

## **5. AIRE Y RUIDO**

### **5.1. Introducción**

El presente capítulo está basado principalmente en la “Guía para la elaboración de estudios del medio físico” publicada por el Ministerio del Medio Ambiente de España (Tercera edición, 2006; 917 págs.) y en el libro denominado Manual De Estudios Ambientales para la Planificación y los Proyectos de Desarrollo, del Dr. Antonio Milán, Nicaragua, 2004.

El mismo no pretende constituirse en un específico ni de consulta para descripciones detalladas de los tópicos por tratar, sino que presenta una guía de los tópicos mismos que deben ser cubiertos por diversos estudios aplicados a trabajos medioambientales, elaborados por expertos en la materia. Por eso, en cada punto se refiere a los aspectos fundamentales y luego remiten al lector a una serie de textos básicos y especializados asequibles en nuestro medio librero y bibliotecario, así como otras fuentes de consulta adicional.

### **5.2. Descripción del medio**

Las consecuencias de la contaminación del aire, pueden detectarse no sólo en las inmediaciones de centros industriales o zonas urbanas. Debido a las características de los propios contaminantes y de la atmósfera como medio difusor de la contaminación, los contaminantes atmosféricos son dispersados, mezclados y transportados y pueden experimentar reacciones químicas y transformaciones físicas de tal manera que sus efectos pueden tener lugar no solamente en las proximidades de los focos emisores, sino que con frecuencia son transportados a distancias considerables y afectan la calidad del aire y la depositación de contaminantes en zonas muy alejadas.

El destino de los contaminantes transportados por el aire, viene determinado primordialmente por la altura en la que se produce la emisión de las condiciones meteorológicas dominantes. En función de ello, la escala de las pautas de distribución y los efectos podrán ser locales (hasta unas pocas

decenas de kilómetros), regionales (hasta varios centenares de kilómetros), continentales (algunos miles de kilómetros o mundiales. Las concentraciones de contaminantes atmosféricos varían mucho con el tiempo (diariamente, semanalmente, estacionalmente) y en el espacio.

Así como en el caso de la contaminación de origen industrial la problemática puede ser muy variada en función del tipo de fuentes y características de las emisiones, en el caso de la contaminación urbana puede afirmarse que, especialmente en los países con mayor desarrollo económico, ha cambiado la importancia relativa de las distintas sustancias contaminantes y sus fuentes. Actualmente las principales fuentes de contaminación mundial son el tránsito de vehículos y la quema de combustibles fósiles, mientras que en el pasado eran la combustión de carbón y otros combustibles con elevado contenido de azufre y focos industriales.

La salud humana puede verse afectada seriamente por la presencia en el aire de material particulado en suspensión, ozono, dióxido de nitrógeno, contaminantes orgánicos y metales pesados, dependiendo de las concentraciones y duración de la exposición a niveles de alta contaminación. Los óxidos de azufre, nitrógeno y amoníaco emitido por diversas fuentes pueden dar lugar a procesos de acidificación y eutrofización que pueden afectar a otros medios como las aguas, los suelos y los ecosistemas.

También pueden verse afectados por la contaminación los cultivos agrícolas que pueden sufrir importantes daños por exposición a elevadas concentraciones de ozono y no debe olvidarse el deterioro de materiales y monumentos histórico-artísticos debido a la contaminación atmosférica.

Asimismo existe un amplio consenso científico sobre que el aumento de la concentración de la atmósfera de algunos gases como son los llamados de efecto invernadero que está provocando alteraciones en el clima del planeta. Las emisiones de gases efecto invernadero producidas como consecuencia de las actividades humanas han sido muy elevadas a partir de la revolución industrial, incrementándose su concentración en la atmósfera a una velocidad

mucho más rápida que en cualquier período histórico precedente, lo que puede dar lugar a modificaciones en el clima desconocidas hasta la fecha.

El diferente comportamiento de los contaminantes está en función de los tiempos de permanencia en la atmósfera que pueden variar entre varios días y años y así, algunos compuestos que tradicionalmente no han sido considerados contaminantes como es el caso de dióxido de carbono por no tener efectos directos sobre la salud o los ecosistemas, recibe una consideración especial en la actualidad por su potencial de calentamiento atmosférico. En el cuadro 5.1. se presentan los principales gases componentes de la atmósfera y su tiempo medio de permanencia, así como una estimación de su variación anual.

**Cuadro 5.1. Porcentaje promedio de los principales constituyentes atmosféricos en condiciones de aire limpio, con tiempos de permanencia y cambios relativos.**  
**Fuente: Agencia de Medio Ambiente (1995) en Guía para la elaboración de estudios del medio físico, España (2006).**

GASES	PORCENTAJE PROMEDIO	TIEMPO MEDIO DE PERMANENCIA	VARIACIÓN ANUAL (%)
Nitrógeno	78	10 <sup>6</sup> años	
Oxígeno	21	10 <sup>3</sup> años	
Argón	0,9		
Vapor de agua	Variable: 0-3	8-10 días	
Dióxido de carbono	0,035	50-200 años	+0,4
Metano	0,00017	7-10 años	+1 (bajando hasta 0,6)
Hidrógeno	0,00006		+0,6
Oxido nitroso	0,000033	130 años	+0,3
Monóxido de carbono	4-20. 10 <sup>6</sup>	0,4 años	+1-2
Ozono			
---Troposférico	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>5</sup>	Semanas-meses	+1,5
---Estratosférico	10 <sup>-5</sup> -5. 10 <sup>-5</sup>	meses	-0,5
Amoniaco	10 <sup>-8</sup> – 10 <sup>-6</sup>	3 días	
Dióxido de azufre	10 <sup>-7</sup> -5. 10 <sup>-5</sup>	3 días	
Oxidos de nitrógeno	10 <sup>-8</sup> -5. 10 <sup>-5</sup>	3 días	
CFC (Freones)	10 <sup>-7</sup>	50-150 años	+5-10
PAN	10 <sup>-7</sup> -5. 10 <sup>-6</sup>		
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	10 <sup>-5</sup> -5. 10 <sup>-4</sup>		

### 5.3. Legislación

Dentro de la legislación existente, se debe cumplir con diferentes normas establecidas en Decretos Ejecutivos que especifican no sólo la normativa de emisiones, también el establecimiento de monitoreos, estaciones de muestreo y recomendaciones para medidas de mitigación.

Al respecto se presentan los Decretos Ejecutivos números: 30221-S y el N° 30222-S-MINAE que establecen el Reglamento sobre Inmisiones de contaminantes atmosféricos y el de Emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de Caldera, así mismo se incluye la guía para la elaboración de los reportes operacionales para calderas:

#### 5.3.1. Decreto Ejecutivo que define el Reglamento sobre inmisiones de contaminantes atmosféricos, Decreto Ejecutivo N° 30221-S

Establece en sus considerandos :

1°—Que el aire es un elemento indispensable para la vida y por lo tanto, su utilización debe estar sujeta a unas normas que eviten el deterioro de su calidad, de tal manera que se preserve su pureza dentro de unos límites que no perturben el desarrollo normal de los seres vivos sobre la tierra, ni atenten contra el patrimonio natural ni artístico de la humanidad.

2°—Que el incremento de la contaminación, principalmente en la Gran Área Metropolitana y zonas adyacentes, requiere de una acción urgente que logre su contención dentro de niveles máximos tolerables a fin de evitar perjuicios a la salud de la población y al ambiente.

3°—Que el potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las emisiones producidas por las actividades industriales, comerciales y de servicios, justifica la adopción de medidas de vigilancia y control más estrictas sobre la calidad del aire, niveles de emisión de sustancias contaminantes, calidad de los combustibles y carburantes utilizados, fabricación, reparación y homologación de motores, transformación de energía y otras fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes.

