 62.3% de emisiones de monóxido de carbono asociadas a los automóviles, esto es 19894 Ton/año, principalmente cuando el combustible empleado es la gasolina en cuyo caso el aporte individual es superior a los 15 Kg/1000 Km. Debe señalarse que las mayores emisiones de monóxido de carbono corresponden a los vehículos más antiguos, teniéndose en la ciudad de Arequipa sólo un 9% de automóviles de años anteriores a 1980 y un 69% entre los años 1991 y 2000.

Las demás categorías vehiculares contribuyen en su conjunto con el 28.3% de las emisiones de monóxido de carbono, que totalizan 9022 Ton/año.

En relación a las fuentes de área, la fabricación de productos de panadería representa el 4.8% de las emisiones totales, por la combustión de leña cuyo factor alcanza 140 Kg/ton. También puede destacarse la quema de residuos municipales y domésticos con 958 Ton/año (3%), que se realiza en el botadero de Arequipa.

**Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



En su mayoría las categorías de fuentes puntuales representan una emisión de CO < 0.05%.

### Compuestos Orgánicos Volátiles

También para el caso de los compuestos orgánicos volátiles la emisión mayoritaria es atribuida a los automóviles, que poseen un aporte del 40.8% (2746 Ton/año) debido a la combustión de la gasolina cuyo factor de emisión es superior a los 2 Kg/1000 Km, siendo en el caso del Diesel mucho menor (0.15 Kg/1000 Km).

Un importante 40% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles se concentran en las demás categorías de fuentes móviles, alcanzando una emisión de 2689 Ton/año.

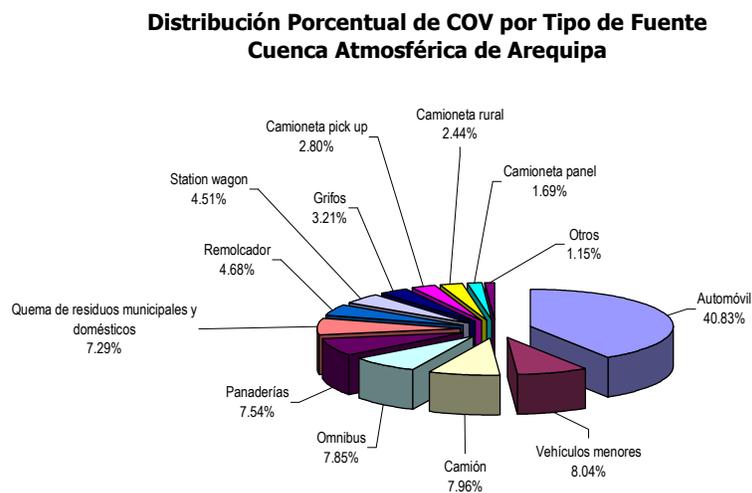
Cabe resaltar que las emisiones evaporativas de los vehículos no han sido estimadas, en cuyo caso existiría un incremento en las toneladas de compuestos orgánicos volátiles emitidas en la cuenca atmosférica de Arequipa.

En relación a las fuentes de área, se tiene emisión de compuestos orgánicos volátiles en la fabricación de productos de panadería con 507 Ton/año y quema de residuos municipales y domésticos con 490 Ton/año, ambos por actividades de combustión.

La emisión de los grifos, aunque es exclusiva de esta actividad y se produce tanto en la recarga de tanques subterráneos como en el expendio de vehículos, representa sólo el 3.2% de la emisión total.

Cabe indicar que los grifos existentes en la cuenca totalizan 157, mientras que las panaderías 1098 establecimientos.

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



Las fuentes puntuales en general poseen emisiones mínimas de COV, con representatividad < 0.1%.

