

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES**



**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO
DE LOS NIVELES DE DIÓXIDO
DE AZUFRE
EN LA CIUDAD DE LA OROYA**

**Informe de Experiencia Profesional para optar por el Título
Profesional en Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**

Presentado por: Bachiller NANCY ALVÁN ROMERO

Asesor: Dr. Rubén Rodríguez Flores

**Callao - Perú
2010**

A mis padres: por la sabia educación que me han dado y
por su amor incondicional

A mis hermanas y hermano: por todo su apoyo y
preciosos consejos

A Dios y la Virgen Santísima porque sin ellos nada es posible



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

001-2010-JDT-FIARN

Siendo las 14:35 horas del día martes 24 de Agosto de 2010, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista-Callao; se dio Inicio a la Exposición del Informe por Experiencia Profesional titulado "EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE DIOXIDO DE ASUFRE EN LA CIUDAD DE LA OROYA", para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la Bachiller Nancy Alván Romero.

Contando con la asistencia del Jurado Evaluador y Asesora a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 024-2010-D-FIARN de fecha 20 de agosto de 2010, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

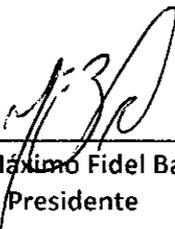
ING. MAXIMO FIDEL BACA NEGLIA	Presidente
ING. AMÉRICO CARLOS MILLA FIGUEROA	Secretario
ING. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN	Vocal
DR. RUBÉN GILBERTO RODRÍGUEZ FLORES	Asesor

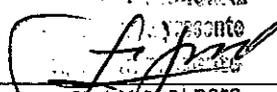
Terminada la exposición, el Jurado Evaluador invita a la Bachiller Asesor y al público en general se retiren del auditorio para las deliberaciones del caso. Luego de las deliberaciones,

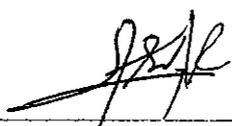
El Jurado Evaluador acuerda : APROBAR POR UNANIMIDAD

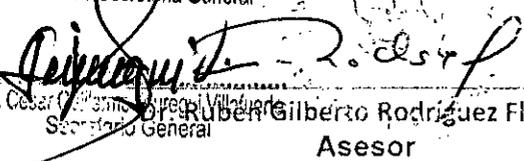
Con el Calificativo de BUENO y en consecuencia da por terminado el acto de exposición.

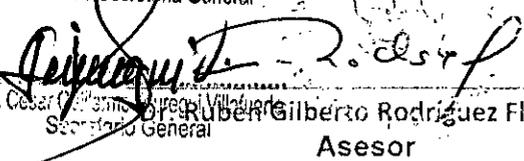
En señal de conformidad firman el Jurado Evaluador y Asesor a las 15:40 horas del 24 de Agosto de 2010.


Ing. Máximo Fidel Baca Neglia
Presidente


Ing. Américo Carlos Milla Figueroa
Secretario


Ing. Abner Josué Vigo Roldán
Vocal


Lic. César Villaluz
Secretario General


Dr. Rubén Gilberto Rodríguez Flores
Asesor

Callao,1.4^{da} SEP. 2010 del 20.....
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
1. Capítulo 1: INTRODUCCION	3
1.1 Objetivos	6
1.1.1 Objetivo general	6
1.1.2 Objetivos específicos	6
1.2 Antecedentes	6
1.3 Limitaciones	12
2. Capítulo 2: EXPERIENCIA PROFESIONAL	13
3. Capítulo 3: PROGRAMA Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES REALIZADAS	15
4. Capítulo 4: LEGISLACIÓN VIGENTE	18
5. Capítulo 5 : FUNDAMENTOS TEORICOS	20
5.1 Características del dióxido del azufre (SO ₂)	23
5.2 Aspecto meteorológico	23
5.3 Química del dióxido de azufre (SO ₂)	26
5.4 Toxicidad del dióxido de azufre (SO ₂)	28
5.5 Efectos del dióxido de azufre en la salud	29
6. Capítulo 6: METODOLOGIA DEL INFORME	36

7. Capítulo 7: DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LOS NIVELES DE DIOXIDO DE AZUFRE EN LA CIUDAD DE LA OROYA	39
7.1 Descripción del área de estudio	40
7.2 Obtención de datos	46
7.3 Concentraciones reportadas	50
7.4 Datos procesados	50
8. Capítulo 8: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
8.1 Análisis	51
8.2 Discusión de resultados	59
9. Capítulo 9: DIAGNOSTICO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
9.1 Diagnóstico	61
9.2 Conclusiones	62
9.3 Recomendaciones	63
Revisión Bibliográfica	64
Anexos	
a) Datos tabulados de los años 2007, 2008, 2009 de las estaciones Hotel Inca, Huari, Marcavalle y Sindicato Obrero	
b) Datos y gráfica del promedio horario del dióxido de azufre (SO ₂) del 31 de enero del 2009	
c) Panel fotográfico	
d) Proyectos PAMA (Doe Run Perú SRL)	

INDICE TABLAS – GRÁFICOS - FIGURAS

	Pág.
1. Figura I: Organigrama D&E Desarrollo Ecología SAC	13
2. Figura II: Inversión térmica	24
3. Figura III: Comparación de vías aéreas	31
4. Figura IV: Tracto respiratorio humano	32
5. Figura V: Ubicación y accesibilidad – Ciudad de la Oroya	41
6. Figura VI: Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire	47
7. Figura VII: Proceso de declaratoria de estados de alerta	48
8. Cuadro I: Programa de actividades desarrolladas en la supervisión permanente en el Complejo Metalúrgico de La Oroya	16
9. Tabla I: Principales agentes contaminantes del aire	20
10. Tabla II: Escala de Beaufort	25
11. Tabla III: Límites de exposición	34
12. Tabla VI: Nivel educativo alcanzado	44
13. Tabla V: Principales actividades económicas	45
14. Tabla VI: Puntos de monitoreo	47
15. Tabla VII: Niveles de estados de alerta para contaminantes críticos	48
16. Tabla VIII: Equipos de la red de monitoreo de DIGESA/Doe Run Peru SRL	49
17. Tabla IX: Metodología de análisis	50
18. Gráfica 1: Promedio anual SO ₂ (2007 – 2009)	51
19. Gráfica 2: Promedio anual SO ₂ - Estaciones	52

20.	Gráfica 3: Promedio mensual SO2 (año 2007)	53
21.	Gráfica 4: Promedio mensual SO2 (2008)	54
22.	Gráfica 5: Promedio mensual SO2 (2009)	55
23.	Gráfica 6: Estación Sindicato Obrero – Valor diario (diciembre 2007)	56
24.	Gráfica 7: Estación Sindicato Obrero – Valor diario (febrero 2008)	57
25.	Gráfica 8: Estación Sindicato Obrero – Valor diario (enero 2009)	57
26.	Gráfica 9: Promedio horario SO2 - Estación Sindicato Obrero (31.01.09)	58

EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE LOS NIVELES DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN LA CIUDAD DE LA OROYA

RESUMEN

La Fundición de La Oroya inició sus operaciones en 1922 y estuvo bajo el control de diversas empresas privadas y públicas como la Cerro de Pasco Cooper Corporation quien fue propietaria hasta 1974, fecha en que el Estado Peruano se hace cargo con la Centromin-Perú que asumió el control hasta 1997, año en el cual la empresa DOE RUN PERÚ, se hace propietaria hasta la actualidad.

Desde el inicio de las operaciones de la fundición y de la actividad minera en la ciudad de La Oroya el ambiente ha recibido emisiones constantes, y éstas han conformando un pasivo, las cuales han ido contaminando progresivamente tanto el suelo, aire y agua; éstos recursos se han visto afectados sin que ninguna autoridad haya previsto alguna medida de prevención ni para el ambiente ni para la salud humana.

La problemática Ambiental y de Salud en la ciudad de La Oroya, se convirtió en un asunto de interés internacional, es así que en los años 2006 - 2008 dos instituciones internacionales dedicadas a la solución de problemas ambientales (Blacksmith Institut¹ y Graffiti²), realizaron investigaciones sobre las ciudades más contaminadas del mundo, llegando a la conclusión que la ciudad de La Oroya forma parte éstas.

¹ Annual Report 2007, TheWorld's Worst Polluted Places, Blacksmith Institute.

² Deadliest Cities in The World, Graffiti, 12 september 2008.

La solución a la problemática ambiental, estaba a cargo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), es así que esta organización decide realizar una supervisión permanente en el Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) de DOE RUN PERU SRL (DRP). En enero del 2007 designa a la empresa fiscalizadora externa D&E Desarrollo y Ecología SAC para que realice la Supervisión Especial de enero a marzo del 2007 a la que se le denominó “primera etapa”, con la finalidad de verificar y refrendar los procedimientos de muestreos ambientales y análisis químico de muestras ambientales indicados en las modificaciones del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) presentado por DRP. Los resultados de esta supervisión especial indicaron que el CMLO, emitía o era causante de más del 75% de las emisiones del dióxido de azufre (SO₂) (considerado como contaminante crítico³) dentro de la jurisdicción de la ciudad de La Oroya, razón por lo cual, y en base al Decreto Supremo N° 009-2003-SA (Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire), se le dio la denominación de “macroemisor” y como tal debía cumplir con las obligaciones de ley señaladas en el Decreto Supremo en mención; siendo una de las obligaciones más importantes la de instalar una red de monitoreo automático de la calidad del aire.

D&E Desarrollo y Ecología SAC, fue designada a partir de abril del 2007 como Supervisor Permanente de las modificaciones del PAMA presentado por DRP, así como del cumplimiento de las obligaciones como macroemisor el cual se cumplió en dos etapas de abril 2007 a abril 2008 (segunda etapa) y de mayo 2008 a febrero 2010 (tercera etapa).

³ Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

Capítulo 1

INTRODUCCION

La ciudad de La Oroya considerada la “Capital Metalúrgica del Perú” se ubica en la provincia de Yauli, departamento de Junín, entre las latitudes N 8 726 100 y N 8 726 300 y las longitudes E 402 200 y E 402 400, a una elevación de 3750 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Llegar a la ciudad de La Oroya vía la carretera central (kilometro 174) que se encuentra totalmente asfaltada, dura aproximadamente cuatro horas.

En el año 1921 se instala un Complejo Metalúrgico en la ciudad de La Oroya (en adelante CMLO), el cual dio inicio a sus operaciones en 1922 y estuvo bajo el control de diversas empresas privadas y publicas como la Cerro de Pasco Cooper Corporation quien fue propietaria hasta 1974, fecha en que el Estado Peruano se hace cargo con la Centromin-Perú que asumió el control hasta 1997. A partir de 1997 la empresa DOE RUN PERÚ SRL (en adelante DRP), se hace propietaria hasta la actualidad.

Una fundición es una planta que posee procesos piro y electro-metalúrgicos, organizados de manera conjunta para producir metales que serán comercializados.

En el proceso de fundición:

- El primer paso es la tostación para reducir la cantidad de azufre dentro de los concentrados. En esta etapa se puede producir grandes cantidades de dióxido de azufre y partículas.

- Como segundo paso, los materiales restantes son fundidos en hornos para generar metales crudos.

Ambas etapas incluyen procesos adicionales y pasos para separar distintos subproductos e impurezas.

Estudios realizados demuestran que, en la mayoría de los casos, las distintas etapas del proceso metalúrgico generan grandes cantidades de contaminación que puede ser tóxica para la salud y el ambiente. Uno de los contaminantes más tóxicos es el llamado dióxido de azufre.

Los efectos a la salud por exposición de los contaminantes provenientes de fundiciones son de largo plazo y en la mayoría de los casos no son inmediatamente perceptibles. Estos pueden incluir entre otros: el deterioro irreversible del sistema respiratorio, cáncer, efectos adversos en la reproducción y en el desarrollo humano, daños a órganos vitales entre otros.

Desde el inicio de las operaciones de la fundición y de la actividad minera en la ciudad de La Oroya el ambiente recibe emisiones constantes que han conformando un pasivo el cual ha ido contaminando progresivamente tanto el suelo, el aire, así como el agua.

La Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (Interamerican Association for Environmental Defense [AIDA]), indica que la calidad ambiental en la ciudad de La Oroya se ha deteriorado severamente desde que DRP se hizo cargo.

El OSINERGMIN⁴ como encargado de regular, supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las normas legales y técnicas referidas a la conservación y protección del medio ambiente en las actividades de electricidad, hidrocarburos y minería, decide realizar una supervisión permanente en el CMLO de DRP, designando en enero del 2007 a la empresa fiscalizadora externa D&E Desarrollo y Ecología SAC para que realice la *Supervisión Especial* de enero a marzo del 2007 (llamada también “primera etapa”). Los resultados de esta supervisión especial indicaron que el CMLO, emitía o era causante de más del 75% de las emisiones del SO₂ (considerado como contaminante crítico) dentro de la jurisdicción de la ciudad de La Oroya, razón por lo cual, y en base al Decreto Supremo N° 009-2003-SA (Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire), se le dio la denominación de “macroemisor” y como tal debía cumplir con la obligaciones de ley señaladas en el Decreto Supremo en mención.

D&E Desarrollo y Ecología SAC, fue designada a partir de abril del 2007 como Supervisor Permanente de las modificaciones del PAMA presentado por DRP, así como del cumplimiento de las obligaciones como macroemisor. Esta supervisión se realizó en dos etapas: de abril 2007 a abril 2008 (llamada también segunda etapa) y de mayo 2008 a febrero 2010 (llamada también tercera etapa).

Éste informe es el resultado de mi participación como Supervisor durante la segunda y tercera etapa de la Supervisión Permanente en el Complejo Metalúrgico de La Oroya, con la cual mi experiencia profesional de más de nueve años en temas de medio ambiente, auditoria, monitoreos ambientales y fiscalización, se enriqueció.

⁴ Artículo 2° de la Ley 28964. Ley que transfiere competencias de supervisión y fiscalización de las actividades mineras al OSINERG.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar y emitir un diagnóstico con respecto a los niveles de dióxido de azufre en la ciudad de La Oroya.

1.1.2 Objetivos específicos

Tomar mediciones de dióxido de azufre en la ciudad de La Oroya.

Procesar la data de las mediciones obtenidas.

1.2 Antecedentes generales

El impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas se presenta principalmente de dos formas:

- La primera en forma de contaminación crónica, que implica espacios de tiempo prolongados y sostenidos.
- La segunda en forma de contaminación aguda, a través de exposiciones de corta duración. Éste tipo de exposición requiere de medidas de mitigación inmediatas, destinadas a reducir la concentración del contaminante en el aire y disminuir la exposición de la población a dichos contaminantes.

En el año 1998, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) convocó a la Comisión Técnica Multisectorial (CTM), la cual fue encargada de elaborar el proyecto del Reglamento Nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). La CTM sería la instancia de coordinación y concertación a nivel político para la aprobación de los ECA y LMP, así como la composición de los Grupos de Estudio Técnico

Ambiental (GESTA), uno de los cuales estaría referido a los “Estándares de Calidad del Aire” (GESTA-AIRE).

El 8 de diciembre de 1999, y luego de coordinaciones realizadas por el GESTA-AIRE, se publica el proyecto de Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad del Aire, el que fue consultado con el sector privado y la sociedad civil por más de dos años. El 24 de junio de 2001 con Decreto Supremo N° 074-2001-PCM (D.S. 074), se aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Es importante mencionar algunos de los artículos del D.S. 074.

Artículo 3°, define entre otros:

- Estándares de Calidad de Aire: *“Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana...”*.
- Zonas de Atención Prioritaria: *“Son aquellas que cuenten con centros poblado o poblaciones mayores a 250,000 habitantes o una densidad poblacional por hectárea que justifiquen su atención prioritaria o con presencia de actividad socioeconómica con influencia significativa sobre la calidad del aire”*.

Nota: en el anexo 4 del D.S. en mención se da a conocer la lista de las 13 Zonas de Atención Prioritaria, entre las que se encuentra la ciudad de La Oroya.

Artículo 4°, se menciona a los Estándares Primarios de Calidad del Aire los cuales consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire, dentro de los cuales se menciona al dióxido de azufre (SO₂).

Artículo 11°, en el que se indica que realizar un Diagnóstico de Línea Base⁶ era prioritario para poder evaluar de manera integral la calidad del aire en una zona y sus impactos sobre la salud y el ambiente. Este diagnóstico serviría también para la toma de decisiones correspondientes a la elaboración de los Planes de Acción y de manejo de la calidad del aire.

Nota: el Plan de Acción para la Mejora de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de ciudad de La Oroya fue aprobado por Decreto del Consejo Directivo N° 020-2006-CONAM-CD el 23 de junio de 2006.

Artículo 23°, se hace mención a los Estados de Alerta, los que tienen por objeto activar en forma inmediata un conjunto de medidas destinadas a prevenir el riesgo a la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire que pudieran generar daños a la salud humana (contaminación aguda).

En el año 2003, el Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) de la organización Panamericana de la Salud, presentó a la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud una propuesta de niveles de alerta en base a las zonas consideradas de atención prioritaria (anexo N°4 del D.S. 074).

⁶ Se realiza con la finalidad de describir la situación inicial de la población objeto de un proyecto:

El 24 de junio de 2003 fue aprobado por Decreto Supremo N° 009-2003-SA (D.S. 009) el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.

En el D.S. 009 se hace mención a los “macroemisores de contaminantes provenientes de fuentes fijas”, y en su artículo 8° se establece a quien se puede llamar macroemisor; siendo una de las consideraciones más importantes la que se menciona a continuación y a la letra dice “...*los titulares de actividades de una fuente fija que sean responsables de más del 25% de las emisiones de un contaminante crítico de una Zona de Atención Prioritaria*”.

En el artículo 9°, se hace mención de las obligaciones de los macroemisores, una de las cuales es la instalación de una red de monitoreo automático de la calidad del aire para los contaminantes críticos. Dicha red deberá contar con una red meteorológica automática de registro continuo, que determine temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, además de los parámetros específicos requeridos por el modelo de predicción. Otra de las obligaciones del macroemisor será el de reportar diariamente a la DIGESA en forma horaria las concentraciones de calidad del aire y las emisiones de gases o partículas del contaminante crítico.

