



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
QUÍMICA INDUSTRIAL



**“MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL SECTOR TAM,
DE LA CIUDAD DE EL ALTO. - PROPUESTA DE UN MÉTODO DE MONITOREO
DE AIRE CON MATERIAL PARTÍCULADO”**

INFORME DE PASANTÍA

PRESENTADO POR

MARLENE ROSAS UGARTE

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

TÉCNICO UNIVERSITARIO SUPERIOR EN QUÍMICA INDUSTRIAL

TUTOR: Lic. JUAN WILSON CORI MAMANI

LA PAZ – 2013



DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES:

VICTORIA

Y

BONIFACIO (Q.E.P.D.)

A MI HERMANA:

SOLEDAD



AGRADECIMIENTOS

Lic. Juan Wilson Cori Mamani

Lic. Silveria Cutipa Pari

Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto

Ing. Freddy Koch

Lic. Jorge Velasco Orellanos

Lic. Ofelia Balboa Valencia



ÍNDICE GENERAL

	PAG.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	8
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. DEFINICION DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA.....	9

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Definiciones.....	10
2.2. Contaminación Atmosférica.....	12
2.2.1. Contaminación atmosférica urbana.....	13



2.2.2. Contaminación producida por el tráfico.....	14
2.3. Fuentes de emisión de contaminantes.....	15
2.4. Tipos de contaminantes.....	16
2.5. Material Particulado.....	16
2.5.1 Distribución tamaño de la partícula.....	18
2.5.2. Muestreo de Material Particulado.....	21
2.5.2.1. Muestreo Activo.....	21
2.5.2.2. Muestreo continuo.....	23
2.5.3. Estándares de calidad del aire para Material Particulado.....	25
2.5.4. Enfermedades causadas por el Material Particulado.....	27
2.6. Equipo utilizado en el muestreo “Impactador de Harvard”.....	29
2.6.1. Componentes del equipo.....	31
2.6.2. Tamaño de partícula medido por el equipo.....	36
2.6.3. Ventajas y desventajas del equipo.....	36

CAPÍTULO 3

3. MARCO PRÁCTICO.....	37
3.1. Selección del sitio para medición.....	37
3.2.1. Meteorología de la Ciudad de El Alto.....	38
3.2. Materiales y equipos.....	39
3.3. Método Gravimétrico.....	41

CAPÍTULO 4

DATOS Y RESULTADOS.....	44
-------------------------	----



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	56



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Registro parque automotor del año 2001 a julio 2011.....	15
Figura 2	El ejemplo de un cabello humano en comparación al PM_{10}	20
Figura 3	Muestreador de alto volumen.....	22
Figura 4	Muestreador automático TEOM (Microbalanza Oscilatoria).....	24
Figura 5	Muestreador automático Atenuación Beta.....	25
Figura 6	Sistema respiratorio y tamaños de material particulado.....	28
Figura 7	Diagrama de partes del Impactador Harvard para PM_{10}	30
Figura 8	Impactador “Harvard” marca Air Diagnostics.....	31
Figura 9	Tobera superior.....	31
Figura 10	Tobera inferior.....	32
Figura 11	Placa metálica.....	32
Figura 12	Base metálica.....	32
Figura 13	Portafiltro.....	33
Figura 14	Base con prefiltro.....	33
Figura 15	Caseta de protección.....	35
Figura 16	Programador Digital 500.....	35
Figura 17	Ubicación Satelital del sitio TAM.....	37
Figura 18	Balanza Metler AX205.....	39
Figura 19	Desecador.....	39
Figura 20	Filtros de Teflón de 47mm de diámetro marca Whatman.....	40



Figura 21 Pinzas para filtro.....	40
Figura 22 Pinzas de acero inoxidable.....	40
Figura 23 Dos masas conocidas (tornillos inoxidables).....	41
Figura 24 La concentración Vs Tiempo del sector TAM.....	48



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límite permisible de la EPA, concentración de (PM10).....	4
Tabla 2 Los principales componentes del aire seco.....	12
Tabla 3 Origen, composición y destino e la partículas gruesas en la atmosfera.....	19
Tabla 4 Resumen de tamaños de partículas.....	20
Tabla 5 Ventajas y desventajas de muestreadores automáticos.....	25
Tabla 6 Límites permisibles por organizaciones.....	26
Tabla 7 Límites permisibles de (PM10) de países vecinos.....	27
Tabla 8 Ventajas y desventajas del Impactador Harvard.....	36
Tabla 9 Registro de la estación de monitoreo.....	38
Tabla 10 Características importantes de la ciudad de El Alto.....	38
Tabla 11 Concentración de Material Particulado PM ₁₀	47
Tabla 12 Concentración de Material Particulado PM ₁₀ los días de la semana.....	49

A large, semi-transparent watermark of the University of the Pacific logo is centered in the background. The logo is an oval shape containing a sun, mountains, and a tree. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREAE" is written around the perimeter of the oval.

CAPÍTULO 1



CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es la presencia de material indeseable en ese aire en cantidades grandes como para producir efectos nocivos. Esta definición no restringe la contaminación del aire a causas humanas, aunque normalmente solo hablamos de estas. Los materiales indeseables pueden dañar la salud humana, la vegetación, los bienes humanos o el medio ambiente global, muchos de estos materiales nocivos entran a la atmosfera provenientes de fuentes que, en la actualidad, se encuentra más allá del control humano. Sin embargo, en las partes más densamente pobladas del globo, en particular en los países industrializados las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas. Estas actividades se encuentran íntimamente asociadas con nuestro estándar material de vida. (1)

Dentro de los contaminantes criterio del aire se encuentra el material particulado, el cual en estado liquido o solido, se produce por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión, en la producción, transporte y utilización de materiales de construcción, a partir de procesos erosivos, en los humos de los gases de los vehículos y también por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentados.

El diámetro de las partículas presentes en el aire puede variar entre una milésima de micra y 500 micras. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (PM_{10}). Según su origen los contaminantes son clasificados en dos tipos: contaminantes primarios y secundarios, el “material particulado” pertenece a este último, las



principales fuentes de emisión son; industrias (fuentes fijas) y parque automotor (fuentes móviles). (3)

La Organización Mundial de la Salud OMS considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humanos. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. Según una evaluación de la OMS de la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados (producida por la quema de combustibles sólidos). Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo.

El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad.

La evaluación cuantitativa del riesgo ofrece un procedimiento para comparar situaciones hipotéticas alternativas de control y estimar el riesgo residual asociado con un valor guía. Tanto la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA) como la Comisión Europea han utilizado recientemente este procedimiento para revisar sus normas de calidad del aire para el Material Particulado. Se alienta a los países a examinar la adopción de una serie de normas cada vez más estrictas y a hacer un seguimiento de los progresos mediante la vigilancia de la reducción de las emisiones y la disminución de las concentraciones de Material Particulado.



Para contribuir a este proceso, los valores guías numéricos y los valores de los objetivos intermedios que se dan aquí reflejan las concentraciones a las cuales, según los descubrimientos científicos actuales, se prevé que habrá una respuesta de mortalidad creciente debida a la contaminación del aire con MP. Por el momento, los sistemas más habituales de vigilancia de la calidad del aire producen datos basados en la medición del material particulado. (15)

Para la interpretación y análisis de monitoreos en Bolivia se considera los valores de la OMS, EPA y RMCA que también han sido considerados en la norma NB 62011. Los valores presentados en esta Norma deben ser la base para la actualización de los límites de Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica.

Es importante tomar en cuenta que, los valores de la OMS son más bajos que los límites de los diferentes países y los valores límites de países de Europa son aun más estrictos. Sin embargo, los valores límite son referentes nacionales con los cuales se compara los resultados de las mediciones realizadas.(5)

2. ANTECEDENTES

En los Estados Unidos de América 1930 y 1940, la chimenea de una fábrica que emitía una gruesa columna de humo se consideraba como signo de prosperidad y en algunas oficinas gubernamentales la incluían en sus símbolos oficiales.

En 1945 y 1969, conforme aumento la adquisición de conciencia de los problemas de contaminación del aire, comenzó un gran despertar. En ese periodo se vio surgir la National Environmental Policy Act (Ley de política Nacional sobre el Medio Ambiente) y la Clean Air Act (Ley del Aire Limpio) de 1970.



La U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), actuando con base en la Clean Air Act exige a la EPA establezca las National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) (las cuales son niveles máximos admisibles de contaminación. Los valores se deben fijar para “proteger la salud pública, con un margen adecuado de seguridad”. (1)

Desde el 1 de julio de 1987 la EPA tiene la normativa vigente hasta la actualidad y se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Límite permisible de la EPA, concentración de (PM10)

SUSTANCIA	CONCENTRACIONES PERMITIDAS EN EL AMBIENTE
PARTICULAS (PM10)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio 24horas
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio anual

Fuente: (1)

En Bolivia en la Ley de Medio Ambiente N° 1333 del 27 de julio de 1992 en el cual contiene en su Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA).

La Red MoniCA se introduce como una herramienta necesaria en el marco de la gestión de la calidad de aire, para identificar los niveles de contaminación, inicialmente en las cuatro ciudades del eje troncal del país y así sentar una línea base de la calidad del aire que respira la población urbana en Bolivia. Las redes de monitoreo de la calidad del aire, agrupadas actualmente en la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire - Red MoniCA Bolivia, en las ciudades de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y El Alto. El objetivo inicial de la Red MoniCA es establecer los niveles de contaminación atmosférica a los que se halla expuesta la población. Busca establecer criterios científicos que respalden las acciones de control y reducción de esta contaminación. Del mismo modo, desarrollar procesos de evaluación para medir la efectividad de las medidas e informar a la ciudadanía.



El Proyecto AIRE LIMPIO enfoca sus actividades en la contaminación del aire originada por el parque automotor, debido a que éste genera, en países en vías de desarrollo, más del 80% de la contaminación atmosférica.

La Dirección de Calidad Ambiental del Gobierno Municipal de La Paz había implementado una red piloto de monitoreo de la calidad del aire que operaba de septiembre 2001 a junio 2002, mediante un convenio con el Proyecto Ecología Urbana de Swisscontact. La misma dirección municipal retomó la iniciativa en mayo 2004, para concretar un convenio interinstitucional con el Proyecto AIRE LIMPIO, cuyo objetivo principal era implementar la red de monitoreo de la calidad del aire (Red MoniCA La Paz), instalando un total de nueve sitios de monitoreo. (18)

El Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, a través de la Dirección de Medio Ambiente, es responsable de la prevención y control de la contaminación atmosférica en la ciudad de El Alto. Desde el año 2003 se ha implementado la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (Red MoniCA) que como proyecto se ejecuto mediante un convenio interinstitucional entre el Gobierno Municipal de El Alto (GAMEA) y el Proyecto Aire Limpio de Swisscontact, en cumplimiento del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica de la Ley 1333 de Medio Ambiente. De esta manera, la Red MoniCA en la ciudad de El Alto monitorea los siguientes parámetros: (8)

- Dióxido de Nitrógeno
- Ozono
- Material Particulado (PM₁₀)



En la actualidad la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en Bolivia, en los municipios de La Paz, El Alto, Santa Cruz, Cochabamba, Oruro, Sucre, Potosí, Tarija, Trinidad, Cobija, Viacha (La Paz), La Guardia, Montero y Puerto Suarez (Santa Cruz), Quillacollo, Sacaba, y Sipe Sipe (Cochabamba).

3. JUSTIFICACIÓN

El reglamento en materia de contaminación atmosférica - Capítulo I.

Artículo 1.- La presente disposición legal, reglamenta la ley del Medio Ambiente Nº 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación atmosférica, dentro del marco del desarrollo sostenible.

Artículo 2.- Toda persona tiene el derecho a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y el ejercicio de sus actividades, por lo que el Estado y la sociedad tienen el deber de mantener y/o lograr una calidad de aire tal, que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

La medición a realizar es una manera preventiva y hacer prevalecer el derecho a poder disfrutar de un ambiente sano, para la población. (2)

Según la norma boliviana – 62014 se puede realizar la determinación del material particulado equivalente o menor a 10 micrómetros PM_{10} – muestreo activo – método gravimétrico

Concientizar a la población boliviana, sabiendo que el medio ambiente es vital para el ser humano, y por los datos registrados que se tiene acerca el material particulado PM_{10} que causa daños a la salud :



- Tos, dificultad para respirar
- Agravamiento del asma
- Daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida)
- Muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón y del pulmón.

Viendo que, en el área urbana ante el crecimiento la necesidad que se tiene de transportarse de un lado al otro, una de las fuentes en este caso las móviles son de interés por el importante cantidad de vehículos (con antigüedad considerable) que se tiene circulando en las vías de la ciudad de El Alto, concientizando a la población atreves de:

- ✓ Modernización del parque automotor.
- ✓ Ampliación en cobertura de áreas verdes.
- ✓ Reconversión de vehículos a combustibles más limpios.
- ✓ Prevención a la población respecto a la exposición a niveles altos de contaminación.
- ✓ Programas de ordenamiento del tráfico vehicular, semaforización y ordenamiento vial.
- ✓ Promover el uso de combustibles limpios.



4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general:

Establecer el método de control (monitoreo) del material particulado **PM₁₀** partículas menores a 10 micras presentes en la atmosfera, sector TAM ciudad de El Alto, La Paz- Bolivia.

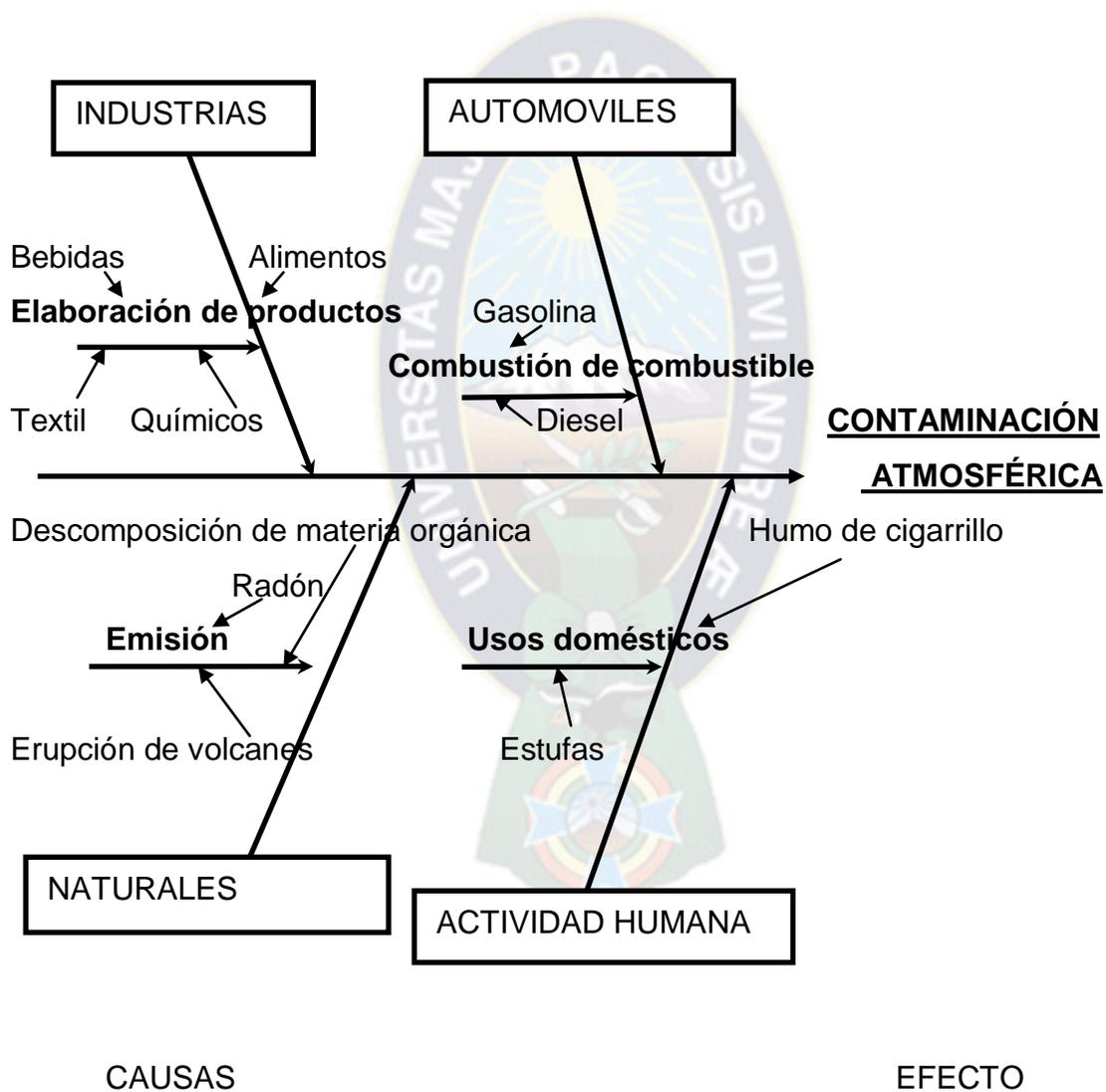
4.2. Objetivos específicos:

- Determinar cuantitativamente la concentración de partículas menores a 10 μm , (PM₁₀) en el área del punto denominado TAM
- Determinar la calidad del aire mediante el método activo- Norma boliviana
- Evaluar que día en la semana tiene la concentración del PM₁₀ más alta
- Evaluar la concentración PM₁₀ del Día del peatón – 02 /09/2012



5. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el siguiente diagrama de causa efecto se muestra de esta manera la problemática de la contaminación atmosférica.





CAPÍTULO 2



CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones:

Calidad de aire: Concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones de referencia, fijadas con el propósito de preservar la salud y bien estar de las personas.

Contaminación atmosférica: Presencia en la atmosfera de uno o más contaminantes, de tal forma que se generen o puedan generar efectos nocivos para la vida humana, la flora o la fauna, o una degradación de la calidad del aire, del agua, del suelo, los inmuebles, el patrimonio cultural o los recursos naturales en general.

Contaminante atmosférico: Materia o energía en cualquiera de sus formas y/o estados físicos, que al interrelacionarse en o con la atmosfera, altere o modifique la composición o estado natural de esta.

Emisión: Descarga directa o indirecta a la atmosfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos, o descarga de energía en cualquiera de sus formas.

Inmisión: Concentración de contaminantes en la atmosfera a ser medidos fuera de la fuente.



Fuente fija: Toda instalación o actividad establecida en un solo lugar o area, que desarrolle operaciones o procesos industriales, comerciales y/o de servicios que emitan o puedan emitir contaminantes a la atmosfera.

Fuente móvil: Vehículos automotores, vehículos ferroviarios motorizados, aviones, equipos y maquinarias no fijos con motores de combustión y similares, que en su operación emitan o puedan emitir contaminantes a la atmosfera.

Límites permisibles de calidad del aire: Concentraciones de contaminantes atmosféricos durante un periodo de exposición establecido, por debajo de las cuales no se presentaran efectos negativos conocidos en la salud de las personas según los conocimientos y/o criterios científicos prevalecientes.

Monitoreo de contaminantes atmosféricos: Evaluación sistemática cuantitativa y cualitativa de contaminantes atmosférica. (2)

Composición de la Atmosfera

La atmosfera está compuesta por una mezcla invisible de gases que rodean la tierra, así como el aerosol atmosférico. Los componentes principales del aire seco son: (9)



Tabla 2 Los principales componentes del aire seco

COMPOSICION VOLUMETRICA	
Nitrógeno	78,084%
Oxígeno	20,946%
Argón	0,934%
Dióxido de Carbono	Variable con la contaminación
Neón	0,0018%
Helio	0,00052%
Metano	0,0002%
Criptón	0,00011%
Hidrogeno	0,00005%
Xenón	0,00087%
Ozono	Variable con la contaminación (0,000001%)
Óxidos de nitrógeno	
Oxidas de Azufre	
Monóxido de Carbono	
Radón	

Fuente: (9)

Estas relaciones, cambian muy poco con el lugar o del tiempo en mayor parte de la atmosfera. El contenido de humedad de la atmosfera, como vapor de agua y gotitas liquidas o cristales de hielo, cambia de manera significativa con el lugar y tiempo y es la causante de muchas cosas excitantes, bellas y destructivas que produce la propia atmosfera. (1)

2.2. Contaminación Atmosférica

En las grandes ciudades, la contaminación del aire se debe a consecuencia de los escapes de gases de los motores a explosión, los aparatos domésticos de calefacción, de las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales, perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.



Contaminación de la atmósfera por residuos o productos secundarios gaseosos, sólidos o líquidos, que pueden poner en peligro la salud del hombre, bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. Entre los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes naturales, sólo el radón, un gas radiactivo, es considerado un riesgo importante para la salud. Subproducto de la desintegración radiactiva de minerales de uranio contenidos en ciertos tipos de roca, el radón se filtra en los sótanos de las casas construidas sobre ella. Se da el caso, y según recientes estimaciones del gobierno de Estados Unidos, de que un 20% de los hogares del país contienen concentraciones de radón suficientemente elevadas como para representar un riesgo de cáncer de pulmón.

Cada año, los países industriales generan miles de millones de toneladas de contaminantes. El nivel suele expresarse en términos de concentración atmosférica (microgramos de contaminantes por metro cúbico de aire) o, en el caso de los gases, en partes por millón, es decir, el número de moléculas de contaminantes por millón de moléculas de aire. (19)

1.2.1. Contaminación atmosférica urbana

La contaminación atmosférica urbana, producida por la industria y los automóviles, sigue siendo un grave peligro para la salud de más de mil millones de personas en todo el mundo. Durante los años ochenta, los países europeos redujeron las emisiones de dióxido de sulfuro en más del 20% y el volumen de la mayoría de los contaminantes descendió en los Estados Unidos. No obstante, en uno de cada tres días en Los Ángeles, Nueva York, Ciudad de México y Beijing se registran niveles insalubres de polución atmosférica. (20)



1.2.2. Contaminación producida por el tráfico

Contaminación debida al exceso de circulación rodada y provocada sobre todo por la quema de combustibles fósiles, en especial gasolina y diesel.