4º—Que el conocimiento, prevención y disminución del problema, requiere de un enfoque técnico-legal, que defina los correspondientes niveles máximos permitidos de Inmisión (calidad del aire), que le permitan a las autoridades sanitarias y de otras instituciones conocer, controlar, vigilar y tomar las medidas correctivas y preventivas correspondientes en caso de que se produzcan contingencias ambientales, según lo dispuesto en el artículo 61 de la Ley Orgánica del Ambiente, N° 7554, tendientes a proteger la salud pública y el ambiente.

5º—Que el Ministerio de Salud se encuentra en el proceso de instalación de una Red de Monitoreo de la Calidad del Aire para la Gran Área Metropolitana y otras ciudades principales del país, con el fin de proteger y prevenir la salud ambiental de sus ciudadanos, determinar los niveles de contaminación para los contaminantes principales y contrastar estos valores con los obtenidos en otras ciudades y países.

6º—Que por lo anterior, un Comité Técnico integrado por representantes del Ministerio de Salud, Ministerio del Ambiente y Energía, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Defensoría de los Habitantes de la República, Cámara de Industrias de Costa Rica, Universidad Nacional, Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica y Refinadora Costarricense de Petróleo, se abocó a la elaboración del presente Reglamento. **Por tanto,**

El contenido del Reglamento Reglamento Sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos incluye en sus capítulos específicos:

## CAPÍTULO I

### **Disposiciones generales**

Artículo 1º—**Objetivo.** Este Reglamento tiene por objeto establecer los valores máximos de inmisión del aire (calidad del aire), que deben regir para preservar y mantener la salud humana, animal o vegetal, los bienes materiales del hombre o de la comunidad y su bienestar, así como disponer las medidas correctivas cuando se sobrepasen los valores máximos de inmisión o se produzcan contingencias ambientales.

Para esos propósitos se establece la Red Nacional de Monitoreo de las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos, con el fin de

conocer la composición de la atmósfera para prevenir y en su caso disponer las medidas preventivas que se requieran.

Artículo 2º—**Órgano competente.** La aplicación de este Reglamento le corresponderá al Ministerio de Salud a través de sus órganos competentes. En el ejercicio de esas atribuciones le corresponderá:

1. La administración de las estaciones de muestreo de titularidad estatal, así como la inspección de las demás integradas en la Red.
2. Establecer la integración de la Red Nacional a efecto de lograr la homogeneidad técnica de las estaciones.
3. Fungir como órgano ejecutor y coordinador de las atribuciones establecidas en las presentes normas, de conformidad con la Ley General de Salud y la Ley Orgánica del Ministerio de Salud.

La Dirección de Protección al Ambiente Humano de dicho Ministerio sistematizará la información suministrada por la Red Nacional, a la que los ciudadanos tienen acceso y elaborará, anualmente, un estudio evolutivo de la contaminación atmosférica.

Artículo 3º—**Definiciones.** A los efectos del presente Reglamento se entiende por:

**Ácido clorhídrico (HCl):** Líquido transparente, incoloro o ligeramente amarillento, libera vapores o aerosoles con un olor picante. Los vapores irritan el sistema respiratorio causando laringitis, bronquitis, edema de glotis. Se conoce como ácido muriático.

**Ácido fluorhídrico (HF):** Es un producto líquido incoloro, fuertemente corrosivo, irritante y tóxico. Al contactar las mucosas, piel y ojos, sea líquido o vapor, puede causar quemaduras. Se utiliza en la industria del vidrio y cerámica y en la limpieza y acabado de metales.

**Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S):** Gas tóxico, irritante y asfixiante, con característico olor a huevo podrido, que se forma principalmente de la descomposición de materia orgánica en condiciones carentes de oxígeno y como producto de procesos industriales (refinado de petróleo, industria del cuero, aprovechamiento geotérmico, entre otros).

**Amoniaco (NH<sub>3</sub>):** Gas incoloro, ligeramente reactivo y oxidable. Ocurre en forma natural en el ambiente producto de la descomposición de

materia orgánica. Es irritante a las vías respiratorias superiores. Se emite de fábricas de fertilizantes, refinerías de azúcar y es utilizado como refrigerante, en el tratamiento de metales, la industria textil y en galvanoplastia.

**Ceniza:** Partículas sólidas finamente divididas resultantes del proceso de combustión de la materia orgánica arrastradas por el gas de la combustión. Estas partículas pueden contener combustible no quemado. Condiciones normales de presión y temperatura: 101,3 kPa (760 mm de Hg o una atmósfera) y 273,15 K (0° C).

Condiciones estándar de presión y temperatura: 101,3 kPa (760 mm de Hg o una atmósfera) y 298,15 K (25° C).

**Contaminantes Atmosféricos:** materias o formas de energía presentes en el aire con efectos nocivos para la salud de las personas, el ambiente o la vida silvestre.

**DPAH:** Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud.

**Dióxido de azufre:** *Gas incoloro con olor picante que al oxidarse y combinarse con agua forma ácido sulfúrico, principal componente de la lluvia ácida. Irrita los ojos y el tracto respiratorio. Reduce las funciones pulmonares y agrava las enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis crónica y el enfisema.*

**Dióxido de nitrógeno:** gas café rojizo de olor picante que al oxidarse y sufrir reacciones fotoquímicas se combina con agua y forma ácido nítrico y otros compuestos. Irrita los pulmones, agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

**Establecimiento Industrial:** Todo lugar descubierto o cubierto destinado a la transformación, manipulación o utilización de productos naturales, o a la elaboración, manipulación, transformación o utilización de productos artificiales mediante tratamiento físico, químico biológico, manualmente o por medio de máquinas o instrumentos. Quedan incluidos en tal consideración para los mismos efectos antes aludidos, los sitios destinados a recibir o almacenar los artefactos, instrumentos o utensilios, materiales y materias primas que se emplearán en las tareas

o faenas y todos los anexos de la fábrica o taller. Igualmente, se considerarán como tales las estaciones y terminales de transporte.

**Estación de muestreo y monitoreo:** Instalación física constituida por un conjunto de los equipos instrumentales necesarios para tomar las muestras y medir las concentraciones de los contaminantes del aire en un lugar determinado.

**Formaldehído:** Es el aldehído más común en el ambiente. Es un gas incoloro con un penetrante olor. Su producción y uso lo liberan fácilmente al ambiente. Se forma también como producto de las reacciones secundarias de hidrocarburos oxidados. También es un contaminante de ambientes internos, ya que muchos productos de uso doméstico lo contienen. Es irritante y afecta la función respiratoria.

**Hollín:** aglomeración de partículas de carbón producto de la combustión incompleta de la materia orgánica.

**Inmisión:** Nivel de concentración de los contaminantes en el aire expresado en  $\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{mg}/\text{m}^3$  ó  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

**Métodos de análisis:** Son los procedimientos analíticos que permiten determinar cualitativa y cuantitativamente la presencia en el aire de uno o más contaminantes especificados en el Capítulo II de este Reglamento.

**Métodos de cálculo:** Son aquellos procedimientos matemáticos que permiten evaluar la concentración de un determinado contaminante atmosférico y se especifican en el capítulo II de este Reglamento.

**Método de muestreo:** Conjunto de procedimientos necesarios para la toma de muestras que garanticen su representatividad.

**Monitoreo:** el muestreo sistemático que se efectúa mediante equipos automáticos, manuales o ambos.

**Monóxido de carbono:** Gas incoloro e inodoro producto de la combustión incompleta, que se combina con la hemoglobina para formar la carboxihemoglobina y puede llegar a concentraciones letales. La carboxihemoglobina afecta al sistema nervioso central provocando cambios funcionales, cardiacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte.

**Muestreo:** toma de muestras y de datos representativos de la composición y características del aire.

**Norma de Inmisión (Calidad del Aire):** Es un valor que determina los niveles permisibles de contaminantes en el aire, de acuerdo con sus variaciones de concentración en relación con el tiempo y que se establece para preservar y mantener la salud humana, animal o vegetal, los bienes materiales del hombre o de la comunidad y su bienestar.