En octubre del 2003 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 con el Sub Programa IM-07: “Inventarios Locales de Gases Contaminante”. Éste Sub Programa estaba dirigido a la elaboración de

inventarios locales de fuentes fijas en las 13 ciudades de atención prioritaria establecidas en el D.S. 074.

Realizado el Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya, se llega entre otras conclusiones⁷:

- Existe en la cuenca atmosférica de la Oroya una única fuente puntual que representa en relación a las partículas, plomo y dióxido de azufre, más del 99% de las emisiones totales, y cuya actividad principal es la fundición polimetálica.
- Las emisiones de dióxido de azufre en la cuenca atmosférica de La Oroya proceden exclusivamente (99,999%) de las operaciones de la fundición polimetálica, debido a las características propias de sus procesos.

La fundición polimetálica detectada como única fuente puntual de contaminación en la ciudad de La Oroya, no es otro que el Complejo Metalúrgico de la Oroya (CMLO), y el cual cumple con todas las características para ser denominado como un macroemisor.

El CMLO fue instaurado en 1922 por la empresa estadounidense Cerro de Pasco Copper Corporation, el cual cuenta con tres (3) circuitos metalúrgicos principales: el de cobre, que opera desde 1922; el de plomo, que opera desde 1928; y el de zinc que opera desde 1952. Estos circuitos incluyen procesos de fundición y refinado de los metales de principal producción, así como algunos otros procesos para la producción de otros metales como son el cadmio, plata y oro, entre otros.

El Complejo fue nacionalizado el 1° de enero de 1974 por el Gobierno Militar, pasando a ser propiedad de la Empresa Minera del Centro del Perú SA (Centromin Perú), empresa que lo operó entre 1974 y 1997.

Previo a su privatización y en cumplimiento de las exigencias ambientales que desde 1993 impuso el sector minero, Centromin Peru SA presenta en agosto de 1996 su PAMA ante el Ministerio de Energía y Minas, el mismo que fue aprobado por ésta autoridad. El PAMA, fue establecido como un instrumento correctivo de gestión ambiental, orientado a facilitar a los titulares mineros plazos de adecuación gradual a las nuevas exigencias ambientales.

El PAMA presentado por Centromin Peru, establecía una serie de compromisos a través de un programa de ejecución de varios sub-proyectos, en los que se proponían alternativas de mitigación para los temas que eran considerados como los mayores problemas ambientales del Complejo, sin establecer para ello un plan adecuado a las necesidades de inversión en tecnología para la protección del ambiente.

En el año 1997, la empresa norteamericana Doe Run Company, a través de su subsidiaria DOE RUN PERU SRL (DRP), adquirió el Complejo frente a la declinación de la ganadora de la licitación, la empresa mexicana Peñoles, con lo cual asumió el compromiso de cumplir todas las exigencias contenidas en el PAMA elaborado por el anterior propietario.

DRP presentó en diciembre de 1998 un pedido de modificación del PAMA (presentado anteriormente por Centromin Peru). En virtud a éste nuevo PAMA presentado, la empresa se obliga a efectuar un cierto número de mejoras

⁷ Conclusiones 6.1 y 6.6: Inventario Emisiones Fuentes Fijas Cuenca Atmosférica Ciudad de La Oroya – DIGESA, abril 2005.

ambientales, poniéndose como plazo máximo para su cumplimiento el año 2006, y a efectuar inversiones para el tratamiento de las emisiones y calidad del aire recién a partir del año 2004.

El OSINERGMIN designó a la empresa fiscalizadora externa D&E Desarrollo y Ecología SAC para que realice una Supervisión Especial en el CMLO de DRP de enero a marzo del 2007, con la finalidad de verificar y refrendar los procedimientos de muestreos ambientales y análisis químico de muestras ambientales indicados en las modificaciones del PAMA presentado por DRP.

Los resultados, de la supervisión especial realizada, indicaron que el CMLO, emitía o era causante de más del 75% de las emisiones del SO₂ (considerado como contaminante crítico) dentro de la jurisdicción de la ciudad de La Oroya, razón por la cual continuó con la denominación de macroemisor y debía cumplir con la obligaciones de ley señaladas líneas arriba.

D&E Desarrollo y Ecología SAC, fue designada a partir de abril del 2007 como Supervisor Permanente de las modificaciones del PAMA presentado por DRP y del cumplimiento de las obligaciones por ser macroemisor. La supervisión se cumplió en dos etapas: de abril-2007 a abril-2008 (llamada también segunda etapa), y de mayo-2008 a febrero-2010 (llamada también tercera etapa).

1.3 Limitaciones

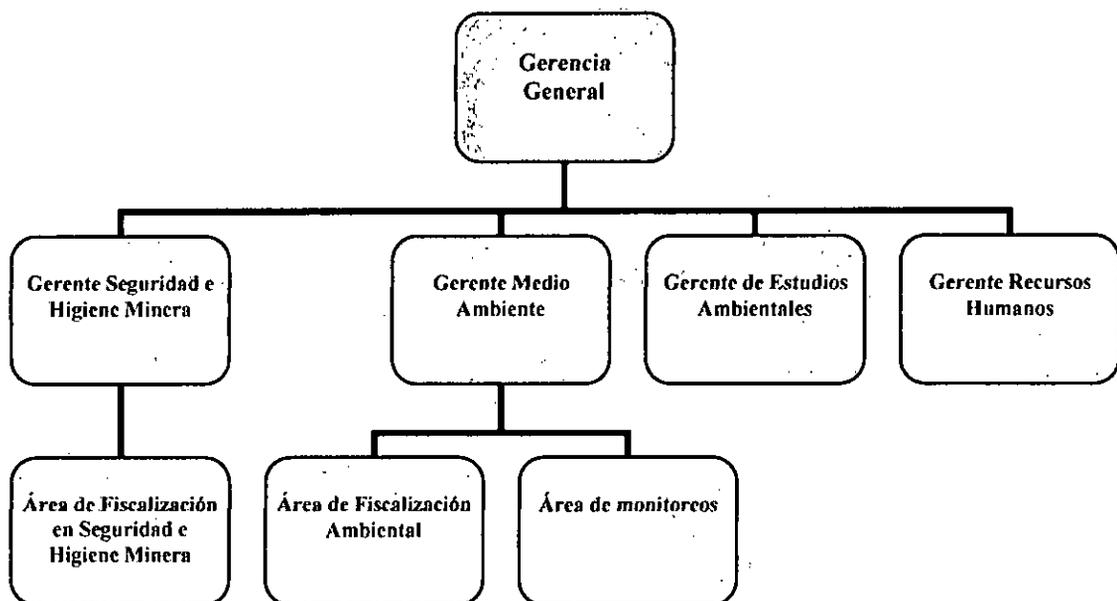
Las limitaciones para realizar el presente informe se tuvieron sobre todo en los permisos solicitados a la Autoridad competente para el uso de la data obtenida durante el trabajo de campo, ya que ésta es una información clasificada, y tiene que pasar por diferentes evaluaciones antes de ser divulgada.

Capítulo 2

EXPERIENCIA PROFESIONAL

D&E DESARROLLO Y ECOLOGIA SAC cuenta con más de 10 años de reconocida trayectoria en CONSULTORÍA AMBIENTAL, AUDITORÍA y FISCALIZACIÓN.

Figura I.- Organigrama D&E Desarrollo y Ecología SAC



Fuente propia

La experiencia profesional en ésta empresa empieza en el año 2005 y concluyó en agosto del 2010. Las áreas en las que se realizó la colaboración fueron: Fiscalización Ambiental y Fiscalización en temas de Seguridad e Higiene Minera, Estudios Ambientales, así como en el área de Monitoreos.

Los proyectos en los que se participó son los siguientes:

- **Supervisión Permanente Complejo Metalúrgico La Oroya. Enero 2007 – febrero 2010.**
- Fiscalización/Supervisión en el sub-sector minería, en los temas de Protección y Conservación del Ambiente, Seguridad e Higiene Minera y Accidentes fatales en Compañía Minera Poderosa SA, Compañía Minera Santa Rosa SA., Southern Peru Copper Corporation, Volcan Compañía Minera, entre otras.

- Supervisión Especial de Monitoreo Ambiental del ámbito geográfico Huancavelica – Junín (2008)-Consultoría.
- Supervisión Especial de Monitoreo Ambiental del ámbito geográfico Lima (2009)-Consultoría.
- Elaboración de reportes trimestrales de calidad de agua, aire y emisiones de Compañía Minera Las Camelias SA (2003 –2010).
- Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Lucero-Empresa Transporte y Minerales SA.
- Cierre del Depósito de Relaves Santa María 1-Compañía Minera Poderosa SA.

Capítulo 3

PROGRAMA Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES REALIZADAS

Ante la problemática ambiental que se presentaba en la ciudad de La Oroya, el OSINERGMIN decide realizar una supervisión permanente en el Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) de DOE RUN PERU SRL (DRP), designando en enero del 2007 a la empresa fiscalizadora externa D&E Desarrollo y Ecología SAC para que realice la Supervisión Especial de enero a marzo del 2007 a la que se le denominó “*primera etapa*”, ante los óptimos resultados obtenidos, OSINERGMIN designa a D&E Desarrollo y Ecología SAC, a partir de abril del 2007, como *Supervisor Permanente* de las modificaciones del PAMA presentado por DRP, así como del cumplimiento de las obligaciones como macroemisor. Dicha supervisión se cumplió en dos etapas de abril 2007 a abril 2008 (segunda etapa) y de mayo 2008 a febrero 2010 (tercera etapa).

A continuación se describen las actividades desarrolladas:

Cuadro I.-Programa de actividades desarrolladas en la supervisión permanente en el CMLO

Etapas	Duración	Actividades realizadas
Primera etapa	Enero - Marzo 2007	Verificación de los procedimientos de monitoreo
		Verificación de los análisis químicos de muestras ambientales
		Cumplimiento de estándares de calidad de aire
		Cumplimiento de estándares de calidad de agua
		Cumplimiento del proyecto de construcción de la planta de ácido sulfúrico del circuito de zinc
		Cumplimiento de compromisos de estándares ambientales
		Seguimiento y control de la red de monitoreo (aire, meteorología, polvos, suelo, agua)
Segunda etapa	Abril 2007 - Abril 2008	Verificación de los procedimientos de monitoreo
		Verificación de los análisis químicos de muestras ambientales
		Seguimiento y control de la red de monitoreo (aire, meteorología, polvos, suelo, agua)
		Seguimiento y control de la red de monitoreo con el comité de vigilancia y monitoreo ciudadano
Tercera etapa	Mayo 2008 - Febrero 2010	Cumplimiento de los compromisos en salud humana
		Cumplimiento del proyecto de construcción de la planta de ácido sulfúrico del circuito de plomo
		Cumplimiento del proyecto de construcción de la planta de ácido sulfúrico del circuito de cobre
		Seguimiento y control de la red de monitoreo (aire, meteorología, polvos, suelo, agua)
		Seguimiento y control de la red de monitoreo con el comité de vigilancia y monitoreo ciudadano

Fuente propia

Durante la segunda y tercera etapa de la supervisión permanente en el CMLO la participación se realizó directamente en el tema del Seguimiento y Control de la Red de Monitoreo de aire, meteorología, polvos, suelo y agua.

La información obtenida en esas etapas fue tabulada y se presenta como parte del presente informe.

Capítulo 4

LEGISLACION VIGENTE

La legislación que se presenta en el elenco líneas abajo, es la que se tomó como base para el tema ambiental – (aire):

- Ley General del Ambiente – Ley N° 28611 y sus modificatorias (Decreto Legislativo N° 1055 27.06.2008).
- D.S. N° 003-2008-MINAM. Aprueban los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire.
- R.M. N° 315-96-EM/VMM. Niveles máximos permisibles de emisiones de gases y partículas para la actividad minera metalúrgica.
- D.S. N° 074-2001-PCM. Concordancias con el D.S. N° 009-2003-SA. Reglamento de estándares de calidad ambiental del aire.
- R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental de aire.
- R.D. N° 281-2007-EM/AAM. Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero-metalúrgicas.
- D.S. N° 009-2003-SA. Reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para contaminantes del aire.
- DC.D. N° 020-2006-CONAM/CD. Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la cuenca atmosférica de La Oroya.
- R.M. N° 257-2006-MEM/DM e Informe N° 053-2006-MEM-AAM. Basados en el Informe N° Informe N° 118 – 2006 – MEM – AAM / AA / RC / FV / AL / HS / PR / AV / FQ / CC.

- Ley 28964 Ley que transfiere competencias de supervisión y fiscalización de las actividades mineras al OSINERGMIN.

Protocolos de monitoreo:

- Calidad de aire y emisiones (MINEM).
- Calidad de aire y gestión de los datos 2005 (DIGESA).

Capítulo 5

FUNDAMENTOS TEORICOS

La contaminación del aire se define como la presencia de agentes químicos, biológicos y físicos, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad y bienestar de la población, así como perjudiciales para la vida animal y vegetal o impidan el goce de propiedades y lugares de recreación (*Strauss et al, 2001*).

Entre los agentes contaminantes del aire tenemos:

- Físicos: ruido y radiación,
- Químicos: partículas y gases, primarios y secundarios, orgánicos e inorgánicos,
- Biológicos: virus y bacterias.

Los principales agentes químicos contaminantes del aire se describen en el siguiente cuadro, en el que se menciona también cuál es su tiempo aproximado de residencia⁸:

Tabla I.- Principales agentes contaminantes del aire⁹

Parámetro	Concentración ppb		Tiempo de residencia aproximado
	A t m ó s f e r a		
	Limpia	Contaminada	
CO	100	40 000 - 70 000	65 días
CO ₂ (ppm)	320	400	100 años ¹⁰
SO ₂	0,2 - 10	20 - 200	40 días
NO	0,01 - 0,6	50 - 750	1 día

⁸ Tiempo promedio de permanencia de una molécula o un aerosol en la atmósfera luego de ser emitidos o generados.

⁹ La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial. Informe especial IPCC/GETE.

¹⁰ La eliminación del CO₂ de la atmósfera supone muchos procesos diferentes y su tasa no puede expresarse con exactitud respecto de un solo tiempo de vida. No obstante, los modelos del ciclo del carbono estiman normalmente que entre el 30 y el 50% de las emisiones de CO₂ permanecen en la atmósfera durante más de 100 años.

**Tabla I.- Principales agentes contaminantes del aire
(continuación)**

Parámetro	Concentración ppb		Tiempo de residencia aproximado
	A t m ó s f e r a		
	Limpia	Contaminada	
NO ₂	0,1 - 1	50 - 250	1 día
HNO ₂	0,001	1 - 8	--
HNO ₃	0,02 - 0,3	3 - 50	1 día
O ₃	20 - 80	100 - 500	--
NH ₃	1 - 6	10 - 25	20 días
CH ₄	1500	2500	8 - 10 años
N ₂ O	300	--	10 - 150 años
H ₂ S	0,2	--	--
Pb	5×10^{-3}	0,5 - 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	--
PARTICULAS		>100 g/m^3	--

Fuente: IPCC/GETE

Las fuentes de contaminación del aire se pueden dividir en fuentes fijas y fuentes móviles.

- Fuentes fijas: se definen como la fuente situada en un lugar determinado e inamovible, puntuales.
- Fuentes móviles: se define como la fuente que no se encuentra situada en un solo lugar y como su nombre lo indica es movable.

Existen algunos factores que influyen en la contaminación del aire, éstos pueden ser divididos como se muestra a continuación:

- Factores naturales: latitud, altitud, topografía, tipo de cuenca (hidrográfica o tectónica), tipo de formaciones vegetales, localización, cobertura, densidad, etc.

- Factores antrópicos: volumen, distribución y desplazamiento de la población, tamaño y forma de la ciudad, tipo de actividades industriales, tipo de transporte, etc.

La calidad del aire guarda estrecha relación con la salud humana y la calidad de vida. Mientras que algunos contaminantes tóxicos en el aire pueden causar efectos en la salud, desde irritación respiratoria hasta cáncer, otros contaminantes amenazan el bienestar general y en consecuencia la calidad de vida (daño a las cosechas, la vegetación natural, etc.) (Ware et al, 1986).

Las fuentes contaminantes del aire, deben ser estrictamente controladas por las autoridades gubernamentales de salud y medio ambiente de cada país a fin de garantizar el beneficio de la salud pública.

El dióxido de azufre es un contaminante gaseoso que presenta graves amenazas a la salud humana. Éste daña el sistema respiratorio, agrava enfermedades de respiración existentes, y disminuye la capacidad de los pulmones para expulsar partículas extrañas como los metales pesados (WHO, 1987).

Los grupos más susceptibles a los efectos del dióxido de azufre son los asmáticos y las personas con enfermedades cardiovasculares. Los niños y los ancianos son también sectores muy vulnerables. En el caso del dióxido de azufre los daños a la salud aumentan cuando es mayor el tiempo de exposición, en la medida que el daño al sistema respiratorio es acumulativo.

Asimismo, el dióxido de azufre tiene impactos ambientales severos. La presencia de dióxido de azufre y lluvias ácidas son fuente de acidificación de tierras, lo que significa una reducción significativa en su capacidad agrícola y productiva. También implica un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos superficiales.

5.1 Características del dióxido de azufre (SO₂)

Causa una gran variedad de impactos en la salud y en el medio ambiente debido a la manera que reacciona con otras sustancias en el aire.

Contribuye con las enfermedades respiratorias, particularmente en niños y ancianos, y agrava las enfermedades al corazón y enfermedades pulmonares pre-existentes.

Cuando el SO₂ se mezcla con gotas de agua en el aire pueden convertirse en ácido sulfúrico, estas gotas de ácido pueden caer al suelo en forma de lluvia ácida causando:

- daño a los árboles, cosechas, edificios y
- acidificación a los suelos, los lagos, y las corrientes de aguas.

El SO₂ contribuye a la formación de partículas atmosféricas que causan la debilitación de la visibilidad.

