

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO

SUB PROGRAMA IM-07
PROCLIM
"INVENTARIOS LOCALES DE GASES CONTAMINANTES"



ABRIL 2005

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

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

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

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

Colaboradores:
Grupo de Estudio Técnico Ambiental – "GESTA CERRO DE PASCO"

INDICE
Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la
Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	03
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	05
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	09
5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area	12
5.5 Estimación de Emisiones	13
5.5.1 Emisiones Anuales	13
5.5.2 Emisiones por Contaminante	19
6. CONCLUSIONES	27
ANEXOS	

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco

1. Introducción

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

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

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

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

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

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

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

2. Objetivo

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

3. Delimitación Geográfica y Población

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

Debido a la configuración geográfica de la ciudad de Cerro de Pasco, el inventario de emisiones integra los distritos de Paragsha, Yanacancha y Chaupimarca, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Población
Paragsha	17435
Yanacancha	24728
Chaupimarca	31527
Total Cuenca Atmosférica	73690 habitantes

4. Metodología

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

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

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

Para aquellos casos particulares en que no se dispuso de factores de emisión específicos en la metodología OMS, se emplearon las metodologías siguientes:

- *Procesamiento de Minerales Metálicos*
Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Fifth Edition. AP-42 USEPA. Item 11.24.
- *Detonación de Explosivos*
Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Fifth Edition. AP-42 USEPA. Item 13.3.
- *Fuentes de Polvo Fugitivo: Manipulación de Agregados y Pilas de Almacenamiento*
Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Fifth Edition. AP-42 USEPA. Item 13.2.4.
- *Emisiones por Detonación en Canteras de Piedra*
Factores de Emisión del Source Code Clasificación – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México. 3-05-020.
- *Pollerías con Quema de Carbón Vegetal*
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA N° 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control División.
- *Emisiones por Dosificación de Concreto y Almacenamiento de Agregados*
Factores de Emisión del Source Code Clasificación – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México. 3-05-011.

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.

5. Procedimiento

5.1 Tipos de Fuentes Emisoras

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

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

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

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

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades mineras	Minería a tajo abierto y subterránea	-	Puntual
2	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	Puntual
3	Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	-	Puntual
4	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
5		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
6		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	Area
7	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	Area
8	Actividades de la industria no metálica	Fabricación de artículos de arena y agregados	Bloqueteras	Area
9	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area

Estas totalizan tres categorías de fuentes puntuales y 06 categorías de fuentes de área.

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de Cerro de Pasco se caracteriza por incluir una importante categoría de fuente puntual correspondiente a la actividad minera, y dos categorías referentes a las pérdidas evaporativas y combustión institucional.

Las fuentes puntuales y de área identificadas en la cuenca atmosférica, se describen a continuación:

Minería a Tajo Abierto y Subterránea

La Unidad Minera de Cerro de Pasco de Volcan Cía. Minera S.A.A., procesa minerales polimetálicos de plomo y zinc, en una planta concentradora de 8500 Ton/día, la cual involucra las operaciones unitarias siguientes:

Operación	Ton/año
Mineral de mina	2 800 000
Chancado primario	2 800 000
Chancado secundario	2 800 000
Chancado terciario	2 800 000
Molienda	2 800 000
Beneficio	-
Concentrado	340 000
Relave	2 460 000
Filtrado	340 000
Carguío / Transporte	340 000

Fuente: Volcan Cía. Minera S.A.A. 2004.

La humedad del mineral extraído de mina es del orden del 5%, mientras que el producto final en la etapa de filtrado alcanza 11% (concentrados).

Es importante indicar también que la molienda es húmeda, realizándose a un 30% de sólidos, es decir 30% es mineral y 70% agua.

El mineral que procesa la Planta Concentrados proviene de la mina subterránea, 120000 toneladas, y del tajo abierto 1600000 toneladas, para el año 2004. Los materiales producidos por el tajo abierto son: minerales de Pb-Zn y desmonte (pirita, caliza, volcánico, pacos – minerales oxidados).

Para la extracción del mineral se realizan operaciones de voladura con el uso de explosivos, según el tipo y cantidades que se indican:

Explosivo	Ton/año
Nitrato de Amonio	469.8
Dinamita Gelatina 75%	17.7
Dinamita SEMEXA 60%	159.9
Dinamita SEMEXA 65%	38.7

Fuente: Programa de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA. Empresa Minera del Centro del Perú – Unidad de Producción Cerro de Pasco. 1996

En la Planta Concentradora de Paragsha se realizan actividades de combustión, para lo cual se emplea el Diesel 2 en un volumen de 6273 Gal/mes.