**Ozono:** forma halotrópica del oxígeno, incoloro y gaseoso, que se produce en presencia de la luz solar, hidrocarburos, oxígeno y dióxido de nitrógeno. Oxida materiales no inmediatamente oxidables por el oxígeno gaseoso. Irrita los ojos y el tracto respiratorio. Agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

**Partículas:** cualquier material que existe en estado sólido o líquido en la atmósfera o en una corriente de gas en condiciones normales.

**Plomo:** metal pesado que se presenta en forma de polvo, aerosol o vapor. Se acumula en los órganos del cuerpo, causa anemia, lesiones en los riñones y el sistema nervioso central (saturnismo).

**Partículas Totales en Suspensión (PTS):** Abarca sólidos y líquidos divididos que pueden estar dispersos en el aire, provenientes de procesos de combustión, actividades industriales o fuentes naturales y cuyo diámetro aerodinámico es menor de 60 micrómetros.

**PM10:** *Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera cuyo diámetro es inferior o igual a 10 micrómetros. Se les conoce como partículas respirables porque tienen la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Su origen puede ser polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen.*

**Polvo:** partículas sólidas de un tamaño mayor que el coloidal, capaces de estar en suspensión temporal en el aire.

**Reducción a condiciones estándar de presión y temperatura:** El volumen de una muestra de aire queda establecido como resultado de aplicar la siguiente ecuación:

$$V_2 = V_1 * P_1/P_2 * T_2/T_1$$

en donde:

$V_2 =$  es el volumen de aire reducido a condiciones estándar,  $m^3$

V1 = es el volumen de aire leído por un medidor (contador), m<sup>3</sup>

P2 = es la presión atmosférica en condiciones estándar, kPa

P1 = es la presión atmosférica media en el intervalo de toma de muestras, kPa

T1 = es la temperatura media del aire en el intervalo de toma de muestras, K

T2 = es la temperatura del aire en condiciones estándar, K

**Método analítico de referencia:** Método de análisis y medición concreto para cada contaminante y que sirve de referencia y contraste para otras técnicas aplicables.

**Valores de referencia:** Son los valores de inmisión individualizados por contaminante y que en un periodo de exposición dado no deben sobrepasarse, con el fin de proteger la salud humana.

Artículo 4<sup>o</sup>—Símbolos. Para los efectos de interpretación y aplicación de este Reglamento, se entenderá por:

µg	=	microgramo
mg	=	miligramo
g	=	gramo
m <sup>3</sup>	=	metro cúbico
cm	=	centímetro
mm	=	milímetro
µm	=	micrómetro
°C	=	grado Celsius o grado centígrado
K	=	grado kelvin
min	=	minuto
nm	=	nanómetro
mL	=	mililitro
L	=	litro
kPa	=	kilopascal
atm	=	atmósfera
m/s	=	metros/segundo
ppm	=	partes por millón
ppb	=	partes por billón

## CAPÍTULO II

### De las normas de inmisión

Artículo 5<sup>o</sup>—Valores de referencia de Calidad del Aire. Las concentraciones de contaminantes no deberán ser superiores a los valores

máximos de inmisión que se anotan en la tabla siguiente. Los métodos de muestreo y de análisis deberán ser los anotados como Métodos de Referencia o alguno equivalente a criterio del Ministerio de Salud.

### NIVELES MÁXIMOS EN INMISIÓN

<b>Contaminante</b>	<b>Valor de Referencia</b>	<b>Método de Cálculo</b>	<b>Método de Muestreo</b>	<b>Método Analítico</b>
Partículas totales en suspensión (PTS)	90 g/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual	Alto volumen	Gravimetría
	240 ug/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas(*)		
Partículas menores o iguales a 10 micrómetros (PM10)	50 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético	Alto volumen	Gravimetría
	150 ug/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas (*)		
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	80 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual	Absorción (manual) o instrumental	Pararosanilina o método equivalente
	365µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas(*)	Absorción (manual) o instrumental	Pararosanilina o método equivalente
	1500 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en tres horas (*)	Absorción (manual) o instrumental	Pararosanilina o método equivalente
Monóxido de carbono (CO)	10 mg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en ocho horas	Instrumental (automático)	infrarrojo no dispersivo
	40 mg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en una hora	Instrumental (automático)	Infrarrojo no dispersivo
Dióxido de nitrógeno No <sub>2</sub>	100 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual	Absorción (manual) Instrumental (automático)	Quimiluminiscencia Colorimetría (método de Saltzman)
	400 ug/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en una hora (*)	Absorción (manual) Instrumental (automático)	Quimiluminiscencia Colorimetría (método de Saltzman)

Ozono O <sub>3</sub>	160 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en una hora	Instrumental (automático)	Absorción U.V. Quimiluminiscencia
Plomo Pb	0.5 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual	Alto volumen	Absorción atómica
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas	Absorción (manual) Instrumental (automático)	Hidróxido de Cadmio Colorimetría
Cloruro de Hidrógeno (HCl)	200 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas	Absorción (manual)	Cromatografía de iones Electrométrico
Fluoruro de Hidrógeno (HF)	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas	Absorción (manual)	Cromatografía de iones Electrométrico
Amoniac (NH <sub>3</sub> )	500 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético anual	Absorción (manual)	Colorimetría (azul de Indofenol) Electrométrico
	1000 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas (*)	Absorción (manual)	Colorimetría (azul de Indofenol) Electrométrico
Formaldehído (CH <sub>2</sub> O)	35 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 24 horas	Absorción (manual)	Colorimetría Cromatografía líquida de alta presión (HPLC) por U.V.
Hidrocarburos Totales Expresados como metano (CH <sub>4</sub> )	160 µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético en 3 horas	Absorción (manual)	Instrumental (automático) Cromatografía de gases (detector de ionización de llama, FID)

(\*) Sin sobrepasar este valor más de una vez al año.

Artículo 6<sup>o</sup>—**Representatividad de las Estaciones de Muestreo.** El emplazamiento de las estaciones de muestreo se ajustará a las siguientes disposiciones:

1. Deberán situarse las estaciones cercanas a zonas industriales o bien en núcleos urbanos con alta densidad de tráfico vehicular.

2. Las estaciones de vigilancia de ozono deberán ubicarse vientos abajo de las emisiones de hidrocarburos y alejadas de zonas con alta emisión de NO/NO<sub>2</sub>.
3. Deberán situarse estaciones urbanas con medida de NO/NO<sub>2</sub> y CO en puntos representativos de la ciudad en donde predomine la influencia de la contaminación debida al automóvil y en particular, en calles encajonadas con fuerte densidad de tráfico y los puntos de cruce principales.
4. En zonas rurales se ubicarán las estaciones vientos abajo de las grandes áreas emisoras.
  5. El CO no debe medirse en zonas rurales.
  6. Zonas Prioritarias de Medida
    - 6.1. Áreas con alta densidad de emisión.
    - 6.2. Áreas con alta densidad de población.
    - 6.3. Zonas periféricas para evaluar la entrada y salida de contaminantes.
    - 6.4. Zonas de potencial crecimiento.
    - 6.5. Zonas protegidas.
7. Microemplazamiento
  - 7.1. Distancia a las vías de tráfico: Las estaciones hay que situarlas a una distancia de 10 metros de las vías de tráfico, o en caso de no ser posible, lo más alejadas que se pueda de la calle o a más de 15 metros de los semáforos.
  - 7.2. Distancia a obstáculos: Se colocarán en espacios abiertos alejadas de muros verticales, edificios, árboles, etc., que puedan apantallar o interferir en la medida. Como criterio de alejamiento se puede considerar la distancia doble de la altura del objeto. El punto de muestreo ha de estar separado un mínimo de 2 metros de la pared del obstáculo a la pared de la estación.
  - 7.3. Debe medirse a una cierta distancia de la vegetación y en particular, de árboles que puedan apantallar la medida. Se aconseja una distancia mínima de 3 metros.