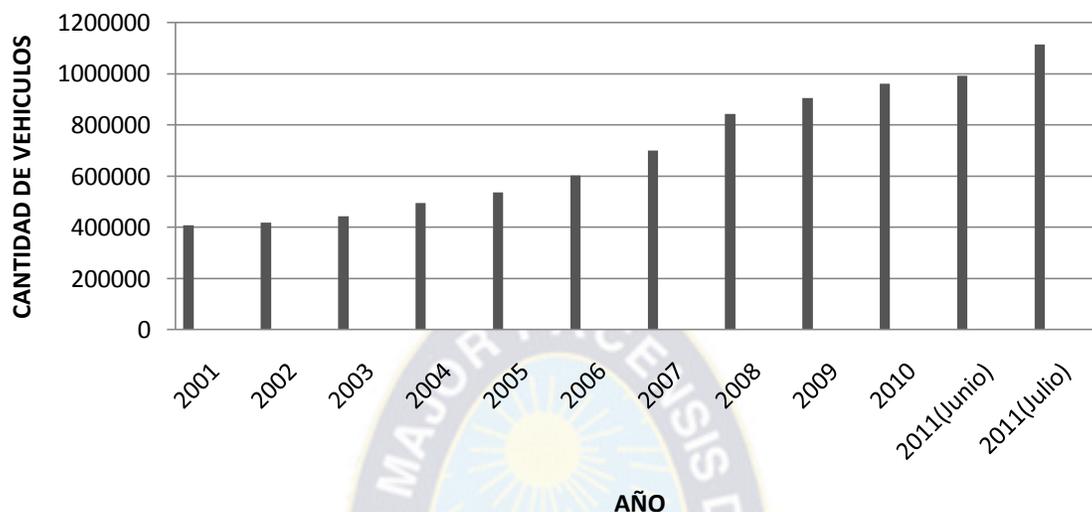
Los contaminantes más usuales que emite el tráfico son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y las micropartículas. Por lo que se refiere a estas emisiones, los transportes en los países desarrollados representan entre el 30 y el 90% del total. También hay compuestos de plomo y una cantidad menor de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. El amianto se libera a la atmósfera al frenar. El tráfico es también una fuente importante de dióxido de carbono.

Las micropartículas son partículas sólidas y líquidas muy pequeñas que incluyen el humo negro producido sobre todo por los motores diesel y se asocian a una amplia gama de patologías, entre ellas las enfermedades cardíacas y pulmonares.
(19)

Correspondiente a los datos registrados por el Registro único automotor (RUAT) las unidades vehiculares han incrementado considerablemente en nuestro país, mas se ve estas incidencias en el año 2011 con el último “perdonazo” el cual nos llevo a tener más vehículos circulando en las calles. En la siguiente gráfico se tiene las cantidades de vehículos existentes hasta julio 2011 en Bolivia.



Figura 1 Registro parque automotor del año 2001 a julio 2011



Fuente: (21)

2.3. Fuentes de emisión de contaminantes

Los contaminantes del aire provienen de dos fuentes principales de emisión; las industrias (fuentes fijas) y el parque automotor (fuentes móviles) son:

Las fuentes móviles emiten contaminación criterio o peligrosos, mientras están en movimiento cambiando constantemente su ubicación. En este grupo, se incluyen medios de transporte terrestre, acuático y aéreo que usan combustión interna. En Bolivia, las fuentes móviles son importantes para el aporte significativo a la contaminación del aire.

Las fuentes Fijas emiten una variedad de contaminantes, de acuerdo a la actividad, desde un lugar específico. Esas fuentes incluyen fábricas, imprentas y chimeneas residenciales. En Bolivia incluyen sectores industriales como el químico, alimentos, bebidas, madera, petrolera, pintura, textil, tintas, papel, hierro, vidrio, minerales, cemento, entre otros. (5)



2.4. Tipos de contaminantes

Contaminantes primarios; que son directamente generados por las actividades humanas y/o fenómenos naturales, los mismos que no sufren ninguna modificación química desde el momento de emisión. Dentro de este grupo se encuentran los óxidos de azufre de nitrógeno (SO_x y NO_x), óxidos de carbono (CO_2 y CO), hidrocarburos ligeros y partículas solidas y liquidas.

Contaminantes secundarios; que se originan a partir de la reacción química entre contaminantes primarios, componentes naturales de la atmosférica y/o otros contaminantes. Entre estos están el ozono troposférico (O_3), ácido nítrico, ácido sulfúrico (HNO_3 y H_2SO_4), entre otros. (5)

Existen entre más de cien contaminantes del aire, entre primarios y secundarios, que pueden ser compuestos orgánicos e inorgánicos, sin embargo en la mayor parte mundo se monitorean los llamados “contaminantes criterio”, nombrados a continuación, EPA 2007. (4)

- Ozono troposférico (O_3)
- Material Partículas (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Dióxido de Azufre (SO_x)
- Plomo (Pb)

2.5. Material Particulado

Dentro de los contaminantes criterio del aire se encuentra el material particulado, el cual está en estado líquido o sólido se produce por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión, transporte y utilización de materiales de construcción, a partir de procesos erosivos, humos de los gases de



los vehículos y también por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentados.

El diámetro de las partículas presentes en el aire puede variar entre una milésima de micra y 500 micras. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (PM_{10}), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo forman. Las partículas suspendidas totales (PST) incluyen las partículas menores a 100 micras así como las mayores a 10 micras, que no sedimenten periodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. Los efectos de la presencia de partículas mayores a 10 micras en el ambiente, se refieren principalmente a daños en la vegetación, deterioro de materiales y reducción de visibilidad, entre otros. (3)

La notación PM (del inglés *particulate matter*, materia particulada), se utiliza para, PM_{10} y mientras para $PM_{2,5}$ representa partículas de menos de 2,5 μm de diámetro aerodinámico. En la atmosfera se encuentran dispersas pequeñas partículas denominadas PM_{10} (fracción gruesa) estas se pueden presentar como: solidas o liquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, y cuyo diámetro es menor de 10 μm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono. (16)

Como un ejemplo, se puede citar los datos obtenidos de las concentraciones de metales pesados presentes en los filtros del sector TAM de la ciudad de El Alto, Análisis por Fluorescencia de Rayos x de Elementos Pesados realizados este en la ciudad de Cochabamba en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear.



2.5.1 Distribución tamaño de la partícula

Debido a que estas partículas no tienen determinado tamaño y forma, entonces estas, se encuentran medidas con base en el comportamiento aerodinámico.

Corresponde al diámetro aerodinámico equivalente, definido como el diámetro de una esfera de densidad unitaria (1g/cm^3) que tiene la misma velocidad de sedimentación que una partícula bajo estudio.

Las partículas están distribuidas alrededor de tres modos de tamaño:

- Las partículas más gruesas, entre 2 y 100 μm , forman el llamado modo grueso. Se originan a partir de la erosión, desgaste de materiales por fricción y resuspensión de polvos y suelo. También por el polen se encuentra en este rango de tamaños.
- Un segundo intervalo se encuentra entre 0,1 y 2 μm . Se denomina modo acumulación y está formado por partículas que resultan del crecimiento de partículas más finas por mecanismos de condensación heterogénea (material semivolátil condensado sobre núcleos sólidos o líquidos).
- El intervalo más fino se encuentra entre 0,03 y 0,1 μm . Se denomina modo de nucleación y está formado por partículas que han crecido por nucleación o condensación homogénea, que es la condensación de compuestos tales como el ácido sulfúrico y agua, por sobre saturación del gas.

A continuación una tabla donde se muestra el origen, composición y destino de las partículas gruesas en la atmósfera. (3)



Tabla 3 Origen, composición y destino de la partículas gruesas en la atmosfera

PARTICULAS GRUESAS	
Formado a partir de:	Rompimiento de gotas o sólidos de gran tamaño.
Formado por:	Abrasión, triturado, molienda mecánica. Evaporación de líquidos que han sufrido aspersion. Suspensión de polvos. Reacciones de gases dentro o sobre las partículas.
Compuesto de:	Polvo suspendido del suelo o de la calle. Cenizas volantes de la combustión de carbón, petróleo y madera. Nitratos, Cloruros de HNO ₃ /HCl. Óxidos de elementos minerales, (Si,Al,Fe) CaCO ₃ , NaCl, sal marina Polen, esporas. Fragmentos animales y vegetales. Restos de llantas, discos de frenos y desgaste de las calles.
Solubilidad:	Muy poco solubles y no higroscópicas.
Fuentes:	Re suspensión de polvo industrial y de suelo depositado sobre las calles Suspensión de suelos perturbados por agricultura, minería, vías no pavimentadas, etc. Construcción y demolición. Combustión no controlada de carbón, petróleo, etc.
Vida media en la atmosfera:	Minutos a horas.
Procesos de remoción:	Deposición seca por sedimentación Arrastre por gotas de lluvias.
Distancias de transporte:	< 1 a decenas de Km (cientos y miles en las tormentas de arena.

Fuente: (3)



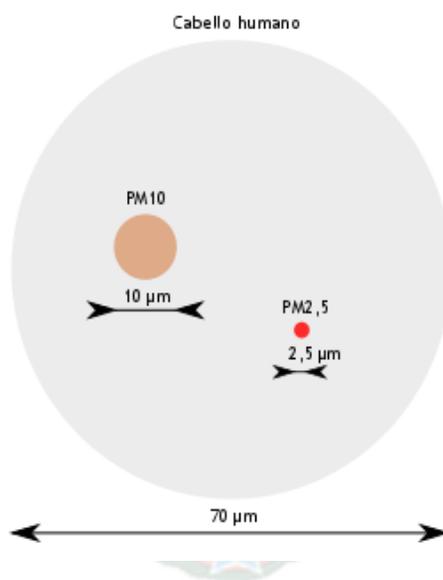
Para resumir acerca el tamaño del material particulado, la tabla donde de manera más sencilla se pondrá a consideración, siendo estas las más importantes a monitorear por sus efectos que producen en la salud.

Tabla 4 Resumen de tamaños de partículas

NOMBRE	DENOMINACIONES	TAMAÑO (μm)
PM ₁₀	Partículas torácicas	10
PM _{2.5}	Partículas respirables	2.5
PM ₁₀ - PM _{2.5}	Fracción gruesa	2.5 - 10

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 El ejemplo de un cabello humano en comparación al PM₁₀



Fuente: (16)

Se muestra el ejemplo de un cabello humano frente a las material particulado de 10 micras y de 2.5 micras.



2.5.2. Muestreo de Material Particulado

Para la medición de partículas podemos encontrar los de muestreo activo y muestreo continuo, describimos a continuación.

2.5.2.1. Muestreo Activo

Existe una serie de métodos activos para material particulado. Según la cantidad de aire que el motor succiona a través del medio de absorción (en general un filtro de teflón), se distingue entre equipos de alto volumen (“HighVol”) o de bajo volumen (“MiniVol”). El método basado en la gravimetría se aplica para determinar la concentración de partículas y las mediciones se las realiza durante 24 horas. (15)

Este método bombea el aire muestreado durante un tiempo determinado a través de un medio de colección a un flujo definido. Los equipos utilizados para este tipo de muestreo requieren de energía para bombear el aire a través de un medio de colección físico o químico. En el caso de la Red MoniCA este muestreo se realiza para medir material particulado menores a 10 micrómetros con exposiciones a 24 horas por muestra y usando filtros como medio de colección físico.

El Principio de funcionamiento de este método se basa en la determinación de partículas PM_{10} por medio de separación inercial, clasificando partículas de diferentes diámetros y capturándolas en un filtro, el cual es pesado antes y después de cada exposición, para determinar la masa de las partículas atrapadas y luego la concentración de estas mismas. (4)



Figura 3 Muestreador de alto volumen



Fuente: (28)

Muestreador de Alto Volumen; (High Volume Sampler, HVS) consta básicamente de una bomba de vacío, marco de sujeción del filtro, adaptador de marco, controlador volumétrico de flujo (que ajusta un caudal constante durante el período de toma de muestra) y un controlador de tiempo.

En este método de muestreo el aire es obligado a pasar por un filtro de baja resistencia, con un alto flujo. La entrada al ducto y el medio de colección miden aproximadamente 25-30 cm.

El caudal de filtrado es de 1,13 m³ /min referido a condiciones estándar. El equipo está diseñado de manera tal que durante la operación de muestreo el filtro está en posición horizontal, no expuesto directamente al ambiente, así el equipo incorpora flujo continuo de materia que se encuentra sólo en suspensión. Las mediciones se hacen durante 24 horas de toma de muestra obteniéndose promedios integrados de 4 concentraciones de masa de partículas cuyos tamaños están entre 0,1 y 100 µm.



Muestreo de bajo volumen; (4 - 10 L/min) utilizando un impactador de bajo volumen y de doble impacción que se conoce como “Impactador Harvard” o simplemente “Minivol”, el flujo es regulado por un orificio crítico y las partículas se atrapan en un filtro circular con 37mm de diámetro. (13)

Según “Air Diagnostic and Engineering Inc.”, fabricante del equipo, la principal atención de la configuración del muestreador en la valoración de las partículas en interiores (locales cerrados). El equipo no está como Método federal de referencia de la U.S. EPA (Federal Reference Method – FRM), ya que no fue testeado en el túnel de viento.

Sin embargo muchos investigadores han utilizado en exteriores donde la designación FRM no es requerida. Uno de los principales objetivos del diseño del muestreador es la deposición uniforme del material muestreado en el filtro, es decir que la densidad del material depositado por cm² no excede de $\pm 10\%$ de la media depositada en el filtro. (10)

Detallaremos en el capítulo 3, más información del “Impactador Harvard”.

2.5.2.2. Muestreo continuo

La resolución temporal de la información brindada por los analizadores automáticos es mucho más alta que aquella obtenida por los métodos antes descritos. La frecuencia de registro de datos es programable y puede variar desde segundos hasta horas. El único factor limitante consiste en la capacidad de la memoria del equipo para almacenar los datos registrados. Resulta ser una gran ventaja que los analizadores automáticos pueden manipularse desde computadoras externas, por ejemplo, a través de la red telefónica. (15)



Equipo automático Microbalanza Oscilatoria; en el monitor automático y conocido como TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance), las partículas se colectan continuamente en un filtro montado en la punta de un elemento de vidrio hueco, el cual oscila en un campo eléctrico. El aire pasa a través del filtro y del elemento de vidrio, manteniéndose la frecuencia de oscilación del elemento de vidrio por medio de la retroalimentación de una señal de un sensor óptico. La frecuencia de resonancia del elemento decrece a medida que la masa de las partículas se acumula en el filtro, ya que se incrementa su masa. La concentración de la masa de las partículas se calcula por medio de una relación calibrada entre la frecuencia y la cantidad de partículas, tomando en cuenta el volumen del aire muestreado. (12)

Figura 4 Muestreador automático TEOM (Microbalanza Oscilatoria)



Fuente:(28)

Equipo automático de Atenuación Beta; el aire entra en un flujo constante dentro del aparato, las partículas luego se acumulan encima de un filtro continuo en forma de cinta. El equipo tiene incorporada una fuente de radiación beta, que emite radiación a través de la muestra colectada encima del filtro continuo. El detector es una cámara de ionización, donde se registra la intensidad de la radiación beta después de que esta atravesó la muestra. La atenuación de la



radiación beta está matemáticamente relacionada con la masa de partículas acumuladas. (13)

Figura 5 Muestreador automático Atenuación Beta



Fuente:(28)

Resumiendo acerca los equipos automáticos se tiene una lista de ventajas y desventajas en la siguiente tabla:

Tabla 5 Ventajas y desventajas de muestreadores automáticos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Testeados debidamente	Sofisticados
Alto rendimiento	Costosos
Información en línea	Demandan personal especializado
Datos horario	Altos costos recurrentes

Fuente: (4)

2.5.3. Estándares de calidad del aire para Material Particulado

Como estándares de calidad del aire podemos encontrar variados, tomando como referencia países desarrollados con experiencia, se encuentran:

- ✓ Estados Unidos Environmental Protection Agency (EPA)
- ✓ Europa European Environmental Agency (EEA)



La organización mundial de la salud, a través de sus guías de calidad del aire tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Por ello su estricto valor límite.

- ✓ Organización Mundial de la Salud (OMS)

Se mostrara los valores límite para el material particulado (PM10), de acuerdo a estos estándares internacionales mencionados en la siguiente tabla:

Tabla 6 Límites permisibles por organizaciones

ORGANIZACIÓN	24 HORAS [µg/m3]	ANUAL [µg/m3]
EPA	150	50
EEA	50	40
OMS	50	20

Fuente: (4)

Los países nombrados, respecto al material particulado (PM10) tienen como valor límite, los siguientes que se encuentran en la tabla:

Tabla 7 Límites permisibles de (PM10) de países vecinos

PAIS	24 HORAS [µg/m3]	ANUAL [µg/m3]
Chile	50	150
Perú	50	150
México	50	150
Ecuador	50	150
Argentina	50	150
Colombia	50	150

Fuente: (23, 24, 25, 26,27)



2.5.4. Enfermedades causadas por el Material Particulado

Propiedades tales como la difusión, coagulación, dependen básicamente del tamaño de las partículas. Mientras menor es el tamaño de éstas, se relaciona directamente con la profundidad de penetración en el interior del pulmón.

Al clasificar las partículas por el tamaño se puede destacar la división entre el PM_{10} y $PM_{2.5}$ cuyos diámetros equivalentes son iguales o inferiores a $10\ \mu m$ ó $2.5\ \mu m$ respectivamente.

El PM_{10} es considerado respirable debido a que ingresa al sistema respiratorio produciendo trastornos sanguíneos y por defecto enfermedades cardiovasculares, no obstante el $PM_{2.5}$ penetra desde los bronquios secundarios, bronquios terminales hasta los alvéolos en el pulmón.

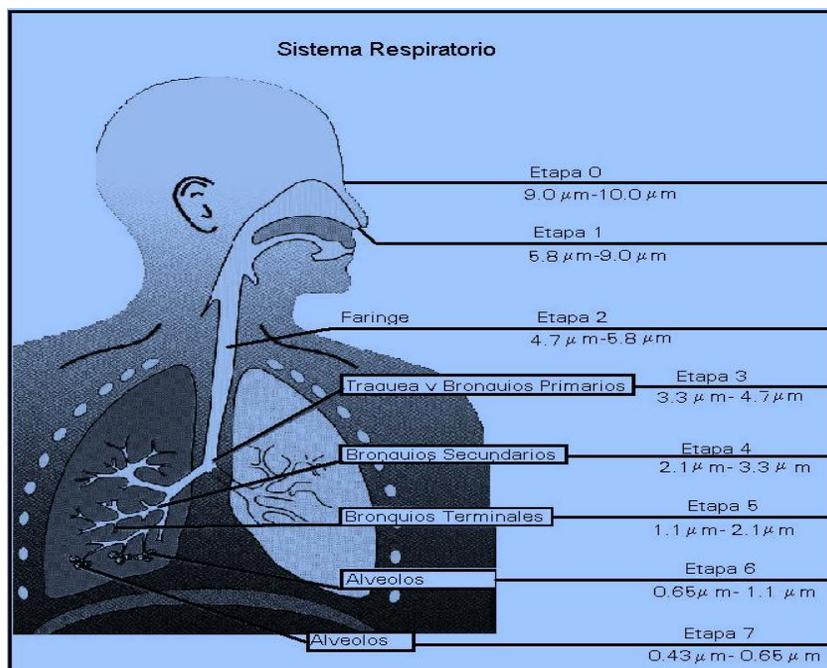
La figura muestra la caracterización de las partículas de PM por tamaño y penetración que ésta tiene en el pulmón. Cuando el diámetro del PM alcanza los $5.8 - 4.7\ \mu m$, las partículas penetran en la faringe, luego a la tráquea (diámetro $4.7 - 3.3\ \mu m$), bronquios (diámetro $3.3 - 1.1\ \mu m$) y finalmente a los alvéolos (diámetro $1.1 - 0.65\ \mu m$) en los pulmones. Al llegar a los pulmones (diámetro $< 2.5\ \mu m$), el PM puede producir daños cancerígenos y mutaciones. (11)

Los estudios de deposición de partículas en los pulmones no consideran el cambio de tamaño que pueden sufrir las partículas como resultado de la absorción de agua líquida por parte de las partículas solubles. Cuando partículas secas (pero solubles) entran en el cuerpo, donde la humedad relativa excede el 99%, estas aumentan sustancialmente su diámetro. Se ha descubierto que las partículas depositadas en los pulmones en el rango de 0.5 a $1\ \mu m$ incrementan su tamaño por absorción de agua. Modelos realizados tomando en cuenta estos efectos higroscópicos, han mostrado que partículas solubles en el rango de “acumulación”



(0.08 a $\sim 2\mu\text{m}$) pueden causar graves problemas pulmonares, cosa que no sucede con partículas insolubles en este mismo rango. (13)

Figura 6 Sistema respiratorio y tamaños de material particulado



Fuente: (11)

En el proyecto de grado Monitoreo de Material Particulado (PM₁₀) en la Ciudad de La Paz y su Correlación con Enfermedades Asociadas de la Universidad Mayor de San Andrés los datos obtenidos acerca la afección de los ojos y la vías respiratorias muestran que no hay mostrado casos alarmantes pero si algunas como ser: dificultad para respirar tos ronquera y ardor en los ojos siendo estas no para la visita al médico. Pero si es un incremento considerable en las Fiestas de San Juan la visita a hospitales debido al incremento de las concentraciones de PM₁₀.