Durante el año 2004 se extrajeron un total de 5739496 toneladas de desmonte, el cual es almacenado en los depósitos abiertos siguientes:

- Rumiallana: 4729198 toneladas de caliza y 337253 toneladas de pacos
- SP-23, SP-24, SP-25: 22067 toneladas de pacos con contenido de plata
- SP-27, 2, SP-2: 478790 toneladas de pirita con contenidos de plata y cobre
- Hannacocha: 145144 toneladas de volcánico con pirita sin valores económicos
- Pampa Seca: 27044 toneladas de pirita sin valores económicos.

Almacenamiento de Combustibles

Existe en Cerro de Pasco un Terminal de Almacenamiento de Combustible de Petróleos del Perú S.A., que dispone de seis tanques de almacenamiento de techo fijo, cuyas capacidades de almacenamiento se indican a continuación:

Combustible	N° Tanques	Capacidad de Almacenamiento (Galones)
Gasolina 84	02	7200 (cada uno)
Gasolina 90	01	10500
Diesel 1	01	70000
Diesel 2	02	59000
		14500

Los volúmenes mensuales de venta (mediante carga por chorro) manejados en este Terminal son los siguientes:

Combustible	Volumen de Venta (Gal/mes)
Gasolina 84	179832
Gasolina 90	95729
Diesel 1	107501
Diesel 2	192855

Generación de Energía en Hospitales

Dos fuentes forman parte de esta categoría, en relación a la operación de calderos para la generación de energía y agua caliente, según se indica:

- Hospital ESSALUD
- Hospital Daniel Alcides Carrión

El régimen de operación y uso de combustibles se señalan en el cuadro siguiente:

Hospital	Operación del Caldero		Tipo de Combustible	Consumo de Combustible (Gal/año)
	Horas/día	Días/mes		
Essalud	7.5	30	D2	25200
Daniel Alcides Carrión	5.0	26	D2	12000

Pollerías

Las encuestas realizadas a pollerías identificaron la distribución de uso de combustibles siguiente:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón	38	5.1
Leña	15	4.9
Gas Licuado de Petróleo	23	4.2
Kerosene	23	2.6

Panaderías

Al igual que sucede en otras ciudades del centro del país, las panaderías de Cerro de Pasco utilizan como combustible principalmente el kerosene, y en un menor porcentaje los indicados en la tabla siguiente:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Kerosene	75	5.0
Diesel 2	19	3.6
Leña	3	12.5

Se determinó además un 3% de establecimientos que disponen de hornos eléctricos.

Saunas

Existen nueve establecimientos dedicados al servicio de saunas en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco. Su operación consiste en la generación de vapor con el empleo de calderos, cuyo combustible es eminentemente leña, con un consumo promedio de 43 Ton/año.

Carpinterías

Los detalles de estas actividades (a nivel de promedio) de las 23 carpinterías identificadas en la cuenca, se presentan a continuación:

m2 madera laminada/año	Cantidad de aserrín generado (Ton/año)
2167	1.73

No se registró el consumo de pinturas y solventes en las carpinterías de Cerro de Pasco.

Bloqueteras

Se tienen 19 establecimientos de fabricación de bloquetas (ladrillos) a base de arena en Cerro de Pasco, denominados comúnmente "Bloqueteras", los cuales sólo realizan la mezcla de agregados y secado al ambiente, sin el empleo de hornos. El componente principal empleado en este proceso es la arena, cuyo consumo anual alcanza un promedio por establecimiento de 707 Ton/año y un total para la cuenca de 13436 Ton/año.

Es importante señalar que el almacenamiento de agregados se realiza en pilas al aire libre.

Grifos

Dada la cobertura geográfica de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, se contabilizaron 11 grifos en su totalidad, los cuales expenden gasolinas de 84 y 90 octanos, así como petróleo Diesel 1 y Diesel 2, con sistemas no controlados y carga de tanques por chorro y sumergida.

Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (Gal/mes)	
	Compra	Venta
Gasolina 84	4771	4281
Gasolina 90	3515	3113
Diesel 2	8690	7788
Kerosene	2694	2311

Para efectos de estimación de emisiones sólo se emplea la información referida a gasolinas.

5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

La información inicial recopilada para determinar el universo de fuentes fijas de la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, correspondió a las instituciones siguientes:

- Municipalidad Distrital de Yanacancha
- Municipalidad Provincial de Pasco
- Municipalidad Distrital de Paragsha
- Dirección Regional de Producción
- Osinerg

Luego de realizar un análisis de la información existente en las mismas, se estableció que no reflejaba la realidad de la ciudad, por lo cual se definió el universo de fuentes fijas emisoras en base a un empadronamiento desarrollado por miembros del Gesta Zonal de Aire. Las fuentes de información y el análisis comparativo de las mismas se incluye en el Anexo N° 2.