- 7.4. Distancia vertical: La boquilla de toma de muestras tiene que ser receptiva, al menos, a tres de las cuatro direcciones principales del viento y que incluya la dirección predominante.
- 7.5. La boquilla de toma de muestras debería estar a la altura de la respiración del ciudadano, sin embargo, para evitar actos vandálicos, se puede situar a una altura mayor sin sobrepasar los 9 metros.
- 7.6. La estación deberá estar lo más alejada posible de fuentes puntuales que puedan interferir en la medida.

Artículo 7º—**Muestreos Perimetrales.** En los alrededores de los establecimientos industriales y cuando no sea factible una medición en ductos o chimeneas, exista una denuncia por contaminación atmosférica o recomendado por una inspección de un ente oficial o acreditado, el Ministerio de Salud podrá ordenar los muestreos perimetrales que considere pertinentes para la evaluación del impacto de fuentes generadoras específicas. Para estos muestreos perimetrales la Dirección de Protección al Ambiente Humano suministrará el formato requerido para la confección del Reporte Operacional en Inmisión.

Este Reporte Operacional en Inmisión (muestreo perimetral) podrá ser sustitutivo del Reporte Operacional de Emisiones para Fuentes Fijas solamente en aquellos casos que el Ministerio de Salud autorice o sea complementario.

Los puntos de muestreo deberán ajustarse a lo establecido en el artículo 6º “Representatividad de las estaciones de muestreo”.

Artículo 8º—**Criterios de Representatividad de los Datos.** La toma de datos se ajustará, a efectos de su representatividad, a los criterios que se determinan en los siguientes incisos:

1. Analizadores Automáticos
  - a) Dato horario: ha de contener el 75% de datos minutales válidos.
  - b) Datos octohorarios: al menos 6 datos horarios válidos.
  - c) Datos diarios: 50% de los datos horarios válidos.
  - d) Media anual: ha de contener un 50% de datos diarios válidos. No habrán más del 25% de datos

consecutivos invalidados o una secuencia igual sin datos.

2. Captadores Manuales
  - a) La media anual contendrá más del 50% de datos diarios y no habrá una secuencia de más del 25% sin datos válidos.
  - b) En el caso de estudios perimetrales el muestreo debe hacerse al menos durante el periodo diario de funcionamiento de la fuente generadora de emisiones atmosféricas. En caso de duda sobre los resultados obtenidos el Ministerio de Salud podrá solicitar un muestreo de mayor duración.

Se exceptúa de la aplicación de estas disposiciones las estaciones de Observación Atmosférica Global que le corresponderá al Ministerio de Ambiente y Energía a través del Instituto Meteorológico Nacional.

### CAPÍTULO III

#### Disposiciones finales

Artículo 9º—**Medidas de mitigación.** El Ministerio de Salud coordinará lo necesario con las demás instituciones competentes para que sean tomadas las medidas de mitigación que correspondan, en caso de sobrepasarse los valores máximos de inmisión en una determinada área y sus zonas de influencia o se produzcan contingencias ambientales, con el fin de proteger la Salud Humana y el Ambiente.

Artículo 10.—**Recomendaciones a la población.** El Ministerio de Salud, en coordinación con los demás órganos competentes, en caso de sobrepasarse los valores máximos de inmisión, podrán recomendar algunas de las siguientes medidas preventivas a la población de las zonas afectadas, con el fin de proteger su salud:

- 10.1. Evitar actividades al aire libre.
- 10.2. Mantener cerradas puertas y ventanas.
- 10.3. No fumar.
- 10.4. No consumir alimentos en vía pública.
- 10.5. Evitar en lo posible la actividad física
- 10.6. Consumir líquidos en abundancia.

- 10.7. No exponerse a cambios bruscos de temperatura.
- 10.8. No automedicarse en el caso de sentir dolor de cabeza e irritación de ojos, nariz y garganta.
- 10.9. En caso de fiebre o dificultad para respirar, acudir de inmediato al centro de salud más cercano.
- 10.10. Extremar vigilancia en niños menores de un año, personas mayores de 65 años o con enfermedades respiratorias.
- 10.11. Exhortar a los habitantes de las áreas rurales a evitar quemas agrícolas y otras quemas a cielo abierto.
- 10.12. Otras que las autoridades competentes estimen convenientes.

Artículo 11.—**Derogatoria.** El presente Reglamento es de orden público, por lo que deroga o modifica en lo conducente cualquier otra disposición de igual o inferior rango que se le oponga.

Artículo 12.—**Vigencia.** Rige a partir de su publicación.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los dieciocho días del mes de enero del dos mil dos.

MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ ECHEVERRÍA.—El Ministro de Salud, Rogelio Pardo Evans.—1 vez.—(Solicitud N° 448).—C-100400.—(D30221-18461).

### **5.3.2. Decreto Ejecutivo que define el Reglamento sobre inmisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas , ° 30222-S-MINAE**

Establece en sus considerandos:

1º—Que el incremento de la contaminación, principalmente en la Gran Área Metropolitana y zonas adyacentes, requiere de una acción urgente que logre su adecuación dentro de niveles máximos tolerables a fin de evitar perjuicios a la salud de la población y al ambiente.

2º—Que el potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las emisiones producidas por las actividades industriales, comerciales y de servicios, justifica la adopción de medidas de vigilancia y control más estrictas sobre la calidad del aire, niveles de emisión de sustancias contaminantes,

calidad de los combustibles y carburantes utilizados, fabricación, reparación y homologación de motores, transformación de energía y otras fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes.

3º—Que la prevención y disminución del problema, requiere de un enfoque técnico-legal, que defina los correspondientes niveles de emisión mediante el establecimiento de límites máximos de emisión de contaminantes en las fuentes emisoras, principalmente instalaciones y actividades agrícolas, pecuarias, agroindustriales e industriales, en el presente Reglamento.

4º—Que un Comité Técnico integrado por representantes del Ministerio de Salud, Ministerio del Ambiente y Energía, Defensoría de los Habitantes, Cámara de Industrias de Costa Rica, Cámara de Azucareros, Universidad Nacional, Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, Refinadora Costarricense de Petróleo, Fertilizantes de Centroamérica S.A. e Industria Nacional de Cemento S.A., se abocó a la elaboración de las normas que sirvieran de base para el presente Reglamento.

Por lo que se define el Reglamento Sobre Emisión de contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y especifica en sus artículos lo siguiente:

Artículo 1º—**Objeto y ámbito de aplicación.** Este Reglamento establece los valores máximos de emisión a que deben ajustarse los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, cuyos procesos o actividades incluyan la operación de calderas.

Artículo 2º—**Definiciones.** Para efectos del presente Reglamento se establecen las siguientes definiciones:

**Biomasa:** Conjunto de vegetales y residuos que pueden utilizarse, directamente o tras un proceso de transformación para producir energía. Estos residuos son principalmente estiércoles, basuras, lodos procedentes de la depuración de aguas residuales, residuos agrícolas y forestales.

**Caldera:** Todo recipiente cerrado en el cual, para cualquier fin, excepto el cocimiento doméstico de alimentos, se calienta agua o se genera

vapor, generalmente de agua, para ser usado fuera de él, a una presión mayor que la presión atmosférica. Los supercalentadores, recalentadores, economizadores, u otras partes a presión, conectadas directamente a la caldera, sin intervención de válvulas, serán consideradas como parte de la caldera.

**Caldera Existente:** Son aquellas calderas instaladas, en operación o en proceso de construcción, con anterioridad a la fecha de publicación del presente Reglamento.