### **Plomo**

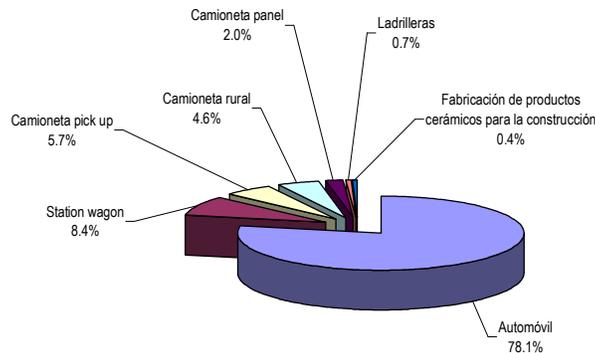
La única categoría de fuente fija identificada como aportante de plomo en la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa, es la fabricación de productos cerámicos para la construcción (ladrilleras), tanto en su clasificación puntual como de área; siendo esta emisión inferior o igual a 1 Ton/año en ambos casos.

Cabe señalar que la emisión de plomo se encuentra asociada a la combustión de aceite lubricante residual, cuyo contenido de plomo considerado para el presente estudio es de 1%.

Sin embargo, la emisión mayor corresponde al parque vehicular que emplea la gasolina (principalmente de 84 octanos) como combustible. Así, se tiene que el 78.1% del plomo emitido corresponde a los automóviles (77 Ton/año).

El Gráfico muestra la distribución del aporte de plomo.

**Distribución Porcentual de Plomo por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Arequipa**



En el Anexo N° 1 se presenta el detalle de las emisiones unitarias para cada una de las fuentes puntuales, así como para cada categoría de fuente de área y móvil.

### 5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más contaminantes

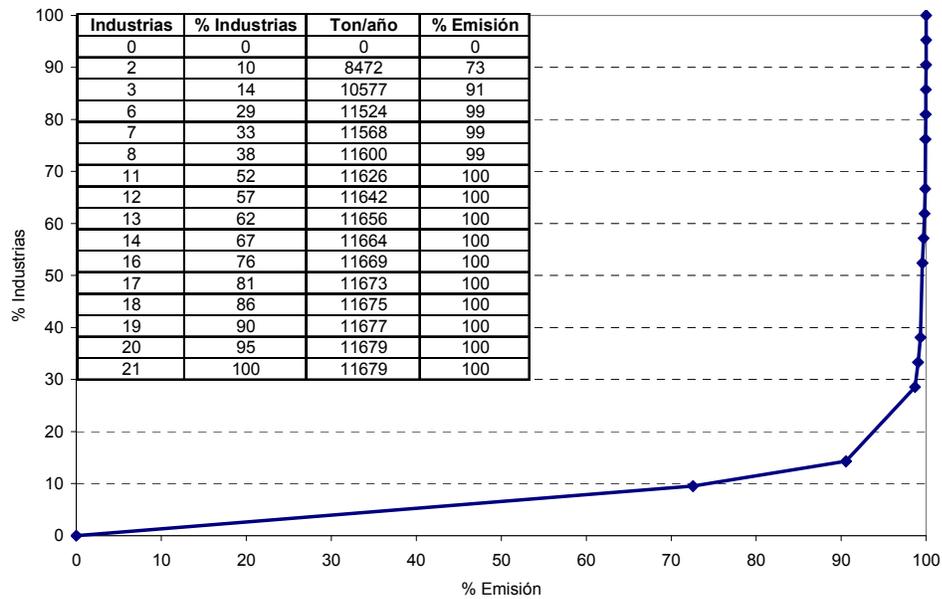
En las siguientes gráficas se hace un análisis del número de industrias (fuentes puntuales) que contribuyen significativamente a la emisión de cada uno de los contaminantes criterio evaluados en la cuenca atmosférica de Arequipa, considerando sólo aquellos cuyo mayor aporte se encuentra asociado a este tipo de fuentes, esto es PTS, PM-10 y SO<sub>2</sub>.

Como se ha identificado anteriormente, los NO<sub>x</sub>, CO, COV y Plomo son emitidos principalmente por las fuentes móviles, por lo cual no forman parte de este análisis.