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

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades mineras	Minería a tajo abierto	-	01
2	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	01
3	Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	-	02
4	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	17
5		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	47
6		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	09
7	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	23
8	Actividades de la industria no metálica	Fabricación de artículos de arena y agregados	Bloqueteras	19
9	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	11
Total Fuentes Puntuales				04
Total Fuentes de Area				126
Total Fuentes Fijas				130

5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area

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

Cabe indicar que para el caso de Cerro de Pasco, las encuestas realizadas representan el 75% del universo, debido al bajo número de fuentes de área existentes en los tres distritos que conforman la cuenca.

A continuación se muestra el cálculo realizado para la determinación del tamaño muestral:

$$n_0 = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} * Cv^2}{E^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \dots\dots\dots (2)$$

Regla de Decisión: $\frac{n_0}{N} \geq 0.05 \Rightarrow n = n \dots\dots\dots (3)$

Variables que Intervienen.		Donde:	
n₀ =	Tamaño de Muestra inicial	E =	0.05 5%
n =	Tamaño de muestra óptimo	(1-8) =	95%
N =	Universo (conocido)	Z(1-8)	1.96
E =	Es el máximo de error permisible	Cv =	0.5
(1-8) =	Error relativo	N =	126
Cv =	Proporción de la población		
Z =	Distribución normal		

n ₀	384.16	385
n ₀ /N	3.06	> 0.05
n	94.93	95
Muestra Optima	95	

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 95 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	13
Panaderías	36
Saunas	07
Carpinterías	14
Bloqueteras	17
Grifos	08

En el Anexo N° 3 se incluyen modelos de las encuestas efectuadas para el levantamiento de la información de campo.

5.5 Estimación de Emisiones

5.5.1 Emisiones Anuales

La Tabla N° 1 muestra las emisiones anuales de los contaminantes gaseosos y particulados generados en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, evidenciándose que el contaminante mayormente emitido es el particulado total (PTS) con 3745 Ton/año, como característica de la presencia de la actividad minera en la cuenca atmosférica, por lo cual las fuentes puntuales son responsables del 99.8% de estas emisiones.

Aproximadamente el 56% de las emisiones de partículas totales, están constituidas por partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10), siendo 2084 Ton/año en los tres distritos que conforman la cuenca atmosférica, de los cuales 2079 Ton/año (99.8%) corresponden a fuentes puntuales.

El tercer contaminante de importancia en términos de aporte de emisiones, aunque representando sólo el 5% del PTS, son los compuestos orgánicos volátiles (COV) con 193 Ton/año.

Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) son mucho menores, alcanzando 10, 12 y 49 Ton/año respectivamente, y correspondiendo la mayor contribución también a las fuentes puntuales, en porcentajes diferentes.

El elemento plomo tiene un aporte nulo entre las fuentes que conforman el presente inventario.

En conclusión, en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco el aporte de emisiones por parte de las fuentes puntuales es significativamente superior al de las fuentes de área, en relación a todos los contaminantes gaseosos y particulados evaluados. Véase Tabla N° 2.

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

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	3737	2079	8	10	27	182	0
Fuentes de Area	8	5	2	2	22	11	0
Total	3745	2084	10	12	49	193	0