**Caldera Nueva:** Son aquellas calderas instaladas, con posterioridad a la fecha de publicación del presente Reglamento.

**Condiciones normales de presión y temperatura:** 101,3 kPa (760 mm de Hg o una atmósfera) y 273,15 K (0° C).

**Contaminantes Atmosféricos:** Materias o formas de energía presentes en el aire con efectos nocivos para la salud de las personas, el ambiente o la vida silvestre.

**Combustible:** Cualquier material líquido, sólido o gaseoso que alimente la cámara de combustión con excepción de aceites quemados y solventes.

**Combustibles Fósiles Sólidos, Líquidos y Gaseosos:** Los combustibles sólidos fósiles son las variedades de carbón mineral cuyo contenido fijo de carbono varía desde 10% hasta 90% en masa y el coque de petróleo. Los líquidos y gaseosos son los derivados del petróleo y gas natural, tales como queroseno, gas LPG, butano, propano, metano, isobutano, propileno, butileno o cualquiera de sus combinaciones, búnker, gasolina y diesel.

**Densidad de humo:** La concentración de partículas sólidas producto de una combustión incompleta en un tiempo determinado, transportadas por la corriente de gases.

**DPAH:** Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud.

**Emisión:** La expulsión a la atmósfera de sustancias líquidas, sólidas o gaseosas procedentes de fuentes fijas o móviles producto de la combustión o del proceso de producción.

**Ente Generador:** Persona física o jurídica, pública o privada, responsable de la emisión de contaminantes atmosféricos por calderas.

**Establecimiento Industrial:** Todo lugar descubierto o cubierto destinado a la transformación, manipulación o utilización de productos naturales, o a la elaboración, manipulación, transformación o utilización de productos artificiales mediante tratamiento físico, químico biológico, manualmente o por medio de máquinas o instrumentos.

Quedan incluidos en tal consideración para los mismos efectos antes aludidos, los sitios destinados a recibir o almacenar los artefactos, instrumentos o utensilios, materiales y materias primas que se emplearán en las tareas o faenas y todos los anexos de la fábrica o taller. Igualmente, se considerarán como tales las estaciones y terminales de transporte.

**Humo:** Partículas sólidas en suspensión arrastradas por los gases que resultan de la combustión.

**Monitoreo:** El muestreo sistemático que se efectúa mediante equipos automáticos, manuales o ambos.

**Muestreo:** Toma de muestras y de datos representativos de las emisiones.

**Partículas:** Cualquier material, excepto agua no combinada, que existe en estado sólido o líquido en la atmósfera o en una corriente de gas en condiciones normales.

**Vapores:** Partículas formadas por condensación, sublimación o reacción química, predominantemente mayores de un micrón que siguen el movimiento del gas por el que son transportadas.

**Valor máximo de emisión:** El límite máximo admisible de descarga de un contaminante a la atmósfera.

Artículo 3º—**Símbolos.** De acuerdo con el Sistema Internacional de Pesos y Medidas (SI), se entiende por:

mg = miligramo

Nm<sup>3</sup> = metro cúbico a 273,15 K (0º C) y 101,3 kPa (760 mm de Hg o una atmósfera).

Artículo 4º—**Valores Máximos de Emisión.** Se establecen los siguientes valores máximos de emisión para las calderas que queman combustibles

fósiles y biomásicos. Este Reglamento no contempla límites de emisión para calderas que utilicen como combustibles desechos sólidos o líquidos como llantas usadas, aceites quemados, solventes y plásticos, entre otros. El manejo de estos desechos y las emisiones que su utilización produzcan será regulado mediante norma especial.

#### A) PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN

En ningún caso podrán emitirse partículas cuando la opacidad de la emisión exceda del 20% en la escala de Ringelmann (comparador de densidad de humo) en un promedio de seis minutos. Asimismo, deberá cumplir con lo establecido en el Decreto Ejecutivo N° 25584-MINAE-H-MP, Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía, La Gaceta N° 215 del 8-11-96.

##### A.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)

	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría (*)	A	B	C,D
Existentes	150	175	250
Nuevas	120	150	175

(\*) De acuerdo con el Decreto Ejecutivo N° 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

##### A.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 100 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

##### A.3) Utilización de combustibles biomásicos en calderas

**Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles biomásicos (en mg/Nm<sup>3</sup>)**

	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría (*)	A	B	C,D
Existentes (**)	220	220	220
Nuevas	120	150	175

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

(\*\*) Se otorga un plazo de cinco años, a partir de la promulgación de este Reglamento, para que todas las calderas existentes (grandes, medianas y pequeñas) emitan partículas en suspensión en concentraciones menores o iguales a 220 mg/Nm<sup>3</sup>.

Para el plazo de cinco años, el Ente Generador debe presentar un programa a la DPAH, junto con su primer Reporte Operacional, donde se indique claramente el cronograma que se seguirá con el fin de ajustarse a las normas establecidas.

### B) DIÓXIDO DE AZUFRE

B.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas.

#### **Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)**

	<b>Grandes</b>	<b>Medianas</b>	<b>Pequeñas</b>
Categoría (*)	A	B	C,D
S 1.0 %	1500	1500	-
1.0S2.5%	2500	2500	-
S2.5%	4000	4000	-

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo N° 26789-MTSS, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

S = contenido de azufre en el combustible en porcentaje

A partir del año 2003 no se permitirán concentraciones de SO<sub>2</sub> en calderas superiores a 1500 miligramos por metro cúbico normal, siempre y cuando el contenido de azufre en el combustible fósil líquido, disponible en el mercado nacional, sea menor o igual al 1.0%.

B.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 1500 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

### C. ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOX)

C.1) Utilización de combustibles fósiles líquidos en calderas

#### **Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles líquidos (mg/Nm<sup>3</sup>)**

	<b>Grandes</b>	<b>Medianas</b>	<b>Pequeñas</b>
Categoría (*)	A	B	C,D
Existentes	515	515	-
Nuevas	300	300	-

(\*) De acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1998.

C.2) Utilización de combustibles fósiles sólidos en calderas.

Carbón mineral y otros: 860 mg/Nm<sup>3</sup> para todos los tamaños de calderas.

Artículo 5°—**Sistemas de control.** Quienes promuevan la instalación o modificación de una caldera en un establecimiento industrial, comercial o de servicios, deben describir los sistemas de control de contaminantes, en el proyecto que presenten ante la Dirección de Protección al Ambiente Humano, de conformidad con lo establecido en el Reglamento sobre Higiene Industrial, para la obtención del correspondiente permiso de construcción.

Artículo 6°—**Métodos de análisis, métodos de muestreo y periodos de medición.** Los entes generadores deberán realizar muestreos de sus emisiones de contaminantes, conforme a los siguientes métodos de análisis, métodos de muestreo y periodos de medición.

### MÉTODOS Y PERIODO DE ANÁLISIS

VARIABLE	ANÁLISIS	MUESTREO	MEDICIÓN
PARTÍCULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN	-Gravimétrico -Radiación Beta -Densidad Óptica EXTRAPOLADO	-Isocinético -Automático	TIEMPO DE OPERACIÓN -Automático
(PTS)			A UNA HORA
DIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	-Pararosanilina (colorimétrico) -H <sub>2</sub> O/HCl (cromatografía de iones) -Electrométrico	-Absorción con impinger -Absorción con impinger -Automático -Automático	TIEMPO DE OPERACIÓN EXTRAPOLADO A UNA HORA

	-Óptico		
ÓXIDOS DE	-Saltzman	-Absorción	TIEMPO DE
NITRÓGENO,	(colorimétrico)	con impinger	OPERACIÓN
NOx (NO+NO2)	-Electrométrico	-Automático	EXTRAPOLADO
	-Óptico	-Automático	A UNA HORA

El Ministerio de Salud tomará en cuenta la incertidumbre asociada a los métodos aprobados.