2.6. Equipo utilizado en el muestreo “Impactador de Harvard”

El muestreador tipo Harvard (o muestreador MS&T o impactador Harvard) es un equipo para medir de manera gravimétrica la concentración de partículas suspendidas en el aire. (14)

En las redes de monitoreo de la calidad del aire de Bolivia, el método basado en la gravimetría se aplica para determinar la concentración de partículas menores a 10 micras (PM10). Se utiliza el impactador de bajo volumen y de doble impacción que se conoce desde 1986 como “Impactador Harvard” La toma de la muestra se efectúa mediante un motor que succiona el aire a través de un filtro de teflón, donde quedan atrapadas las partículas. El flujo se mantiene constante mediante un restrictor de flujo u orificio crítico.

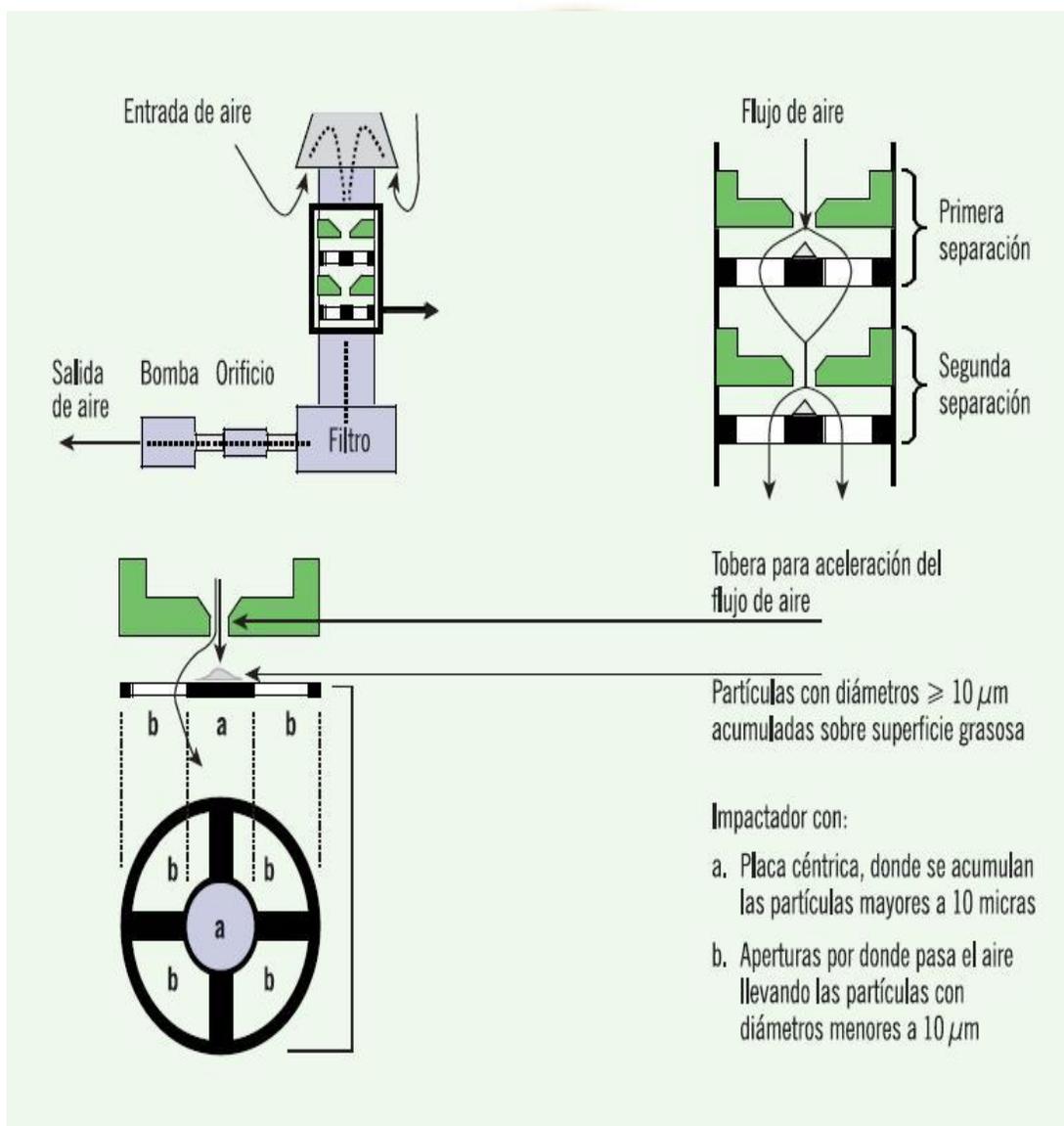
La separación de las PM10 de las demás partículas se hace según su diámetro aerodinámico, lográndose gracias a la unidad de impacción. La separación de partículas sucede en dos etapas de toberas que aceleran el flujo de aire. Después de cada tobera se ubica un impactador, en cuyo centro se acumulan las partículas mayores a 10 micras (retenidas sobre una superficie grasosa), mientras que las más livianas PM10 son arrastradas por el aire hacia el filtro. Además, el dispositivo utilizado para la determinación de PM10 consta de un motor y un orificio crítico. Dicho orificio crítico consiste en un restrictor mecánico de alta precisión colocado entre la manguera y el motor, el cual garantiza un flujo constante de 4 litros/minuto. Sin embargo, este valor puede variar con el tiempo por desgaste del material del orificio crítico o por las condiciones atmosféricas propias del sitio de monitoreo por lo que se recomienda determinar semanalmente el flujo real con un flujómetro.

Asimismo, se recomienda utilizar filtros de teflón para la determinación de las partículas PM10, ya que permiten el posterior análisis en cuanto al contenido de



metales pesados o hidrocarburos. El tiempo de monitoreo para PM₁₀ con Impactador Harvard dura 24 horas. Dicho lapso de tiempo garantiza valores representativos, ya que la posibilidad de que los filtros de teflón se tapen es mínima. (15)

Figura 7 Diagrama de partes del Impactador Harvard para PM₁₀



Fuente: (15)



2.6.1. Componentes del equipo

El equipo esencialmente consta de:

Figura 8 Impactador “Harvard” marca Air Diagnostics



Fuente: (15)

Figura 9 Tobera superior



Fuente: (15)



Figura 10 Tobera inferior



Fuente: (15)

Figura 11 Placa metálica



Fuente:(10)

Figura 12 Base metálica



Fuente:(15)



Figura 13 Portafiltro



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Base con prefiltro



Fuente: (15)

Bomba THOMAS modelo 607CA32C

La bomba de aire es utilizada para el sistema que requiere el cabezal (Impactador Harvard) para su funcionamiento del equipo y este requiere de energía eléctrica, se toma la muestra mediante la bomba que succiona aire a través de un filtro donde quedan las partículas .

Orificio crítico de 4 L/min.

El orificio crítico es llamado también restrictor mecánico de alta precisión colocado entre la manguera y el motor este garantiza el flujo de 4l/min, pero este puede variar debido al desgaste o por las condiciones atmosféricas del sitio de



monitoreo. Con la calibración de flujo podemos percatarnos de ese problema y ver si este se haya obstruido y sea limpiarlo o remplazar.

Medidor de Flujo

El flujómetro es utilizado solamente para la determinación del flujo real que circula por el sistema. Es capaz de medir tanto flujo de gases como de líquido y es de fabricación Suiza por la firma Wohlgroth para emplearlos en medidores de consumo de agua potable. Tiene una precisión de registro de $0,0001 \text{ m}^3$ (0,1 L), puede trabajar con caudales desde 0,04 hasta $6 \text{ m}^3/\text{h}$, a una precisión de 0,1 bar y tiene un volumen interior de $2,4 \text{ dm}^3$.

Mangueras de conexión

La manguera que conecta el dispositivo de muestreo con el sistema de bombeo se debe ser reforzada para evitar estrangulamiento que impiden el flujo nominal del aire, este es transparente para realizar inspecciones. Su diámetro es de 6 mm (1/4") que se ajusta a las conexiones y que además para seguridad de que no tenga fugas aseguramos con abrazaderas.

Caseta de protección

La seguridad del equipo es importante por la herramienta de trabajo que es esta además de que implicaría el costo del equipo, entonces es necesaria una caseta que esté de acuerdo a las necesidades de funcionamiento del equipo completo.



Figura 15 Caseta de protección



Fuente:(15)

Programador digital

Tenemos el programador Digital Lógico 5000 de fabricación Alemana, donde es de mucha ayuda dando el caso que nos facilita el monitoreo porque gracias a que este tiene días de la semana y reloj podemos dejar programado para su encendido y apagado automático sin necesidad de maniobrar el equipo manualmente, este se conecta a la alimentación de corriente alterna.

Figura 16 Programador Digital Lógico 500



Fuente: Elaboración propia



2.6.2. Tamaño de partícula medido por el equipo

El impactador Harvard consta de dos partes: La toma muestra con el impactador y la unidad de bombeo. Dependiendo del cabezal que se le coloque, puede ser usado para medir partículas menores a 10 micras (PM10), partículas menores a 2,5 micras (PM 2,5) o partículas menores a 1 micra (PM1). (14)

2.6.3. Ventajas y desventajas del equipo

Tabla 8 Ventajas y desventajas del Impactador Harvard

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Económicos	Brindan promedios diarios
De fácil manejo	Sensible al error humano
Operación y rendimientos confiables	Requieren de fuente de energía

Fuente: (4)



CAPÍTULO 3



CAPÍTULO 3

3. MARCO PRÁCTICO

3.1. Selección del sitio para medición

Este es importante tomar en cuanto a lo que refiere las fuentes de emisión del contaminante, por tratarse de un lugar residencial pero con alto tráfico vehicular se toma en cuenta el parque automotor como fuente emisora de contaminación. Porque en el área no se encuentran fuentes de emisión fija como ser industrias.

En la selección del sitio se tomo en cuenta las características del lugar por ser el de alto tráfico también siendo un sector bastante seco como se lo conoce Rio Seco, Zona Norte Avenida Juan pablo II. El equipo “Impactador de Harvard” está ubicado dentro del aeropuerto internacional de la ciudad de El Alto en instalaciones del Transporte Aéreo Militar (TAM) con fines de resguardar la seguridad del equipo.

Figura 17 Ubicación Satelital del sitio TAM



Fuente:

(22)



Su respectivo registro adecuado de la estación y sitio de monitoreo de acuerdo a lo que indica la Red MoniCA. (4)

Tabla 9 Registro de la estación de monitoreo

Nº	CODIGO	NOMBRE DEL LUGAR	TIPO DE SITIO	PARAMETROS MEDIDOS DEL TIPO DE MUESTREO		
				Automático	Activo	Pasivo
1	TAM	Av. Juan Pablo II	Alto Tráfico vehicular		PM10	

Fuente: (4 y 8)

3.3.1. Meteorología de la Ciudad de El Alto

Para realizar el monitoreo es necesario conocer las condiciones meteorológicas y topográficas del sitio de muestreo.

Tabla 10 Características importantes de la ciudad de El Alto

Población:	1.000000 Hab.
Precipitación promedio:	597 mm
Humedad relativa:	57.08 %
Presión:	0.62 atm.
Altura:	4.082 msnm
Temperatura:	7.7 °C
Velocidad promedio del viento:	2.30 m/s
Dirección predominante del viento:	Este Oeste
Topografía:	Planicie altiplánica
Parque automotor:	Julio 2010, 78.451

Fuente (8)



3.2. Materiales y equipos

Figura 18 Balanza Metler AX205



Fuente: Elaboración propia

Figura 19 DeseCADOR



Fuente: Elaboración propia



Figura 20 Filtros de Teflón de 47mm de diámetro marca Whatman.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Pinzas para filtro



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22 Pinzas de acero inoxidable



Fuente: Elaboración propia



Figura 23 Dos masas conocidas (tornillos inoxidables)



Fuente: Elaboración propia

- Marcador de tinta indeleble
- Papel aluminio
- Plástico adherente
- Cajas petri de plástico de 5 cm. de diámetro.
- Guantes de Látex
- Barbijo
- Alcohol
- Brocha
- Pañuelos desechables

3.3. Método Gravimétrico

El procedimiento que se siguió, fue según el Manual de Laboratorio, el Sistema de Calidad del Aire Red MoniCA Bolivia el cual está basado en la NB 62014.



Preparación del filtro

Para empezar se enciende la Balanza con una anticipación de 30 minutos aproximadamente para su correcto funcionamiento y hacer su debida limpieza. La Balanza tiene su calibrado interno, también se hace un calibrado externo, mediante las dos masas conocidas, haciendo con ello un registro de calibración de balanza. Continuando así con el pesaje del blanco de laboratorio y también se toma nota de estos datos.

Luego se procede a el pesaje del filtro para el monitoreo utilizando pinzas, guantes y barbijo, el filtro no debe ser manipulado con los dedos descubiertos, porque afectaría respecto a la humedad del filtro, este pesado se realiza por lo menos de 3 veces, para cubrir los errores a respetabilidad de la balanza y que además se lo debe de hacer de 1 minuto aproximadamente por que estos se encuentran acondicionados en un desecador, los pesos serán registrados.

Estos estarán incorporados al portafiltro, se debe hacer la limpieza con alcohol, este estará codificado de acuerdo al sitio que le corresponde, ahora se puede manipular con los dedos por el porta filtro, y llevar al acondicionamiento de 24 horas en la desecadora.

Exposición del filtro

Una vez acondicionado el filtro (con su portafiltro) será transportado en una caja petri de plástico para su transporte en su respectivo sitio de muestreo. Este será instalado en la base con prefiltro del equipo, en la estación de monitoreo se debe verificar que todo marche bien, proceder a la programación del reloj donde este selecciona el día y hora para tener el tiempo exacto de encendido y de apagado, empieza el monitoreo de las 00:00 y terminando 00:00 del día siguiente.



Recolección del filtro

El filtro (con su portafiltro) será retirado del equipo pasadas de 24 horas de monitoreo, llevándolo en la caja petri de plástico hacia el laboratorio. Realizaremos lo que se hizo en un principio desde el encendido de la balanza, dejando en el desecador durante 24 horas para su acondicionamiento hasta el pesaje cuidadoso del filtro sacando del portafiltro y su almacenaje del filtro será en el papel aluminio en unos sobres para un posterior análisis.

Calibración con el flujómetro

Hacer una conexión mediante la manguera para determinar el flujo del orificio crítico. Se conecta el Impactador en dirección del flujo a una de las entradas de flujómetro y la bomba se conecta a la otra entrada del flujómetro. Preparado el equipo se enciende mediante el enchufe, cronometrando por 5 min luego de su tiempo transcurrido se apaga (desenchufa) se repiten por tres veces para tener un promedio y por la ecuación⁸ (Pág.45) tendremos el flujo calibrado.



CAPÍTULO 4





CAPÍTULO 4

DATOS Y RESULTADOS

En este capítulo se tendrán las ecuaciones que son necesarias para calcular con los diferentes datos registrados y con ello los resultados que, se obtuvieron del monitoreo de material particulado PM_{10} la cual se desarrollara a continuación.

Para efectuar el cálculo de concentración de las partículas (PM_{10}) se determinará la concentración mediante la ecuación 1:

$$C_{PM_{10}} = \frac{M}{V}, \text{ en } [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

(Ecuación 1)

Donde:

M: es la masa de las partículas recolectadas en el filtro en μg

V: es el volumen de aire muestreado en m^3

Para los cálculos de la masa de los pasajes registrados, se hace un promedio de los tres pesajes con las ecuaciones 2 y 3:

$$P_i = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}$$

(Ecuación 2)

$$P_f = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}$$

(Ecuación 3)

Es necesario convertir estos pesos de gramos a microgramos.

Donde: $1\text{g} = 10^6 \mu\text{g}$



De esa manera se calcula la “M” mediante la ecuación 4:

$$M = P_f - P_i - \Delta P_b$$

(Ecuación 4)

Donde:

P_f : es el peso del filtro después de la exposición en μg

P_i : es el peso del filtro antes de la exposición en μg

ΔP_b : el cambio de peso del filtro blanco en μg

En el caso de ΔP_b calculamos de la ecuación 5:

$$\Delta P_b = m_{bf} - m_{bi}$$

(Ecuación 5)

Donde:

m_{bf} : es el peso del filtro blanco final en μg

m_{bi} : es el peso del filtro blanco inicial en μg

En la Red MoniCA, empleamos la siguiente ecuación 6:

$$V = Q_{real} * t$$

(Ecuación 6)

Donde:

V : en m^3

Q_{real} : es el flujo real por el sistema en l/min

t : es el tiempo de muestreo en min

Donde:

24 horas = 1440 min



Para el cálculo del Q real que está pasando por el sistema se utiliza la siguiente ecuación 7:

$$Q(l/min) = \frac{F_f - F_i}{T}$$

(Ecuación 7)

Donde:

F_f : es el flujo al final de la exposición del filtro en l/min

F_i : es el flujo al inicio de la exposición del filtro en l/min

T: es el tiempo que transcurre la calibración de 5 minutos



Se calculo la " V " con la ecuación 7.

En esta parte del capítulo se demuestra, que mediante el monitoreo de material particulado PM10, partículas menores a 10 micras, según los datos registrados que se obtuvo, los resultados de las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como se muestra en la tabla 11:

Los cálculos realizados para obtener los valores que se encuentran en la tabla 11, se podrán ver en los anexos 2, 3,4 ,5 y 6.



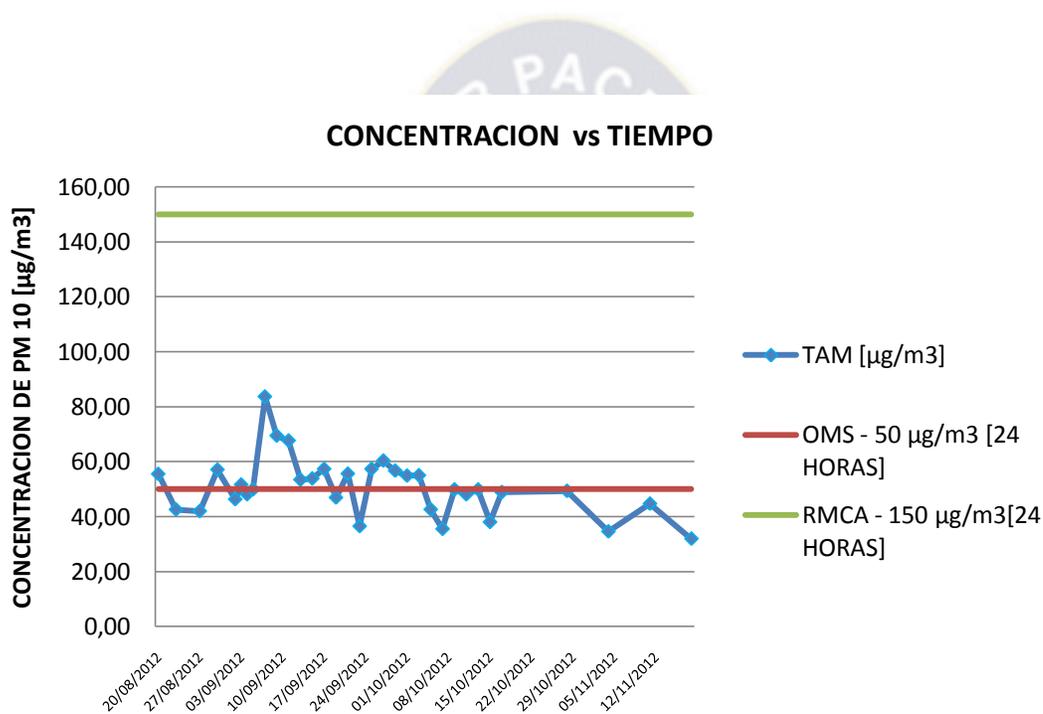
Tabla 11 Concentración de Material Particulado PM₁₀

CODIGO	FECHA DE EXPOSICION	M [µg]	V [m³]	C PM10 [µg/m³]
TAM-18	20/08/2012	300	5,41	55,45
TAM-19	23/08/2012	230	5,41	42,51
TAM-20	27/08/2012	250	5,96	41,95
TAM-21	30/08/2012	340	5,96	57,05
TAM-22	02/09/2012	260	5,62	46,26
TAM-23	03/09/2012	290	5,62	51,60
TAM-24	04/09/2012	270	5,62	48,04
TAM-25	05/09/2012	280	5,62	49,82
TAM-26	07/09/2012	470	5,62	83,63
TAM-27	09/09/2012	390	5,62	69,40
TAM-28	11/09/2012	380	5,62	67,62
TAM-29	13/09/2012	300	5,62	53,38
TAM-30	15/09/2012	310	5,76	53,82
TAM-31	17/09/2012	330	5,76	57,29
TAM-32	19/09/2012	270	5,76	46,88
TAM-33	21/09/2012	320	5,76	55,56
TAM-34	23/09/2012	210	5,76	36,46
TAM-35	25/09/2012	330	5,76	57,29
TAM-36	27/09/2012	330	5,47	60,33
TAM-37	29/09/2012	310	5,47	56,67
TAM-38	01/10/2012	300	5,47	54,84
TAM-39	03/10/2012	310	5,64	54,96
TAM-40	05/10/2012	240	5,64	42,55
TAM-41	07/10/2012	200	5,64	35,46
TAM-42	09/10/2012	280	5,62	49,82
TAM-43	11/10/2012	270	5,62	48,04
TAM-44	13/10/2012	280	5,62	49,82
TAM-45	15/10/2012	210	5,53	37,97
TAM-46	17/10/2012	270	5,53	48,82
TAM-47	28/10/2012	280	5,68	49,30
TAM-48	04/11/2012	190	5,50	34,55
TAM-49	11/11/2012	250	5,60	44,64
TAM-50	18/11/2012	180	5,64	31,91



En la **Figura 24** se observa el comportamiento que tuvo los diferentes días monitoreados durante los meses de parte de agosto, septiembre, octubre y parte de noviembre donde se tiene 33 concentraciones, mostrando que como la más alta concentración que se obtuvo durante ese tiempo transcurrido es de 7 de septiembre y la más baja esta es de 18 de noviembre.