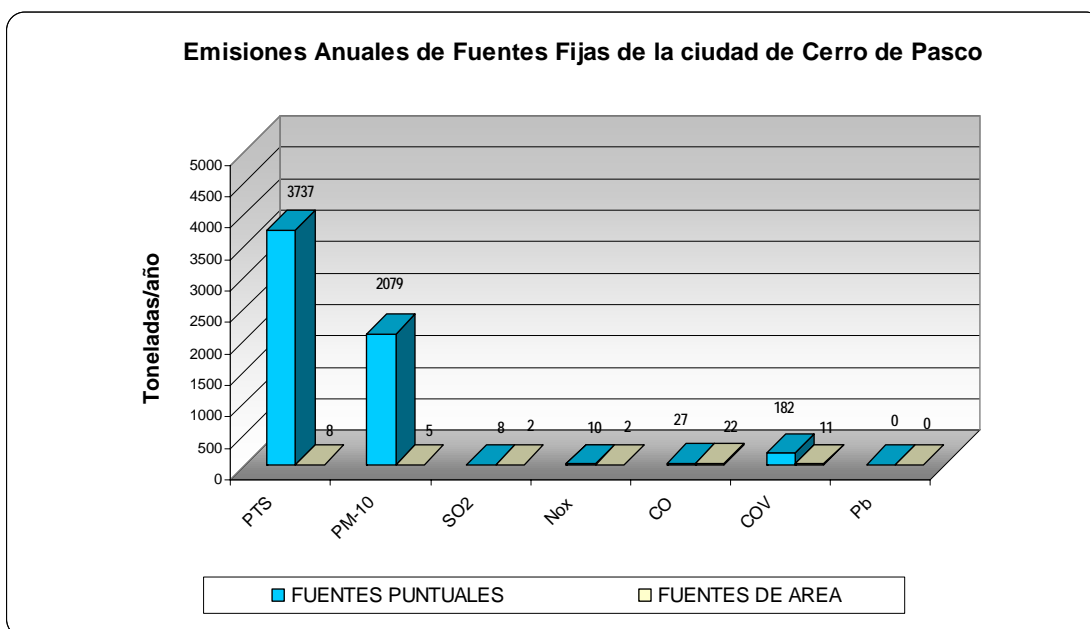


Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Cerro de Pasco

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	99.8	99.8	81.4	83.9	55.5	94.2	0.0
Fuentes de Area	0.2	0.2	18.6	16.1	44.5	5.8	0.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0

En las Tablas N° 3 y N° 4 se muestra el inventario de fuentes fijas desagregado para la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, en términos de cargas de emisión y a nivel porcentual. La Tabla N° 3A permite identificar la procedencia (proceso o combustión) de los contaminantes particulados PTS y PM-10.

En general, es evidente que el aporte de la actividad minera es superior al 90% para los contaminantes particulados (exceptuando plomo), y superior al 50% en los contaminantes gaseosos, a excepción del COV.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades mineras	Minería a tajo abierto	01	3737 ¹	2079 ^{1,2}	6	10	27	< 1	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0	0	0	0	0	182	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	02	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	0
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	17	1	1	< 1	1	14	< 1	0
	Fabricación de productos de panadería	47	< 1	< 1	2	< 1	2	1	0
	Suministro de vapor y agua caliente	09	2	2	< 1	< 1	5	< 1	0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	23	2	1	0	0	0	0	0
Actividades de la industria no metálica	Fabricación de artículos de arena y agregados	19	3	1	0	0	0	0	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	11	0	0	0	0	0	9	0
EMISIONES TOTALES			3745	2084	10	11	49	193	0

- (1) Las emisiones de partículas en general están referidas a la extracción y procesamiento de mineral de alta humedad y molienda húmeda. Las estimaciones de PTS y PM-10 no incluyen la generación por parte de la acción del viento en las canchas de relaves.
- (2) No se dispone de factor de emisión para estimar el aporte de PM-10 por las operaciones de voladuras y pilas de almacenamiento.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes Puntuales						
Actividades mineras	Minería a tajo abierto	01	3737	< 1	2079	< 1
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	02	0	< 1	0	< 1
Fuentes de Area						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	17	0	1	0	1
	Fabricación de productos de panadería	47	0	1	0	< 1
	Suministro de vapor y agua caliente	09	0	2	0	2
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	23	2	0	1	0
Actividades de la industria no metálica	Fabricación de artículos de arena y agregados	19	3	0	1	0

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades mineras	Minería a tajo abierto	01	99.8	99.8	56.8	86.0	56.4	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.1	0.0
Actividades institucionales que realizan combustión	Generación de energía en hospitales	02	< 0.05	< 0.05	24.6	2.9	0.2	< 0.05	0.0
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	17	< 0.05	< 0.05	1.1	5.1	28.1	0.3	0.0
	Fabricación de productos de panadería	47	< 0.05	< 0.05	17.5	4.9	5.0	0.4	0.0
	Suministro de vapor y agua caliente	09	< 0.05	0.1	0.1	1.1	10.3	0.2	0.0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	23	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades de la industria no metálica	Fabricación de artículos de arena y agregados	19	0.1	< 0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
EMISIONES TOTALES			100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0

5.5.2 Emisiones por Contaminante

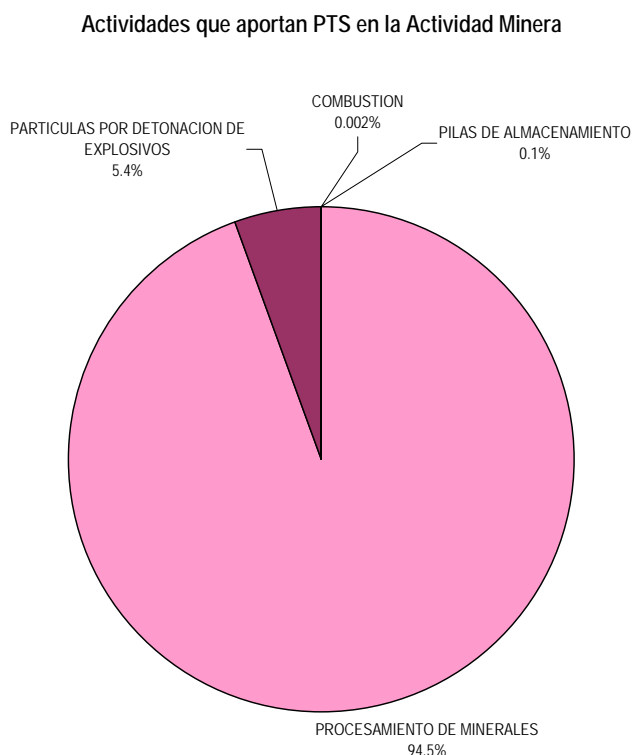
En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas, por lo tanto es importante conocer cuáles son los sectores del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