Artículo 7º—**Reportes Operacionales.** Todas aquellas actividades industriales, comerciales o de servicios que utilicen calderas en sus procesos, estarán en la obligación de confeccionar reportes operacionales de las calderas, que deberán presentar anualmente, a la Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud.

La DPAH suministrará una Guía Explicativa para la confección de los Reportes Operacionales que deberá contener como mínimo la siguiente información:

- a) Registro de análisis de laboratorio.
- b) Registro de accidentes y situaciones anómalas.
- c) Evaluación del estado actual del sistema.
- d) Plan de acciones correctivas.

Los Reportes Operacionales correspondientes al periodo del primero de enero al 31 de diciembre de cada año deberán ser enviados a la DPAH a más tardar el último día del mes de febrero del año siguiente. El reporte del laboratorio no deberá tener más de tres (3) meses de haber sido emitido y deberá ser adjuntado al Reporte Operacional.

Artículo 8º—**De los Laboratorios.** Para los efectos de este Reglamento, los Reportes de Análisis de contaminantes atmosféricos deberán cumplir con lo establecido en la Ley Nº 6038 del Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica, publicada en el Alcance Nº 12 a La Gaceta Nº 18 del 27 de enero de 1977 y sus respectivos Reglamentos.

En casos calificados, la DPAH podrá autorizar a un establecimiento industrial, comercial o de servicios a realizar por sí mismo, el muestreo y análisis cuando disponga de medios técnicos adecuados. Asimismo, podrá solicitar a un Laboratorio la realización de un nuevo muestreo y análisis de las emisiones de un Ente Generador, en caso de que lo considere necesario. Si los resultados

del nuevo muestreo y análisis excedieran las normas establecidas, el costo correspondiente será sufragado por el Ente Generador.

La DPAH podrá exigir un monitoreo en continuo siempre y cuando sea técnicamente factible y en casos estrictamente necesarios.

Las entidades que tengan encomendada la realización de muestreos, sean o no continuos, y los análisis correspondientes, deben guardar confidencialidad frente a terceros, acerca de los datos que conozcan en el ejercicio de su actividad.

Artículo 9º—**Programas de Reducción de Emisiones.** El Poder Ejecutivo, escuchando los sectores económicos y sociales interesados, podrá formular programas destinados a reducir las emisiones por debajo de los valores aquí establecidos. Estos programas deben fijar las metas a alcanzar, plazos de cumplimiento y las medidas de fomento que se adopten a favor de las empresas que voluntariamente, se acojan al respectivo programa.

Artículo 10.—**Sanciones.** La emisión de contaminantes por encima de los niveles máximos admisibles facultará al Ministerio de Salud a tomar las medidas especiales que establece la Ley General de Salud.

Artículo 11.—**Derogatorias.** El presente Decreto Ejecutivo deroga cualquier otra disposición de igual o inferior rango que se le oponga.

Artículo 12.—**Vigencia.** Rige a partir de su publicación.

Transitorio I.—En el plazo de dos (2) años, a partir de la publicación del presente Reglamento, todo establecimiento industrial, comercial o de servicios existente, cuyos procesos o actividades incluyan la operación de calderas, con excepción de las calderas que utilicen combustibles biomásicos en que se da un plazo de cinco años, deberá efectuar las obras o modificaciones necesarias a fin de que descargue por sus chimeneas emisiones en concentraciones menores o iguales a las establecidas en el presente Reglamento.

Transitorio II.—Al término de un año, a partir de la publicación del presente Reglamento, todo establecimiento industrial, comercial o de servicios existente o nuevo, cuyos procesos o actividades incluyan la operación de calderas, deberá presentar su primer reporte operacional a la DPAH del Ministerio de Salud, tal y como lo establece el artículo 7º de este Reglamento.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los nueve días del mes de febrero del dos mil uno.

MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ ECHEVERRÍA.—Los Ministros de Salud, Rogelio Pardo Evans, y del Ambiente y Energía, Elizabeth Odio Benito.—1 vez.—(Solicitud N° 449).—C-68500.—(D30222-18462).

### **5.3.3. Guía para la Confección del Reporte Operacional para Emisiones provenientes de Calderas**

Con el fin de establecer una guía para la elaboración de los reportes operacionales, se estableció la siguiente guía, a través de la Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud y con fecha veintisiete días del mes de febrero del dos mil tres.

#### **GUÍA PARA LA CONFECCIÓN DEL REPORTE OPERACIONAL PARA EMISIONES PROVENIENTES DE CALDERAS**

Esta Guía se elabora con el fin de dar cumplimiento a lo que establece la Ley General de Salud N° 5395 del 30 de octubre de 1973 en sus artículos 262, 263, 293, 295 siguientes y concordantes y lo que establece el Decreto Ejecutivo N° 30222-S-M1NAE Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente del 26 de marzo del 2002 en su artículo 7°.

En el artículo 7° del citado Reglamento se enlistan los aspectos mínimos que debe contemplar un Reporte Operacional para emisiones provenientes de Calderas con base en los cuates se ha confeccionado de formulario "Reporte Operacional para emisiones provenientes de Calderas". A continuación se explica cada uno de los puntos incluidos en ese documento con el objetivo de facilitar su llenado. Se recomienda consultar el texto completo del Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente con el fin de conocer el contexto de aplicación de dichos Reportes.

Las dudas adicionales que pudieran surgir al confeccionar el Reporte Operacional pueden ser aclaradas en el Proceso de Control del Ambiente Humano de la Dirección de Protección al Ambiente Humano o en las Áreas Rectoras de Salud o Sedes Regionales del Ministerio.

La información que los entes generadores consignen en los reportes, así como los registros que la sustenten, podrá ser verificada en cualquier momento por los funcionarios del Ministerio de Salud.

### **1. Datos Generales:**

- Ente generador: persona física o jurídica, pública o privada, responsable de la emisión de contaminantes atmosféricos por calderas.
- Dirección exacta: anotar la dirección exacta (provincia, cantón, distrito y dirección por senas) del ente generador.
- Fax: Indicar el número del fax al cual debe notificarse al ente generador el resultado de la evaluación del Reporte Operacional presentado.
- Responsable del reporte: Indicar el nombre completo de la persona de la industria o empresa responsable de la presentación del Reporte Operacional.
- Fecha del reporte Operacional: anotar la fecha de presentación ante el Ministerio de Salud.
- Fecha del reporte de laboratorio: anotar la fecha en que el Laboratorio contratado por la industria o empresa elaboró el Reporte de Laboratorio el cual no deberá tener más de tres (3) meses de haber sido emitido (artículo 7°. Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente).
- Periodo reportado: anotar del primero de enero al 31 de diciembre del año al que corresponde el reporte Operacional (artículo 7a. Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente).

### **2. Datos Técnicos de cada Caldera:**

-Categoría de caldera: de acuerdo con lo que establece el Decreto Ejecutivo No 26789-MTSS, Reglamento de Calderas, La Gaceta N° 65 del 2 de abril de 1968. Señalar si se trata de categoría A, B, C o D.

-Tipo de combustible: especificar si se trata de bunker, diesel, carbón mineral, gas LPG, combustible biomásico (bagazo, cascarilla de café, etc.) u otros.

-Consumo de combustible: anotar el consumo diario en metros cúbicos de cada caldera.

-Horario de operación: anotar las horas de cada arranque y paro diarias por caldera.

-Diámetro de chimenea: anotar el diámetro en metros en el punto de descarga de los gases a la atmósfera si es circular. En caso de duelos cuadrados o rectangulares anotar el ancho y el largo en metros.

-Altura total de chimenea: anotar la altura en metros desde el nivel del suelo hasta el punto de descarga de los gases a la atmósfera.