El SO₂ y los agentes contaminantes formados a base de ésta sustancia, tal como partículas del sulfato, se pueden transportar distancias largas y depositar lejos del punto del origen; ésto significa que los problemas con SO₂ no están confinados a las áreas donde se emite.

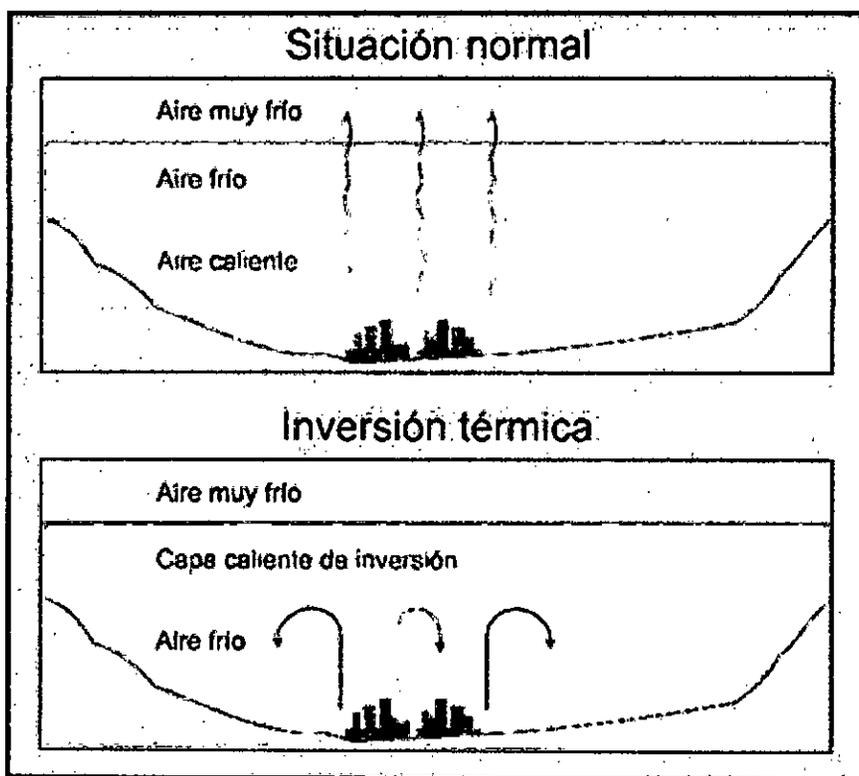
Los niveles de dióxido de azufre emitidos durante un período corto, tal como un día, pueden ser particularmente problemáticos para la gente con asma.

5.2 Aspecto meteorológico

Los óxidos del azufre reaccionan con otras sustancias en el aire y forman ácidos que caen a la tierra en forma de lluvia, niebla, nieve o partículas secas. Algunos pueden ser llevados hasta ciento de kilómetros por el arrastre del viento.

Un aspecto meteorológico muy importante a considerar en la contaminación causada en la ciudad de La Oroya es el fenómeno de inversión térmica (Pajuelo, 2006), ya que ésta origina que la contaminación atmosférica, cualquiera sea su fuente, cubra la ciudad y se mantenga por largos períodos de tiempo, en vez de dispersarse rápidamente entre los cerros (ver **Figura II**).

Figura II.-Inversión térmica



Fuente: www.inecc.gob.mx

Dependiendo de la topografía de cada lugar de estudio, el viento puede o no favorecer la difusión de los contaminantes, esto a causa del desplazamiento de las masas de aire en función de la presión y la temperatura. El efecto que puede causar el viento depende de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas.

Hay dos parámetros importantes relacionados con el viento: la velocidad, que nos indica si es fuerte o débil, y su dirección.

En 1806 Beaufort publicó la escala de 12 grados para expresar la fuerza del viento¹¹, y en 1874 fue adoptada por el Comité Meteorológico Internacional.

Tabla II.- Escala de Beaufort

Fuerza	Velocidad en (Km/h)	Descripción
0	0 – 2	Calma
1	2 – 6	Ventolina
2	7 – 11	Brisa muy débil
3	12 – 19	Débil. Brisa débil
4	20 – 29	Brisa moderada
5	30 – 39	Fresquito. Brisa fresca
6	40 – 50	Moderado. Brisa fuerte
7	51 – 61	Viento fuerte
8	62 – 74	Temporal (viento duro)
9	75 – 87	Temporal fuerte
10	88 – 101	Temporal duro
11	102 – 117	Temporal muy duro
12	> 118	Temporal huracanado

Fuente: Comité Meteorológico Internacional

En la ciudad de La Oroya la dirección del viento es de norte a sur, entre las 7 y las 10 de la mañana, pero se invierte el movimiento de sur a norte a partir de las 10 de la mañana (DIGESA, 2005).

¹¹ Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos, 1805.

La velocidad promedio del viento en la ciudad de La Oroya es menor a 7,2 km/h, de acuerdo a la **tabla II**, el viento tendría una fuerza de “2” y sería denominado como “brisa muy débil”. Ésta es una de las razones por la que la contaminación atmosférica en la ciudad de La Oroya, se mantiene por largos períodos de tiempo, en vez de dispersarse rápidamente entre los cerros.

5.3 Química del dióxido de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre ó dióxido de sulfuro, pertenece a la familia de los gases del óxido de sulfuro (SO_x). Estos gases se disuelven fácilmente en agua.

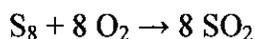
El sulfuro se encuentra frecuentemente en todas las materias primas, incluyendo el petróleo crudo, el carbón, y el mineral que contiene los metales comunes como el aluminio, el cobre, el cinc, el plomo, y el hierro.

Los gases del SO_x se forman cuando el combustible que contiene el sulfuro, tal como carbón y aceite, se quema; cuando la gasolina se extrae del aceite, o los metales se extraen del SO₂ se disuelven en vapor de agua para formar el ácido, y obran recíprocamente con otros gases y partículas en el aire para formar los sulfatos y otros productos que pueden ser dañinos a la gente y a su ambiente.

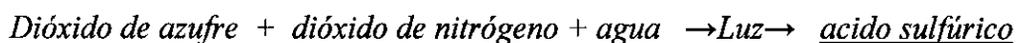
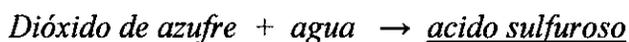
Hay muchos y diferentes químicos en el aire, estos químicos se combinan entre sí mediante reacciones químicas formando químicos nuevos y/o diferentes. Ésta sinergia o aumento de la perturbación entre compuestos se agudiza sobre todo en las ciudades en los que las emisiones son diversas.

Las interacciones entre los productos vertidos a la atmósfera se deben a mecanismos de acción complejos, como pueden ser reacciones fotoquímicas, oxidación, reducción, catálisis, polimerización, etc.

Algunos de los químicos del aire provienen de la contaminación que se origina a su vez de fuentes diversas, entre ellas las plantas industriales y los vehículos con motores de combustión interna. El carbón y el petróleo contienen sulfuro y la combustión de estos generan químicos conocidos como óxidos de sulfuro.



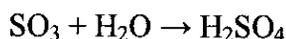
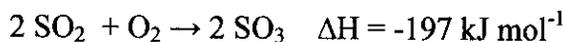
Los casos de sinergias más característicos del dióxido de azufre son:



(Lluvias ácidas)



El dióxido de azufre es un intermedio en la producción de ácido sulfúrico, siendo convertido al trióxido de azufre, el que después pasa a ácido sulfúrico deshidratado, y que finalmente pasa a ácido sulfúrico. El método de convertir el dióxido de azufre a ácido sulfúrico se llama “proceso de contacto”. El proceso se basa en el empleo de un catalizador (platino u óxido de vanadio) para convertir el SO_2 en SO_3 , del que se obtiene ácido sulfúrico por hidratación.



5.4 Toxicidad del dióxido de azufre

Las altas concentraciones de dióxido de azufre afectan la respiración y pueden agravar las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las poblaciones sensibles incluyen asmáticos, individuos con bronquitis o enfisema, niños y ancianos. El SO₂ es también un contribuidor primario a la deposición ácida, o la lluvia ácida, que causa la acidificación de los lagos y de las corrientes y puede dañar árboles, cosechas, edificios, etc. El SO₂ que se encuentra en el ambiente resulta en gran parte de la combustión del carbón y del aceite, refinerías, pulpa y molinos de papel y de fundidores no ferrosos.

Hay tres estándares de calidad de aire que da la EPA¹² para el SO₂:

- media aritmético anual de 0,03 ppm (80 ug/m³),
- nivel de 24 horas de 0,14 ppm (365 ug/m³),
- nivel de tres horas de 0,50 ppm (1300 ug/m³).

Los dos primeros son estándares relativos a la salud (primarios), mientras que el estándar de tres horas esta relacionado al bienestar (secundario).

El estándar anual no debe ser excedido, mientras que los estándares a corto plazo no deben ser excedidos más de una vez por año.

Los niveles máximos de SO₂ en el aire pueden causar dificultad temporal en la respiración, sobre todo para la gente con asma. Las exposiciones a largo plazo a altos niveles de SO₂ causan enfermedades respiratorias y agravan enfermedades cardíacas existentes.

El SO₂ reacciona con otros productos químicos en el aire para formar minúsculas partículas de sulfato. Cuando éstos sulfatos son respirados, se

¹² National Ambient Air Quality Standards, Primary Air Quality Standards (40 CFR part 50), 2001.

almacena en los pulmones y se asocian a síntomas y enfermedades respiratorias crecientes, dificultades en la respiración, y hasta la muerte prematura.

5.5 Efectos del dióxido de azufre en la salud

El dióxido de azufre tiene un efecto indirecto en la salud humana a través de la lluvia ácida. Los científicos¹³ identificaron a la lluvia ácida como la causa principal de la destrucción de tierras agrícolas, de la acidificación de aguas superficiales y suelos, y de la extinción de la vida silvestre. Aunque muchos gobiernos entre los años 60 y 70, aprobaron políticas internas para reducir la contaminación atmosférica por SO₂, un tratado internacional que abordó el tema de la lluvia ácida no fue desarrollado sino hasta 1979, cuando 44 países, representando diversas economías y gobiernos, firmaron la Convención de 1979 sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza de Largo Alcance.

Aunque las políticas dirigidas a reducir las concentraciones de SO₂ y otros agentes contaminantes del aire fueron originalmente motivadas por el deseo de proteger el ambiente de los efectos indirectos de la lluvia ácida, hoy en día se conoce el gran impacto directo de SO₂ en la salud pública y se sabe que se necesita reducir las emisiones de SO₂ en muchas naciones para proteger la salud humana.

Estudios de riesgo de SO₂

La identificación del riesgo es la valoración inicial que contesta la pregunta, ¿podría una sustancia dañar al salud pública? El proceso emplea estudios epidemiológicos y ensayos clínicos para predecir el efecto que el contaminante

¹³ DIGESA, 2005

tendrá en ciertas concentraciones. Los estudios de riesgo consisten de cuatro etapas:

1. La identificación del peligro: es una revisión de los estudios biológicos y químicos para determinar si un agente puede o no representar un peligro carcinógeno o si los efectos tóxicos de una dosis determinada ocurrirán en otra dosis.

Los estudios epidemiológicos indican que el SO₂ presenta un grave peligro para la salud, debido a que las altas concentraciones del SO₂ están correlacionadas con la mortalidad prematura, enfermedad respiratoria crónica, mayores admisiones en los hospitales, agravamiento de los síntomas de asma, más días de actividad restringida y síntomas respiratorios agudos¹⁴.

Los estudios clínicos¹⁵ también han revelado una reducida función pulmonar y una reducción de los promedios de limpieza bronquial por la exposición al SO₂.

Los estudios hechos en animales confirman los hallazgos antes mencionados.

2. El cálculo de la respuesta a la dosis (dosis-respuesta): es la evaluación de la relación entre la dosis y la reacción o efectos adversos en la salud por la dosis administrada.

Los estudios epidemiológicos realizados en los EE. UU. indican un cambio significativo en la mortalidad cuando están presentes elevadas concentraciones de SO₂. Una investigación realizada por Ware¹⁶ encontró

¹⁴ Canadian Center for Occupational Health and Safety.

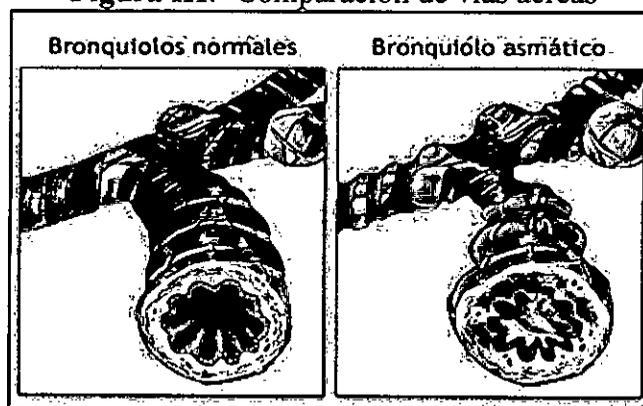
¹⁵ Canadian Center for Occupational Health and Safety.

¹⁶ y ^{13-a} Ware et al, 1986. Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health:

cinco estudios que reportan un aumento en la tasa de mortalidad del 0,3% a 1,4% por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a causa del SO_2 . Dicho estudio demuestra que hay un claro incremento en la mortalidad con mayores concentraciones del SO_2 . Los ancianos son los más vulnerables a la muerte prematura debido a la contaminación atmosférica de SO_2 .

La mayoría de las complicaciones respiratorias no mortales por exposición al SO_2 ocurren en los asmáticos. Los asmáticos sufren al tener vías aéreas más estrechas que otros miembros de la población (ver **Figura III**), siendo así los más vulnerables a los efectos inflamatorios de los agentes contaminantes y a la naturaleza obstructiva de las partículas.

Figura III.- Comparación de vías aéreas



Fuente: todo asma.com

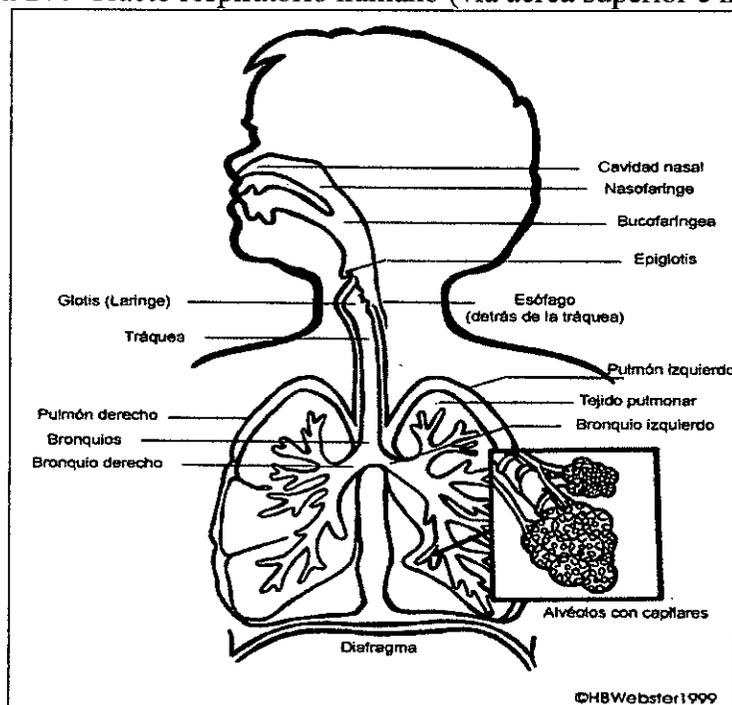
El papel que juega el SO_2 se puede deducir claramente de los resultados de los ensayos clínicos realizado en los niños y ancianos asmáticos^{13-a}. Los adultos asmáticos muestran una mayor resistencia a las concentraciones de corto plazo de $450\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual desencadena una respiración dificultosa, mientras que los adolescentes asmáticos tienen reacciones similares en concentraciones tan bajas como $68\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los estudios realizados en animales han demostrado que la exposición a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por un período de más de dos años produce un daño pulmonar severo y un reducido flujo de aire en el sistema respiratorio. Una reducida limpieza bronquial fue demostrada tanto en conejos como en burros en concentraciones similares.

3. La evaluación de la exposición: es la determinación o valoración (cualitativa o cuantitativa) de la magnitud, duración y ruta de exposición.

La exposición al SO_2 fundamentalmente ocurre por vía de inhalación. El SO_2 ingresa al sistema respiratorio por las vías aéreas. Cuando la respiración se realiza a través de la nariz, las partículas de SO_2 entran por la cavidad nasal, pasan por la faringe y a través de la laringe (vía aérea superior), alcanzando eventualmente la tráquea, los bronquios y los pulmones (vía aérea baja) (ver **Figura IV**).

Figura IV.- Tracto respiratorio humano (vía aérea superior e inferior)



Fuente: HB Webster 1999

En la vía aérea superior las partículas altamente solubles de SO_2 son fácilmente absorbidas por las membranas mucosas. La absorción del SO_2 es facilitada por los cilios, proyecciones similares al pelo que se alinean al epitelio para protegerlos contra la infección. Una célula epitelial típica contiene aproximadamente 200 cilios. Sin la presencia de agentes nocivos, los cilios forman una escalera mucosa apartando las partículas dañinas atrapadas en la mucosidad de los pulmones hacia la faringe, donde son eventualmente tragadas. El movimiento coordinado de los cilios normalmente mantiene a las mucosidades moviéndose a 10 mm/min en la tráquea y en la vía aérea superior. Una vez que las partículas dañinas entran al tracto digestivo, los agentes son rápidamente expulsados del cuerpo. El sistema de transporte mucociliar es la primera línea de defensa del sistema respiratorio contra partículas potencialmente dañinas y es esencial para la salud pulmonar.

En altas concentraciones de SO_2 , sin embargo, la movilidad de los cilios mucosos es severamente inhibida. En altas concentraciones o con una duración significativa, los cilios a menudo mueren por daño al epitelio. Cuando ésta deciliación ocurre, los órganos respiratorios se vuelven más susceptibles a la infección y las infecciones presentes se agravan.