Partículas Totales en Suspensión, PTS

Analizando la contribución de los diferentes sectores en la generación de PTS, se identificó que en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco este contaminante es emitido en un 99.8% por la actividad minera, alcanzando 3737 Ton/año.

Se han estimado para la actividad minera, las emisiones de PTS procedentes de las actividades siguientes:

- Procesamiento de los minerales, que contribuye con 3530 Ton/año
- Partículas producto de las voladuras (detonaciones), con un aporte de 203 Ton/año
- Combustión en la Planta Concentradora, con un aporte inferior a 1 Ton/año
- Partículas fugitivas de las pilas de almacenamiento, que contribuye con sólo 3 Ton/año.

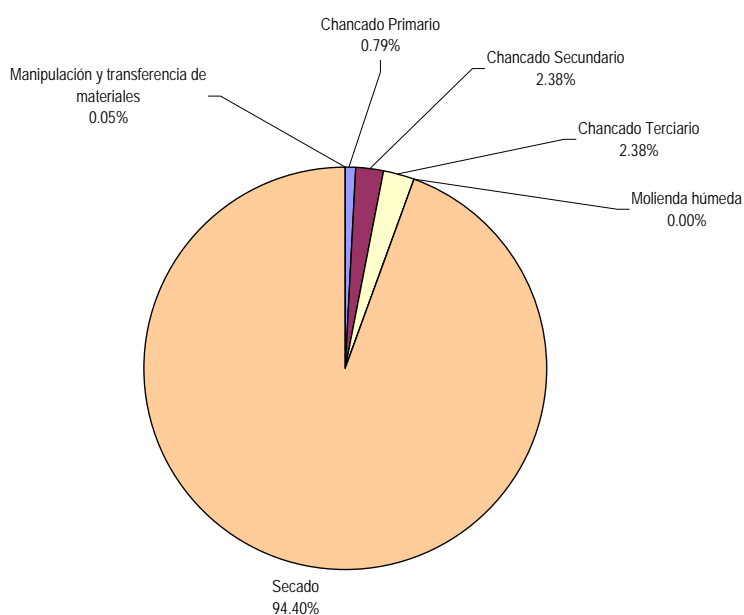


Se aprecia que el 94.5% de las emisiones de la actividad minera corresponden al procesamiento de minerales propiamente dicho, como parte del cual a su vez se desarrollan las operaciones que se indican a continuación:

- Chancado primario, 28 Ton/año
- Chancado secundario, 84 Ton/año
- Chancado terciario, 84 Ton/año
- Secado de minerales, 3332 Ton/año
- Manipulación y transferencia de materiales, 2 Ton/año

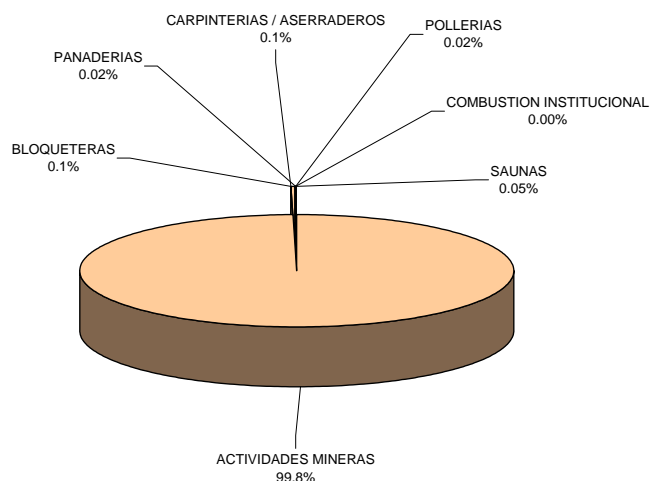
Las bajas emisiones estimadas en relación al proceso desarrollado que se caracteriza por ser polvoriento, están referidas a la extracción y procesamiento de minerales de "alta humedad", definido como superior al 4% y siendo 5% para el caso de Volcan Cía. Minera S.A.A. Además, no se considera el aporte de las operaciones de molienda, dado que ésta opera a 30% de sólidos (mineral) y 70% de agua, siendo sus emisiones poco perceptibles.