Figura 24 La concentración Vs Tiempo del sector TAM



Se separo de acuerdo a los días de la semana, los resultados obtenidos durante el monitoreo que se llevo a cabo en el sector TAM, se tomaron 3 muestras para cada día de la semana y en ella se muestra también en que fechas estas se muestrearon.



Tabla 12 Concentración de Material Particulado PM₁₀ los días de la semana

CODIGO	DIA	FECHA EXPOSICION	C PM10 [µg/m]
TAM-31	LUNES 1	17/09/2012	57,29
TAM-38	LUNES 2	01/10/2012	54,84
TAM-45	LUNES 3	15/10/2012	37,97
TAM-28	MARTES 1	11/09/2012	67,62
TAM-35	MARTES 2	25/09/2012	57,29
TAM-42	MARTES 3	09/10/2012	49,82
TAM-32	MIERCOLES 1	19/09/2012	46,88
TAM-39	MIERCOLES 2	03/10/2012	54,96
TAM-46	MIERCOLES 3	17/10/2012	48,82
TAM-29	JUEVES 1	13/09/2012	53,38
TAM-36	JUEVES 2	27/09/2012	60,33
TAM-43	JUEVES 3	11/10/2012	48,04
TAM-26	VIERNES 1	07/09/2012	83,63
TAM-33	VIERNES 2	21/09/2012	55,56
TAM-40	VIERNES 3	05/10/2012	42,55
TAM-30	SABADO 1	15/09/2012	53,82
TAM-37	SABADO 2	29/09/2012	56,67
TAM-44	SABADO 3	13/10/2012	49,82
TAM-27	DOMINGO 1	09/09/2012	69,40
TAM-34	DOMINGO 2	23/09/2012	36,46
TAM-41	DOMINGO 3	07/10/2012	35,46



CAPÍTULO 5





CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

1) Se realizó el monitoreo de sector TAM, de material particulado partículas de diámetro aerodinámico equivalente a 10 micras las cuales, de acuerdo a los resultados obtenidos, con respecto al muestreo activo – método gravimétrico

2) Con respecto al Laboratorio Municipal – Proyecto Aire Limpio (Red MoniCA), se tiene un Manual de Laboratorio de la red, que es de acuerdo a la Norma Boliviana 62014, se difiere en el cálculo de M siendo la ΔPb valor despreciable llegando a un valor de cero “0”. También de misma forma en cuanto a él caculo de V siendo que es mejor tomar el valor más actual, del muestreo se lo realiza en 24 horas.

3) En los resultados en general tenemos concentraciones altas en los días 7, 9, y 11 de septiembre dan lugar a que se trata de la época seca y en concentraciones bajas en los días 4 y 18 de noviembre siendo la temporada de lluvias.

4) Observando los resultados obtenidos, evaluar los días de la semana, es incomparable porque cada día es diferente a otro, pero sin despreciar que se tiene un comportamiento en cada uno de los días, tomando en cuenta que estos se monitorearon en época seca antes de la temporada de lluvias.

Lunes; las dos concentraciones obtenidas antes de la quincena de octubre son similares, la tercera siendo ya al borde de la quincena de octubre propensa a la época de lluvias.



Martes; las tres concentraciones obtenidas son diferentes pero similares entre sí.

Miércoles; las concentraciones obtenidas en esta son más cercanas de unas a otras

Jueves; las concentraciones obtenidas en estas también son similares.

Viernes; la primera concentración obtenida en la primera semana de septiembre se registra como la más alta concentración durante todo el monitoreo, siendo que los posteriores resultados, son más bajos en relación al primero.

Sábado; de las tres concentraciones obtenidas, una es la que más se acerca en cuanto a sus valores notándose que, baja su concentración en el mes de octubre.

Domingo; la primera concentración obtenida, para este día muestra definitivamente que la concentración sube para la época seca, y conforme se cambia de estación la situación mejora

5) Es importante tomar en cuenta las diferentes estaciones del año, que si o si marcan la diferencia, en lo que refiere al viento no se cuenta en el equipamiento de equipo con un medidor de velocidad de viento, carece de ello también se puede considerar es posibilidad el porqué de las variaciones y las otras posibles variaciones que se tuvieron se deban a las lluvias esporádicas que se hubieran presentado en el sector TAM.

En el caso del día del peatón, falta la “Educación Ambiental” o mejor decir la conciencia de la ciudadanía, porque el día que tendría que ser sin actividades según datos obtenidos es como cualquier otro día, no fue relevante como se esperaría, sin lugar a dudas el hecho que se trate de un día sin vehículos es muy



bueno así no se presentan más partículas ultrafinas, además que estábamos en una época seca eso se debe tomar muy en cuenta.





BIBLIOGRAFÍA

1. Noel de Nevers, "Ingeniería de control de la contaminación de aire", Enero 2000, 1ª Edición McGraw-Hill – México.
2. Ley de Medio Ambiente N° 1333.
3. Néstor Y. Rojas Roa, "Material particulado atmosférico y salud", Diciembre 2005, 1ª Edición Unidades - Bogotá D.C. Colombia.
4. Swisscontact, "Diseño, Implementación y Operación de Redes de Monitoreo del Aire para ciudades de Bolivia, Junio 2012, Virgen Niña – Bolivia.
5. Ministerio de Medio Ambiente, "Informe nacional de la calidad del aire", 2011.
6. Swisscontact, "Manual de Laboratorio", 2008.
7. IBNORCA, " Norma Boliviana 62014", Septiembre 2008
8. Swisscontact, "Informe Municipal de calidad del Aire Red MoniCa El Alto", 2011.
9. Henry Revollo Zurita, "Análisis por Fluorescencia de Rayo – X de elementos pesados en la Atmosfera.
10. Pablo Germán Aldunate Mendoza, "Monitoreo de Material Particulado (PM10) en la ciudad de La Paz y su Correlación con Enfermedades Asociadas", 2005, Universidad Mayor de San Andrés.
11. Macarena Carolina Alvarado Rybak, "Emisión de Material Particulado en Motores de Combustión Interna Ciclo Diesel", Agosto 2001, Universidad de Chile.
12. Sbarato Viviana, Sbarato Darío, Basan Román, Manzo Pablo, Ortega José Emilio, Campos Manuel y Salort María Rosa, "Análisis y Caracterización de Material Particulado Atmosférico", Universidad Nacional de Córdoba.



13. Selvin Adan Apxuac Corado, "Caracterización de Material Particulado menor a 10 μm - PM10 – Colectado en dos puntos de muestreo en la ciudad de Guatemala", Noviembre 2005, Universidad San Carlos de Guatemala.
14. Muestreador tipo Harvard,
<http://www.klepel.ch/harvard.php>
15. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire
http://www.swisscontact.bo/sw_files/mhehbfnzlnd.pdf
16. Guías de calidad
http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
17. Wikipedia, <http://es.wikipedia.org/wiki/PM10>
18. Sociedad que inspira, www.sociedadqueinspira.com/seccion/1069-complices/noticia/500-la_red_monica
19. Monografías,
<http://www.monografias.com/trabajos12/contatm/contatm.shtml>
20. Microsoft student con Encarta Premium 2009
21. Swisscontact, Boletín Informativo N° 15, Mayo – Agosto 2011
22. http://www.globeholidays.net/South_America/Bolivia/EIAlto/Maps3.htm
23. 7º congreso de Medio Ambiente, 22 al 24 de mayo 2012, La Plata,
<http://www.congresos.unlp.edu.ar/index.php/CCMA/7CCMA/paper/viewFile/1138/310>
24. Resolución 601 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19983>



25. Norma Chilena,
http://www.leyesambientales.cl/emisiones_atmosfera_en/ds_59_98_en.pdf
26. Norma Ecuatoriana,
<http://remmaq.corpaire.org/paginas/articulos/norma.pdf>
27. Norma oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993.
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa13.html>
28. Prof. Pablo Ulriksen, Mediciones de material particulado atmosférico, Abril 2005





ANEXOS





ANEXO 1 CALIBRACION DE BALANZA

REGISTRO - CALIBRACION DE BALANZA								
FECHA	Tornillo inoxidable pequeño				Tornillo inoxidable grande			
	MASA 1[g]	MASA 2 [g]	MASA 3[g]	PROMEDIO	MASA 1[g]	MASA 2[g]	MASA 3[g]	PROMEDIO
27/08/2012	0,70660	0,70663	0,70660	0,70661	5,63743	5,63743	5,63742	5,63743
16/08/2012	0,70660	0,70661	0,70660	0,70660	5,63742	5,63742	5,63743	5,63743
30/08/2012	0,70660	0,70662	0,70662	0,70661	5,63745	5,63742	5,63744	5,63745
03/09/2012	0,70660	0,70659	0,70660	0,70660	5,63741	5,63741	5,63740	5,63741
05/09/2012	0,70662	0,70660	0,70662	0,70661	5,63741	5,63741	5,63742	5,63742
06/09/2012	0,70663	0,70662	0,70662	0,70662	5,63740	5,63740	5,63740	5,63740
12/09/2012	0,70660	0,70660	0,70661	0,70660	5,63743	5,63743	5,63742	5,63743
13/09/2012	0,70662	0,70662	0,70661	0,70662	5,63739	5,63739	5,63739	5,63739
19/09/2012	0,70660	0,70660	0,70660	0,70660	5,63740	5,63740	5,63740	5,63740
20/09/2012	0,70661	0,70661	0,70662	0,70661	5,63743	5,63743	5,63742	5,63743
24/09/2012	0,70661	0,70660	0,70660	0,70660	5,63742	5,63742	5,63742	5,63742
26/09/2012	0,70662	0,70661	0,70661	0,70661	5,63741	5,63741	5,63740	5,63741
27/09/2012	0,70658	0,70658	0,70657	0,70658	5,63737	5,63737	5,63737	5,63737
03/09/2012	0,70658	0,70659	0,70658	0,70658	5,63735	5,63735	5,63735	5,63735
04/10/2012	0,70658	0,70659	0,70658	0,70658	5,63738	5,63737	5,63737	5,63738
08/10/2012	0,70659	0,70658	0,70659	0,70659	5,63741	5,63741	5,63740	5,63741
10/10/2012	0,70660	0,70659	0,70659	0,70659	5,63739	5,63739	5,63739	5,63739
15/10/2012	0,70657	0,70657	0,70658	0,70657	5,63739	5,63739	5,63739	5,63739
17/10/2012	0,70659	0,70658	0,70658	0,70658	5,63735	5,63736	5,63736	5,63736
22/10/2012	0,70657	0,70658	0,70657	0,70657	5,63738	5,63739	5,63739	5,63739
24/10/2012	0,70659	0,70658	0,70658	0,70658	5,63738	5,63737	5,63737	5,63738
25/10/2012	0,70661	0,70661	0,70660	0,70661	5,63740	5,63740	5,63740	5,63741
29/10/2012	0,70659	0,70658	0,70658	0,70658	5,63738	5,63738	5,63737	5,63738
07/11/2012	0,70657	0,70657	0,70657	0,70657	5,63735	5,63736	5,63735	5,63735
12/11/2012	0,70657	0,70658	0,70658	0,70658	5,63737	5,63737	5,63736	5,63737



14/11/2012	0,70657	0,70658	0,70657	0,70657	5,63737	5,63737	5,63738	5,63738
19/11/2012	0,70658	0,70657	0,70657	0,70657	5,63737	5,63736	5,63737	5,63737
26/11/2012	0,70657	0,70658	0,70657	0,70657	5,63737	5,63737	5,63737	5,63737
27/11/2012	0,70658	0,70657	0,70657	0,70657	5,63739	5,63739	5,63739	5,63739





BNEXO 2 BLANCO DE LABORATORIO

REGISTRO - BLANCO DE LABORATORIO

FECHA PESADA INICIAL	m 1 [g]	m 2 [g]	m 3 [g]	PROMEDIO mbi	FECHA PESADA FINAL	m 1 [g]	m 2 [g]	m 3 [g]	PROMEDIO
16/08/2012	0,01548	0,01548	0,01548	0,01548	27/08/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548
16/08/2012	0,01548	0,01548	0,01548	0,01548	27/08/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548
27/08/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548	30/08/2012	0,01548	0,01548	0,01549	0,01548
27/08/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548	05/09/2012	0,01548	0,01548	0,01549	0,01548
30/08/2012	0,01548	0,01548	0,01547	0,01548	05/09/2012	0,01549	0,01549	0,01550	0,01548
03/08/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01547	06/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
03/08/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01547	12/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
03/09/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01547	12/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
05/09/2012	0,01549	0,01549	0,01548	0,01549	12/09/2012	0,01550	0,01549	0,01550	0,01548
05/09/2012	0,01549	0,01549	0,01548	0,01549	19/09/2012	0,01550	0,01549	0,01550	0,01548
05/09/2012	0,01549	0,01549	0,01548	0,01549	13/09/2012	0,01550	0,01549	0,01550	0,01548
06/09/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548	19/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
06/09/2012	0,01548	0,01549	0,01548	0,01548	19/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
12/09/2012	0,01549	0,01549	0,01548	0,01549	20/09/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01548
12/09/2012	0,01549	0,01549	0,01548	0,01549	20/09/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01548
13/09/2012	0,01548	0,01548	0,01550	0,01549	26/09/2012	0,01549	0,01550	0,01550	0,01548
13/09/2012	0,01548	0,01548	0,01550	0,01549	27/09/2012	0,01549	0,01550	0,01550	0,01548
19/09/2012	0,01549	0,01547	0,01547	0,01548	27/09/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
19/09/2012	0,01549	0,01547	0,01547	0,01548	03/10/2012	0,01548	0,01547	0,01548	0,01548
24/09/2012	0,01550	0,01549	0,01549	0,01549	03/10/2012	0,01548	0,01548	0,01549	0,01548
24/09/2012	0,01550	0,01549	0,01549	0,01549	04/10/2012	0,01548	0,01548	0,01549	0,01548
26/09/2012	0,01549	0,01550	0,01549	0,01549	08/10/2012	0,01549	0,01550	0,01549	0,01548
26/09/2012	0,01549	0,01550	0,01549	0,01549	15/10/2012	0,01549	0,01550	0,01549	0,01548
03/10/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01550	15/10/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01548
03/10/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01550	15/10/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01548
04/10/2012	0,01547	0,01549	0,01549	0,01548	17/01/1900	0,01548	0,01548	0,01548	0,01548
04/10/2012	0,01547	0,01549	0,01549	0,01548	17/10/2012	0,01549	0,01548	0,01548	0,01548
10/10/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01547	24/10/2012	0,01546	0,01547	0,01547	0,01548
10/10/2012	0,01547	0,01547	0,01548	0,01547	24/10/2012	0,01546	0,01547	0,01547	0,01548
15/10/2012	0,01548	0,01548	0,01549	0,01548	07/11/2012	0,01549	0,01550	0,01550	0,01548
17/10/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01550	07/11/2012	0,01550	0,01550	0,01551	0,01548
07/10/2012	0,01548	0,01548	0,01547	0,01548	26/11/2012	0,01549	0,01548	0,01548	0,01548
14/11/2012	0,01548	0,01549	0,01549	0,01549	27/11/2012	0,01550	0,01550	0,01549	0,01548



CNEXO 3 DATOS DE LABORATORIO

REGISTRO DE DATOS DE LABORATORIO

CODIGO	FECHA DE EXPOSICIÓN	FECHA PESADA INICIAL	MASA FILTRO INICIAL 1 [g]	MASA FILTRO INICIAL 2 [g]	MASA FILTRO INICIAL 3 [g]	MASA FILTRO PROMED IO [g]	FECHA PESADA FINAL	MASA FILTRO FINAL 1 [g]	MASA FILTRO FINAL 2 [g]	MASA FILTRO FINAL 3 [g]	MASA FILTRO PROMED IO [g]	TIEMPO DE EXPOSICIÓN [Horas]
TAM -18	20/08/2012	16/08/2012	0,0155	0,01551	0,01551	0,01551	27/08/2012	0,01582	0,01581	0,01581	0,01581	24
TAM -19	23/08/2012	16/08/2012	0,01545	0,01544	0,01545	0,01545	27/08/2012	0,01568	0,01568	0,01568	0,01568	24
TAM -20	27/08/2012	27/08/2012	0,01564	0,01563	0,01564	0,01564	30/08/2012	0,01588	0,01589	0,01589	0,01589	24
TAM -21	30/08/2012	27/08/2012	0,01565	0,01565	0,01563	0,01564	05/09/2012	0,01597	0,01598	0,01599	0,01598	24
TAM -22	02/09/2012	30/08/2012	0,01528	0,01529	0,01528	0,01529	05/09/2012	0,01554	0,01554	0,01556	0,01555	24
TAM -23	03/09/2012	03/08/2012	0,01576	0,01576	0,01577	0,01576	06/09/2012	0,01604	0,01604	0,01606	0,01605	24
TAM -24	04/09/2012	03/08/2012	0,01582	0,01584	0,01586	0,01584	12/09/2012	0,01612	0,01611	0,01611	0,01611	24
TAM -25	05/09/2012	03/09/2012	0,01561	0,0156	0,01561	0,01561	12/09/2012	0,01589	0,01589	0,01588	0,01589	24
TAM -26	07/09/2012	05/09/2012	0,01536	0,01535	0,01536	0,01536	12/09/2012	0,01583	0,01583	0,01582	0,01583	24
TAM -27	09/09/2012	05/09/2012	0,01536	0,01536	0,01537	0,01536	19/09/2012	0,01577	0,01578	0,01577	0,01577	24
TAM -28	11/09/2012	05/09/2012	0,01527	0,01527	0,01526	0,01527	13/09/2012	0,01567	0,01567	0,01567	0,01567	24
TAM -29	13/09/2012	06/09/2012	0,01534	0,01535	0,01535	0,01535	19/09/2012	0,01567	0,01566	0,01566	0,01566	24
TAM -30	15/09/2012	06/09/2012	0,01552	0,01552	0,01553	0,01552	19/09/2012	0,01583	0,01584	0,01584	0,01584	24
TAM -31	17/09/2012	12/09/2012	0,01557	0,01558	0,01558	0,01558	20/09/2012	0,01592	0,01592	0,01591	0,01592	24
TAM -32	19/09/2012	12/09/2012	0,01561	0,01560	0,01560	0,01560	20/09/2012	0,01588	0,01588	0,01589	0,01588	24
TAM -33	21/09/2012	13/09/2012	0,01570	0,01570	0,01570	0,01570	26/09/2012	0,01603	0,01604	0,01603	0,01603	24
TAM -34	23/09/2012	13/09/2012	0,01567	0,01567	0,01567	0,01567	27/09/2012	0,01588	0,01587	0,01588	0,01588	24
TAM -35	25/09/2012	19/09/2012	0,01560	0,01559	0,01559	0,01559	27/09/2012	0,01592	0,01593	0,01592	0,01592	24
TAM -36	27/09/2012	19/09/2012	0,01537	0,01536	0,01536	0,01536	03/10/2012	0,01569	0,01570	0,01569	0,01569	24
TAM -37	29/09/2012	24/09/2012	0,01529	0,01530	0,01529	0,01529	03/10/2012	0,01560	0,01561	0,01560	0,01560	24
TAM -38	01/10/2012	24/09/2012	0,01515	0,01516	0,01516	0,01516	04/10/2012	0,01547	0,01546	0,01547	0,01547	24
TAM -39	03/10/2012	26/09/2012	0,01546	0,01547	0,01546	0,01546	08/10/2012	0,01577	0,01577	0,01577	0,01577	24
TAM -40	05/10/2012	26/09/2012	0,01535	0,01535	0,01536	0,01535	15/10/2012	0,01559	0,01559	0,01559	0,01559	24
TAM -41	07/10/2012	03/10/2012	0,01565	0,01566	0,01565	0,01565	15/10/2012	0,01586	0,01585	0,01585	0,01585	24
TAM -42	09/10/2012	03/10/2012	0,01568	0,01568	0,01568	0,01568	15/10/2012	0,01597	0,01596	0,01596	0,01596	24
TAM -43	11/10/2012	04/10/2012	0,01544	0,01545	0,01544	0,01544	17/01/1900	0,01571	0,01570	0,01571	0,01571	24
TAM -44	13/10/2012	04/10/2012	0,01544	0,01545	0,01544	0,01544	17/10/2012	0,01572	0,01573	0,01572	0,01572	24
TAM -45	15/10/2012	10/10/2012	0,01546	0,01545	0,01545	0,01545	24/10/2012	0,01567	0,01566	0,01566	0,01566	24
TAM -46	17/10/2012	10/10/2012	0,01535	0,01536	0,01535	0,01535	24/10/2012	0,01562	0,01562	0,01561	0,01562	24
TAM -47	28/10/2012	15/10/2012	0,01537	0,01536	0,01536	0,01536	07/11/2012	0,01566	0,01565	0,01565	0,01565	24
TAM -48	04/11/2012	17/10/2012	0,01564	0,01563	0,01564	0,01564	07/11/2012	0,01583	0,01583	0,01588	0,01583	24
TAM -49	11/11/2012	07/10/2012	0,01534	0,01534	0,01535	0,01534	26/11/2012	0,01559	0,01559	0,01559	0,01559	24
TAM -50	18/11/2012	14/11/2012	0,0154	0,0154	0,01541	0,01540	27/11/2012	0,01559	0,01558	0,01559	0,01559	24