Si las concentraciones del SO_2 son lo suficientemente altas para provocar la deciliación, la escalera mucosa se cierra. Los cilios dejan de moverse, permitiendo que más partículas se adhieran al epitelio y entren a las vías aéreas bajas. Así, cuando el SO_2 inmoviliza al sistema de transporte mucociliar: bacterias, partículas de materia y otros agentes dañinos se

movilizan libremente a las vías aéreas bajas; en éstas vías aéreas, la alta concentración de partículas sobrepasa la capacidad de respuesta inmunológica normal, causando enfermedad y reducción del volumen y flujo respiratorio. La falla de la escalera mucosa es el mecanismo biológico comúnmente usado para explicar la fuerte asociación entre la enfermedad respiratoria crónica y altos niveles de concentración de SO₂.

El daño al sistema respiratorio causado por el SO₂ es especialmente severo durante la actividad corporal intensa, lo cual produce jadeos, permitiendo que más partículas ingresen a los pulmones. Cuando las partículas de SO₂ alcanzan los pulmones, son una amenaza mucho mayor para la salud. El flujo de aire disminuye significativamente, creando una situación muy difícil para los asmáticos. Una combinación de respiración más frecuente, inhalación más profunda y respiración por vía oral hacen que la exposición al SO₂ durante momentos de esfuerzo sea particularmente mortal.

Tabla III.- Límites de exposición

Límite de exposición (ppm)	Efectos sobre la salud
1-5	Umbral de respuesta respiratoria al ejercicio o respiración profunda en individuos sanos
3-5	El gas es fácilmente detectable. Caída de la función respiratoria en reposo y resistencia a la corriente de aire
5	Aumento de la resistencia en individuos sanos
6	Inmediata irritación en ojos nariz y garganta
10	Empeora la irritación en ojos, nariz y garganta
10-15	Umbral de toxicidad por exposición prolongada
20+	Parálisis o muerte después de exposición prolongada
150	Máxima concentración que puede ser resistida durante algunos minutos por individuos sanos

Fuente: Ministerio de Salud / Digesa

4. La caracterización del riesgo: es el paso final que proporciona una estimación del riesgo a la salud pública y un marco para definir el significado del riesgo.

Por lo anterior, el dióxido de azufre presenta un riesgo significativo para la salud pública. Las partículas atmosféricas de SO_2 ingresan a nuestro sistema respiratorio vía la inhalación y destruyen una respuesta primaria inmune: el sistema de transporte mucociliar. Una vez que el SO_2 logra vencer esta primera línea de defensa del cuerpo, las partículas se acumulan en el tracto respiratorio bajo. El mantener un volumen respiratorio alto es fundamental para la función pulmonar y la acumulación de partículas de materia afecta las vías aéreas de tal modo que reducen el volumen. Los asmáticos, los niños y los ancianos son particularmente vulnerables a las consecuencias de altas concentraciones de SO_2 . El conocido método de exposición y de respuesta probadas en altas dosis requiere acciones rápidas para reducir el riesgo que el SO_2 presenta para la salud pública

Capítulo 6

METODOLOGIA DEL INFORME

Este informe está basado en la metodología descriptiva y explicativa, ya que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, así como también, porque se encarga de buscar el porque de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

La metodología incluye:

- Recopilación de la información existente,
- Revisión bibliográfica,
- Actividades preliminares al trabajo de campo,
- Trabajo de campo,
- Obtención y análisis de resultados,
- Diagnóstico, y
- Conclusiones y recomendaciones.

Materiales usados para la realización del informe

Información cartográfica:

- Cartas Nacionales a escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional.

Equipos de campo:

- Cámara fotográfica,
- Libreta de apuntes, y
- GPS.

Equipos de gabinete:

- Computadora pentium III,
- Impresora Epson Stylus C43SX, y
- Scanner.

Instituciones visitadas para la realización del informe

- Ministerio de Energía y Minas (MINEM)
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
- Dirección General de Salud ambiental (DIGESA)
- D&E Desarrollo y Ecología SAC
- Universidad Nacional del Callao (UNAC)

Estrategias usadas en el informe

Análisis de datos

La evaluación y diagnóstico de la contaminación en la ciudad de La Oroya se realizó con la sistematización de la información ambiental encontrada en el Ministerio de Energía y Minas, OSINERGMIN y en D&E Desarrollo y Ecología SAC.

El método de evaluación de la contaminación consistió en técnicas y procedimientos para el procesamiento analítico de la base de datos del proyecto y su lógica comprende:

- Analizar las necesidades de información del tema en estudio que dio como resultado el planteamiento del esquema general,
- Conceptuar los problemas y objetivos, a partir de los que se identificarían los datos requeridos para desarrollar los temas de análisis,
- Realizar un descarte de la información que no es necesaria para la realización del tema de estudio,

- Realizar la integración de la información de campo y de gabinete, el que dará como resultado la determinación de los problemas de estudio y los objetivos a ser resueltos, y
- Plasmar la información de datos estadísticos y de los datos obtenidos en los muestreos, se deberá proceder a realizar un análisis general y a detallar las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

La evaluación de la información obtenida se realizó siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- Primero, la recopilación de los datos estadísticos referentes a características de todo tipo dentro de los centros poblados urbanos y rurales de la ciudad,
- La información recogida fue clasificada y luego seleccionada de acuerdo a su nivel de importancia y utilidad dentro del proceso de evaluación en el área de estudio, y
- Una vez seleccionada la información, se determinó el problema principal y los problemas secundarios, así como los objetivos.

Capítulo 7

DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE LOS NIVELES DE DIOXIDO DE AZUFRE EN LA CIUDAD DE LA OROYA

La calidad del aire guarda estrecha relación con la salud humana y la calidad de vida. Mientras que algunos contaminantes tóxicos en el aire pueden causar efectos en la salud, desde irritación respiratoria hasta cáncer, otros contaminantes amenazan el bienestar general y en consecuencia la calidad de vida, al dañar las cosechas, la vegetación natural, etc.

Las fuentes contaminantes del aire, deben ser estrictamente controladas por las autoridades gubernamentales de salud y medio ambiente de cada país a fin de garantizar el beneficio de la salud pública y el bienestar de todos.

Un aspecto importante en lo que se refiere al control y vigilancia que realizan las autoridades sobre la contaminación del aire, son los programas de monitoreo de emisiones atmosféricas y de calidad del aire.

Bajo el actual sistema en el Perú, los propietarios del CMLO (macroemisores) tienen que reportar regularmente las emisiones provenientes del complejo, y la calidad del aire en la región circundante a la fundición.

El monitoreo de emisiones atmosféricas es distinto al monitoreo de la calidad de aire, ya que el primero provee información sobre la cantidad de contaminantes que una empresa está emitiendo al medio ambiente por fuentes monitoreadas, mientras que el segundo reporta información sobre los niveles de contaminación en el aire, al que los seres humanos están expuestos.

Otra diferencia entre ambos tipos de monitoreo está dada por la ubicación de los puntos para la toma de muestra. Para el caso de monitoreo de emisiones, los puntos se ubican en la misma fuente de emisión, por ejemplo la chimenea, mientras que para el caso de la calidad del aire, los puntos de monitoreo se encuentran ubicados más lejos de la fuente.

Obviamente, el monitoreo de emisiones registradas no es un indicador completo de la contaminación ambiental. A menudo y como sucede en el caso del CMLO, sólo se monitorea un pequeño porcentaje de las fuentes puntuales y no se realiza un monitoreo para fuentes fugitivas. A pesar que el PAMA del complejo metalúrgico reconoce que existen otras noventa y cinco fuentes secundarias en el complejo además de la chimenea principal, las emisiones reportadas sólo corresponden a quince fuentes. Si bien estas fuentes generan un porcentaje considerable de las emisiones atmosféricas, la falta de vigilancia sobre otras fuentes de emisiones constituye una gran debilidad del programa de monitoreo. Esto es particularmente problemático considerando la variedad de instalaciones y fuentes de emisión que existen en el complejo metalúrgico.

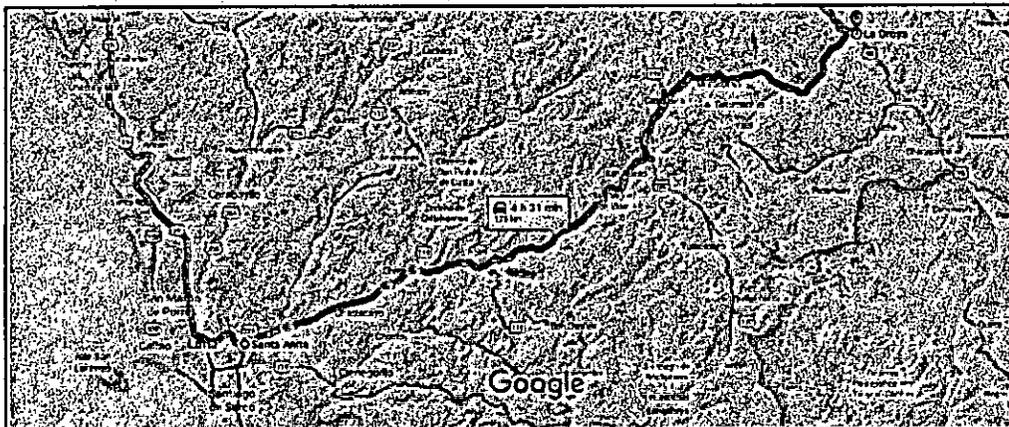
7.1 Descripción del área de estudio

7.1.1 Ubicación y accesibilidad

La ciudad de La Oroya considerada la “Capital Metalúrgica del Perú” se ubica en la provincia de Yauli, departamento de Junín, entre las latitudes N 8 726 100 y N 8 726 300 y las longitudes E 402 200 y E 402 400, a una elevación de 3 750 metros sobre el nivel del mar (msnm). Tiene una superficie total de 388,42 km.

Llegar a La Oroya vía la carretera central (km 175) que se encuentra totalmente asfaltada, dura aproximadamente cuatro horas y media.

Figura V.- Ubicación y accesibilidad – Ciudad de La Oroya



Fuente: Google Earth

7.1.2 Topografía

La topografía del terreno es muy accidentada y agreste con fuertes pendientes (70-80%), el tipo de suelo tiene presencia de fragmentos de textura arenosa y otra parte de textura de rocas descompuestas; como también se tiene presencia de piedras calizas, sílice y roca madre.

Esta conformada por un valle angosto, limitada por cerros de fuertes pendientes y atravesada por la carretera central.

Dependiendo de la topografía de cada lugar de estudio, el viento puede o no favorecer la difusión de los contaminantes, esto a causa del desplazamiento de las masas de aire en función de la presión y la temperatura. El efecto que puede causar el viento depende de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas. La Oroya, debido a su topografía, está expuesta a

inversiones de temperatura que originan que la contaminación atmosférica cubra la ciudad y se mantenga por largos períodos de tiempo, en vez de dispersarse rápidamente entre los cerros.

Este tipo de inversiones de temperatura ocasiona el fenómeno llamado inversión térmica, éste es un fenómeno natural que, en principio, se puede presentar cualquier día del año y a cualquier hora del día y que debido a su carácter natural, por si misma no presenta ningún riesgo para la salud humana; solamente se vuelve peligrosa cuando, en la capa atmosférica en la que se encuentre inmersa, existan altas concentraciones de contaminantes, ya que una inversión térmica es sinónimo de estabilidad atmosférica, al menos temporal, por lo que no permite la dispersión de los mencionados contaminantes mientras dure.

7.1.3 Clima y meteorología

La ciudad de La Oroya presenta las siguientes condiciones climáticas: seco y frígido la mayor parte del año; en los meses de noviembre a abril es húmeda, con altas precipitaciones, tanto de lluvia y granizo.

Las precipitaciones normalmente se consideran benéficas en zonas de contaminación atmosférica (partículas).

La temperatura es muy contrastante, puede llegar hasta un máximo de 26° C y hasta un mínimo de 8° C bajo cero, sobre todo entre los meses de junio y agosto.

La humedad relativa varía entre 5% (julio-septiembre) y 72% (enero-marzo).

La dirección del viento es de norte a sur, entre las 7 y las 10 de la mañana, pero se invierte el movimiento de sur a norte a partir de las 10 de la mañana, siendo la velocidad promedio del viento menor a 2 m/s.

7.1.4 Geología

De acuerdo al mapa geológico del cuadrángulo de La Oroya¹⁷, realizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en el distrito de La Oroya predomina el Grupo Pucará, éste consiste principalmente en calizas gris negras, densas bituminosas, intercaladas con lutitas oscuras, ricas en materia orgánica.

El sector conocido como La Oroya Antigua, adyacente a la Fundición, tiene características fisiográficas que facilitan la concentración de gases contaminantes, debido a que está rodeado de cerros elevados con altas pendientes (sobre 30%) que no permiten la dispersión de gases, generando riesgos a la salud.

7.1.5 Hidrología

Se caracteriza por la ubicación de la cuenca alta del río Mantaro que corre de norte a sur por la vertiente oriental del territorio y la presencia de subcuencas que confluyen a él (Carhuacayan, Corpacancha, Huayhuay y Yauli) y 5 microcuencas como las del río Andaychagua que originan la cuenca alta del río Mantaro.

¹⁷ Mapa Geológico del Cuadrángulo de La Oroya (24-I). Caldas Vidal, Julio; Megard Francois. 1996:

7.1.6 Ambiente socio económico

De las proyecciones del INEI, el distrito de La Oroya tiene una población total de 18 606 habitantes, de los cuales el 97.6% vive en zonas urbanas y el 2.4% en ámbitos rurales. A La Oroya como capital de distrito (Oroya Antigua) le corresponde un 84.65% de la población total del distrito.

a) Educación

De 17 630 personas mayores de 3 años, el nivel educativo alcanzado es el siguiente:

Tabla IV.- Nivel educativo alcanzado

Nivel educativo alcanzado	Tanto por ciento
Sin nivel	7,08
Educación inicial	2,75
Primaria	24,95
Secundaria	39,12
Superior no univ. incompleta	7,30
Superior no univ. completa	8,28
Superior univ. incompleta	3,78
Superior. univ. completa	6,74
Total	100,00

Fuente: INEI Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda

b) Salud

Del total de la población de La Oroya (18 606 hab.), el 44,47% no cuenta con ningún tipo de seguro, mientras que el 55,53% cuenta con algún tipo de seguro (SIS: Sistema Integral de Salud; EsSalud; otro seguro de salud)¹⁸.

¹⁸ Fuente: INEI Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda.

c) Actividad económica

La Oroya tiene una gran dependencia económica del Complejo Metalúrgico, ya que de manera directa o indirecta el desenvolvimiento en esta actividad repercute directamente en toda la vida económica y social.

En el Complejo Metalúrgico (fundición y refinería) trabajan 2 900 personas de manera estable y 1 000 personas por contrata.

En el siguiente cuadro se muestran los porcentajes de la población económicamente activa, el cual está dividido por actividad económica. Se ha tenido en cuenta a la población mayor de 6 años (8 344 hab.).

Tabla V.- Principales actividades económicas

Actividad económica	Tanto por ciento (%)
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4,87
Pesca	0,07
Explotación de minas y canteras	5,93
Industrias manufactureras	10,85
Suministro de electricidad, gas y agua	1,69
Construcción	7,06
Comercio, reparación veh., autom.,motoc. efect. pers.	16,10
Venta, mantenimiento y reparación veh.autom.y motoc.	2,11
Comercio al por mayor	0,55
Comercio al por menor	13,43
Hoteles y restaurantes	6,16
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	7,98
Actividad inmobiliaria, empres. y alquileres	5,91
Admin.pub. y defensa; p. segur.soc afiliado	2,73
Enseñanza	4,58
Servicios sociales y de salud	1,05
Otras activ. serv.comun.soc y personales	4,30
Desocupado	4,33
Total	100,00

Fuente: INEI Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda

7.2 Obtención de datos

El Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental en cumplimiento del D.S. N°009-2003-SA, su modificatoria y respectiva Directiva, declara los Niveles de Estado de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire en la ciudad de La Oroya, cuyo objetivo principal es el de activar de forma inmediata una serie de acciones orientadas a prevenir los riesgos a la salud, evitando la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire a través del Plan de Contingencia aprobado mediante el Decreto del Consejo Directivo N° 015-2007-CONAM/CD, el mismo que establece que su implementación es de responsabilidad del Comité de Defensa Civil Provincial de la citada ciudad.

En su artículo 8° del D.S. 009 se menciona que “...*los titulares de actividades de una fuente fija que sean responsables de más del 25% de las emisiones de un contaminante crítico de una Zona de Atención Prioritaria*” será considerado como macroemisor, el cual tendrá como una de sus obligaciones la instalación de una red de monitoreo automático de la calidad del aire, para los contaminantes críticos. Dicha red deberá contar asimismo con una red meteorológica automática de registro continuo, que determine temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, además de los parámetros específicos requeridos por el modelo de predicción. Otra de las obligaciones del macroemisor será el de reportar diariamente a la DIGESA en forma horaria las concentraciones de calidad del aire y las emisiones de gases o partículas del contaminante crítico.