Operaciones de Aporte de PTS en el Procesamiento de Minerales



El aporte de las demás fuentes en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco alcanza sólo 8 Ton/año, siendo comparativamente poco significativo, tal como lo muestra el Gráfico siguiente:

Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco



Nota: Las categorías que no figuran en el Gráfico no poseen emisiones de PTS, tales como el Terminal de Almacenamiento de Combustibles y los grifos.

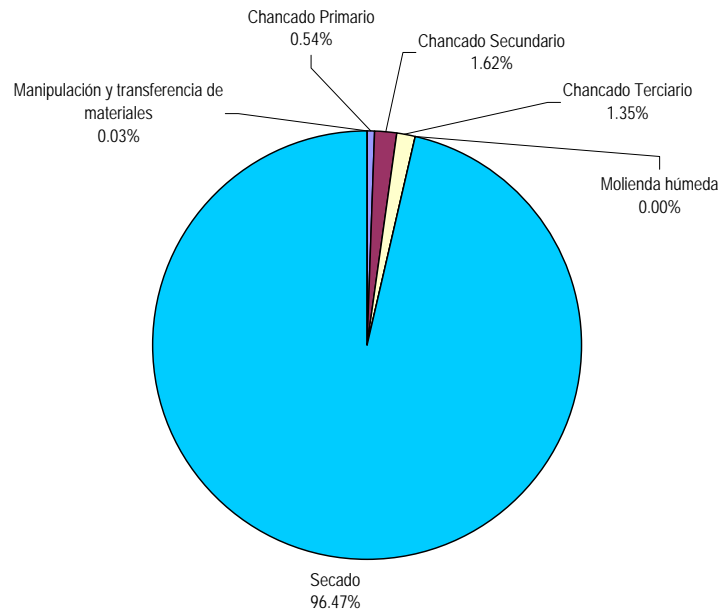
Partículas en Suspensión menores a 10 micras, PM-10

En relación a las emisiones de PM-10 que totalizan 2084 Ton/año, y que como se indicó anteriormente representan el 56% de las emisiones de PTS, se tiene también como principal aportante al rubro de la actividad minera con 2079 Ton/año (99.8%).

De la Tabla N° 3A, se aprecia la distribución de las PM-10 según su origen en esta categoría, evidenciándose que 2079 Ton/año corresponden a emisiones por proceso (descritas anteriormente) y menos de 1 Ton/año a emisiones de combustión desarrollada en la Planta Concentradora, aunque se debe indicar que en las emisiones de proceso no ha sido posible estimar el aporte de las voladuras ni de las pilas de almacenamiento por no disponerse de factores de emisión.

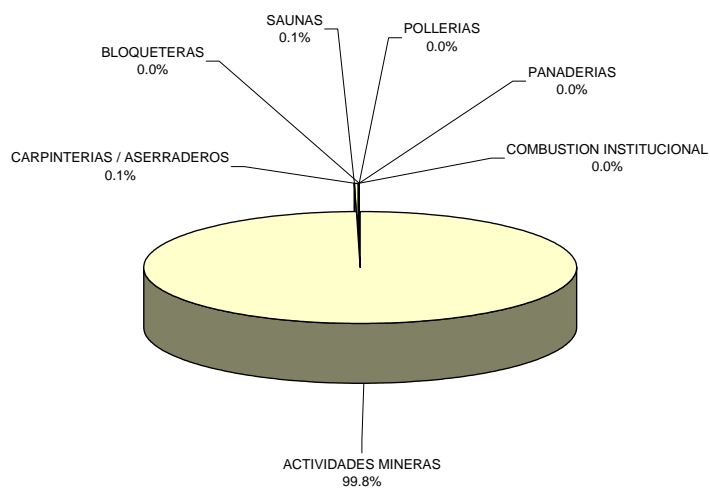
Como parte del procesamiento de minerales, el aporte de PM-10 posee el mismo comportamiento indicado para PTS, según se muestra en el Gráfico siguiente:

Operaciones de Aporte de PM-10 en el Procesamiento de Minerales



Las demás fuentes fijas de emisión incluidas en el inventario representan sólo el 0.2% de las emisiones totales de PM-10 (5 Ton/año), según se aprecia en el Gráfico siguiente:

Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco



Dióxido de Azufre, SO₂

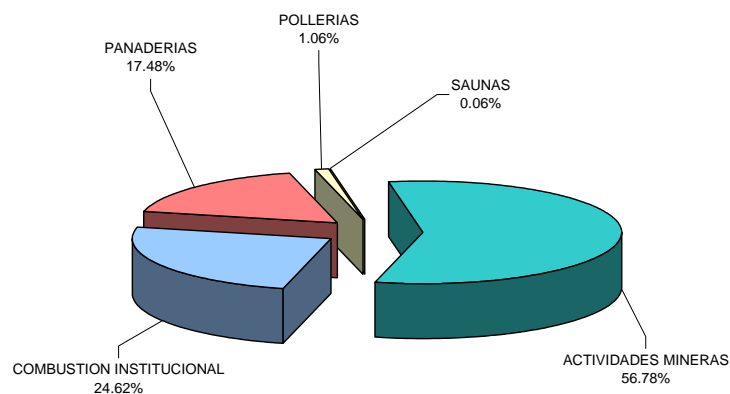
En relación a la emisión de SO₂, que como ya se indicó es mínima en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco (10 Ton/año), se tiene que el 56.8% (6 Ton/año) es contribución de la actividad minera, debido a las operaciones siguientes:

- Detonación de explosivos, principalmente nitrato de amonio y dinamita, durante las voladuras para extracción del mineral, cuyo aporte representa sólo 1 Ton/año.
- Combustión de Diesel 2 en la Planta Concentradora, siendo su contenido de azufre del 1% y teniéndose un consumo de 6273 Gal/mes, lo cual genera una emisión de 5 Ton/año.

En segundo lugar, con 2 Ton/año por cada categoría, se tienen también actividades de combustión como la operación de calderos en los hospitales Essalud y Daniel Alcides Carrión, y las panaderías, debido al uso predominante del kerosene (0.3% de azufre) y el Diesel 2 (1% de azufre).

Los aportes de las demás fuentes son menores y están también referidos a actividades de combustión, como el caso de las pollerías y saunas.

**Distribución Porcentual de SO₂ por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco**



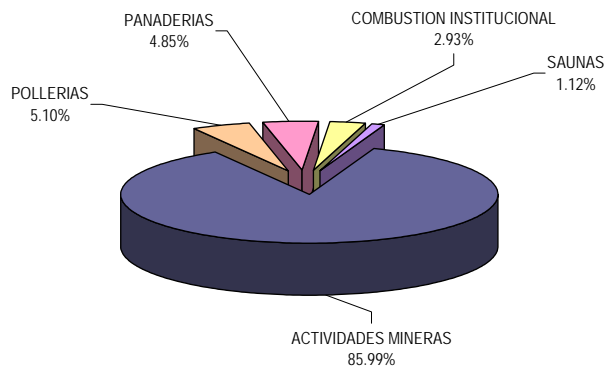
Oxidos de Nitrógeno, NO_x

Al igual que el SO₂, las emisiones de óxidos de nitrógeno son bajas en la cuenca atmosférica, alcanzando 11 Ton/año, de las cuales el 86% corresponden también a la actividad minera (10 Ton/año), producto de las dos operaciones mencionadas anteriormente: detonación de explosivos y combustión en Planta Concentradora.

Sin embargo, se debe indicar que a diferencia del SO₂, las emisiones de NO_x son mayores en la detonación de explosivos, principalmente por el empleo de la dinamita, alcanzando Ton/año, mientras que la combustión del Diesel 2 aporta 1 Ton/año.

Tal como lo muestra el Gráfico adjunto, los aportes de las demás fuentes tanto puntuales como de área son iguales o menores a 1 Ton/año, siendo por lo tanto menos significativas.

**Distribución Porcentual de NO_x por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco**



Monóxido de Carbono, CO

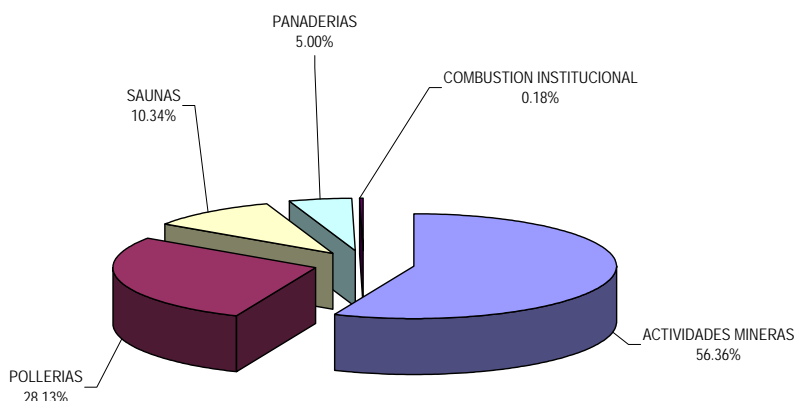
Existen en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, dos principales aportantes de monóxido de carbono, aunque sus niveles de emisión no alcanzan los descritos para los contaminantes particulados:

- 27 Ton/año (56.4%) emitidas por la actividad minera en sus procesos de detonación de explosivos (27 Ton/año) y combustión (< 1 Ton/año).
- 14 Ton/año (28.1%) emitidas por las pollerías, principalmente por el empleo de carbón vegetal y leña, cuyos factores de emisión alcanzan 179.4 y 140 Kg/Ton respectivamente.