ANEXO 4 Calculo de M

CODIGO	FECHA DE EXPOSICION	MASA INICIAL [μg]	MASA FINAL [μg]	ΔPb [μg]	M [μg]
TAM-18	20/08/2012	15510	15810	0	300
TAM-19	23/08/2012	15450	15680	0	230
TAM-20	27/08/2012	15640	15890	0	250
TAM-21	30/08/2012	15640	15980	0	340
TAM-22	02/09/2012	15290	15550	0	260
TAM-23	03/09/2012	15760	16050	0	290
TAM-24	04/09/2012	15840	16110	0	270
TAM-25	05/09/2012	15610	15890	0	280
TAM-26	07/09/2012	15360	15830	0	470
TAM-27	09/09/2012	15360	15770	20	390
TAM-28	11/09/2012	15270	15670	20	380
TAM-29	13/09/2012	15350	15660	10	300
TAM-30	15/09/2012	15520	15840	10	310
TAM-31	17/09/2012	15580	15920	10	330
TAM-32	19/09/2012	15600	15880	10	270
TAM-33	21/09/2012	15700	16030	10	320
TAM-34	23/09/2012	15670	15880	0	210
TAM-35	25/09/2012	15590	15920	0	330
TAM-36	27/09/2012	15360	15690	0	330
TAM-37	29/09/2012	15290	15600	0	310
TAM-38	01/10/2012	15160	15470	10	300
TAM-39	03/10/2012	15460	15770	0	310
TAM-40	05/10/2012	15350	15590	0	240
TAM-41	07/10/2012	15650	15850	0	200
TAM-42	09/10/2012	15680	15960	0	280
TAM-43	11/10/2012	15440	15710	0	270
TAM-44	13/10/2012	15440	15720	0	280
TAM-45	15/10/2012	15450	15660	0	210
TAM-46	17/10/2012	15350	15620	0	270
TAM-47	28/10/2012	15360	15650	10	280
TAM-48	04/11/2012	15640	15830	0	190
TAM-49	11/11/2012	15340	15590	0	250
TAM-50	18/11/2012	15400	15590	10	180



ANEXO 5 Cálculo de Q real [l/min]

CODIGO	FECHA DE EXPOCISION	FLUJO INICIAL	FLUJO FINAL	TIEMPO [min]	Q real [l/min]
TAM- 18	20/08/2012	4908,6	4927,6	5	3,76
PROMEDIO		4927,6	4946,4		
		4946,4	4965,6		
		4876,23	4895,06		
TAM- 20	27/08/2012	4985,8	5002	5	4,14
PROMEDIO		5002	5029,1		
		5029,1	5038,8		
		4954,68	4975,39		
TAM- 22	02/09/2012	5038,8	5057,3	5	3,90
PROMEDIO		5057,3	5076,5		
		5076,5	5096,7		
		5057,5	5076,83		
TAM- 27	09/09/2012	5157,5	5176,8	5	3,90
PROMEDIO		5176,8	5195,9		
		5195,9	5216,7		
		5176,73	5196,47		
TAM- 30	15/09/2012	5216,7	5235,8	5	4,00
PROMEDIO		5235,8	5256,5		
		5256,5	5275,9		
		5236,3	5256,1		
TAM- 33	21/09/2012	5275,9	5294,7	5	3,80
PROMEDIO	PROMEDIO	5294,7	5314,2		
		5314,2	5333,4		
		5294,93	5314,1		
TAM- 36	27/09/2012	5275,9	5294,7	5	3,80
PROMEDIO		5294,7	5314,2		
		5314,2	5333,4		
		5294,93	5314,1		
TAM- 39	03/10/2012	5457,1	5476,8	5	3,92
PROMEDIO		5476,8	5497,2		
		5498,2	5517		
		5477,4	5497		
TAM- 42	09/10/2012	5525,4	5544,8	5	3,9
PROMEDIO		5544,8	5564,8		
		5564,8	5583,9		
		5545	5564,5		
TAM- 45	15/10/2012	5590,2	5609,4	5	3,84
PROMEDIO		5609,4	5628,6		
		5628,6	5647,9		
		5609,4	5628,6		



TAM- 47	28/10/2012	5649,3	5668,2		
		5668,2	5687,7		
		5687,7	5708,5		
	PROMEDIO	5668,4	5688,1	5	3,94
TAM- 48	04/11/2012	5860,3	5879,6		
		5879,6	5898,5		
		5898,5	5917,7		
	PROMEDIO	5879,5	5898,6	5	3,82
TAM- 49	11/11/2012	5923,1	5942,7		
		5942,7	5961,9		
		5961,9	5981,5		
	PROMEDIO	5942,6	5962	5	3,88
TAM- 50	18/11/2012	5985,3	6005		
		6005	6024,5		
		6024,5	6043,9		
	PROMEDIO	6004,9	6024,5	5	3,92





ANEXO 6 Cálculo de V [m³]

CODIGO	FECHA DE EXPOCIOSION	Q real [l/min]	TIEMPO DE EXPOSICION [horas]	V[m ³]
TAM- 18	20/08/2012	3,76	24	5,41
TAM- 19	23/08/2012	3,76	24	5,41
TAM- 20	27/08/2012	4,14	24	5,96
TAM- 21	30/08/2012	4,14	24	5,96
TAM- 22	02/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 23	03/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 24	04/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 25	05/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 26	07/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 27	09/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 28	11/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 29	13/09/2012	3,90	24	5,62
TAM- 30	15/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 31	17/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 32	19/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 33	21/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 34	23/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 35	25/09/2012	4,00	24	5,76
TAM- 36	27/09/2012	3,80	24	5,47
TAM- 37	29/09/2012	3,80	24	5,47
TAM- 38	01/10/2012	3,80	24	5,47
TAM- 39	03/10/2012	3,92	24	5,64
TAM- 40	05/10/2012	3,92	24	5,64
TAM- 41	07/10/2012	3,92	24	5,64
TAM- 42	09/10/2012	3,90	24	5,62
TAM- 43	11/10/2012	3,90	24	5,62
TAM- 44	13/10/2012	3,90	24	5,62
TAM- 45	15/10/2012	3,84	24	5,53
TAM- 46	17/10/2012	3,84	24	5,53
TAM- 47	28/10/2012	3,94	24	5,68
TAM- 48	04/11/2012	3,82	24	5,50
TAM- 49	11/11/2012	3,88	24	5,60
TAM- 50	18/11/2012	3,92	24	5,64



ANEXO 7

DECRETO SUPREMO N° 24176

8 DE DICIEMBRE DE 1995

REGLAMENTACION DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE N° 1333

REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

TITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPITULO I

DEL OBJETO Y AMBITO DE APLICACION

ARTICULO 1º La presente disposición legal, reglamenta la Ley del Medio Ambiente No. 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación atmosférica, dentro del marco del desarrollo sostenible.

ARTICULO 2º Toda persona tiene el derecho a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades, por lo que el Estado y la sociedad tienen el deber de mantener y/o lograr una calidad del aire tal, que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

ARTICULO 3º Para los efectos del artículo anterior, los límites permisibles de calidad del aire y de emisión, que fija este Reglamento Constituyen el marco que garantiza una calidad del aire satisfactoria.

ARTICULO 4º El cumplimiento del presente Reglamento es obligación de toda persona natural o colectiva, pública o privada, que desarrolle actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas y otras que causen o pudieren causar contaminación atmosférica.



ARTICULO 5º El cumplimiento del presente Reglamento no exime de obligaciones respecto a otras disposiciones legales que no se opongan al mismo.

CAPITULO II

DE LAS SIGLAS Y DEFINICIONES

ARTICULO 6º Para efectos del presente Reglamento tienen validez las siguientes siglas y definiciones:

a) Siglas

LEY: Ley del Medio Ambiente N° 1333, de 27 de abril de 1992.

MDSMA: Ministerio de- Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

SNRNMA: Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

SSMA: Subsecretaría de Medio Ambiente.

IADP: Instancia Ambiental Dependiente del Prefecto.

b) Definiciones

AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE: El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente a nivel nacional, y la Prefectura a nivel departamental.

CALIDAD DEL AIRE: Concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones de referencia, fijadas con el propósito de preservar la salud y bienestar de las personas.

CONTAMINACION ATMOSFERICA: Presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, de tal forma que se generen o puedan generar efectos nocivos para la vida humana, la flora o la



fauna, o una degradación de la calidad del aire, del agua, del suelo, los inmuebles, el patrimonio cultural o los recursos naturales en general.

CONTAMINANTE ATMOSFERICO: Materia o energía en cualquiera de sus formas y/o estados físicos, que al interrelacionarse en o con la atmósfera, altere o modifique la composición o estado natural de ésta.

CONTROL: Aplicación de medidas o estrategias para la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

DECIBEL: La Unidad práctica de medición del nivel de ruido es el decibel, conocido como dB. Esta unidad es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medido, y la presión de sonido de un sonido estándar equivalente a 20 micropascales.

El decibel (A), conocido como dB(A), es el decibel medido en una banda de sonido audible.

EMISION: - Descarga directa o indirecta a la atmósfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos, o descarga de energía en cualquiera de sus formas.

EMISIONES FUGITIVAS: Toda emisión de contaminantes a la atmósfera que no sea descargada a través de ductos o chimeneas.

FUENTE: Toda actividad, proceso, operación o dispositivo móvil o estacionario que produzca o pueda producir emisiones contaminantes a la atmósfera.

FUENTE EXISTENTE: Aquélla que se encuentra instalada, o con autorización de instalación, a la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento.

FUENTE FIJA: Toda instalación o actividad establecida en un solo lugar o área, que desarrolle operaciones o procesos industriales, comerciales y/o de servicios que emitan o puedan emitir contaminantes a la atmósfera.



FUENTE FIJA UNITARIA: Conjunto de dos o más industrias cuyas emisiones podrán ser consideradas como provenientes de una sola fuente para efectos de control de la calidad del aire público. Las fuentes que conformen la fuente fija unitaria deberán estar situadas en la misma zona industrial o en su defecto en un área comprendida en un círculo de máximo dos (2) kilómetros de diámetro, donde las condiciones en cuanto a ecosistemas y medio ambiente sean uniformes.

FUENTE MOVIL: Vehículos automotores, vehículos ferroviarios motorizados, aviones, equipos y maquinarias no fijos con motores de combustión y similares, que en su operación emitan o puedan emitir contaminantes a la atmósfera. ..

FUENTE NUEVA: Aquélla que solicita autorización para su instalación con posterioridad a la entrada en vigencia del presente Reglamento.

INMISION: Concentración de contaminantes en la atmósfera a ser medidos fuera de la fuente.

INVENTARIO DE EMISIONES: Informe cualitativo y cuantitativo de las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por una o varias fuentes.

LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AIRE: Concentraciones de contaminantes atmosféricos durante un periodo de exposición establecido, por debajo de las cuales no se presentarán efectos negativos conocidos en la salud de las personas según los conocimientos y/o criterios científicos prevalentes.

LIMITES PERMISIBLES DE EMISION: Valores de emisión que no deben ser excedidos de acuerdo a disposiciones legales correspondientes.

MEJOR PRACTICA DE CUIDADO AMBIENTAL: Sistema organizado de actividades para: coleccionar y reducir emisiones fugitivas; conducir los gases y partículas contaminantes hacia equipos de depuración y/o transformación a fin de minimizar las emisiones contaminantes; mantener limpia la planta; pavimentar o empedrar vías de transporte vehicular en la planta, y barrer y/o regar los caminos pertenecientes a la industria, que por sus características no ameriten una pavimentación.

MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS: Evaluación sistemática cuantitativa y cualitativa de contaminantes atmosféricos.



NORMAS TÉCNICAS DE EMISION: Normas que establecen sobre bases jurídicas, ambientales y técnicas, la cantidad máxima permitida de emisiones para un contaminante a medirse en la fuente emisora.

ORGANISMOS SECTORIALES COMPETENTES: Ministerios que representan a sectores de la actividad nacional, vinculados con el medio ambiente.

PLATAFORMAS Y PUERTOS DE MUESTREO: Elementos estructurales que permiten realizar el muestreo de emisiones contaminantes en ductos o chimeneas.

PREVENCION: Disposiciones, medidas y acciones anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

RUIDO: Todo sonido indeseable que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas, o que tenga efectos dañinos en los seres vivos.

VERIFICACION VEHICULAR:Medición de las emisiones de gases y/o partículas provenientes de vehículos automotores.

TITULO II

DEL MARCO INSTITUCIONAL

CAPITULO I

DEL MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

ARTICULO 7^o Las atribuciones y competencias del MDSMA corresponden a lo dispuesto por la LEY, la Ley 1493, el D.S. 23660, el Reglamento de Gestión Ambiental y otras disposiciones legales vigentes.



ARTICULO 8° Para efectos de este Reglamento, el MDSMA tendrá las siguientes funciones y atribuciones:

- a) definir la política nacional para la prevención y control de la contaminación atmosférica en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes;
- b) formular y velar por el cumplimiento del Programa Nacional de Calidad del Aire en coordinación, con los Organismos Sectoriales Competentes, las Prefecturas y los Gobiernos Municipales;
- c) emitir Normas Técnicas para la prevención y control de la contaminación atmosférica, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes;
- d) velar por la aplicación de las Normas Técnicas para la prevención y control de la contaminación atmosférica, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, las prefecturas y los Gobiernos Municipales;
- e) promover, en coordinación con los prefectos, los Organismos Sectoriales Competentes y los Gobiernos Municipales, el uso de métodos, procedimientos, componentes y equipos que reduzcan la generación de contaminantes atmosféricos;
- f) establecer, en coordinación con los prefectos, los Organismos Sectoriales Competentes y los Gobiernos Municipales, los lineamientos a los que deben sujetarse los centros de verificación vehicular;
- g) proponer, de acuerdo con los lineamientos del Reglamento General de Gestión Ambiental, incentivos y otros mecanismos que se consideren pertinentes para la prevención y control de la contaminación atmosférica, como una medida para promover la instalación de industrias que utilicen tecnologías limpias;
- h) promover la asistencia y orientación técnicas dirigidas a la prevención y control de la contaminación atmosférica;



i) desarrollar programas para el control de sustancias que contribuyan a la destrucción de la capa de ozono o al efecto invernadero, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, Prefecturas y Gobiernos Municipales.

j) gestionar financiamiento para la aplicación de políticas de prevención y control. de la contaminación atmosférica.

ARTICULO 9º El MDSMA, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, formulará la normatividad ambientalmente necesaria para las siguientes áreas:

1. parques industriales;
2. terminales de transporte público;
3. aeropuertos y puertos fluviales y lacustres;
4. instalaciones militares.

CAPITULO II

DE LA AUTORIDAD A NIVEL DEPARTAMENTAL

ARTICULO 10º Para efectos de este Reglamento y a nivel departamental, el Prefecto tiene las siguientes funciones y atribuciones:

a) ejecutar programas y proyectos para la prevención y control de la contaminación atmosférica en el marco de las políticas nacionales y departamentales;



- b) emitir dictamen técnico sobre el funcionamiento de las redes de monitoreo en los diferentes municipios;
- c) promover la asistencia y orientación técnicas dirigidas a la prevención y control de la contaminación atmosférica;
- d) presentar al MDSMA informes anuales sobre la calidad del aire;
- e) aplicar, en el marco de las políticas nacionales, programas para el control de sustancias que contribuyan a la destrucción de la capa de ozono o al efecto invernadero.

CAPITULO III

DE LOS GOBIERNOS MUNICIPALES

ARTICULO 11º Para el ejercicio de las atribuciones y competencias que les son reconocidas por ley en la materia objeto del presente Reglamento, los Gobiernos Municipales deben, dentro del ámbito de su jurisdicción:

- a) ejecutar acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica en el marco de los lineamientos, políticas y normas nacionales;
- b) identificar las fuentes de contaminación atmosférica, informando al respecto a los prefectos;
- c) controlar la calidad del aire y velar por el cumplimiento de las disposiciones legales sobre contaminación atmosférica;
- d) dar aviso al Prefecto y coordinar con Defensa Civil para la declaratoria de emergencia en casos de contingencia o deterioro de la calidad atmosférica.



CAPITULO IV

DE LOS ORGANISMOS SECTORIALES COMPETENTES

ARTICULO 12º Los Organismos Sectoriales Competentes, en coordinación con el MDSMA y el Prefecto, participarán en la prevención y control de la contaminación atmosférica de la, siguiente manera:

- a) proponiendo normas técnicas sobre límites permisibles de emisión de contaminantes en materia de su competencia;
- b) formulando políticas ambientales para el sector en materia de contaminación atmosférica, políticas que formarán parte de la política general del sector y de la política ambiental nacional;
- c) formulando planes sectoriales y multisectoriales considerando la prevención de la contaminación atmosférica y el control de la calidad del aire.

TITULO III

DE LA EVALUACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

CAPITULO Y

DE LA ADMINISTRACION DE LA CALIDAD DEL AIRE

ARTÍCULO 13º El MPSMA, los Organismos Sectoriales Competentes, Prefectos y Gobiernos Municipales llevarán adelante, en el área de su jurisdicción y competencia, las acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica a partir de:

- a) evaluaciones planificadas de la contaminación atmosférica existente en distintas regiones y ciudades del país, las cuales podrán ser clasificadas progresivamente de acuerdo con su grado de contaminación atmosférica, según metodología a establecer;



b) estudios para determinar los efectos de la contaminación atmosférica sobre personas, ecosistemas y materiales.

ARTICULO 14º El MSDMA, en coordinación con los Prefectos, los Organismos Sectoriales Competentes y los Gobiernos Municipales, diseñará y establecerá un programa permanente de monitoreo de la calidad del aire.

En ese contexto, deberá desarrollarse un proceso normado para la aplicación de sistemas de monitoreo por parte de los Gobiernos Municipales, proceso en el cual deberá participar activamente el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología dependiente del MDSMA.

ARTICULO 15º El MDSMA, a través de la SSMA, establecerá asimismo los mecanismos necesarios para realizar el monitoreo de la calidad del aire a que se refiere el artículo anterior, pudiendo para tal efecto acudir a instituciones técnicas, organizaciones públicas, privadas y otras, cuyos laboratorios puedan ser autorizados a realizar y/o convalidar las mediciones respectivas.

ARTICULO 16º La información y los datos obtenidos a través del monitoreo de la calidad del aire según lo especificado en el Artículo 13 deben ser convalidados, analizados y actualizados constantemente con el fin de definir medidas y acciones orientadas a evaluar y controlar la contaminación atmosférica, así como para informar a la población sobre el estado de la calidad del aire en lo que respecta a los contaminantes indicados en el Anexo 1 de este Reglamento.

ARTICULO 17º Más allá de lo señalado en el Artículo 15, el MDSMA podrá recurrir a empresas de servicio y a laboratorios públicos y privados que cumplan con los requisitos, procedimientos y normas por él reconocidos, con el fin de alcanzar los propósitos tanto del presente Capítulo como otros que pudiera definir el MDSMA en relación con este Reglamento.

ARTICULO 18º El MDSMA, a través de la SSMA, dará seguimiento a las investigaciones sobre contaminación atmosférica que realicen entidades públicas y privadas, a fin de promover la adecuada calidad de estos trabajos.

ARTICULO 19º El MDSMA, a través de la SSMA, desarrollará un sistema de prestación de servicios y asesoramiento técnico orientado a la investigación de la prevención y control de la contaminación atmosférica; dicho sistema contará con la participación de las universidades y el apoyo de instituciones públicas y privadas.



ARTICULO 20° El MDSMA fomentará la capacitación de recursos humanos a través de programas de adiestramiento en centros industriales y de educación superior, e incentivará el intercambio científico y técnico en materia de procesos y tecnologías industriales más eficientes y menos contaminantes.

CAPITULO II

DE LA EVALUACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFÉRICA EN FUENTES FIJAS

ARTICULO 21° Las fuentes fijas no deben exceder los límites permisibles de emisión que especifiquen las Normas Técnicas de Emisión establecidas en el presente reglamento y a establecerse conforme a lo estipulado en la LEY y el Reglamento de Gestión Ambiental. En casos de emergencia y/o peligro de episodios de contaminación, la fuente fija deberá cumplir con los lineamientos que considere oportuno establecer la SSMA.

ARTICULO 22° En su instalación, funcionamiento, modificación, ampliación y/o traslado, las fuentes fijas deben cumplir con los respectivos requerimientos fijados en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

ARTICULO 23° Toda fuente fija debe contar con instalaciones dotadas de los medios y sistemas de control para evitar que sus emisiones a la atmósfera excedan los límites permisibles de emisión.

ARTICULO 24° La Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente; en coordinación con la Secretaría Nacional de Energía, incentivará la utilización de combustibles que disminuyan la contaminación atmosférica en las fuentes fijas.

ARTICULO 25° El MDSMA, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, los Prefectos y los Gobiernos Municipales, definirá los mecanismos que de acuerdo con los planes de ordenamiento urbano faciliten la reubicación de las fuentes fijas en áreas definidas como industriales. Un área industrial u otra área podrá ser considerada fuente fija unitaria por el MDSMA, tras los análisis correspondientes y según metodología a establecerse.



ARTICULO 26° Las fuentes fijas deben realizar, por cuenta propia, monitoreos en fuente, para lo cual instalarán plataformas y puertos de muestreo en los ductos y/o chimeneas, de acuerdo con la normatividad correspondiente. Se utilizarán modelos matemáticos reconocidos por la SSMA para estimar las repercusiones, de las emisiones sobre la calidad del aire público.