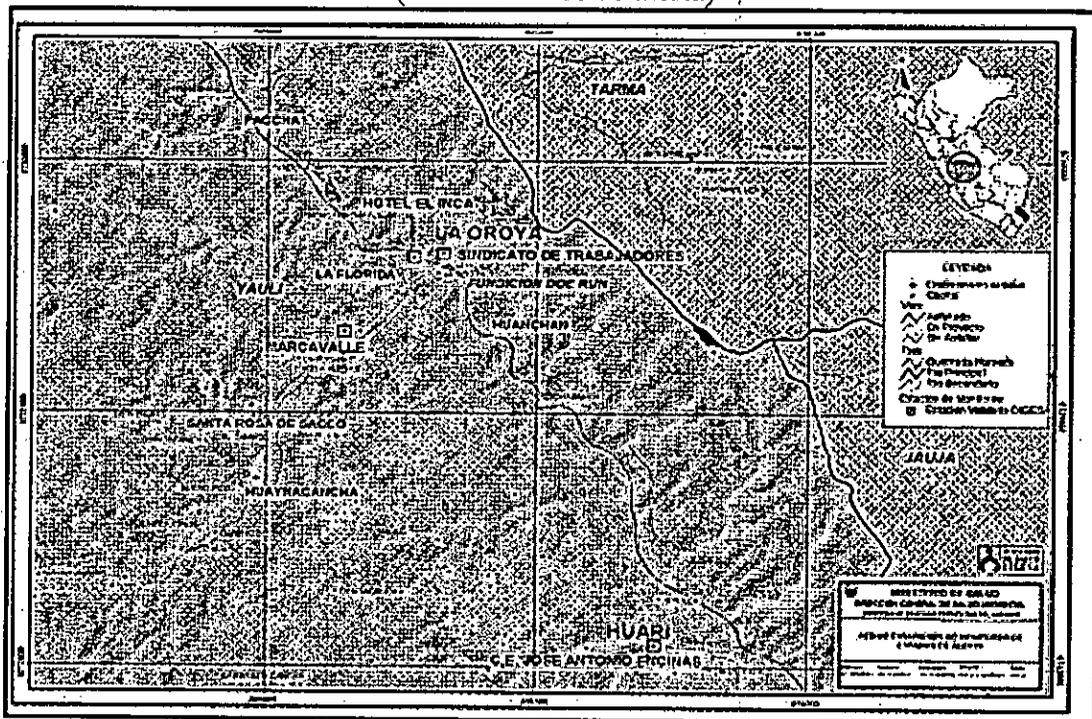
Los contaminantes críticos¹⁹ en la ciudad de La Oroya son: material particulado (PM10) y dióxido de azufre (SO₂), los cuales son medidos en cuatro estaciones de monitoreo de calidad del aire que conforman la Red de Monitoreo para Estados de Alerta (Sindicato de Obreros, Hotel Inca, Marcavalle y Huari) operadas por el macroemisor DOE RUN PERU y validadas previamente por la DIGESA.

Tabla VI.- Puntos de monitoreo

Estación de monitoreo	Distancia a la planta DRP (Km)	Altitud (m)	Descripción del área
Marcavalle	3,0	3 650	Urbano, Sta Rosa de Sacco
Hotel Inca	2,0	3 742	Urbano, La Oroya
Sindicato Obrero	0,8	3 731	Urbano, La Oroya
Huari	20,0	4 000	Rural, Huari

Fuente propia

Figura VI.- Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire (red de estados de alerta)



Fuente: Ministerio de Salud /DIGESA

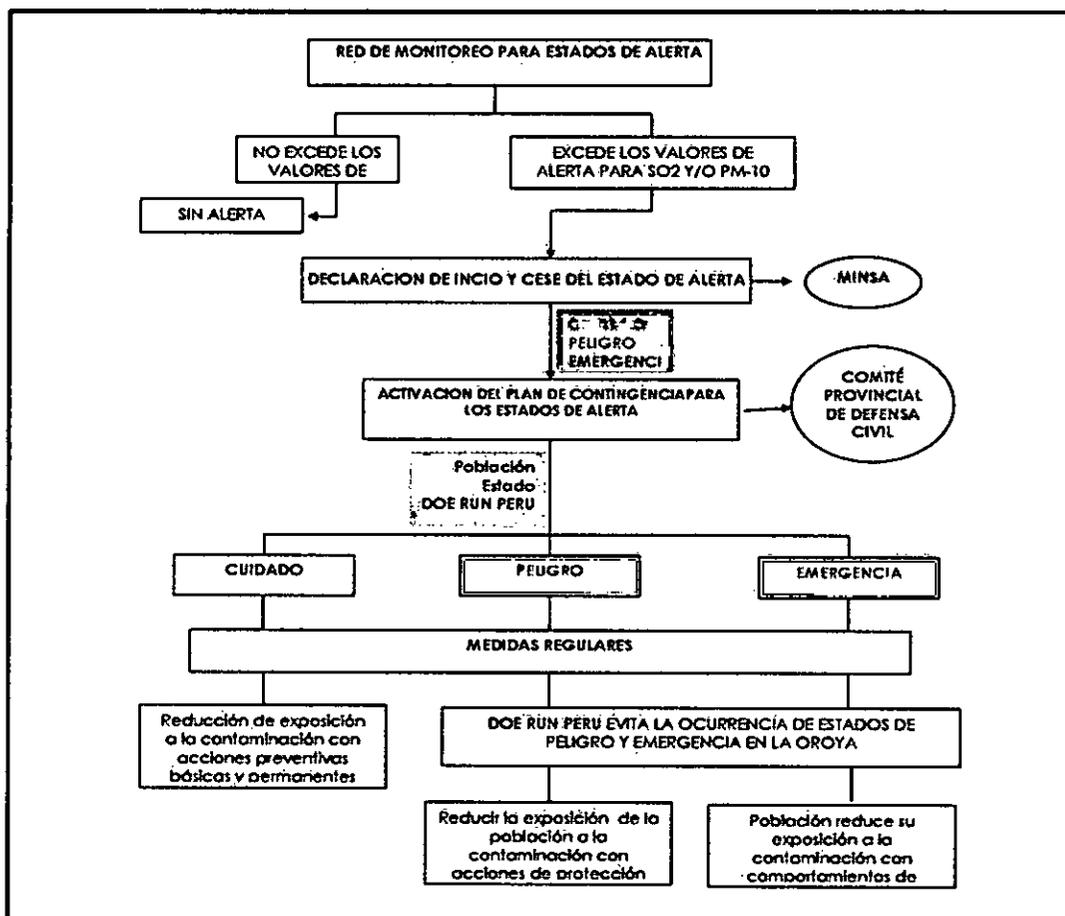
¹⁹ Decreto Supremo N°009-2003-SA. Segunda disposición complementaria

Tabla VII.- Niveles de estados de alerta para contaminantes críticos

Tipo de alerta	Definición	Material Particulado (PM10)	Dióxido de azufre (SO ₂)
Cuidado	Nivel de concentración de contaminante que puede causar efectos en la salud de las personas.	>250 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas	>500 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas
Peligro	Nivel de concentración de contaminante que puede causar efectos serios en la salud de las personas.	>350 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas	>1500 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas
Emergencia	Nivel de concentración de contaminante que genera un alto riesgo de afectar seriamente la salud de las personas.	>420 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas	>2500 µg/m ³ promedio aritmético 24 horas

Fuente: Ministerio de Salud /DIGESA

Figura VII.- Proceso de declaratoria de estados de alerta



Fuente: Ministerio de Salud /DIGESA

Tabla VIII.- Equipos de la red de monitoreo de Digesa/Doe Run Peru SRL

Estación de monitoreo	Equipo	Características del equipo	
		Marca	Modelo
Sindicato de obreros	Analizador de SO ₂	Horiba	APSA-360
	Datalogger	Met One	473AQ
	Sensor velocidad de viento		010C
	Sensor dirección de viento		020C-1
	Sensor de temperatura / humedad relativa		083C-1-35
Hotel Inca	Analizador de SO ₂	Horiba	APSA-360
	Datalogger	Met One	473AQ
	Sensor velocidad de viento		010C
	Sensor dirección de viento		020C
	Sensor de temperatura / humedad relativa		083C-1-35
Marcavalle	Analizador de SO ₂	Horiba	APSA-360
	Datalogger	Met One	473AQ
	Sensor velocidad de viento		010C
	Sensor dirección de viento		020C-1
	Sensor de temperatura / humedad relativa		083D-1-35
Huari	Analizador de SO ₂	Horiba	APSA-360
	Datalogger	Met One	473AQ
	Sensor velocidad de viento		010C
	Sensor dirección de viento		020C-1
	Sensor de temperatura / humedad relativa		083D-1-35

Fuente propia

7.3 Concentraciones reportadas

Las concentraciones reportadas por el analizador de gases son determinadas minuto a minuto y sus resultados son transmitidos en tiempo real, permitiendo la declaratoria de los Niveles de Estado de Alerta.

Tabla IX.- Metodología de análisis

Parámetro	Metodología según normatividad		Límite de cuantificación
	Método de análisis	Base legal	
Dióxido de azufre	Fluorescencia UV (método automático)	D.S. N° 074-2001-PCM	Sensibilidad de detección mínima: 0,05 ppb

Fuente propia

7.4 Datos procesados

Se usaron datos de niveles de SO₂ desde el año 2007 hasta la octubre 2009, los cuales han sido procesados en tablas tabuladas para obtener la tendencia del contaminante, y así poder realizar el diagnóstico de la contaminación por SO₂.

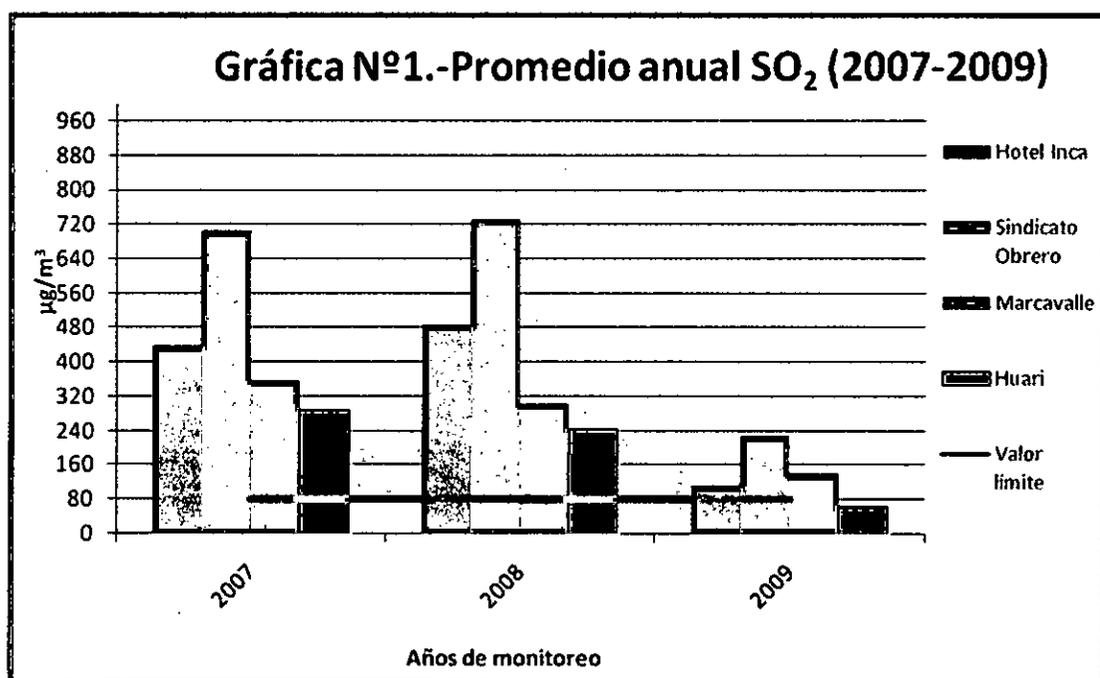
En el capítulo 8 se muestran las gráficas que se han obtenido en base a las tablas tabuladas, se inició por lo más genérico y se culminó en lo más específico.

Capítulo 8

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 Análisis

De los datos de SO₂ procesados en tablas tabuladas, se han realizado gráficas, las que se muestran a continuación. Se inició por lo más genérico, para culminar en lo más específico.

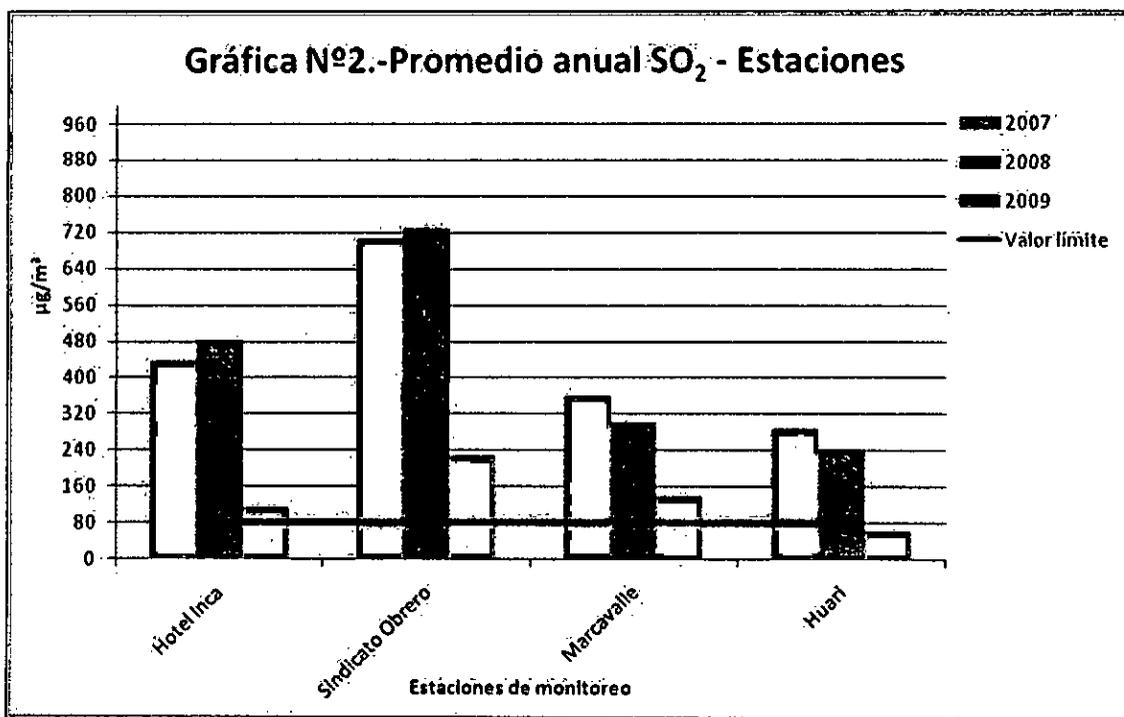


Fuente: Reportes diarios DIGESA

De la gráfica N° 1 se puede deducir que durante los tres años de monitoreo ambiental (2007, 2008 y 2009), las cuatro estaciones de monitoreo han sobrepasado el valor límite del Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA anual: 80 µg/m³).

De las cuatro estaciones monitoreadas, la estación de Sindicato Obrero es la que cuenta con niveles más altos de SO₂ durante el periodo 2007-2009, y la estación

Huari es la que cuenta con niveles más bajos de SO_2 durante el periodo 2007-2009.



Fuente: Reportes diarios DIGESA

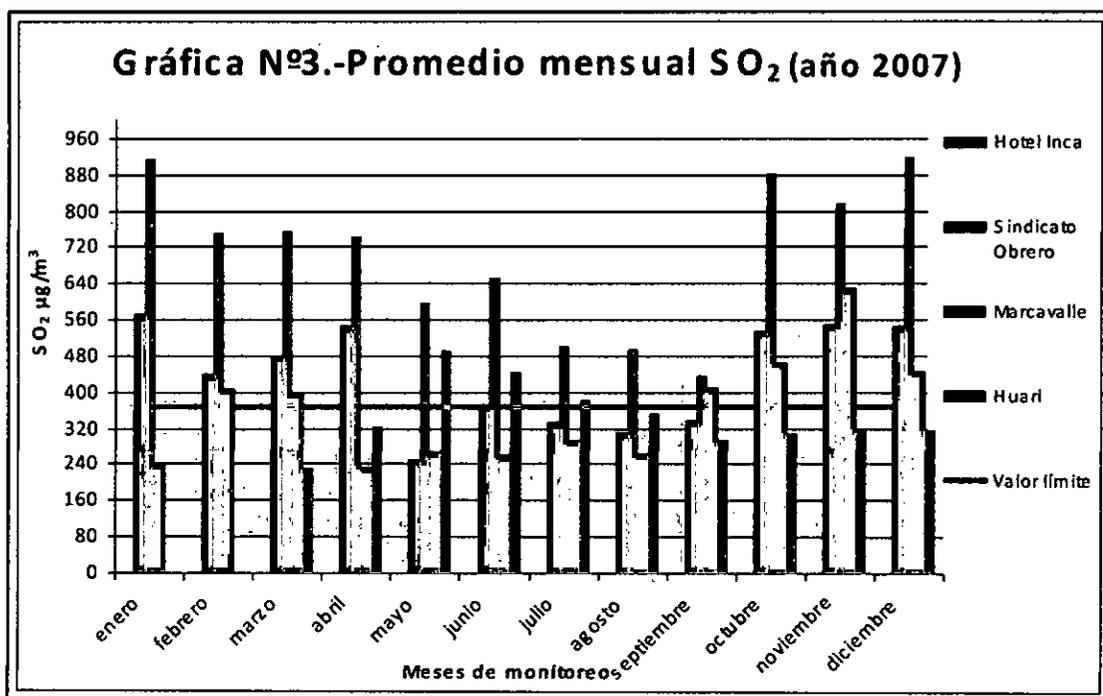
De la gráfica N° 2 se puede deducir que las cuatro estaciones de monitoreo han sobrepasado el valor límite del ECA anual ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Las estaciones Hotel Inca y Sindicato Obrero, han sido afectadas en mayor proporción durante el año 2008.

Las estaciones Marcavalle y Huari, han sido afectadas en menor proporción durante el año 2007.