### 3. Resultados de Análisis de Laboratorio por Caldera:

- Observación: los resultados de las emisiones muestreadas y analizadas deberán reportarse en base seca y estar referidos a un cinco por ciento (5%) de oxígeno, utilizando las siguientes fórmulas:

Fórmula para transformar las emisiones de base húmeda a base seca.

$$EBS = 100 EBH / 100 - \% H_2O.$$

Donde:

EBS = Emisión en base seca.

EBH = Emisión en base húmeda.

%H<sub>2</sub>O= Contenido de humedad de los gases.

Fórmula para corregir las emisiones de los gases en base seca al porcentaje de oxígeno de referencia.

$$Er = \frac{20.9\% - Or}{20.9\% - Om} \times EM$$

Donde:

Er = Emisión calculada al valor de referencia.

Em= Emisión medida en base seca.

Or= Nivel de referencia para el O<sub>2</sub>, (5%)

Om = Valor medido para el O<sub>2</sub>.

-Nm<sup>3</sup> (condiciones normales de presión y temperatura): se refiere a que los cálculos de volumen deben corregirse a condiciones normales, es decir 101,3 kPa (760 mm de Hg o una atmósfera) y 273,15K(0°C).

-Período de medición: anotar la duración total en horas del muestreo de los parámetros físicos y químicos indicando la hora inicial y la hora final.

- Distancia: anotar la longitud en metros al punto de muestreo desde la última restricción (codos, válvulas, bombas, equipos de control, de emisiones, etc.) del flujo.

***(Ver fórmulas en Gaceta Nº 114 del lunes 16 de junio de 2003.)***

#### **4. Registro de Accidentes y Situaciones Anómalas.**

Se explicara en este apartado todas las situaciones anómalas de importancia que hayan afectado el funcionamiento de la(s) caldera(s) o los sistemas de control mencionados en el artículo 5° del Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vidente (p. ej. equipos de precalentamiento de los combustibles fósiles líquidos, aparatos para análisis de los gases que resultan del proceso de combustión (p. Ej Aparato ORSAT), equipos de control de emisiones, etc.)

#### **5. Evaluación del estado actual del sistema (caldera(s) y equipo(s) de control de emisiones).**

Se escribirá en este apartado un comentario acerca del estado de la(s) caldera(s) y el (los) sistema(s) de control mencionados en el punto 4 anterior al final del periodo reportado, con base en la información del punto 3 de esta Guía: Resultados de análisis de laboratorios por caldera y en las inspecciones que haya realizado el profesional responsable de su operación y mantenimiento.

#### **6. Plan de acciones correctivas.**

En caso de resultar necesario, se propondrá en este apartado el Plan de Acciones Correctivas con la finalidad de que las emisiones provenientes de la(s) caldera(s) cumplan con los valores de emisión establecidos en el artículo

4° del Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente.

Este Plan debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Actividades a realizar.
- Fecha de inicio y fecha de finalización de cada actividad.
- Nombre del responsable de la actividad por parte del ente generador.
- Observaciones.

### **7. Métodos de análisis y métodos parámetro analizado por el laboratorio.**

Se anotara en este apartado cuáles fueron los métodos de análisis y de muestreo utilizados por el Laboratorio que empleó el ente generador. Se recomienda consultar el artículo 6° del Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas vigente.

## **DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE HUMANO**

### **REPORTE OPERACIONAL PARA EMISIONES PROVENIENTES DE CALDERAS , (En caso de ser necesario, utilizar hojas adicionales)**

#### **1- DATOS GENERALES:**

- ENTE GENERADOR:
- DIRECCIÓN EXACTA:
- DIRECCIÓN POSTAL:
- FAX:
- CORREO ELECTRÓNICO:
- RESPONSABLE DEL REPORTE:
- FECHA DEL REPORTE OPERACIONAL:
- FECHA DEL REPORTE DE LABORATORIO:
- PERIODO REPORTADO: DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_.

## 2. DATOS TÉCNICOS DE CADA CALDERA:

Categoría de Caldera <b>B</b>	Tipo de Combustible <b>LEÑA</b>	Consumo de Combustible (m <sup>3</sup> )	Horario de Operación <b>24 Horas</b>	Diámetro de chimenea (m) <b>65CM</b>	Altura Total de Chimenea (m) <b>12.8 M</b>
----------------------------------	------------------------------------	--	---	--------------------------------------	---

## 3.RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO POR CALDERA:

PARÁMETROS FISICOS Y QUIMICOS ANALIZADOS Y REALIZADOS POR EL LABORATORIO							
Parametr o	PTS (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NOx (mg/Nm <sup>3</sup> )	Flujo (m <sup>3</sup> /min )	Temperatur a de gases de salida (&127; C)	Período de Medició n (h)	Distanci a (m)
VALOR	483+5mg/Nm <sup>3</sup>	1286+mg/Nm <sup>3</sup>	304+2mg/Nm <sup>3</sup>	4.2m <sup>3</sup> /s	147+1°C	1 Hora	2.6 m

## 4. Registro de Accidentes y Situaciones Anómalas:

FECHA DESCRIPCIÓN ACCIÓN CONTINGENTE

5. Evaluación del Estado Actual del Sistema (Caldera(s) y Equipo(s) de Control de Emisiones):

6. Plan de Acciones Correctivas:

7. Métodos de Análisis y Métodos de Maestreo para cada Parámetro Analizado por el Laboratorio.

### 5.4. Evaluación de la calidad del aire

La primera medida a tomar para abordar el problema de la contaminación atmosférica es determinar qué zonas y con qué intensidad están afectadas, qué contaminantes están implicados, etc, es decir, es necesario hacer un diagnóstico del estado de la calidad del aire.

La vigilancia de la calidad del aire puede definirse como el conjunto de sistemas o procedimientos para determinar la presencia de agentes contaminantes en la atmósfera, así como la evolución de sus concentraciones tanto en el tiempo como en el espacio, con el fin de prevenir y en su caso reducir los efectos que pueden causar sobre la salud humana y el medio ambiente.

#### **5.4.1. Contaminación del aire**

Se denomina contaminación del aire a la presencia en la atmósfera de ciertas sustancias, en cantidades o cualidades que puedan causar riesgos o alteración en la vida, los ecosistemas, los recursos naturales o el patrimonio cultural.

La contaminación del aire puede ser de origen natural, tales como:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> debido a la erupción volcánica.
- Emisiones de CO<sub>2</sub> y Metano (CH<sub>4</sub>) debido a la descomposición orgánica.
- La emisión de Radón (Rn) producto de la desintegración radiactiva que se escapa desde la tierra sólida.

Sin embargo las mayores y más significativas formas de contaminación del aire están relacionadas con las emisiones originadas por diversas actividades humanas, tales como:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> debido a la actividad industrial basada en la quema de combustibles fósiles.
- Emisiones de polvo debido a diversas actividades industriales, agrícolas, mineras y de otro tipo.
- Emisiones de humo, aerosoles y otros contaminantes debidos a ciertas prácticas agrícolas y a los incendios forestales.
- Emisiones debidas al transporte.