Para posibilitar la aplicación de dichos modelos, las fuentes fijas deben contar con aparatos para medir la dirección y velocidad del viento. Todos los resultados, deberán estar disponibles en cualquier momento para personal autorizado de la IADP respectiva y de la SSMA.

ARTICULO 27° En todas las fuentes fijas, las emisiones fugitivas deben ser canalizadas a través de ductos y/o chimeneas, de acuerdo con la mejor práctica de cuidado ambiental. Cuando por razones técnicas no pueda cumplirse con esta disposición, debe presentarse al Prefecto un estudio justificativo elaborado por un perito reconocido por el MSDMA. La SSMA revisará dicho estudio y emitirá el dictamen correspondiente.

ARTICULO 28° A fin de facilitar el seguimiento del cumplimiento de los planes de adecuación previstos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, como también para verificar el desempeño tecnológico-ambiental de las fuentes fijas, éstas deberán presentar, anualmente un Inventario de Emisiones al Prefecto correspondiente, bajo las especificaciones que establezca la SSMA. Tal inventario deberá contener, entre otros:

- Datos de la fuente
- Ubicación
- Descripción del proceso
- Materias primas, insumos y/o combustibles utilizados
- Emisiones de contaminantes atmosféricos
- Equipos para el control de los contaminantes atmosféricos

Los datos contenidos en los Inventarios de Emisiones deben ser incorporados por las Prefecturas al Sistema de Información Ambiental previsto por el Reglamento de Gestión Ambiental.



Para las evaluaciones respecto a las emisiones de las fuentes fijas, la SSMA utilizará tanto el Sistema Nacional de Información Ambiental como los datos técnicos contenidos en el Censo Industrial elaborado periódicamente por la Secretaría. Nacional de Industria.

ARTICULO 30° Cuando la fuente fija se localice en zonas urbanas o suburbanas, colinde con áreas protegidas, o cuando pueda causar un impacto negativo en la calidad del aire por sus características de operación, por sus materias primas, por sus productos o subproductos, deberá llevar a cabo, por cuenta propia, un monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes bajo la supervisión de la SSMA o del Prefecto.

ARTICULO 31° Los responsables de las fuentes fijas deben llevar un libro o cuaderno de registro de operación y de mantenimiento de sus equipos de proceso y de control; dicho libro o cuaderno de registro deberá ser aprobado por el Organismo Sectorial Competente y estar a disposición de la Autoridad Ambiental Competente, y de la ciudadanía, con ajuste a lo establecido en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

ARTICULO 32° En las zonas en las cuales se excedan los límites permisibles de Calidad del Aire establecidos en el Anexo 1 de este Reglamento, y/o en aquellas donde se superen las concentraciones tolerables de contaminantes específicos consignadas en el Anexo 2, las fuentes fijas deben elaborar un programa calendarizado de medidas para lograr niveles de emisión compatibles con los objetivos de calidad de aire.

ARTICULO 33° Las fuentes fijas deben controlar la emisión de sustancias peligrosas listadas en el Anexo 3, tomando para el efecto las medidas más adecuadas desde el punto de vista ambiental. Dichas sustancias deben ser reportadas al Prefecto en el Inventario de Emisiones, en forma indicativa.

El presente artículo no libera de la obligación de incluir además, indicativamente, en el inventario, otros contaminantes que puedan considerarse específicos de cada fuente. En caso de duda, los representantes legales de las fuentes fijas deben dirigir sus consultas por escrito a la SSMA, para la correspondiente aclaración.

ARTICULO 34° Toda fuente fija debe dar aviso inmediato al Prefecto en caso de falla del equipo de control de contaminación atmosférica, para que aquél coordine las acciones y medidas pertinentes.



ARTICULO 35° La SNRNMA apoyará a la Secretaria Nacional de Agricultura en programas referentes a la reducción de la quema de bosques y matorrales.

ARTICULO 36° Queda prohibida la incineración y/o combustión a cielo abierto y sin equipo de control anticontaminación, de sustancias y/o materiales tales como llantas, aceites sucios y otros que especifique la SNRNMA, la cual establecerá también un listado de excepciones relacionadas con actividades familiares y/o recreativas.

ARTICULO 37° Ningún propietario u operador podrá construir, edificar o usar cualquier artificio, dispositivo, equipo, sistema o proceso cuyo uso encubra una emisión que vulnere lo previsto en este Reglamento. Tal encubrimiento incluye, pero no se limita al uso de aire de difusión, sea éste comprimido o no, al uso de oxígeno de una planta de oxígeno, entre otros.

ARTICULO 38° Toda persona natural o colectiva, pública o privada, que se considere afectada por emisiones provenientes de fuentes fijas, podrá presentar la denuncia respectiva ante la Autoridad Ambiental Competente según lo establecido por la LEY y el Reglamento de Gestión Ambiental.

CAPITULO III

DE LA EVALUACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN FUENTES MOVILES

ARTICULO 39° El MDSMA, a través de la SSMA, fijará las Normas Técnicas de Emisiones Vehiculares. Para el efecto, la SSMA coordinará su trabajo con los Organismos Sectoriales Competentes, Prefectos y Gobiernos Municipales.

ARTICULO 40° Los vehículos en circulación no deben emitir contaminantes atmosféricos en cantidades que excedan los límites permisibles de emisiones vehiculares.

ARTICULO 41° Los programas de verificación vehicular deben realizarse sistemáticamente de acuerdo a la normatividad correspondiente. Tal verificación es requisito indispensable para el otorgamiento y revalidación de los permisos de circulación.



Estos programas de verificación vehicular y la normatividad correspondiente serán desarrollados en forma coordinada por el MDSMA, el Ministerio de Gobierno (a través del Organismo Operativo de Tránsito de la Policía Nacional), la Secretaría Nacional de Transportes, la Secretaría Nacional de Hidrocarburos y los Gobiernos Municipales con jurisdicción sobre ciudades de más de 50.000 habitantes.

ARTICULO 42° Con el fin de proceder a un efectivo proceso de verificación, el MDSMA podrá recurrir a empresas privadas para la prestación de los respectivos servicios, bajo lineamientos de contratación o licencia que fije la SSMA en el marco de las disposiciones legales pertinentes.

ARTICULO 43° La SNRNMA apoyará a la Secretaría Nacional de Energía y a los Organismos Sectoriales Competentes en la promoción y diseño de dispositivos tanto para mejorar los procesos de combustión, como para introducir o mejorar el control anticontaminación en vehículos y en estaciones de servicio.

ARTICULO 44° La SSMA, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, y en particular con el Organismo Operativo de Tránsito de la Policía Nacional, realizará programas de pruebas de dispositivos anticontaminación en vehículos automotores. Para la comercialización de estos dispositivos se deberá contar con los estudios y pruebas requeridos y aprobados por la SSMA.

ARTICULO 45° La SNRNMA coordinará con la Secretaria Nacional de Industria y Comercio y con los demás Organismos Sectoriales Competentes, la elaboración de disposiciones reglamentarias referidas a la importación de vehículos, velando porque éstos cumplan con Normas Técnicas internacionalmente reconocidas y homologadas en Bolivia.

ARTICULO 46° A partir de los seis meses de la entrada en vigencia del presente Reglamento, todos los vehículos y motores para vehículos importados, sean éstos nuevos o usados, deberán estar equipados con los dispositivos anticontaminación previstos en el país donde tenga su matriz central la empresa o la principal empresa dueña de la fábrica del vehículo o motor en cuestión.

En caso de constatare que los dispositivos resultan poco efectivos o inadecuados, la Autoridad Ambiental Competente informará de la situación al Organismo Sectorial Competente a fin de que éste prohíba o limite la importación.



ARTICULO 47° La SNRNMA prestará apoyo a la Secretaría Nacional de Energía en lo que concierne al control, vigilancia y mantenimiento de la calidad de los combustibles; y a la verificación del cumplimiento de las Normas Técnicas relacionadas con la Ley de Hidrocarburos.

CAPITULO IV

DEL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

ARTICULO 48° La SNRNMA cooperará con la Secretaria Nacional de Energía en la realización de pruebas periódicas de la calidad de los combustibles cuyo uso pueda producir contaminación atmosférica.

ARTICULO 49° La SNRNMA cooperará igualmente con la Secretaria Nacional de Energía en la investigación y la adopción de medidas para que combustibles distintos a la gasolina y el diesel, tales como el gas natural comprimido y eventualmente el gas licuado de petróleo, logren abarcar paulatinamente un espacio significativo en el mercado nacional, sobre la base de un respaldo técnico-científico adecuado y en sujeción a normas de seguridad dictadas u homologadas por la Secretaría Nacional de Energía.

ARTICULO 50° La SNRNMA apoyará a los Organismos Sectoriales Competentes correspondientes en las acciones necesarias para asegurar que la calidad del diesel y de los demás derivados del petróleo importados (carburantes y lubricantes) cumplan con parámetros ambientales internacionalmente reconocidos y homologados en Bolivia.

ARTICULO 51° La SNRNMA respaldará los planes y acciones de la Secretaría Nacional de Energía para mantener la calidad del diesel nacional con respecto a su contenido de azufre y otros elementos generadores de contaminación, guiándose para tal efecto por parámetros reconocidos internacionalmente y homologados en Bolivia.

CAPITULO V

DE LA EVALUACION Y CONTROL DE RUIDOS Y OLORES CONTAMINANTES

ARTICULO 52° La emisión de ruido no debe exceder los límites permisibles de emisión señalados en el Anexo 6, límites a los que la SNRNMA podrá agregar otros en forma coordinada con los Organismos Sectoriales Competentes.



ARTICULO 53° Los vehículos automotores que circulen en el territorio nacional deben cumplir las normas relativas al control del ruido proveniente de escapes y bocinas, conforme a lo dispuesto en los Códigos de Salud y de Tránsito.

ARTICULO 54° La SSMA, con la participación de los Organismos Sectoriales Competentes, fijará en las Normas Técnicas los límites permisibles de emisión de olores contaminantes; asimismo, dictará medidas para la reducción de los mismos, tanto en fuentes fijas como móviles.

ARTICULO 55° En concordancia con el Art. 38 del presente Reglamento, toda persona natural o jurídica, pública o privada, que se considere afectada por la emisión de ruidos u olores podrá presentar la denuncia respectiva ante la Autoridad Ambiental Competente, según lo establecido por la LEY y el Reglamento de Gestión Ambiental.

CAPITULO VI

DE LA EVALUACION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN INTERIORES

ARTICULO 56° La SSMA promoverá estudios para la evaluación y establecimiento de medidas de control anticontaminación en lugares cerrados no industriales, con el propósito de mejorar la calidad del aire en esos sitios. Los Organismos Sectoriales Competentes deberán tomar las medidas necesarias para minimizar el efecto de los contaminantes ahí presentes.

ARTICULO 57° Se prohíbe fumar en establecimientos educativos y de salud por tratarse de recintos donde se hallan expuestas personas particularmente sensibles a los efectos de la contaminación atmosférica. Asimismo, se prohíbe fumar en oficinas públicas, cines, teatros y medios de transporte colectivo, a los que el MDSMA podrá añadir otros, según aconsejen las circunstancias.

ARTICULO 58° Los lugares de servicio y/o atención al público, como restaurantes, cafeterías y similares donde se permita fumar, deben contar con áreas específicas para ese fin, de modo que los contaminantes generados no afecten a las áreas exclusivas para no fumadores.

ARTICULO 59° En los lugares de servicio y/o atención al público en los que se permita fumar, pero donde por las características de la actividad llevada a cabo no existan áreas exclusivas para



no fumadores, como ser centros nocturnos y salones de baile, se debe contar con sistemas de extracción y limpieza de aire en interiores, conforme a los lineamientos que para el efecto imparta la SSMA.

CAPITULO VII

DE LA PLANIFICACION URBANA E INDUSTRIAL

ARTICULO 60° En el marco de la legislación vigente, los planes urbano e industrial, deberán:

- a) cumplir las disposiciones contempladas en este Reglamento y normativas complementarias;
- b) estar enmarcados dentro de las políticas de planificación ambiental y de ordenamiento territorial existentes.

ARTICULO 61° En los planes de ordenamiento urbano debe considerarse también la creación de parques industriales, así como de nuevos corredores de transporte y de asentamientos planificados de nuevas poblaciones, de tal forma que quede siempre garantizada la adecuada calidad del aire.

ARTICULO 62° La SNRNMA apoyará a los Gobiernos Municipales, a la Secretaría Nacional de Transportes, a la Secretaría Nacional de Asuntos Urbanos y a las demás autoridades competentes en el diseño y aplicación de programas de mejoramiento vial orientados a habilitar rutas alternativas y disminuir la congestión vehicular.

TITULO IV

DE LA INSPECCION Y VIGILANCIA

CAPITULO UNICO

ARTICULO 63° El MDSMA, las Prefecturas y los Gobiernos Municipales vigilarán y verificarán, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento del presente Reglamento por parte de las fuentes



emisoras, realizando para el efecto inspecciones coordinadas con los Organismos Sectoriales Competentes, con sujeción a las disposiciones del Título XI de la LEY, el Reglamento General de Gestión Ambiental y el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

TITULO V

DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES ADMINISTRATIVAS

CAPITULO UNICO

ARTICULO 64º Se consideran infracciones administrativas las contravenciones a las disposiciones de este Reglamento, cuando ellas no configuren delito.

ARTICULO 65º De acuerdo con lo dispuesto por el Reglamento General de Gestión Ambiental, se establecen las siguientes infracciones administrativas:

- a) no presentar el Inventario Anual de Emisiones;
- b) presentar el Inventario Anual de Emisiones incompleto;
- c) presentar el Inventario Anual de Emisiones con datos falsos;
- d) presentar el Inventario Anual de Emisiones sin cumplir los plazos y modalidades que para el efecto establezca la SSMA;
- e) infringir las disposiciones relativas al monitoreo en fuentes fijas a que hace referencia el Art. 26 del presente Reglamento;
- f) infringir las disposiciones relativas a la eliminación de emisiones fugitivas a que hace referencia el Art. 27 del presente Reglamento;



- g) no llevar a cabo el monitoreo perimetral de emisiones contaminantes de fuentes fijas a que hace referencia el Art. 30 del presente Reglamento;
- h) infringir las disposiciones relativas al libro o cuaderno de registro de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control a que hace referencia el Art. 31 del presente Reglamento;
- i) no dar aviso inmediato a las prefecturas en caso de falta de los equipos anticontaminación a que hace referencia el Art. 34 del presente Reglamento;
- j) infringir las disposiciones relativas a la incineración y/o combustión a cielo abierto a que hace referencia el Art. 36 del presente Reglamento;
- k) infringir la prohibición establecida en el Art. 37 de este Reglamento;
- l) no instalar sistemas de extracción y limpieza de aire en interiores a que hace referencia el Art. 59 del presente Reglamento;
- m) infringir las disposiciones relativas a los límites permisibles de emisión de contaminantes a que hace referencia el Art. 21 del presente Reglamento;
- n) sobrepasar los límites máximos permisibles de emisión de ruido y de olores a que hacen referencia los Arts. 52, 53 y 54 del presente Reglamento;
- o) infringir las disposiciones relativas a los límites permisibles de emisiones vehiculares a que hace referencia el Art. 39 del presente Reglamento.

ARTICULO 66° Las infracciones establecidas en el artículo precedente serán sancionadas por la Autoridad Ambiental Competente de conformidad con lo establecido en la LEY y en el Reglamento de Gestión Ambiental.



TITULO VI

DE LAS DISPOSICIONES TRANSITORIAS

CAPITULO UNICO

ARTICULO 67º Los valores que se indican en el Anexo 2 del presente reglamento tendrán categoría de valores referenciales durante cinco años, a partir de los cuales entrarán en vigor como valores límites permisibles de calidad del aire para contaminantes específicos.

Para la aplicación de lo citado se debe distinguir entre actividades existentes a la fecha de promulgación del presente reglamento y aquellas nuevas, de la siguiente forma

I. ACTIVIDADES, OBRAS Y PROYECTOS EXISTENTES A LA FECHA DE PROMULGACION DEL PRESENTE REGLAMENTO

a) Las actividades obras y proyectos existentes a la fecha de promulgación del presente reglamento, una vez presentado el MA y emitida la DAA, se regirán por los parámetros y sus respectivos valores límite, incluidos en el Anexo 4, durante 5 años a partir de la fecha de emisión de la DAA.

b) Cumplido el plazo señalado, el Representante Legal presentará un nuevo MA, específico para el componente aire, en el que establecerá, cuando corresponda, los mecanismos para que sus emisiones sean compatibles con las metas de calidad ambiental definidas por el Anexo 2. Como consecuencia de este nuevo MA, la autoridad ambiental competente emitirá una DAA renovada, con ajuste a los procedimientos establecidos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental. Esta segunda adecuación ambiental deberá ser efectivizada en el plazo máximo de cinco años a partir de la fecha de emisión de la DAA renovada.

c) Alternativamente, el Representante Legal podrá acogerse a los criterios definidos en el anterior inciso, en sentido de establecer los mecanismos para alcanzar las metas de calidad ambiental definidas por el Anexo 2, desde la presentación del primer MA, si así lo deseara y fuese conveniente a sus intereses.



II. ACTIVIDADES OBRAS Y PROYECTOS QUE SE INICIARAN CON POSTERIORIDAD A LA FECHA DE PROMULGACION DEL PRESENTE REGLAMENTO

a) Las actividades obras y proyectos que se iniciaran con posterioridad a la fecha de promulgación del presente reglamento, una vez emitido el CDD o la DIA, se registrarán por los parámetros y sus respectivos valores límite, incluidos en el Anexo 4, durante 5 años a partir de la fecha de emisión de las citadas licencias ambientales.

b) Cumplido el plazo señalado el Representante Legal deberá presentar un MA, específico para el componente aire, en el que establecerá, cuando corresponda, los mecanismos para que sus emisiones sean compatibles con las metas de calidad ambiental definidas por el Anexo 2. Como consecuencia de este MA, la autoridad ambiental competente emitirá una DAA, con ajuste a los procedimientos establecidos en el Reglamento de Prevención y control Ambiental. La adecuación ambiental respectiva deberá ser efectivizada en el plazo máximo de cinco años a partir de la fecha de emisión de la DAA.

Alternativamente, el Representante Legal podrá acogerse a los criterios definidos en el anterior inciso, en sentido de establecer, los mecanismos para alcanzar las metas de calidad ambiental definidas por el Anexo 2, desde la presentación de su FA y/o EEIA, si así lo deseara y fuese conveniente a sus intereses.

ARTICULO 68º Durante los primeros cinco años, a partir de la emisión de la respectiva Licencia Ambiental (CDD, DIA, DAA), el Representante Legal, con carácter obligatorio, deberá presentar a la Autoridad Ambiental informes técnicos semestrales, en los que señalará los niveles de emisión que genera el establecimiento, incluyendo la documentación respaldatoria correspondiente.

La Autoridad Ambiental podrá requerir información adicional y/o reportes extraordinarios cuando así lo juzgue conveniente

ARTICULO 69º La utilización de modelos matemáticos a los que se refiere el Artículo 26 del presente Reglamento será obligatoria, por ahora, sólo en las industrias cementeras que produzcan clinker y en las industrias metalúrgicas que emitan los contaminantes consignados en los Anexos 1 y 2. Dichos modelos podrán ser propuestos tanto por la propia SSMA como por las mismas



industrias; en este último caso, sin embargo, deberán ser reconocidos por la SSMA antes de ser aplicados. Cualquier modelo utilizable debe gozar de reconocimiento internacional por su previa aplicación satisfactoria fuera de Bolivia.

Lo anterior no le resta a la SSMA la facultad de ampliar el ámbito de aplicación de dichos modelos a otras industrias, cuando las circunstancias ambientales así lo requieran.

ARTICULO 70° Entretanto sean promulgadas las Normas Técnicas para procedimientos y métodos de muestreo y análisis de laboratorio de contaminantes atmosféricos, se utilizarán aquellas reconocidas por Organismos Internacionales o, en su defecto, las normas de otros países aceptadas por la SNRNMA.

ARTICULO 71° Los lugares de servicio y/o atención al público que tengan licencia de funcionamiento o de operación, contarán con el plazo máximo de un año a partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento, para cumplir con lo establecido en sus Artículos 58 y 59, y en el Artículo 116 de la LEY.

ARTICULO 72° Los Inventarios Anuales de Emisiones a que se refiere el Art. 28, deberán empezar a ser presentados ante las prefecturas respectivas, conforme a cronogramas diferenciados que éstas establezcan en coordinación con la SSMA.

En lo que hace a los primeros Inventarios Anuales de Emisiones, los plazos de presentación para las Fuentes Existentes no deberán sobrepasar en ningún caso el 31 de diciembre de 1997.

ARTICULO 73° Entretanto sean promulgadas las normas técnicas para la emisión de contaminantes por fuentes móviles, tienen aplicación los Límites Permisibles Base contenidos en el Anexo 5 del presente Reglamento.