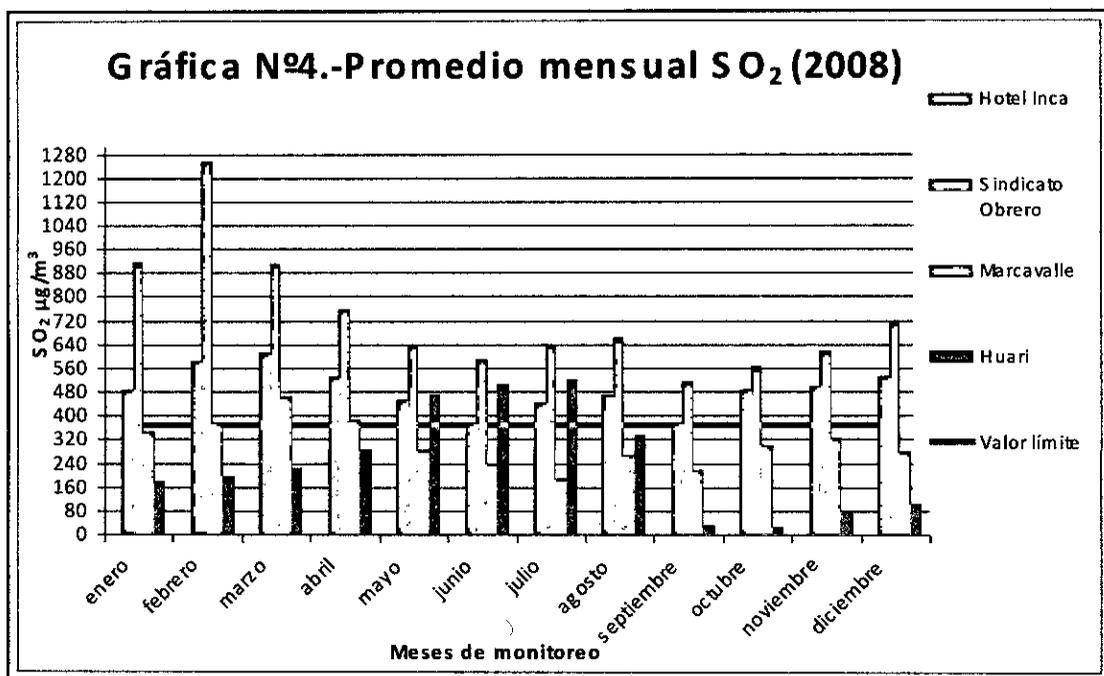
Es en la estación de Huari donde se han reportado los valores más bajas de SO_2 , durante los años 2007, 2008 y 2009.

Resumen: De las gráficas N° 1 y 2, se aprecia que es la estación Sindicato Obrero y los años 2007 y 2008 en el que se obtienen los valores más altos de SO₂.



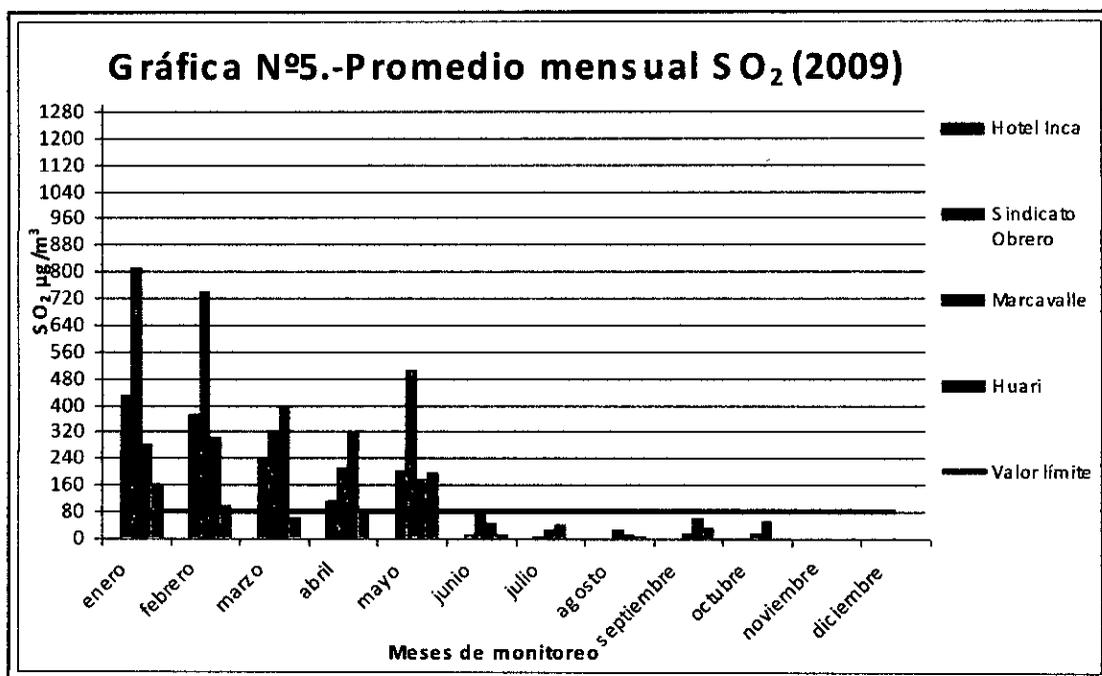
Fuente: Reportes diarios DIGESA

De la gráfica N° 3 se puede deducir que de los doce meses del año 2007, cada una de las cuatro estaciones de monitoreo ambiental superaron al menos en tres (3) oportunidades el valor límite del ECA diario ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Es en el mes de diciembre, la estación Sindicato Obrero, en el que se obtuvo el mayor promedio mensual de SO₂; y la estación de Huari la que reporta menores promedios mensuales durante el año 2007.



Fuente: Reportes diarios DIGESA

De la gráfica N^o 4 se puede deducir que de los doce meses del año 2008, cada una de las cuatro estaciones de monitoreo ambiental superaron al menos en una (1) oportunidad el valor límite del ECA diario ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Es en el mes de febrero, la estación Sindicato Obrero, en el que se obtuvo el mayor promedio mensual de SO₂.



Fuente: Reportes diarios DIGESA

De la gráfica N° 5 se puede deducir que de los doce meses del año 2009, cada una de las cuatro estaciones de monitoreo ambiental superaron al menos tres (3) oportunidad el valor límite del ECA diario ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁰. Es en el mes de enero (estación Sindicato Obrero), en el que se obtuvo el mayor promedio mensual de SO₂.

Se tiene que indicar que a partir del 30 de mayo del 2009, el CMLO cerró sus operaciones, es por ésta razón que a partir de junio de 2009 ninguna de las cuatro estaciones supera el valor límite del ECA diario ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

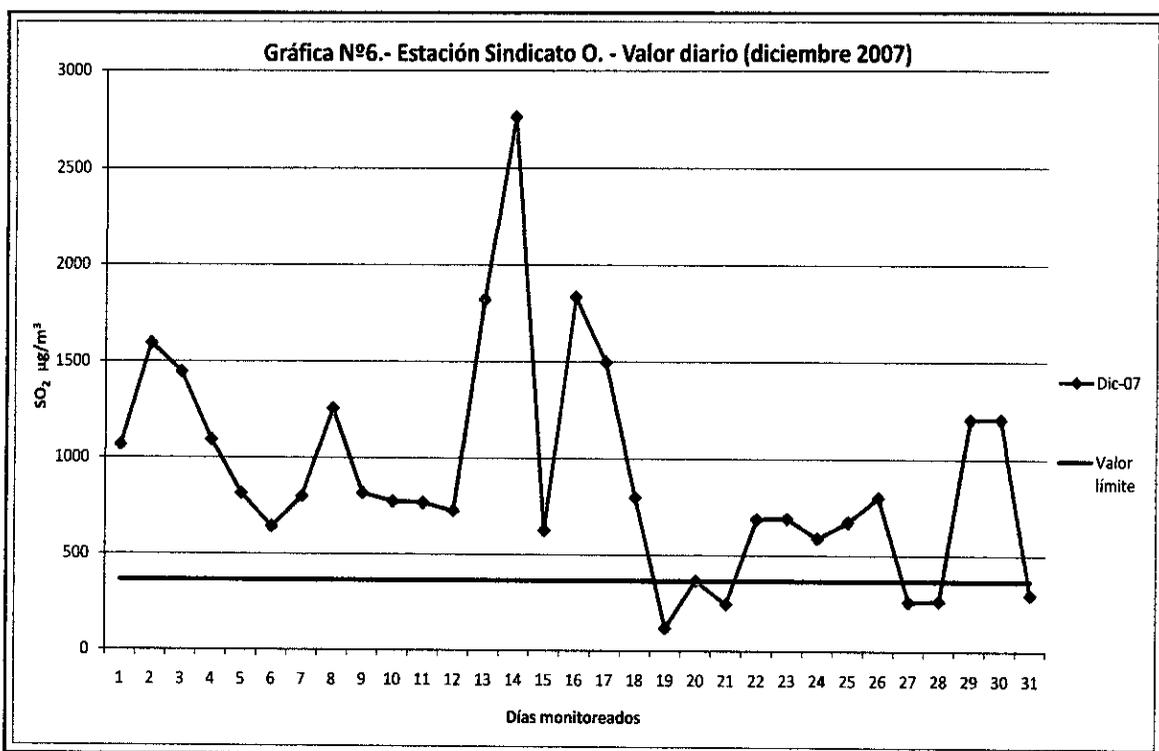
Es en la estación Huari donde se reportan los niveles más bajos de SO₂, a excepción del mes de mayo y septiembre.

Resumen: De las gráficas N° 3, 4 y 5, se aprecia que es la estación Sindicato Obrero la que es persistente en los valores altos de SO₂; y la estación Huari

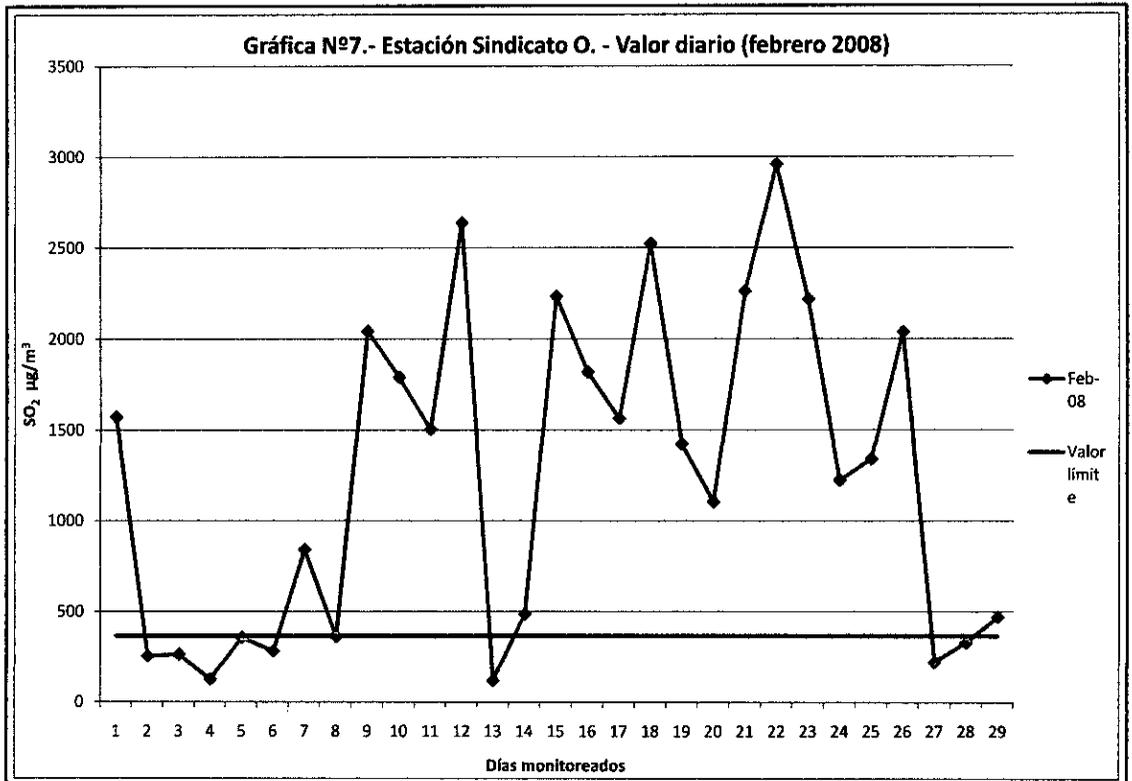
²⁰ Valor vigente a partir del 01 de enero de 2009 de acuerdo al D.S. N°003-2008-MINAM.

donde se reportan los menores promedios mensuales, a excepción de algunos meses.

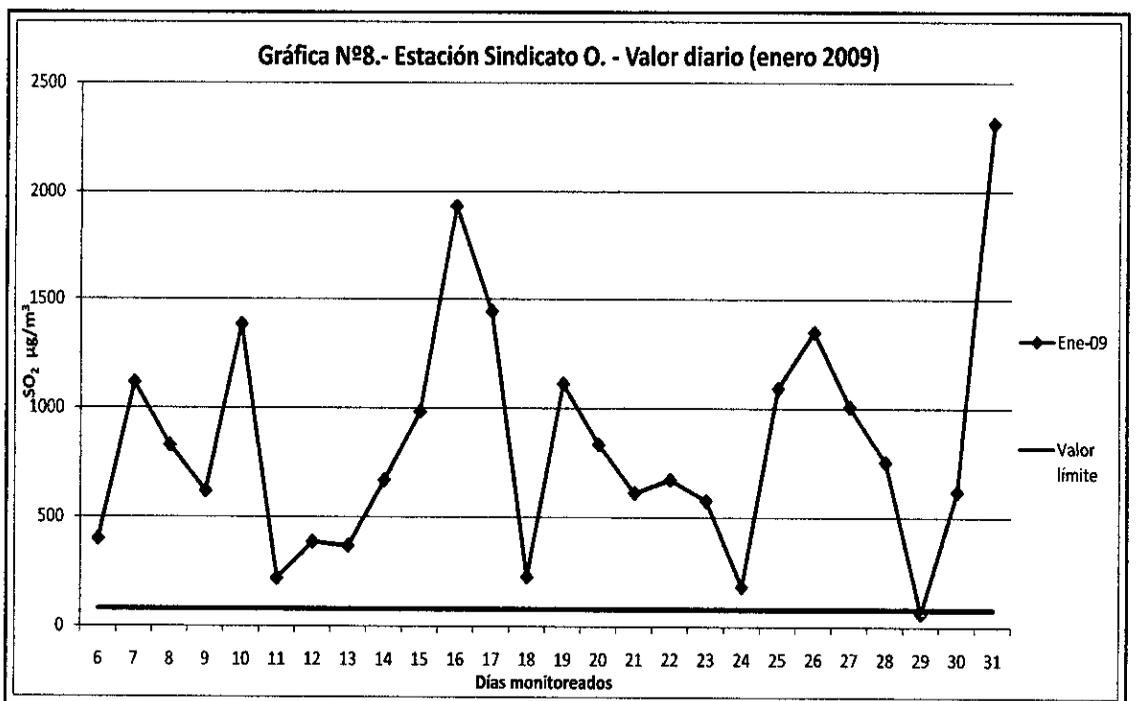
En las gráficas de promedio mensual, se aprecia que en diciembre del 2007, febrero del 2008 y enero del 2009, se presentan las concentraciones más altas de SO_2 , correspondiendo todas éstos valores a la estación de monitoreo Sindicato Obrero.



Fuente: Reportes diarios DIGESA



Fuente: Reportes diarios DIGESA

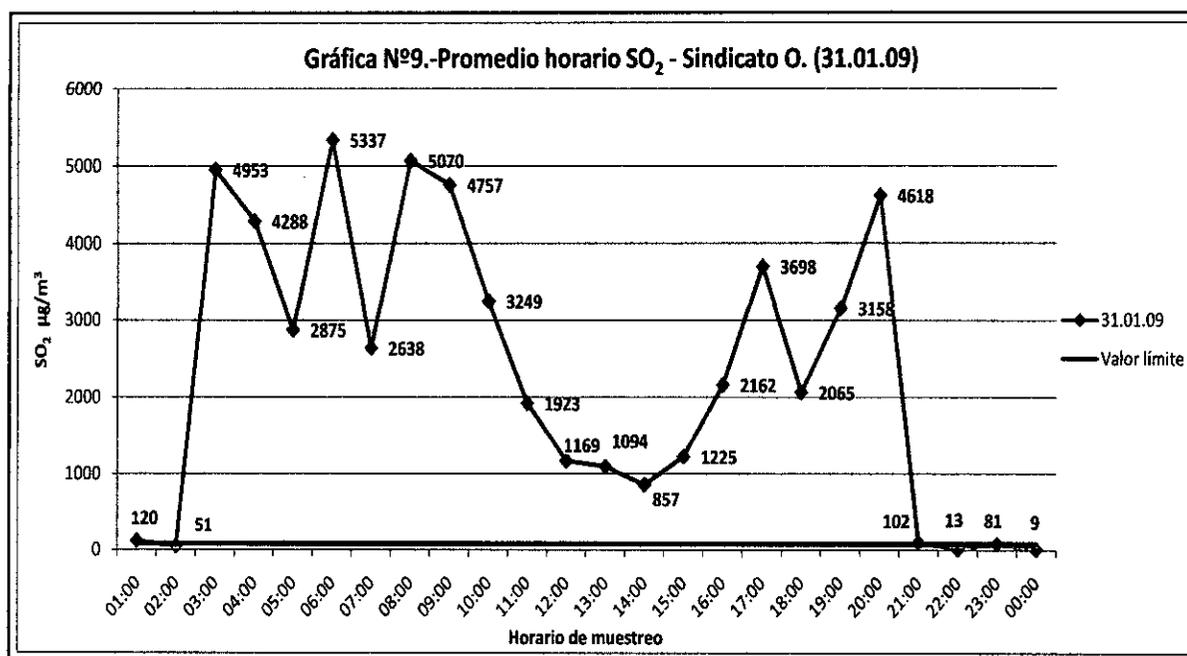


Fuente: Reportes diarios DIGESA

En las gráficas 6, 7 y 8, se amplía la información (valor diario) de cada una de los tres meses con concentraciones elevadas (dic-07, feb-08 y ene-09).

Se puede apreciar que el valor diario de SO_2 , excede los valores límites del ECA, reportando niveles máximos de $2\,762\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (14.12.07), $2\,958\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (22.02.08), $2\,313\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (31.01.09).

DRP, reportó desde el 2007 y hasta junio del 2008, solo los promedios diarios de los valores de SO_2 , pero a partir de julio del 2008 reportó los promedios horarios. Es por esta razón que solo la gráfica N°8 podrá ser ampliadas al detalle horario (ver gráfica N° 9).