Es importante indicar que los porcentajes consignados en los gráficos, han sido determinados en función al total de emisiones de fuentes puntuales y no al total de emisiones de la cuenca.

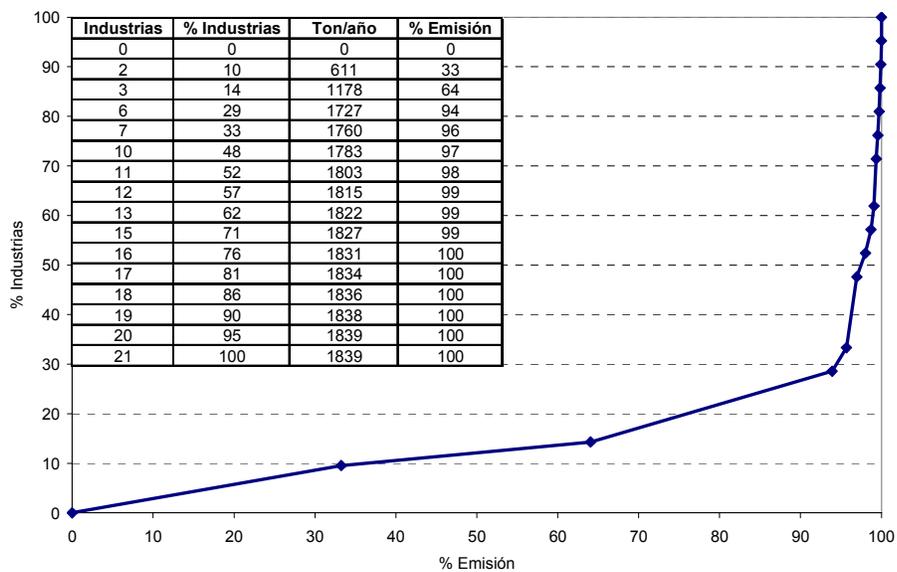
En la Gráfica siguiente se aprecia que en la emisión de PTS para la cuenca atmosférica de Arequipa, el 91% de la emisión es generada por el 14% de las industrias, que para el caso son tres, dos pertenecientes al rubro de la fabricación de productos cerámicos para la construcción y una a la fabricación de cemento, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de éste contaminante deben estar dirigidos hacia éstas empresas.

### Nº de Industrias más emisoras de PTS



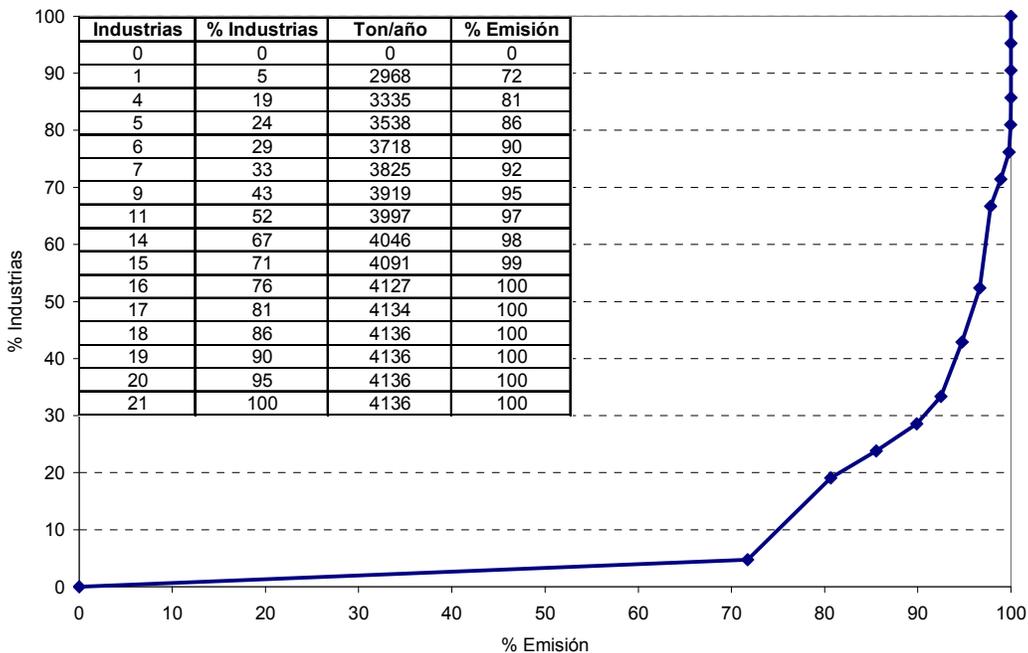
Tal como se indicó anteriormente, las fuentes puntuales mencionadas como principales emisoras de PTS, manifiestan un menor aporte de PM-10, representando el 64% de la emisión total. El 94% de las emisiones de PM-10 es alcanzado por el 29% de las industrias, que involucran las tres anteriores más los molinos de granos (03).