ANEXO 1

LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DE AIRE

CONTAMINANTE	VALOR DE CONCENTRACION	PERIODO Y CARACTERIZACION ESTADISTICA
MONOXIDO DE CARBONO	10mg/m ³ 40mg/m ³	media en 8 hr medio en 1 hr
BIOXIDO DE AZUFRE	80ug/m ³ 365ug/m ³	media aritmética anual media en 24 hr
BIOXIDO DE NITROGENO	150ug/m ³ 400ug/m ³	media en 24 hr promedio en 1 hr
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	260ug/m ³ 75ug/m ³	24 hr media geométrica anual
PARTICULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM-10)	150ug/m ³ 50ug/m ³	24 hr media geométrica anual
OZONO	236ug/m ³	promedio horario máximo
PLOMO	1.5ug/m ³	media aritmética trimestral

Los valores de concentración están reienueva a ia temperatura, considerándose para presión:1 atmosfera (760 mmHg) temperatura:298 K (25C)

NOTA. Los valores de este anexo admiten una variación de hasta +10%



ANEXO 8

NORMA BOLIVIANA

Calidad del aire.- determinación del material particulado en suspensión con un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros (PM_{10}) – muestreo activo – método gravimétrico

1 OBJETO

Esta norma establece los procedimientos para la medición de promedios diarios de material particulado suspendido con un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma es aplicable en todo el territorio nacional.

3 REFERENCIAS

Como toda norma boliviana esta norma hace referencias a otras normas que al ser citadas en este texto, se contribuyen en requisitos de la misma. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda el uso de las ediciones más recientes de las normas bolivianas citadas a continuación

NB 62001 calidad de aire.- vocabulario, abreviaturas y clasificación

4 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, se aplican las definiciones contenidas en la norma NB 62001, además de las siguientes:

4.1 Material particulado suspendido (MPS)

En la atmosfera encontramos partículas suspendidas de tamaños muy variados que se encuentran en forma de polvo, humo o aerosoles. Estas partículas son generadas por fuentes muy variadas como: quema de combustibles fósiles, sistemas de generación de energía, sistemas de calefacción, actividades de transporte y construcción, industrias, incendios forestales, emisiones volcánicas, dispersión de polen, etc.

Los mecanismos específicos de generación de las partículas pueden ser muy variados y, en general, de ello dependen las características de las partículas resultantes. Los procesos que más frecuentemente generan partículas son: procesos de combustión, procesos de abrasión o molienda, proceso de suspensión de partículas (viento), procesos de condensación de sustancias volátiles. Las propiedades de las partículas pueden ser analizadas en términos de composición química, morfología (forma y tamaño), interferencia con la luz propiedades eléctricas, etc. Debido a la diversidad de fuentes de emisiones encontramos también propiedades muy diversas de las partículas, por ello lo más frecuente es analizar simplemente su concentración en masa o la distribución de su concentración en masa en función de su tamaño. Como la forma y tamaño de las partículas es muy diverso, lo mas practico es tomar. El diámetro aerodinámico equivalente de las partículas como referente de tamaño. El diámetro aerodinámico equivalente de las partículas se define como el diámetro de una esfera de densidad relativa igual a 1 que tiene la misma velocidad



terminal de caída que la partícula en cuestión, bajo las mismas condiciones de temperatura presión y humedad en el aire atmosférico.

La distribución de la concentración de la masa de partículas en función del diámetro es en general una distribución bimodal, en la que se puede distinguir una fina y una fracción gruesa. El límite entre estados fracciones no esta muy bien definido y puede variar de una región a otra, por lo general se sitúa entre 2 μm y 5 μm . por fines prácticos del monitoreo se define usualmente la fracción fina como la fracción capturada en un equipo de colección selectiva de partículas con un diámetro de corte de 2.5 μm . por lo general las partículas de la fracción fina son emitidas por actividades antropogenicas, debido a procesos en condiciones extremas de temperatura presión o radiación, la fracción gruesa es emitida en gran parte por procesos de molienda o abrasión o por fuentes naturales.

4.2 Deposición de las partículas en el tracto respiratorio en función del tamaño

La fracción y cantidad de partículas suspendidas que puede ser inhalada por el ser humano depende de las propiedades hidrodinámicas de las partículas (dependientes esencialmente del tamaño), la dirección y velocidad del viento la velocidad de la respiración y de si la respiración es por la nariz o por la boca. Todos estos factores determinaran que cantidad de las partículas suspendidas en el aire llegaran efectivamente a depositarse en el tracto respiratorio de la persona. Por ello, se hace necesario introducir algunas definiciones sobre las fracciones de partículas que ingresan al cuerpo humano y sus características.

Al ser diámetro aerodinámico la variable más importante que determina la fracción efectivamente inhalada, se han establecido relaciones entre el tamaño de las partículas y su comportamiento en cuanto a penetración en el sistema respiratorio. Para distinguir estas fracciones se han establecido las siguientes definiciones [ISO, 1991]:

Partículas totales en el aire: se define como todas las partículas suspendidas en un volumen dado de aire ambiente.

Partículas totales suspendidas (TSP): es un estimado de las partículas totales en el aire medidas por un muestreador de alto volumen. Debido a que estos muestreadores no pueden captar todas las partículas, la cantidad de partículas captadas es algo menor a la cantidad total de partículas suspendidas.

Fracción inhalable: se define como la fracción en masa de las partículas totales que es inhalada a través de la nariz y la boca.

Fracción torácica: es la fracción en masa de las partículas que penetran mas allá de la laringe. La fracción torácica es muy próxima a la cantidad de partículas que son retenidas en un monitor con un diámetro de corte de 10 μm .

Fracción extratoraxica: es la fracción de partículas que es retenida antes de llegar a la laringe.

Fracción respirable: se define como la fracción en masa de partículas que es capaz de penetrar hasta la región de vías respiratorias no ciliadas (también llamada región alveolar). La fracción respirable, en un diámetro de corte de 4 μm . en el caso de niños o personas con enfermedades



respiratorias esta fracción es menor y puede ser caracterizada por un monitor con un diámetro de corte de 2.5 μm .

El monitoreo de material particulado toma en consideración que fracción es importante debido a su acción tóxica y sus efectos tóxicos. En general se toma la fracción torácica para realizar el monitoreo de material particulado y por ello se utilizan monitores con un diámetro de corte de 10 μm , lo que se llama la fracción PM_{10} . En algunos países se da mayor importancia a la fracción respirable y se monitorea $\text{PM}_{2.5}$, o ambos.

4.3 Variación espacial y temporal de la concentración de partículas suspendidas

La dispersión del material particulado a partir de las diferentes fuentes de emisión y su permanencia en aire ambiente, depende fuertemente del tamaño de las partículas y de las condiciones climáticas. Las partículas de la fracción gruesa, con diámetros mayores de 60 μm , decantan rápidamente y no se dispersan sobre distancias muy largas, por lo tanto el alcance de estas fuentes de emisión será esencialmente regional o local. A medida que el tamaño de las partículas disminuye, velocidad terminal de caída es cada vez menor (ley de Stokes) lo que le permite a la partículas permanecer suspendidas más tiempo en el aire y dispersarse en áreas más extensas. La fracción fina de las partículas puede de esta manera dispersarse en regiones que pueden ir más allá de las fronteras departamentales y transcontinental. Mientras más tiempo permanece una partícula suspendida en el aire, mayores son las posibilidades de transformaciones químicas y fotoquímicas de la partícula, sobre todo al nivel de su superficie esto hace que las partículas más “envejecidas” tengan un potencial tóxico mayor sobre la salud de las personas.

Los fenómenos climáticos como el viento (velocidad y dirección) y las precipitaciones pluviales tienen también un gran efecto en cuanto a la dispersión y permanencia de las partículas en el aire. Los vientos arrastran las partículas sobre grandes distancias y pueden provocar episodios de contaminación en regiones muy alejadas de los puntos de emisión de las mismas. Las precipitaciones pluviales tienen un efecto “limpiador” del aire muy eficaz en cuanto las partículas se refiere. Estos fenómenos hacen que la concentración de inyecciones de partículas sea muy variable, relativamente caótica y obliga a establecer un monitoreo relativamente frecuente para caracterizar el comportamiento de la contaminación por partículas. En general se recomienda realizar como mínimo una medición cada 6 días para obtener una caracterización de la variación anual y los promedios anuales de la concentración de partículas.

Las fuentes de emisión, la composición primaria y los procesos de “envejecimientos” de las partículas varían según las condiciones climáticas de las estaciones. Esto provoca cambios importantes en las características y composición de las partículas entre las estaciones de verano y de invierno que tienen que ser tomadas en consideración al momento de definir los puntos y los métodos de monitoreo a utilizar.

5 SIMBOLOS

Pa Pascal

Mg/m^3 Miligramo por metro cubico



$\mu\text{g}/\text{m}^3$ Microgramo por metro cubico

μm Micrometro

$^{\circ}\text{C}$ Grado Celsius

K Kelvin

mol Mol

g Gramo

l Litro

σ Desviación estándar

6 PRINCIPIO

Para medir la concentración de una determinada fracción de partículas existen muchos métodos que se utilizan regularmente. Los métodos automáticos permiten obtener valores de concentración de partículas sobre periodos cortos de medición y en algunos casos es posible obtener la distribución del tamaño de las partículas en función de la masa. La dificultad en el uso de estos métodos es que son muy exigentes es cuanto a capacitación del operador calibración de los y los costos de inversión y mantenimiento son elevados. Por ello en casos en que no es posible cubrir convenientemente los requerimientos para la correcta operación de estos equipos, es preferible adoptar un método de medición más robusto y confiable, a pesar de no tener la resolución temporal y de distribución de partículas que tienen los equipos automáticos.

En casos en que el principal objetivo del monitoreo es verificar que la calidad de aire cumple los requerimientos de las normativas establecidas o se requieren los datos para estudios sobre el impacto del material particulado en la salud, los métodos basados en muestreo activos ofrecen resultados confiables para la determinación de fracciones que más impacto tienen sobre las salud es decir $\text{PM}_{2,5}$.

Esta norma utiliza el método gravimétrico en el que se muestra, de manera continua, aire ambiente con un flujo definido. El flujo de aire pasa por un elemento selector de partículas con un diámetro de corte $10\mu\text{m}$ que selecciona la fracción toraxica de las partículas suspendidas en el aire este elemento puede ser de diseños diversos, pero en el caso de la norma boliviana se utiliza el equipo del tipo Impactador de Harvard. Cualquier otro método o equipo a ser usado deberá dar resultados equivalentes. después de la etapa de selección de las partículas, estas son retenidas en un filtro especial que ha sido previamente ambientado y pesado en condiciones controladas de temperatura y humedad. Luego del periodo de muestreo, se recoge el filtro y se pesa nuevamente luego de un periodo de ambientación de las mismas condiciones de temperatura y humedad. Partiendo de valores se puede establecer la masa de las partículas recolectadas, conociendo el tiempo de muestreo y el flujo de captación de aire, se determina el volumen de aire muestreado. Con estos valores se calcula la concentración de partículas deseada, en unidades de masa por unidad de volumen de aire ambiente.



7 MATERIALES Y EQUIPOS

Para el monitoreo de material particulado PM_{10} con impactadores Harvard, se requiere los siguientes materiales y equipos:

- Impactador Harvard con todos sus elementos.
- Mangueras de conexión.
- Un regulador de flujo de 4 l/min. Se recomienda un regulador de flujo por orificio crítico.
- Medidor de flujo que permita una precisión de $\pm 0,1$ l/min en la medición del flujo o medidores de volumen de aire.
- Una bomba de aire que permite un flujo mayor a 10 l/min en las condiciones de la medición.
- Una Microbalanza para el pesado de los filtros con una división de escala de 10 μg , se recomienda una Microbalanza con una división de escala de 1 μg .
- Una caseta para la protección de los equipos en ambientes externos.
- Filtros para la medición de partículas (37 mm de diámetro y de porosidad menor a 10 μm para determinación de PM_{10} y menor a 1 μm para la determinación de $PM_{2,5}$). El tipo de filtros de fibra de cuarzo, de fibra de vidrio o de membrana de teflón.
- Soportes para los filtros.
- Desecador o estufa con control de temperatura.
- Caja petri de 55 mm de diámetro.
- Pinzas de punta roma de plástica para el manejo de los filtros.
- Brazaletes para descargar la corriente estática.

8 PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICION

8.1 Preparación de los filtros para el pesaje

La selección de los filtros a utilizar depende esencialmente de los análisis que se desee hacer sobre el material particulado seleccionado. Existen dos tipos de filtros comúnmente utilizados. Los filtros de fibra y los de membrana. Los filtros se fabrican de diferentes materiales. Entre los filtros de fibra se tienen filtros de celulosa, de fibra de vidrio y de fibra de cuarzo. Estos filtros provocan una caída de presión relativamente baja a través de ellos, esto permite utilizarlos para colectas con alto volumen de muestreo. En contrapartida, este tipo de filtros puede presentar dificultades al momento de analizar la presencia de elementos a nivel de traza en el material particulado recolectado. Los filtros de membrana se fabrican con polímeros relativamente inertes como el policarbonato y el teflón (politetrafluoroetileno).

Estos filtros permiten el análisis del material particulado recolectado con diferentes técnicas, analíticas, por lo que estos filtros son recomendables si se desea realizar este tipo de estudios. Para fines de monitoreo con el propósito de verificar si se cumplen las normativas de calidad del aire, es suficiente utilizar los filtros de fibra de vidrio o de cuarzo, que son en general más baratos que los filtros de membrana. Si se utilizan filtros de fibra de celulosa, es necesario contar con un estricto control de las condiciones de humedad y temperatura del ambiente donde se efectúa su preparado y pesado.



Para pesar los filtros antes y después de la exposición es necesario acondicionarlos manteniéndolos a una temperatura de entre 20 °C y 23 °C y una humedad relativa en el rango de 30 % a 40%, por 24h. Para ello puede ser necesario instalar un ambiente de pesaje y acondicionamiento de filtros con un sistema de aire acondicionado que mantenga estas condiciones ambientales con una variación no mayor a los ± 2 °C en temperatura y $\pm 5\%$ en humedad relativa. Los filtros deben ser conservados en cajas Petri que se mantienen abiertas durante la ambientación del filtro. En caso de no contar con sistemas de acondicionamiento en una gaveta desecadora en la que se introduce un vaso de precipitación con una solución salina de manera de generar la humedad deseada. Esta misma solución puede, ser introducida en la encinta de la balanza para crear la misma humedad relativa.

La balanza que se utiliza para el pesaje debe ser calibrada al ser instalada y recalibrada por lo menos una vez al año. Antes de cada operación de pesado se deben pesar una masa patrón con un peso similar a los filtros a pesar, con estos valores se debe construir una carta de control para la balanza que permita verificar el estado de la balanza antes de cada operación de pesaje. Si la carta indica una desviación fuera de los límites aceptables, es necesario recalibrar la balanza.

8.2 Pesaje de los filtros

Para el pesaje de los filtros es necesario manipulados con pinzas de material inerte que no dejen residuos sobre el filtro, no se debe tocar el filtro con los dedos. También es necesario evitar la acumulación de cargas eléctricas, estas cargas estáticas pueden provocar un funcionamiento no apropiado de las balanzas eléctricas; para ello se recomienda utilizar un brazaletes que permita eliminar las cargas estáticas del operador.

Verificar que la balanza funciona correctamente, mediante una masa patrón y la carta de control de la balanza. Si la balanza no funciona correctamente, se debe recalibrarla, y verificar que se ha subsanado el problema. Con el mismo propósito se puede pesar un filtro previamente ambientado que será conservado en el laboratorio, en una caja petri, en las condiciones de ambientación utilizadas para todos los demás filtros. Este filtro debe ser pesado antes de cada operación de pesado de filtros y su peso debe ser controlado mediante una carta de control sobre los últimos 10 valores, si la variación sobrepasa los límites establecidos en la carta (normalmente $\pm 3\%$), es necesario recalibrar la balanza. Es normal que el peso de este filtro aumente con el tiempo, pero no deberá sobrepasar los límites establecidos en la carta de control. La variación del peso del filtro en blanco (ΔP_b) se utilizara después en el cálculo de la masa de partículas recolectadas (véase 8.5).

Para el pesaje de los filtros se recomienda seguir las instrucciones de la balanza. Se debe pesar los filtros 3 veces la repetición del pasaje de un filtro se debe hacer después de haber pesado todos los filtros de una ronda de muestreo. Si la diferencia de dos valores e un mismo filtro sobrepasa 3 veces la precisión de la balanza es necesario repetir la operación de pesado de filtro.

Si los filtros son ambientados en un desecador, el tiempo de la operación de pesado no debe tomar más de 1 min por cada filtro, desde el momento en que el filtro es retirado del desecador. Los filtros deben ser mantenidos todo el tiempo dentro del desecador cerrado y con control interno de la temperatura y la presión.



En cada operación de pesado; antes y después de la exposición de los filtros, se debe registrar la temperatura y la humedad al interior del desecador o en el ambiente climatizado en el que se ambientan los filtros y la presión ambiente. Los filtros pesados se instalan en el portafiltro siguiendo las instrucciones del fabricante del Impactador de Harvard. Los filtros deben transportarse siempre en cajas petri, e vidrio o plástico, limpios y secos. Cada filtro debe tener una codificación única que permita identificarlo sin ambigüedad.

Los filtros deben ser pesados en un periodo no mayor a 30 días antes y después de la exposición.

8.3 Exposición y recolección de los filtros para material particulado

La caseta que resguarda los equipos del sistema de medición de partículas debe ser instalada en un lugar abierto, lejos de objetos que obstruyan el flujo de aire. La la entrada del Impactador debe estar a 1.8 m a 2.2 m por encima del nivel del suelo. Si se tienen varios equipos de muestreo en un mismo sitio la entrada de la toma de aire de los equipos debe estar a una distancia mínima de 1 m. el sitio en que se instale el Impactador debe contar con una fuente de energía eléctrica confiable y ser accesible en todo momento para las operaciones de mantenimiento y cambio de filtros.

Antes de recoger un filtro expuesto, se debe inspeccionar el sitio de muestreo para detectar cualquier irregularidad como fuentes esporádicas de emisión de partículas (obras civiles eventuales, mantenimiento de vías, equipos pesados, etc.). También se debe inspeccionar el equipo de muestreo para detectar cualquier irregularidad o defecto de funcionamiento (cortes de energía eléctrica, defectos en la conexión de los equipos, tiempo de funcionamiento no cumplido, vandalismo, etc.).

Para retirar el filtro expuesto, desarmar el Impactador Harvard y retirar e filtro utilizando las pinzas. Guardar el filtro expuesto en una caja petri. Limpiar las placas de impactación con alcohol, dejar secar y colocar una gota de aceite de silicona en la cara porosa de la placa (no colocar más de una gota pues el exceso puede contaminar con aceite el Impactador durante el muestreo). Colocar el nuevo filtro en el Impactador y rearmarlo siguiendo las instrucciones del fabricante.

Una vez que el Impactador está armado, se mide el flujo de aire a la entrada del Impactador, para esto es necesario contar con un adaptador. Para las medidas de PM_{10} el flujo debe ser de $4 \text{ l/min} \pm 0.2 \text{ l/min}$. Si el flujo no es el correcto (generalmente es menor al estipulado), el Impactador dejara pasar una mayor proporción de partículas y los valores medidos serán mayores a los reales. En este caso verificar quela bomba este funcionando correctamente o reemplazar el regulador de flujo por uno en buen estado; es posible que el orificio del regulador de flujo se haya obstruido y es necesario limpiarlo en el laboratorio. Otro posible problema es la presencia de fugas en las conexiones. La medición se debe realizar solo una vez que se haya corregido el problema.

Si la concentración de partículas es muy elevada, es posible que el flujo de muestreo disminuya a medida que el filtro se colmata. Para verificar esta situación, medir el flujo antes de retirar el filtro expuesto. Si el flujo es menor a 3.8 l/min , verificar que la disminución del flujo se debe a la colmatación del filtro cambiando el filtro por uno nuevo y midiendo el flujo nuevamente, el flujo debería estar dentro del rango estipulado al cambiar el filtro. En caso de que la reducción de flujo se deba a la colmatación del filtro, se recomienda realizar el muestreo prendiendo y apagando la bomba por periodos intermitentes de 30 min a 1h. para esta operación puede ser necesario un sistema de control automático de encendido y apagado de la bomba de esta manera se reducirá la



cantidad de partículas colectadas y por ende la colmatación del filtro, pero se tendrá una muestra significativa de la concentración de partículas sobre el periodo considerado.

Una vez verificado flujo y las características del sitio, se programa el sistema de encendido de la bomba para que accione la bomba el día y la hora deseada por el periodo deseado. Lo usual es hacer medidas por un periodo de 24h empezando a las 0 horas del día y terminado a las 0 horas del día siguiente ± 1 h

8.4 Manejo de los filtros recolectados en el laboratorio

Una vez recolectados, los filtros deben ser conservados en cajas petri limpias y secas. Se debe ambientar el filtro expuesto en las mismas condiciones de temperatura y humedad (véase 8.1). Después de la ambientación el filtro debe ser pesado siguiendo el procedimiento descrito en el punto 8.2. Los filtros pueden conservarse refrigerados por un tiempo máximo de 30 días, antes de pesarlos.

Después de pesarlos, los filtros pueden ser conservados para análisis específicos posteriores, en un ambiente seco, a una temperatura igual o menor a -20°C , en una caja de petri con el código del filtro, teniendo el cuidado de conservar la cara que colecta las partículas hacia arriba.