También es de destacar la emisión de los saunas, que totalizan nueve en la cuenca atmosférica, con 5 Ton/año, dado el uso exclusivo de la leña en los calderos de generación de vapor.

Las demás fuentes son menos significativas, y su aporte se grafica a continuación:

Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco



NOTA: No se incluyen en el gráfico las fuentes que no generan emisiones de CO, tales como el almacenamiento de combustibles, grifos, carpinterías y bloqueteras.

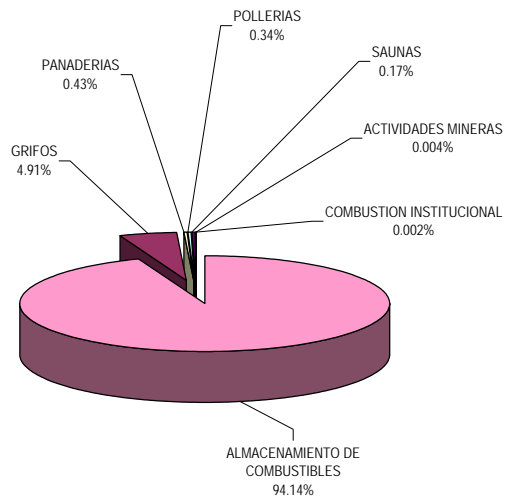
Compuestos Orgánicos Volátiles, COV

De acuerdo con los resultados obtenidos en la estimación de emisiones, el aporte de COV en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco es atribuido en un 94.1% a las emisiones evaporativas generadas por el Terminal de Almacenamiento de Petroperú, con 182 Ton/año, el cual dispone sólo de tanques de techo fijo que generan mayor acumulación de compuestos evaporativos.

Representando sólo el 5% de las emisiones de esta fuente puntual, se encuentran los 11 grifos operativos en los tres distritos, con un aporte de 9 Ton/año, tanto en las operaciones de carga de tanques como en el expendio a vehículos automotores.

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

Distribución Porcentual de COV por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cerro de Pasco



Plomo

No ha sido posible estimar las emisiones de plomo en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, aún cuando es de esperarse que exista un mínimo aporte por parte de la actividad minera.

En el Anexo N° 4, se presentan los cuadros de detalle de las emisiones unitarias para fuentes puntuales y de área.

6. Conclusiones

Los resultados presentados en el presente documento como parte del inventario de emisiones de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco, conllevan a las conclusiones siguientes:

- 6.1 Existe una evidente significativa fuente de aporte de contaminantes particulados en la cuenca, asociada a las actividades mineras, principalmente en sus operaciones de procesamiento de minerales propiamente dichas.
- 6.2 Las emisiones de partículas en suspensión menores a 10 micras por parte de la actividad minera, representan más del 50% del particulado total generado por estas operaciones, aún cuando no han sido estimados los aportes de la detonación de explosivos y pilas de almacenamiento.
- 6.3 Las operaciones de detonación de explosivos y combustión en la Planta Concentradora de la Unidad Minera, son responsables también de las mayores emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.
- 6.4 La principal fuente de aporte de compuestos orgánicos volátiles en la cuenca atmosférica de Cerro de Pasco, está representada por el Terminal de Almacenamiento de Combustibles, debido principalmente a la disposición de tanques de techo fijo.
- 6.5 Las fuentes de área referidas a procesos de combustión, tales como las pollerías, panaderías y saunas, generan emisiones de partículas, aunque su contribución es insignificante comparativamente con la actividad minera.
- 6.6 Las emisiones de monóxido de carbono por parte de las fuentes de área de combustión, pueden considerarse representativas, aunque en su conjunto no superan la emisión de la actividad minera.
- 6.7 Las emisiones de plomo se encuentran ausentes en las fuentes fijas de la ciudad de Cerro de Pasco, aunque es de esperarse que exista algún aporte por parte de la actividad minera.
- 6.8 Está claramente identificado que el control de emisiones de partículas en la cuenca atmosférica en estudio está asociado con las operaciones de la Unidad Minera.

ANEXO N° 1
METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN
DEL INVENTARIO LOCAL

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

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

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

Determinación del universo de fuentes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definición de categorías y tipos de fuentes

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

Para el efecto, se considerarán las definiciones siguientes:

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

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

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

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

P : Puntual A : Area

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

Diseño Muestral

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

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

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

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

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

2) Aplicación de regla de decisión :

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

Categoría de Fuente de Area	Código 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
INFORMACIÓN DE SUSTENTO DEL
UNIVERSO DE FUENTES FIJAS

ANEXO N° 3
MODELOS DE ENCUESTAS

ANEXO N° 4
DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS

BIBLIOGRAFIA

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cerro de Pasco

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.