Fuente: Reportes diarios DIGESA

En la gráfica N°9 se muestra al detalle horario las concentraciones de SO_2 del día 31 de enero 2009 (día escogido aleatoriamente), lo cual nos permite tener una idea más amplia del rango de concentración de SO_2 que se tiene en la estación Sindicato Obrero.

8.2 Discusión de resultados

- De los análisis realizados en el punto N° 8.1, se muestra que de las cuatro estaciones de monitoreo ambiental, es la estación Sindicato Obrero la que reporta las mayores concentraciones de SO₂ y la estación Huari la que reporta (con excepción de algunos meses) las menores concentraciones de SO₂. Estos resultados guardan relación con las distancias a las que se encuentra la estación Sindicato Obrero y Huari del CMLO.
- La estación Sindicato Obrero se encuentra a tan solo 0,8 Km de la planta de DRP, por lo que es predecible y justificable el hecho que sea la estación que reporta mayores valores de SO₂. Esta estación se encuentra en una zona urbana (La Oroya Antigua) y es el área en el que se tiene mayor actividad comercial.
- La estación Huari se encuentra a 20 Km de la planta, por lo que es predecible y justificable que reporte los menores valores de SO₂.
- Se tiene que indicar que a partir del 30 de mayo del 2009, el CMLO cerró sus operaciones, es por esta razón que a partir del junio de 2009 ninguna de las cuatro estaciones supera el valor límite del ECA diario (80 µg/m³).
- Las cuatro estaciones de monitoreo presentan tanto en el promedio mensual como anual, al menos un exceso de los niveles recomendados en el ECA y por la Organización Mundial de la Salud²¹.
- De acuerdo a la Escala de Beaufort, los 7,2 km/h de velocidad del viento (brisa muy débil)²² que se presenta en la ciudad de La Oroya, no permite la

²¹ "Sulfur Dioxide and Particulate Matter in Air-quality guidelines for Europe" WHO, 1987, p.338.

²² Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos, 1805.

dispersión de los contaminantes, y es ésta la razón principal por la que en la estación Sindicato Obrero se encuentra la mayor concentración de contaminantes.

- En la gráfica N°9, se observa que desde las 03:00 hasta las 21:00 horas los valores de SO₂ sobrepasan los valores del ECA. Éste tipo de gráficas horarias, se usó para determinar los Estados de Alerta y sus acciones o medidas regulares a tomar en cada uno de los casos.

Capítulo 9

DIAGNOSTICO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Diagnóstico

El problema de contaminación del aire en la ciudad de La Oroya, se debe a las emisiones de la planta de DRP.

1. La estación Sindicato Obrero, que se encuentra ubicada en la Oroya Antigua (capital de distrito), es la estación de monitoreo que presenta los niveles más altos de concentración de SO_2 .
2. La Oroya Antigua, cuenta con una población de 15 751 personas y es ésta población la que desde el año 2007 recibe las mayores concentraciones de SO_2 , ésto como consecuencia de la cercanía de la ciudad con la planta de DRP.
3. No se cuenta con un registro exacto de la cantidad de personas que son atendidas en el MINSA-Yauli por problemas broncoconstrictores, causados por inhalación del SO_2 .
4. El impacto del SO_2 , no solo afecta a las personas, afecta también la actividad agropecuaria, como sucede en los alrededores de la ciudad de La Oroya por la destrucción de los pastos como consecuencia de los humos que emite la refinería, ésta situación disminuye la producción agrícola y pecuaria y afecta directamente a los pobladores rurales.
5. A partir de junio del 2009 cuando la refinería de DRP paralizó sus operaciones, los niveles de SO_2 en todas las estaciones muestreadas,

descendieron drásticamente, obteniendo valores muy por debajo del valor límite del ECA.

9.2 Conclusiones

1. La ciudad de La Oroya por su ubicación geográfica, su topografía, así como por su característica meteorológica que presenta no permite la difusión de los contaminantes.
2. La Oroya está expuesta a inversiones de temperatura que originan que la contaminación atmosférica (cualquiera sea su fuente) cubra la ciudad y se mantenga por largos períodos de tiempo, en vez de dispersarse rápidamente entre los cerros.
3. El SO_2 puede ser transportado distancias largas y depositarse lejos del punto del origen; esto significa que los problemas con SO_2 no están confinados a las áreas donde se emite. En el caso particular de La Oroya no se tiene una difusión de los contaminantes como consecuencia de sus características geográficas, topográficas y meteorológicas.
4. La sinergia propia del SO_2 , hace que éste se combine con otras sustancias en el aire y forme diversos contaminantes secundarios, uno de ellos y quizás el más importante es el ácido sulfúrico, causante de las lluvias ácidas.
5. El SO_2 en el aire no sólo causa problemas a la salud de las personas, tales como afecciones respiratorias, sino también al ambiente que los rodea, afectando la producción agrícola y pecuaria.

6. De la evaluación de los datos reportados por las cuatro estaciones de monitoreo, se ha llegado a la conclusión que la refinería de DRP, que se encuentra a solo 0,8 km de distancia de la capital de distrito Oroya Antigua, contribuye con más del 85% de las emisiones de SO₂ a la atmosfera.
7. Las concentraciones de SO₂ disminuyeron a partir de junio de 2009, como consecuencia de la paralización de las actividades de la refinería DRP.
8. De las cuatro estaciones de monitoreo ambiental, Sindicato Obrero es el que reporta los mayores niveles de concentración de SO₂. Dicha estación se encuentra ubicada en la capital de distrito, donde vive el 84,65% de la población total del distrito, lo que nos indica que son estas personas las que diariamente reciben la mayor concentración de SO₂.

9.3 Recomendaciones

1. DRP debería instalar en sus procesos nuevas tecnologías, lo que contribuiría a disminuir las emisiones gaseosas.
2. Se debería implementar un programa de reforestación.
3. Crear un programa de reubicación de la población de La Oroya, a fin de alejarla de la zona de alta contaminación. Éste traslado podría ser permanente o temporal.
4. Implementar un sistema de evaluación médica para todos los pobladores de la ciudad de La Oroya.
5. Reconsiderar la efectividad de las zonas de monitoreo, y de ser necesario ampliar el número de estaciones.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Arauzo, Godofredo. Contaminación de La Oroya Perú.
Perú, 2008
- Arauzo, Godofredo. La lluvia ácida en el Centro del Perú.
Perú, 2007
- Beaufort. Escala de Beaufort de la fuerza de los vientos.
Irlanda, 1805
- Blacksmith Institute. Annual Report 2007, The World's Worst Polluted
Places.
New York, 2007
- Caldas Vidal, Julio; Megard Francois. Mapa geológico del cuadrángulo de
La Oroya (24-I).
Perú, 1996
- Canadian Center for Occupational Health and Safety.
- Cederstav, Anna; Barandiarán Alberto (Asociación Interamericana para la
Defensa del Ambiente (AIDA)). La Oroya no espera.
Estados Unidos de Norteamérica-Perú, 2002
- Chuquimantari Meza, Carlos. Yauli-La Oroya minería y ciudades empresas.
Perú, 1992
- Colin A. Cooke; Abbott, Mark; Kcomt CA. Second report about the
evaluation of air quality in La Oroya.

Elsevier. Reino Unido, 2007

www.elsevier.com

- CONAM. Plan de contingencia para estados de alerta por contaminación del aire en la cuenca atmosférica de la Oroya.
Editorial del CONAM. Perú, 2007
- De Jager, David; Manning, Martin; Kuijpers, Lambert. La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial. Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC) y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica (GETE).
Editorial propia. Suiza, 2005
- DIGESA. Inventario de Emisiones de fuentes fijas – Cuenca atmosférica de la ciudad de La Oroya.
Editorial DIGESA. Perú, abril 2005.
- EPA. 2001. National Ambient Air Quality Standards, Primary Air Quality Standards (40 CFR part 50).
Editorial propia. Estados Unidos de Norteamérica. 2001
- Graffiti. Deadliest Cities in the world.
www.environmentalgraffiti.com. 12 september 2008
- INEI. 2007. Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda
Editorial Propia. Perú, 2007
- Figueruelo, Juan; Dávila, Martín. Química Física del Ambiente, Editorial Reverté. España, 2001
- Pajuelo J. 2006. Medio Ambiente y Salud de La Oroya.
- Portugal C.; Hurtado W. y Aste J. 2003. Los Humos de Doe Run.

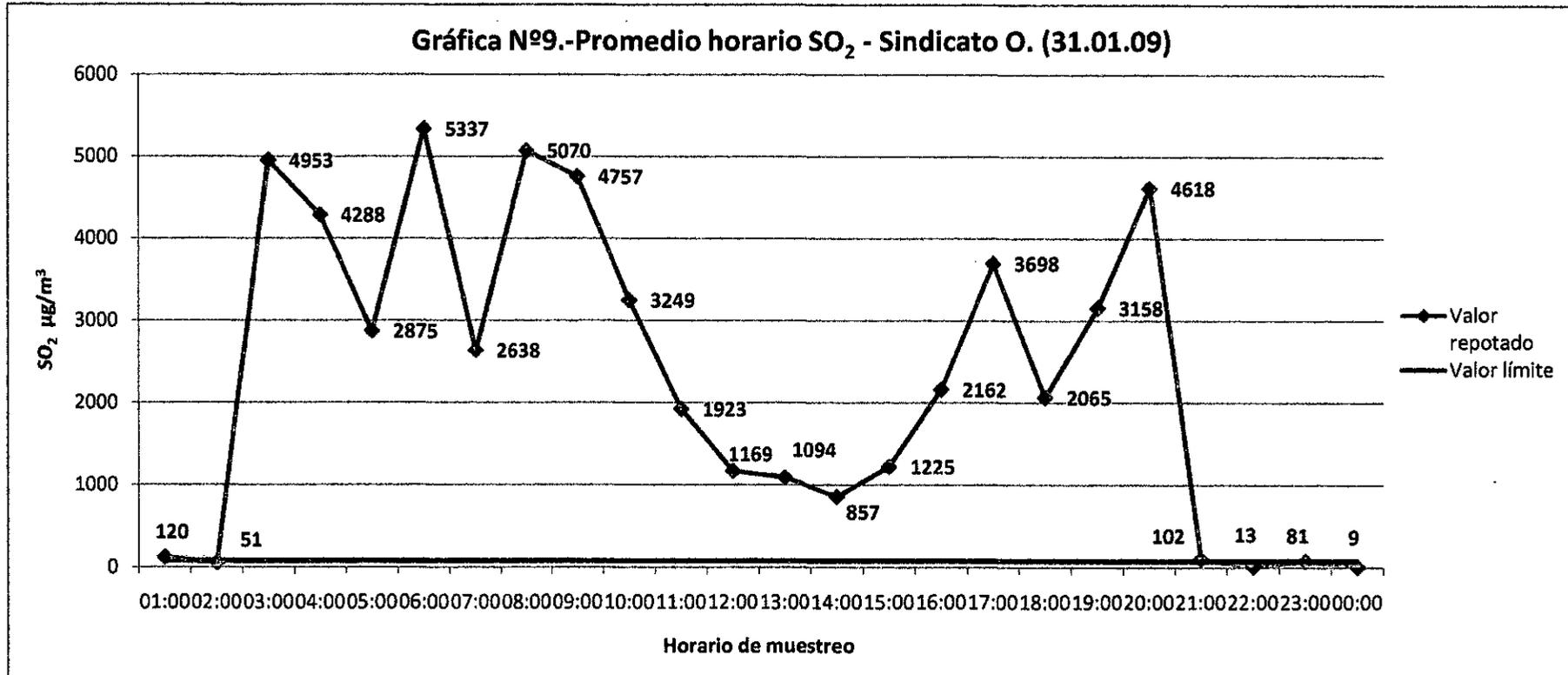
- Strauss, W.; Mainwaring S.J.. 2001. Contaminación del aire causas, efectos y soluciones, Editorial Trillas
- Ware, J.H., Ferris, B.G.J.R. and Dockery, D.W. Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health. American Review of Respiratory Disease, Durham University. Reino Unido, 1986
- WHO (OMS). Sulfur Dioxide and Particulate Matter in Air-quality guidelines for Europe. Editorial propia. Estados Unidos de Norteamérica, 1987

ANEXOS

a) Datos tabulados de los años 2007, 2008 y 2009 de las estaciones Hotel Inca, Huari, Marcavalle, y Sindicato Obrero

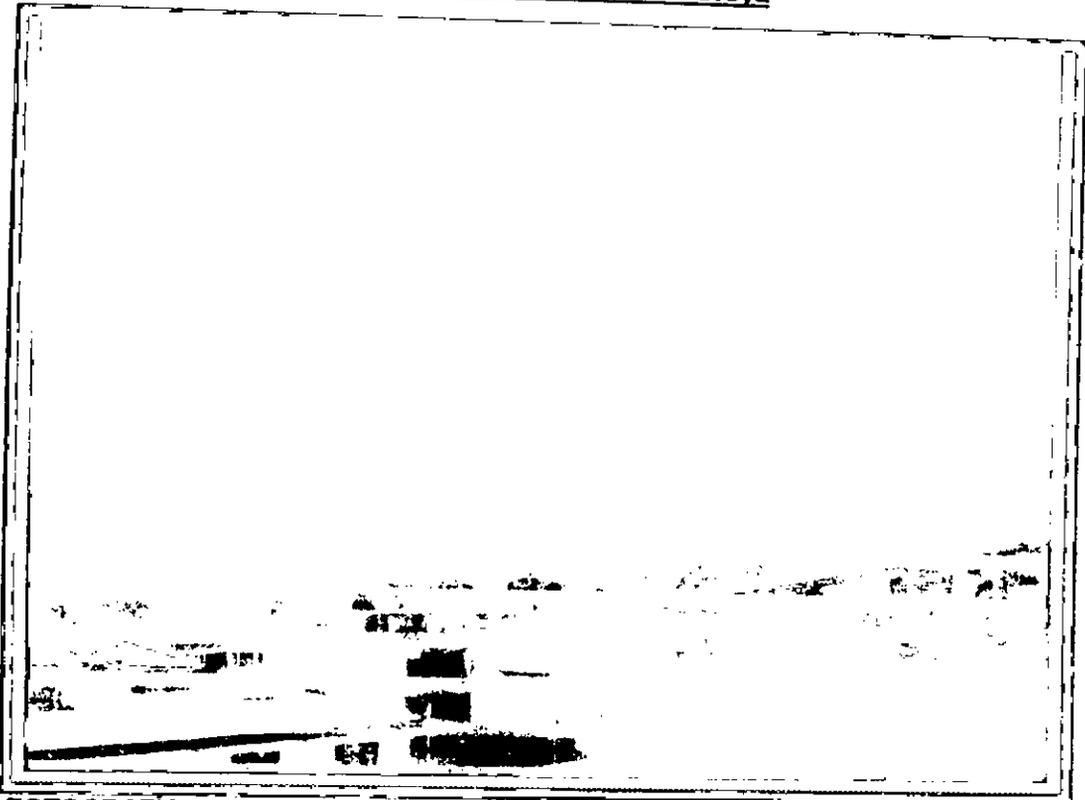
DATA HORARIA DEL 31 DE ENERO DEL 2009 - PUNTO DE MONITOREO SINDICATO OBRERO

Horas	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Valor reportado	120	51	4953	4288	2875	5337	2638	5070	4757	3249	1923	1169	1094	857	1225	2162	3698	2065	3158	4618	102	13	81	9
Valor límite	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