8.5 Calculo de la concentración de partículas PM_{10}

La concentración de las partículas con diámetro de corte menor a $10\mu\text{m}$ ($C_{\text{PM}_{10}}$) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_{\text{PM}_{10}} = \frac{M}{V}, \text{ en } [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

Donde:

M es la masa de las partículas recolectadas en el filtro en μg

V es el volumen de aire muestreado en m^3

A su vez estos valores se calculan mediante las siguientes formulas:

$$M = P_f - P_i - \Delta P_b$$

Donde:

P_f es el peso del filtro después de la exposición

P_i es el peso del filtro antes de la exposición

ΔP_b es el cambio de peso del filtro en blanco

$$V = \frac{(F_i + F_f)}{2} \frac{t}{1000}$$

Donde:

F_f es el flujo al final de la exposición del filtro en l/min



F_i es el flujo al inicio de la exposición del filtro en l/min

t es el tiempo de exposición del filtro en min

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Air quality guidelines for Europe WHO Regional publications. European Series N^o 23. 1987.
- [2] Alley, R y Associates, Inc, 2001. Manual de la calidad de aire. Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. de México, D.F.
- [3] Henry, J.K.; Heinke, G.W.A 2000. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Prentice Hall Mexico.
- [4] Informe anual 2006 – Red de Monitoreo de la calidad de aire –RED MONICA. M. Lujan Coordinador. Cochabamba mayo 2006.
- [5] ISO 7708:1995 Air Quality. Particle size fraction definitions for health-related sampling.
- [6] OMS, Organizacion Mundial de Salud. 2000. Guidelines for. Air Quality. Publicado por la OMS. Ginebra, Suiza. Documento disponible en <http://www.who.int/peh/>.
- [7] UNEP/WHO 1994. GEMS/AIR Methodology Reviews Vol. 3. Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air. WHO/EOS/94.3 UNEP/GEMS94.A.4. UNEP Nairobi.
- [8] WHO, World Health Organization. WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005. Bonn – Alemania. Octubre de 2005.



ANEXO 9

RESOLUCION 0601 DE 2006

(Abril 04)

Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

LA MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,

en ejercicio de sus funciones legales, en especial las conferidas por el artículo 5º de la Ley 99 de 1993, los artículos 6º, 10 y 12 del Decreto 948 de 1995 y del Decreto 216 de 2003, y

CONSIDERANDO:

Que corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de acuerdo con los numerales 10, 11 y 14 del artículo 5º de la Ley 99 de 1993, determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional;

Que de conformidad con los artículos 6º, 10 y 12 del Decreto 948 de 1995, corresponde a este Ministerio establecer la norma nacional de calidad del aire, o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia y establecer la concentración y el tiempo de exposición de los contaminantes para cada uno de los niveles de prevención, alerta y emergencia;

Que en mérito de lo expuesto,

Ver la Resolución del Min. de Ambiente 650 de 2010

RESUELVE:

CAPITULO I

Disposiciones generales y definiciones

Artículo 1º. Objeto. La presente resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.

Artículo 2º. Definiciones. Para efectos de la correcta aplicación del presente acto administrativo, se adoptan las definiciones contenidas en el Anexo 1, el cual hace parte integral de esta resolución.

Artículo 3º. De la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión. La presente resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, en la cual se desarrollan los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera; los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción



de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación, norma aplicable a todo el territorio nacional.

CAPITULO II

Niveles máximos permisibles en el aire

Artículo 4º. *Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio.* Modificado por el art. 2, Resolución del Min. de Ambiente 610 de 2010. Se establecen los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, contemplados en la Tabla N° 1 de la presente resolución, los cuales se calcularán con el promedio geométrico para PST y aritmético para los demás contaminantes:

TABLA N° 1

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES CRITERIO

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
O ₃	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO	ppm (mg/m ³)	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota: mg/m³ o $\mu\text{g}/\text{m}^3$: a las condiciones de 298,15°K y 101,325 KPa. (25°C y 760 mm Hg).

Parágrafo 1º. El límite máximo permisible anual de PM10 en el año 2009 será 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el año 2011 será 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Parágrafo 2º. Las autoridades ambientales competentes, deberán iniciar las mediciones de PM 2.5, cuando por las concentraciones de PST y PM10, por mediciones directas de PM 2.5 o por medio de estudios técnicos, identifiquen probables afectaciones a la salud humana. Para tal efecto, tomarán como valor guía los estándares de la EPA (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual a partir de la media aritmética y de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración diaria).

Parágrafo 3º. Las autoridades ambientales competentes que a la fecha estructuran sus redes con base en medidores PST podrán mantenerlos y tendrán hasta el año 2011 para implementar la medición de PM10 en las estaciones que por requerimientos del diseño de la red sean necesarias.



Parágrafo 4º. Las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de los contaminantes criterio relacionados en el presente artículo, de acuerdo con los procedimientos, frecuencias y metodología establecidas en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, el cual será elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam.

Artículo 5º. Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales y umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos. Modificado por el art. 3, Resolución del Min. de Ambiente 610 de 2010. En la Tabla N° 2 del presente artículo se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos, y en la Tabla N° 3 los umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos.

TABLA N° 2

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES NO CONVENCIONALES CON EFECTOS CARCINOGENICOS

Contaminante no Convencional	Límite máximo Permissible	Tiempo de exposición
Benceno	5 mg/m ³	1 año
Plomo y sus compuestos	0,5 mg/m ³	1 año
	15 mg/m ³	3 meses
Cadmio	5x10 ⁻³ mg/m ³	1 año
Mercurio	1 mg/m ³	1 año
Hidrocarburos totales expresado como Metano	1,5 mg/m ³	4 meses
Tolueno	260 mg/m ³	1 semana
	1000 mg/m ³	30 minutos
Vanadio	1 mg/m ³	24 horas

TABLA N° 3

PRINCIPALES SUSTANCIAS GENERADORAS DE OLORES OFENSIVOS -UMBRALES-

Contaminante	Umbral	
	ppm (volumen)	µg/m³
Acetaldehído (C ₂ H ₄ O)	0.21	380
Ácido Butírico (C ₄ H ₈ O ₂)	0.001	3.6
Amoniaco (NH ₃)	0.05	14.5
Clorofenol (C ₂ H ₅ ClO)	0.00003	0.1
Dicloruro de azufre (S ₂ Cl ₂)	0.001	5.5
Etil mercaptano (C ₂ H ₅ SH)	0.0002	0.5
Etil acrilato (C ₅ H ₈ O ₂)	0.00047	2
Estireno (C ₈ H ₈)	0.047	200
Monometil amina (CH ₅ N)	0.021	27
Metil mercaptano (CH ₃ SH)	0.002	3.9
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	0.0047	4.5
Propil mercaptano (C ₃ H ₈ S)	0.007	2.2
Butil mercaptano (C ₄ H ₁₀ S)	0.0007	0.26
Sulfuro de dimetilo (C ₂ H ₆ S)	0.002	3.8



Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

0.005

7.0

Parágrafo. Dependiendo de las actividades que se desarrollen en el área de su jurisdicción, las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones, con el fin de identificar las concentraciones de contaminantes no convencionales -Tabla N° 2, y las de aquellas sustancias previstas en la Tabla N° 3 que generan olores ofensivos -umbrales de olor.

Como guía para la autoridad ambiental competente, el Anexo 2 de la presente resolución, contiene las actividades y procesos industriales susceptibles de generar contaminantes no convencionales de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional, CIIU, Revisión 3, adaptada para Colombia.

CAPITULO III

Procedimientos de medición de la calidad del aire

Artículo 6º. *Procedimientos de medición de la calidad del aire.* Modificado por el art. 4, Resolución del Min. de Ambiente 610 de 2010. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, adoptará a nivel nacional el Protocolo del Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, el cual será elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam, dentro de los seis (6) meses siguientes a la publicación de la presente resolución. Dicho protocolo contendrá las especificaciones generales para la ubicación y el diseño de Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire, para lo cual tendrá en cuenta las condiciones meteorológicas, geográficas, actividades económicas, infraestructura de transporte, población y en general todos aquellos factores que incidan en la calidad del aire y la salud de las poblaciones; las técnicas de muestreo de cada uno de los contaminantes convencionales; la periodicidad y condiciones para el monitoreo; los recursos necesarios para el montaje, operación y seguimiento de estaciones; el índice nacional de calidad del aire y la definición de indicadores para el monitoreo de la calidad del aire, entre otras. El Protocolo será de obligatorio cumplimiento.

Parágrafo. Mientras este Ministerio adopte el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire, se seguirán los procedimientos establecidos por la USEPA.

Ver la Resolución del Ministerio de Ambiente 650 de 2010

Artículo 7º. *Mediciones de calidad del aire realizadas por terceros.* Las mediciones de calidad del aire realizadas por terceros, a solicitud del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o de las autoridades ambientales competentes, deberán estar de acuerdo con lo establecido en el Protocolo del Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire.

Artículo 8º. *Mediciones de calidad del aire por las autoridades ambientales.* Modificado por el art. 5, Resolución del Min. de Ambiente 610 de 2010. Las autoridades ambientales competentes están obligadas a realizar mediciones de calidad del aire en el área de su jurisdicción, de conformidad con lo consagrado en la presente resolución.

Parágrafo 1º. Cuando las concentraciones de contaminantes al aire puedan generar problemas a la salud de la población, las autoridades ambientales competentes informarán a las autoridades de salud, para que tomen las medidas a que haya lugar. Igualmente, la autoridad ambiental competente deberá contar con los equipos, herramientas y personal necesarios para mantener un monitoreo permanente que le permita determinar el origen de los mismos, diseñar programas de reducción de contaminación que incluya las medidas a que haya lugar para minimizar el riesgo sobre la salud de la población expuesta.



Parágrafo 2º. Las autoridades ambientales competentes están obligadas a informar al público sobre la calidad del aire de todos los parámetros e indicadores establecidos, presentando sus valores, su comparación con los niveles máximos permisibles, su significado y sobre el medio ambiente en el área de influencia. Esta información deberá ser difundida por lo menos cada tres (3) meses a través de los medios de comunicación para conocimiento de la opinión pública.

CAPITULO IV

Programas de reducción de la contaminación

Artículo 9º. *Elaboración de los programas de reducción de la contaminación.* Para la elaboración de los programas de reducción de la contaminación, las autoridades ambientales competentes en el área de su jurisdicción, que de acuerdo con las mediciones de calidad del aire, hayan clasificado una zona, localidad, comuna o región de su jurisdicción como área-fuente de contaminación de acuerdo con lo establecido en el artículo 108 del Decreto 948 de 1995, deberán identificar el contaminante o contaminantes que exceden la norma de calidad del aire.

En las zonas en donde se excedan las normas de calidad del aire, la autoridad ambiental competente, con la participación de las entidades territoriales, autoridades de tránsito y transporte, de salud y del sector empresarial, deberá elaborar un programa de reducción de la contaminación, identificando acciones y medidas que permitan reducir los niveles de concentración de los contaminantes a niveles por debajo de los máximos establecidos. Las acciones y medidas a aplicar estarán dirigidas hacia los siguientes puntos y demás que la autoridad competente considere:

- Modernización del parque automotor.
- Reforzamiento de los programas de seguimiento al cumplimiento de la normatividad para fuentes fijas y móviles.
- Ampliación en cobertura de áreas verdes.
- Control a la resuspensión de material particulado.
- Reconversión de vehículos a combustibles más limpios.
- Integración de políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire.
- Prevención a la población respecto a la exposición a niveles altos de contaminación.
- Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico.
- Programas de ordenamiento del tráfico vehicular, semaforización y ordenamiento vial.
- Pavimentación de calles y avenidas.
- Cobertura y reforestación de áreas afectadas por la erosión.
- Programas de mejoramiento del espacio público.
- Promover el uso de combustibles limpios.
- Establecimiento de pautas para la planeación del territorio, teniendo en cuenta el comportamiento y dispersión de los contaminantes monitoreados.
- Programas de fiscalización y vigilancia.
- Mejoramiento o implementación de sistemas de control ambiental de las industrias.

Parágrafo. Para la elaboración y desarrollo de los programas para el mejoramiento de la calidad del aire, las autoridades ambientales competentes en el área de su jurisdicción se asegurarán de contar con la participación, colaboración y consulta de las autoridades territoriales, las autoridades de tránsito y transporte, de salud y de la participación del sector empresarial y de otras entidades o instituciones que por la naturaleza de sus funciones o de su relación con la problemática y según las acciones a realizarse, así lo ameriten.

CAPITULO V



Niveles de prevención, alerta y emergencia

Artículo 10. *Declaración de los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire.* Modificado por el art. 6, Resolución del Min. de Ambiente 610 de 2010. La concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de Prevención, Alerta y Emergencia, se establecen en la Tabla N° 4 de la presente resolución.

TABLA N° 4

CONCENTRACION Y TIEMPO DE EXPOSICION DE LOS CONTAMINANTES PARA LOS NIVELES DE PREVENCION, ALERTA Y EMERGENCIA

Contaminante	Tiempo de Exposición	Unidades	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	µg/m ³	375 µg/m ³	625 µg/m ³	875 µg/m ³
PM10	24 horas	µg/m ³	300 µg/m ³	400 µg/m ³	500 µg/m ³
SO ₂	24 horas	ppm (µg/m ³)	0.191 (500)	0.382 (1.000)	0.612 (1.600)
NO ₂	1 hora	ppm (µg/m ³)	0.212 (400)	0.425 (800)	1.064 (2.000)
O ₃	1 hora	ppm (µg/m ³)	0.178 (350)	0.356 (700)	0.509 (1.000)
CO	8 horas	ppm (mg/m ³)	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

Nota: mg/m³ o µg/m³: a las condiciones de 298,15°K y 101,325 KPa. (25°C y 760 mm Hg).

Parágrafo. Cuando en un mismo sitio de monitoreo y en los mismos horarios se estén realizando mediciones de PST y de PM10, prevalecerán las concentraciones de PM10 para declarar los niveles de prevención, alerta y emergencia.

Artículo 11. *Terminación de los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire.* Para levantar la declaratoria de los niveles de que trata el artículo 10 de la presente resolución y las medidas para la atención de estos episodios, la concentración del contaminante o contaminantes que originaron la declaratoria del nivel, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles en el aire establecidos en la Tabla N° 1 de la presente resolución, para veinticuatro (24) horas en el caso de PST, PM10 y SO₂, para una (1) hora en el caso de NO₂ y O₃ y para ocho (8) horas en el caso de CO.

Artículo 12. *Aplicación del principio de rigor subsidiario.* Las diferentes autoridades ambientales competentes, podrán dar aplicación al principio de rigor subsidiario de conformidad con lo consagrado en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993.

Artículo 13. *Sanciones.* En caso de violación a las disposiciones ambientales contempladas en la presente resolución, las autoridades ambientales competentes impondrán las medidas preventivas y sanciones previstas en el artículo 85 de la Ley 99 de 1993 y sus disposiciones reglamentarias, o las que las modifiquen o sustituyan, sin perjuicio de las demás acciones a que haya lugar.

Artículo 14. *Anexos.* Los anexos 1 y 2 a que alude el presente acto administrativo, hacen parte integral de la presente resolución.

Artículo 15. *Vigencia.* La presente resolución rige tres (3) meses después de su publicación en el *Diario Oficial* y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.



Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 4 de abril de 2006.

La Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,

Sandra Suárez Pérez.

NOTA: Publicado en el Diario Oficial 46232 de Abril 05 de 2006.

Los anexos pueden ser consultados en el medio impreso del Diario Oficial referido.





NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993. "SALUD AMBIENTAL. CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE, CON RESPECTO A LAS PARTICULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM10). VALOR PERMISIBLE PARA LA CONCENTRACION DE PARTICULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM10) EN EL AIRE AMBIENTE, COMO MEDIDA DE PROTECCION A LA SALUD DE LA POBLACION".

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

FILIBERTO PEREZ DUARTE, Director General de Salud Ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 8o. fracción IV y 25 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

0. Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, señala que la contaminación atmosférica ha sido producto del proceso de la industrialización, así como de las grandes concentraciones urbanas, primordialmente por la emisión de humos, polvos y gases provenientes de fuentes móviles y fijas. Para prevenir, restablecer y mantener la calidad de aire, se realizarán acciones para reducir la emisión de contaminantes.

La Ley General de Salud, contempla que en materia de Efectos del Ambiente en la Salud, las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente, así como determinar, para los contaminantes atmosféricos, los valores de concentración máxima permisible para el ser humano.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, señalan que la calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y regiones del país, y que la Secretaría de Desarrollo Social, expedirá, en coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana, las normas oficiales mexicanas correspondientes, especificando los niveles permisibles de emisión e inmisión por contaminante y por fuente de contaminación, de acuerdo con el reglamento respectivo.

El Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994 dicta que en materia de Protección al Ambiente se cuente con los conocimientos científicos y técnicos que permitan incorporar en los procesos productivos, tecnologías que reduzcan al mínimo el impacto sobre el medio ambiente, así como definir e incluir criterios ecológicos para regular y optimizar las actividades productivas.

Las partículas suspendidas son producto de una gran cantidad de procesos naturales o antropogénicos y consecuentemente el riesgo que constituyen, depende de algunas de sus múltiples características.

Se les considera capaces de bloquear los mecanismos de defensa del aparato respiratorio, a nivel de vías aéreas superiores y alveolos.



Por su contenido de metales pesados, si es el caso, dan lugar a los cuadros específicos correspondientes.

Se asocian con mucha frecuencia con elementos ácidos con los que se sinergiza su efecto dañino potencial y finalmente pueden acarrear elementos biológicos que van desde pólenes hasta bacterias, hongos y virus.

El riesgo sanitario lo constituyen aparte de su concentración, tiempo de exposición y sus características físicas; los individuos susceptibles por excelencia son aquellos que son portadores de una enfermedad respiratoria crónica que haya dado lugar principalmente a daños del sistema mucociliar.

Las fuentes emisoras de partículas son tanto naturales, como antropogénicas, por la quema de combustibles fósiles en vehículos y procesos industriales; además, las partículas también se pueden formar a partir de gases.

Los vapores de los metales pesados tienden a condensarse sobre la superficie de las partículas. Por otro lado, pueden servir como núcleos de condensación del agua y de otros vapores con lo cual se producen microgotas, en las que pueden ser transportados gases higroscópicos, aumentando el efecto agresor de las partículas.

Su tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad. Las partículas que miden más de 10 micrómetros se retienen básicamente en las vías respiratorias superiores. Las que miden menos de 10 micrómetros predominan en la fracción respirable y penetran hasta el espacio alveolar del pulmón.

Las partículas menores de 10 micrómetros tienen un efecto indirecto sobre el aparato respiratorio, pues adsorben agentes microbiológicos (virus, bacterias, hongos, pólenes, etc.) en su superficie y los transportan al pulmón.

Los valores criterio de calidad del aire, establecen límites sobre concentraciones de diversos contaminantes, con base en la protección de la salud de la población, iniciando con la más susceptible, y son parámetros de vigilancia de la calidad del aire ambiente. Establecen la referencia para la formulación de programas de control y evaluación de los mismos.

1 Objetivo y campo de aplicación

1.1 Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece el valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente.

1.2 Campo de aplicación

Aplicable en todo el territorio mexicano.

Aplicable en las políticas de saneamiento ambiental en lo referente a la salud humana.

Aplicable en actividades o situaciones ambientales que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas.



Aplicable para el desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por partículas menores de 10 micras.

2. Referencias

Esta Norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas que determine la Secretaría de Desarrollo Social para establecer los métodos de medición para determinar la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

3. Definiciones

3.1 Aire ambiente

Atmósfera en espacio abierto

3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Microgramos por metro cúbico

4. Especificaciones

La concentración de partículas menores de 10 micras, como contaminantes atmosféricos, no deben rebasar el límite permisible de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en 24 horas una vez al año y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

5. Métodos de prueba

Los que determine la Secretaría de Desarrollo Social para establecer los métodos de medición para determinar la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

6. Concordancia con normas internacionales

40 CFR PART 50-National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards.

50.6 National primary and secondary ambient air quality standards for particulate matter.

7. Bibliografía

Sulfur Dioxide and Particulate Matter. Air Quality Guidelines for Europe. WHO regional publications. European series; No. 23 ISBN 92-890-1114-9, 338-360, 1987.

U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume I report No. EPA 600/8-82-029 a.



U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume II report No. EPA 600/8-82-029 b.

U.S. Environmental Protection Agency (1982) Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA Volume III report No. EPA 600/8-82-029 c.

U.S. Environmental Protection Agency (1986) Second Addendum to Air Quality Criteria Document for Particulate Matter and Sulfur Oxides (1982): Assessment of Newly Available Health Effects Information. Research Triangle Park, N.C. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office; EPA report No. EPA 600/8-86-020 F.

Efectos del ambiente en la salud. Capítulo IV, Ley General de Salud, D.O.F. Febrero de 1984, 56-57.

Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. D. O. F. Mayo de 1989, 56-57.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. D.O.F. Enero de 1988.

Rivero S.O. y Cols. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria. Biblioteca de la Salud. 1993.

Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell. WHO/UNEP.

C. Arden PC; Schwartz J; Ransom RM. Daily Mortality and PM10 Pollution in Utah Valley. Arch-Environ-Health. 1992 May/June 47(3): 211-217

Dockery WD; Schwartz J; Spengler D. Air Pollution and Dially Mortality: Associations with Particulates and Acid Aerosols. Environ-Res. 1992 59 : 362-373.

Fairley D. The Relationship of Daily Mortality to Suspended Particulates in Santa Clara Country, 1980-1986. Environ-Health-Perspect. 1990 89:159-168.

8. Observancia de la Norma

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia para las autoridades federales y locales, que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección a la salud de la población.

Dentro del plazo de 180 días naturales posteriores a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana, los gobiernos de las entidades federativas propondrán los planes para la verificación, seguimiento y control de los valores establecidos.

Las autoridades competentes, en el ámbito de sus atribuciones, vigilarán la observancia de la presente Norma Oficial Mexicana.



La revisión de la presente Norma Oficial Mexicana deberá realizarse con periodicidad trianual.

9. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio, al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 18 de agosto de 1994.- El Director General de Salud Ambiental, Filiberto Pérez Duarte.- Rúbrica.

Fecha de publicación: 23 de diciembre de 19