### Nº de Industrias más emisoras de PM-10



En la emisión de SO<sub>2</sub>, se tiene que el 19% de la industria (04 industrias) contribuyen con el 81% de las emisiones de este contaminante, las cuales involucran la fabricación de cemento y el rubro de industria textil.

**Nº de Industrias más emisoras de SO<sub>2</sub>**



## 6. Conclusiones

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

- 6.1 Existen numerosas fuentes fijas puntuales en la cuenca atmosférica de la ciudad de Arequipa, que generan los mayores aportes de material particulado y dióxido de azufre.
- 6.2 El contaminante mayormente emitido en la cuenca atmosférica de Arequipa es el particulado total en suspensión, cuyos principales generadores son las actividades de fabricación de productos cerámicos para la construcción y la fabricación de cemento.
- 6.3 Las emisiones provenientes de la fabricación de productos cerámicos y cemento, están constituidas principalmente por partículas de mayor tamaño (entre 10 y 50 micras), cuyos efectos en la salud son mínimos o ausentes.
- 6.4 Los molinos de granos que no disponen de sistema de control de emisiones, constituyen una tercera fuente significativa de aporte de material particulado a la atmósfera.
- 6.5 El dióxido de azufre constituye el segundo contaminante mayormente emitido en la cuenca atmosférica de Arequipa, correspondiendo en un 19.9% a la actividad de fabricación de cemento por el empleo de carbón mineral en sus hornos de proceso en seco.
- 6.6 Las fuentes móviles constituyen los principales aportantes de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y plomo en la cuenca.
- 6.7 Los vehículos pesados que emplean como combustible el Diesel 2, tales como los ómnibus, camiones y remolcadores, producen la mayor emisión de óxidos de nitrógeno (56.6% en su conjunto).
- 6.8 Las mayores emisiones de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles en la cuenca se encuentran asociadas a la combustión de la gasolina en automóviles. Las emisiones evaporativas no han sido estimadas.
- 6.9 El parque vehicular que emplea como combustible la gasolina, principalmente de 84 octanos, es responsable del 78.1% de las emisiones de plomo en la cuenca.

- 6.10 El análisis de las fuentes puntuales de la cuenca atmosférica de Arequipa determinó que es posible reducir en más del 90% las emisiones de partículas totales en suspensión (procedentes de fuentes fijas) al incidir en un mayor control en las actividades de fabricación de cerámica para la construcción y la industria de cemento.
- 6.11 Las partículas en suspensión menores a 10 micras tienen distribuidas más del 90% de sus emisiones en las fuentes mencionadas anteriormente y los molinos de granos.
- 6.12 Las emisiones de dióxido de azufre se concentran en cuatro fuentes puntuales, ubicadas en las categorías de la industria cementera e industria textil, cuyo control dirigido principalmente a actividades de combustión permitiría reducir en más del 80% las emisiones de este gas.

**ANEXO N° 1**  
**DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS**

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Inventario de Emisiones de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Arequipa**

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.
20. California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).