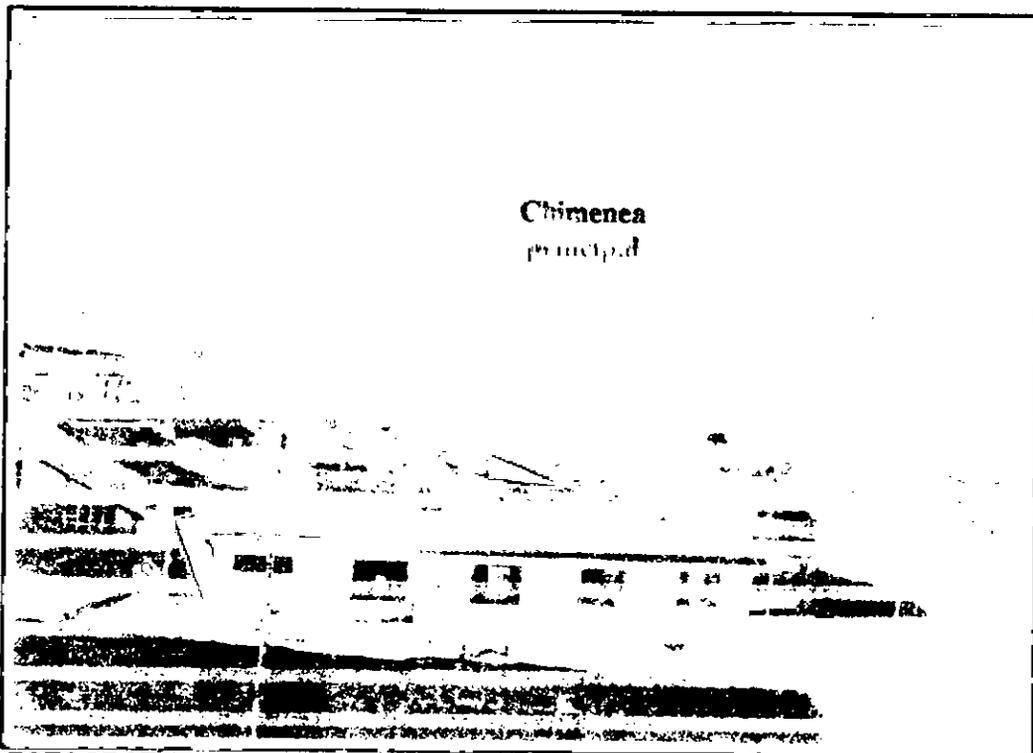


c) Panel fotográfico

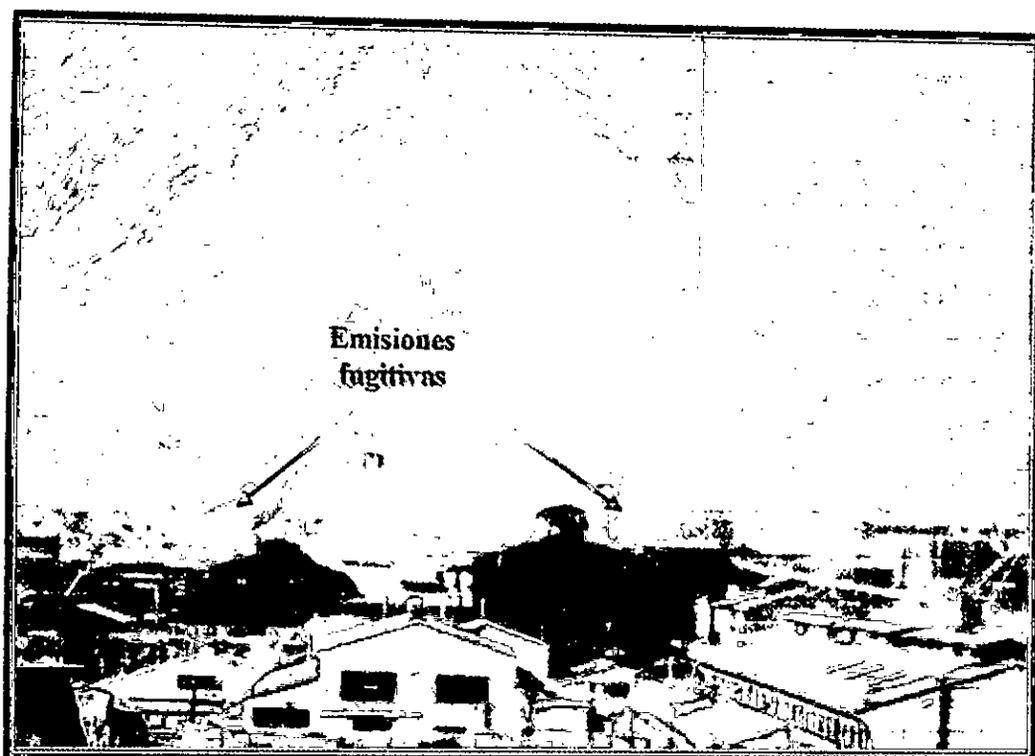
Complejo Metalúrgico de la Oroya



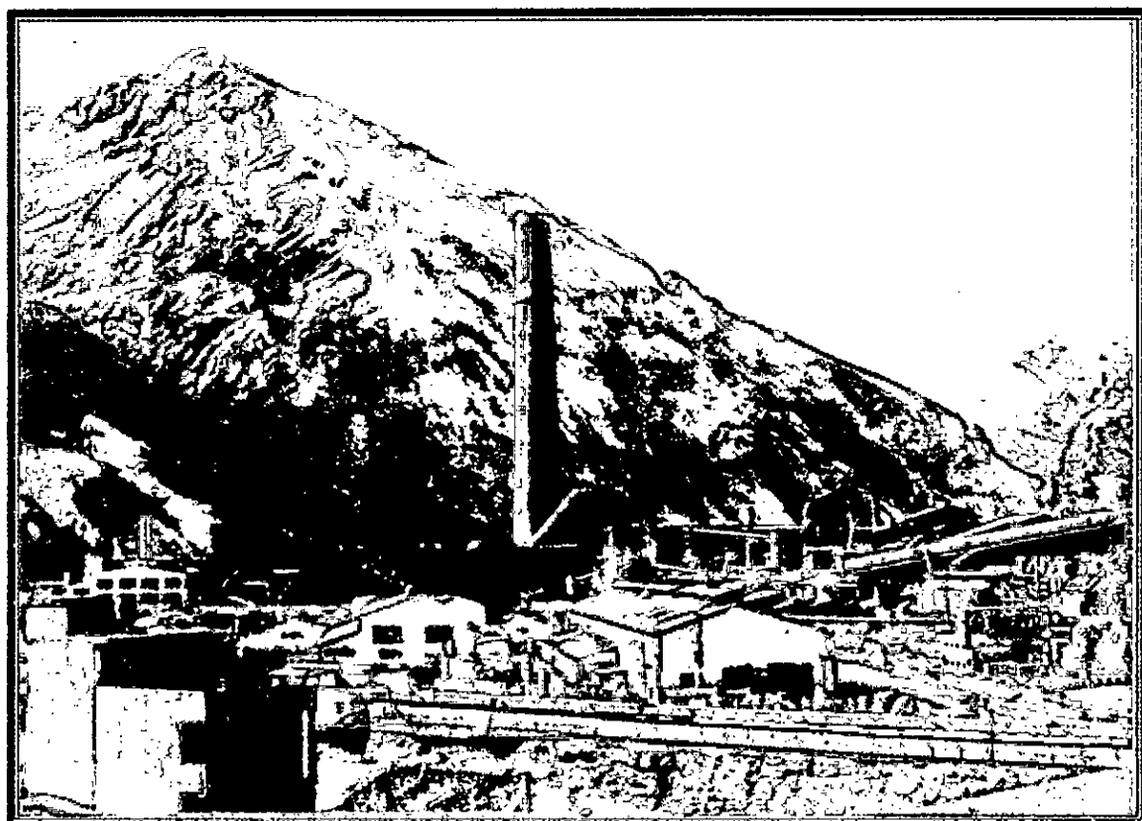
FOTOGRAFIA N° 1.- Vista fotográfica de la chimenea principal del Complejo Metalúrgico de la Oroya.



FOTOGRAFIA N° 2.- Vista fotográfica del poblado de la Oroya Antigua y la cercanía al Complejo Metalúrgico de la Oroya.



FOTOGRAFIA N° 3.- Emisiones fugitivas dentro del Complejo Metalúrgico de la Oroya.

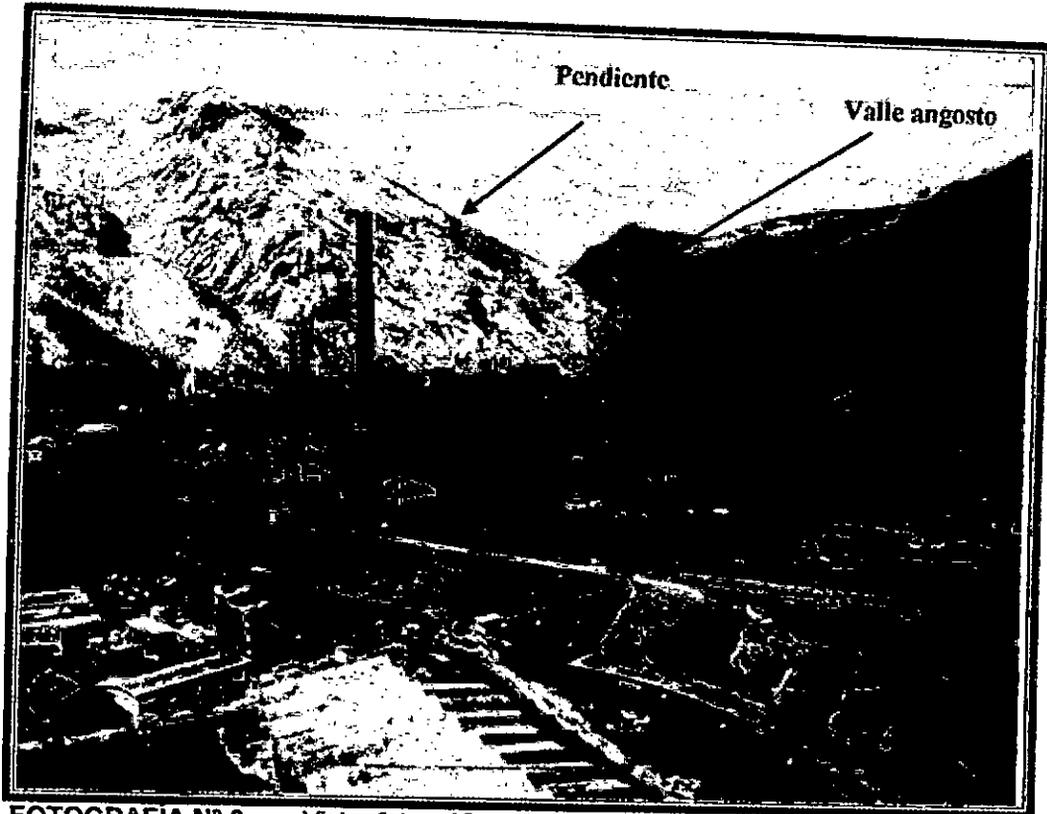


FOTOGRAFIA N° 4.- Vista fotográfica del Complejo Metalúrgico de la Oroya (con los trabajos paralizados).



FOTOGRAFIA N° 5.- Vista fotográfica dentro del Complejo Metalúrgico de la Oroya, inicio de trabajos de monitoreo.

Topografía



FOTOGRAFIA N° 6.- Vista fotográfica donde se muestra el valle y cerros de fuerte pendiente..

Monitoreo de Calidad de Aire



FOTOGRAFIA N° 7.- Estación de monitoreo Huari.



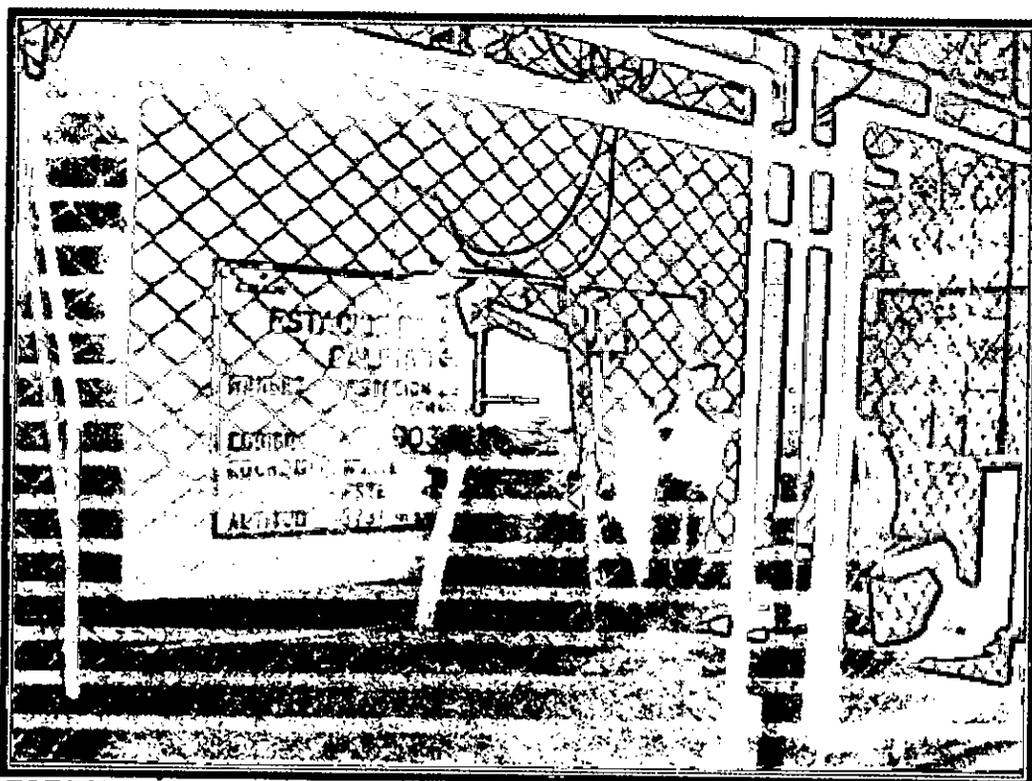
FOTOGRAFIA Nº 8.- Equipo de monitoreo continuo, estación Huari.



FOTOGRAFIA Nº 9.- Estación de monitoreo Hotel Inca.



FOTOGRAFIA Nº 12.- Equipo de monitoreo continuo, estación Marcavalle.

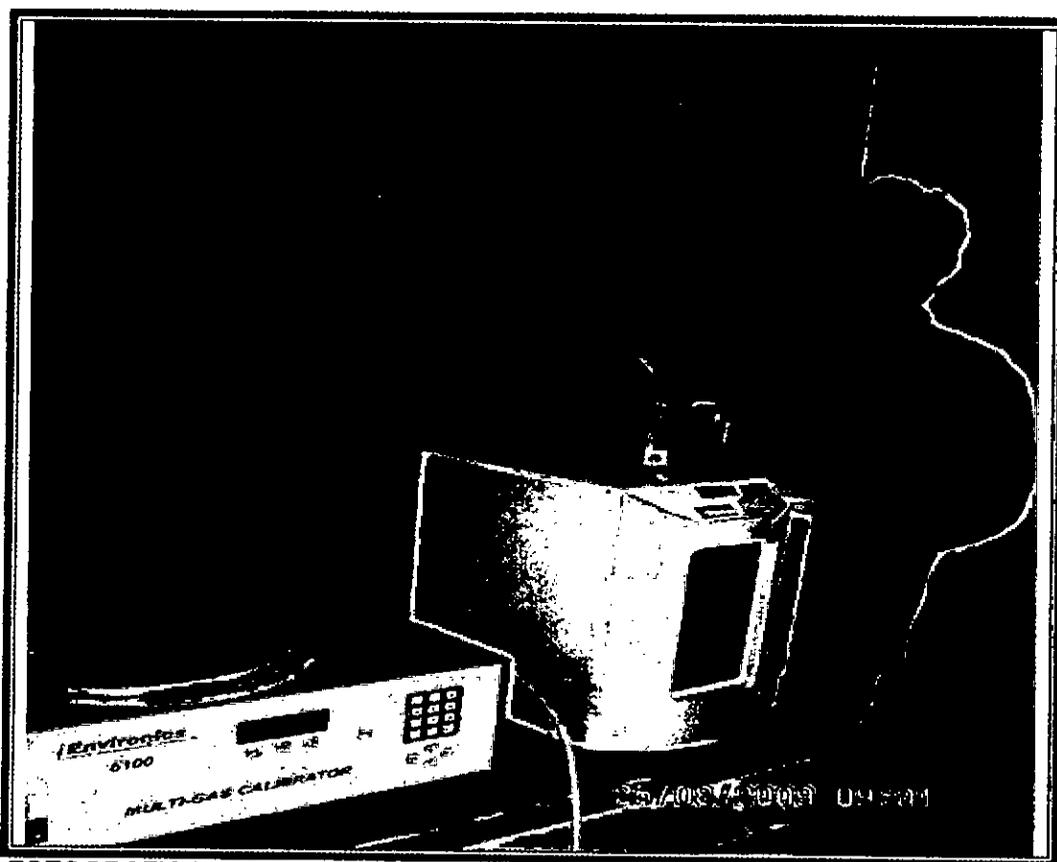


FOTOGRAFIA Nº 13.- Estación de monitoreo Sindicato Obrero.



FOTOGRAFIA N° 14.-Equipo de monitoreo continuo, estación Sindicato Obrero.

Verificaciones de Zero y Span de los Analizadores de SO₂ HORIBA – Calidad del aire



FOTOGRAFIA N° 15.-Estación G07 Marcavalle: Constatación e inspección de campo de la verificación de Zero y Span del analizador de gas SO₂ HORIBA.

d) Proyectos PAMA (Doe Run Perú SRL)

CRONOGRAMA GENERAL DE OBLIGACIONES DE DOE RUN PERÚ SRL

ASPECTOS	FECHAS DE CUMPLIMIENTO
1. OBJETIVOS Y METAS	
Cumplimiento de estándares de calidad de aire	
A. PM10, Pb en PM10	diciembre, 2006
B. Dióxido de azufre	octubre, 2009
Cumplimiento de estándares de calidad de agua	diciembre, 2006
Salud humana:	
A. Alcanzar 15 ug/dL de promedio de plomo en sangre en niños < 6 años	octubre, 2009
B. Alcanzar 0 niños < 6 años con niveles mayores a 45 ug/dL	octubre, 2009
C. 95% de niños < 6 años con niveles menores a 10ug/dL	después de tres años de la remediación de suelos
D. Disminuir el riesgo incremental de cáncer por arsénico a 1:10000	octubre, 2009
2. PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS DE ÁCIDO SULFÚRICO	
2.1 Circuito de zinc	31, diciembre, 2006
2.2 Circuito de plomo	30, setiembre, 2006
2.3 Circuito de cobre	31, octubre, 2009
3. MEDIDAS ESPECIALES COMPLEMENTARIAS	
Reducción de material particulado:	
A. Emisiones por chimenea	diciembre, 2006
B. Emisiones fugitivas	diciembre, 2006
C. Medidas complementarias	permanente
Protección a la salud:	
A. Convenio MINSA-DOE RUN	permanente
Atención especial niños > 45ug/dL de Pb en sangre	permanente
Atención niños > 10ug/dL de Pb en sangre	permanente
Atención madres gestantes	permanente
Atención por salud por efectos de SO2	permanente
Programa de educación escolar y ciudadana	permanente
Limpieza de casas, calles y áreas críticas	permanente
Mejora de la red de servicios básicos y de salud	permanente

- | | |
|--|--------------|
| B. Sistema de prevención en base a los estados de alerta | permanente |
| C. Estudio complementario de modelamiento de dispersión de la calidad del aire | marzo, 2008 |
| D. Estudio complementario de riesgos a la salud | agosto, 2008 |

4. SEGUIMIENTO Y CONTROL

Mejora de la red de monitoreo

- | | |
|--------------------|-----------------|
| A. Calidad de aire | setiembre, 2006 |
| B. Meteorología | setiembre, 2006 |

Monitoreo de polvos y suelos

- | | |
|------------------------|-------------|
| A. Monitoreo de polvos | junio, 2006 |
| B. Monitoreo de suelos | junio, 2006 |

Comité de vigilancia y monitoreo ciudadano

hasta octubre, 2009

Auditorías financieras semestrales

hasta octubre, 2009

Fiscalización a cargo de la DGM

permanente

5. GARANTIAS FINANCIERAS

Fideicomiso

suscripción en 30 días

Carta fianza

entrega en 30 días

6. PROYECTO DE RESPONSABILIDAD SOCIAL

permanente

7. ADOPCIÓN DE REGIMEN DE MEJORA CONTINUA

permanente