En el siguiente cuadro 5.2. se resume la información básica sobre los contaminantes del aire relacionados en la lista anterior:

**Cuadro No. 5.2. Tabla de los principales contaminantes del aire, sus efectos y fuentes de emisión**

Nombre y símbolo del contaminante	Breve descripción	Efectos más comunes	Principales fuentes de emisión
<p><b>Óxidos de Azufre</b>            Anhídridos sulfuroso y sulfúrico (SO<sub>2</sub> - SO<sub>3</sub>).</p>	<p>Está presente en todos los procesos de combustión en los que se queman combustibles que contienen azufre (el cual pasa más de un 90-96% a la atmósfera en forma de SO<sub>2</sub> y menos de 5% de SO<sub>3</sub>).</p> <p>Otros procesos naturales como los volcanes son fuentes emisoras de este gas.</p>	<p><b>Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</b> causa un gran número de impactos sobre el medio ambiente y la salud debido a la forma en que reacciona con otras sustancias en el aire. En particular actúa sobre grupos sensibles que sufren asma y quienes realizan actividad al aire libre como niños, ancianos y pacientes cardíacos o con enfermedades respiratorias.</p> <p><b>Efectos respiratorios del SO<sub>2</sub> Gaseoso.</b>            Niveles muy altos de SO<sub>2</sub> en el aire pueden provocar dificultad temporal en la respiración de personas que padecen asma o que realizan su actividad al aire libre. La exposición por tiempo prolongado a altos niveles de este gas y a las partículas, puede causar enfermedades respiratorias y agravar la condición cardíaca de las personas.</p> <p><b>Efectos respiratorios de las partículas de Sulfato.</b>            El SO<sub>2</sub> reacciona con otros elementos químicos en el aire para formar diminutas partículas de sulfato. Cuando estas partículas son inhaladas se acumulan en los pulmones lo que se asocia a un incremento de los síntomas y enfermedades respiratorias, dificultad en la respiración y la muerte prematura.</p> <p><b>Obstrucción de la Visibilidad</b>            La neblina tiene lugar cuando la luz se esparce y ésta es absorbida por las partículas y gases en el aire.</p> <p><b>Lluvia Ácida</b>            El SO<sub>2</sub> y los óxidos nitrosos reaccionan ante otras sustancias en el aire para formar ácidos que se precipitan sobre la tierra en forma de neblina, lluvia, nieve o partículas secas, algunas de las cuales pueden ser transportadas por el viento a distancias considerables.            La lluvia ácida causa daños a los bosques y las cosechas, cambia los componentes del suelo, crea acidez en lagos y ríos, haciéndolos inhabitables para los peces. Una continua exposición por un largo tiempo conduce a cambios en la variedad de las plantas y los animales</p>	<p>Lo emiten todas las industrias, calderas de calefacción, motores cuya combustión esté basada en combustible de origen fósil.</p> <p>Lo emiten también:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las industrias, cuyas materias primas contienen azufre (siderurgia, refinerías, etc.)</li> <li>• La industria de fabricación de ácido sulfúrico, que lo emite como gas residual.</li> </ul>

		de un ecosistema. <b>Daño Estético</b> El SO <sub>2</sub> acelera la descomposición de los materiales de construcción y la pintura, entre los que se incluyen elementos insustituibles que forman parte del patrimonio cultural, tales como esculturas, monumentos y edificios históricos.	
<b>Materia de Partículas (Pm10)</b>  Pueden estar presentes en dos formas básicas:	<b>Humos:</b> Hollines, Partículas o Aerosoles, como resultado de la combustión incompleta y aumentan su presencia según la eficiencia del sistema que las origina. <b>Polvo:</b> Partículas, cenizas, arrastradas por los gases de escape de la combustión o partículas de los materiales arrastradas en su contacto con el aire o producto de la condensación posterior de gases emitidos.	Las partículas de materia causan un sinnúmero de impactos sobre la salud y el ambiente.  <b>Efectos sobre la salud</b> Muchos estudios científicos han asociado la inhalación de partículas a una serie de problemas de salud que incluyen: ➤ Agravamiento del asma. ➤ Incremento de los síntomas respiratorios tales como la tos y dolor al respirar. ➤ Bronquitis crónica. ➤ Disminución de la función pulmonar. ➤ Muerte prematura.  <b>Obstrucción de la Visibilidad</b> Las partículas de materia causan una reducción de la visibilidad (neblina).  <b>Precipitación y Deposito de Partículas por la atmósfera</b>  Las partículas pueden ser transportadas a lugares distantes por el viento, depositándose en el agua o la tierra. El efecto de tal deposito incluye:  ➤ acidez en lagos y ríos. ➤ cambio del balance nutricional en las aguas costeras y la cuenca de los grandes ríos. ➤ pérdida de los nutrientes del suelo. ➤ daño a bosques y cosechas. ➤ afección a una diversidad de ecosistemas.  <b>Daño Estético</b> El hollín es un tipo de partícula de materia que mancha y daña las piedras y otros materiales de importancia cultural, tales como monumentos y estatuas.	Son producidas por casi todos los procesos industriales, el transporte y la actividad doméstica. Una peculiaridad adicional de los contaminantes de partículas es que se pueden formar en la atmósfera a partir de contaminantes gaseosos. Esto significa que si por ejemplo, se pudiera impedir la emisión de todos los contaminantes de partículas, todavía se encontrarían partículas en la atmósfera. A menudo, a estas últimas partículas se les menciona como partículas secundarias, para distinguirlas de las que se encuentran en la atmósfera en la forma en que se emitieron, las cuales se conocen como partículas primarias. En su mayor parte, estas partículas secundarias se forman a partir de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre. (DE NEVERS, 1997)
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Está presente en casi todas las fuentes de combustión.	El CO causa daño al ligarse con la hemoglobina de la sangre formando carboxihemoglobina. El CO se une a la sangre mucho más rápido que el oxígeno. Este proceso tóxico reduce la capacidad del cuerpo humano para	Su origen principal son los vehículos y automóviles con motor de gasolina. También puede producirse en

		transportar oxígeno, produciéndose así el envenenamiento.	calefacciones mal reguladas.
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	<p>El <b>Ozono</b> a nivel del suelo se forma cuando el oxido de nitrógeno y los compuestos volátiles orgánicos (CVO) reaccionan ante la presencia del calor o la luz solar. El Ozono puede ser transportado por los vientos y causar impactos sobre la salud en áreas muy distantes a la fuente de emisión.</p>	<p>El ozono a nivel del suelo puede afectar adversamente, aun cuando sea muy bajo. También puede tener efectos negativos sobre las plantas y ecosistemas.</p> <p><b>Problemas de Salud.</b></p> <p>* El ozono puede irritar las vías respiratorias y causar inflamaciones tan severas como las quemaduras. Otros síntomas son la tos, la respiración sibilante, dolor cuando se hace respiración profunda y dificultad para espirar durante los ejercicios o actividades al aire libre. Las personas con problemas respiratorios son más vulnerables, pero incluso las personas sanas, quienes son activas al aire libre pueden verse afectadas cuando los niveles de ozono son altos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La exposición continua a la contaminación por ozono durante varios meses puede causar daño permanente en los pulmones.</li> <li>• Aun a muy bajas concentraciones, el ozono a nivel del suelo provoca una serie de problemas de salud que incluyen empeoramiento del asmático, la reducción de la capacidad pulmonar y el incremento de la susceptibilidad a enfermedades respiratorias como la neumonía y la bronquitis. Daño a las plantas y ecosistemas.</li> <li>• El ozono a nivel del suelo interfiere la producción y almacenamiento de alimentos en las plantas, lo que las hace más susceptibles a enfermedades, insectos y a la inclemencia del tiempo.</li> <li>• El ozono daña las hojas de los árboles y otras plantas, deteriora la apariencia de las ciudades, parques nacionales y otras áreas de recreación.</li> </ul>	<p>Efecto secundario de las emisiones vehiculares</p>
<b>Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	<p>Se produce por oxidación del nitrógeno del aire o el propio combustible en todas las instalaciones de combustión, aumentando con la temperatura de ésta.</p>	<p>Los NOx provocan una variedad de problemas de salud e impacto ambiental debido a los derivados y compuestos de esta familia que incluye al oxido de nitrógeno, al ácido nítrico, dióxido nitroso, a los nitratos y al oxido nítrico.</p> <p><b>Lluvia Ácida</b></p> <p>El dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre reaccionan con otras sustancias en el aire para formar ácidos que luego se precipitan sobre la tierra en forma de lluvia, neblina,</p>	<p>Las principales fuentes de emisión son los vehículos automotores que utilizan como combustible la gasolina.</p> <p>Además de las fuentes anteriormente enunciadas para el óxido de azufre, se emiten en la</p>

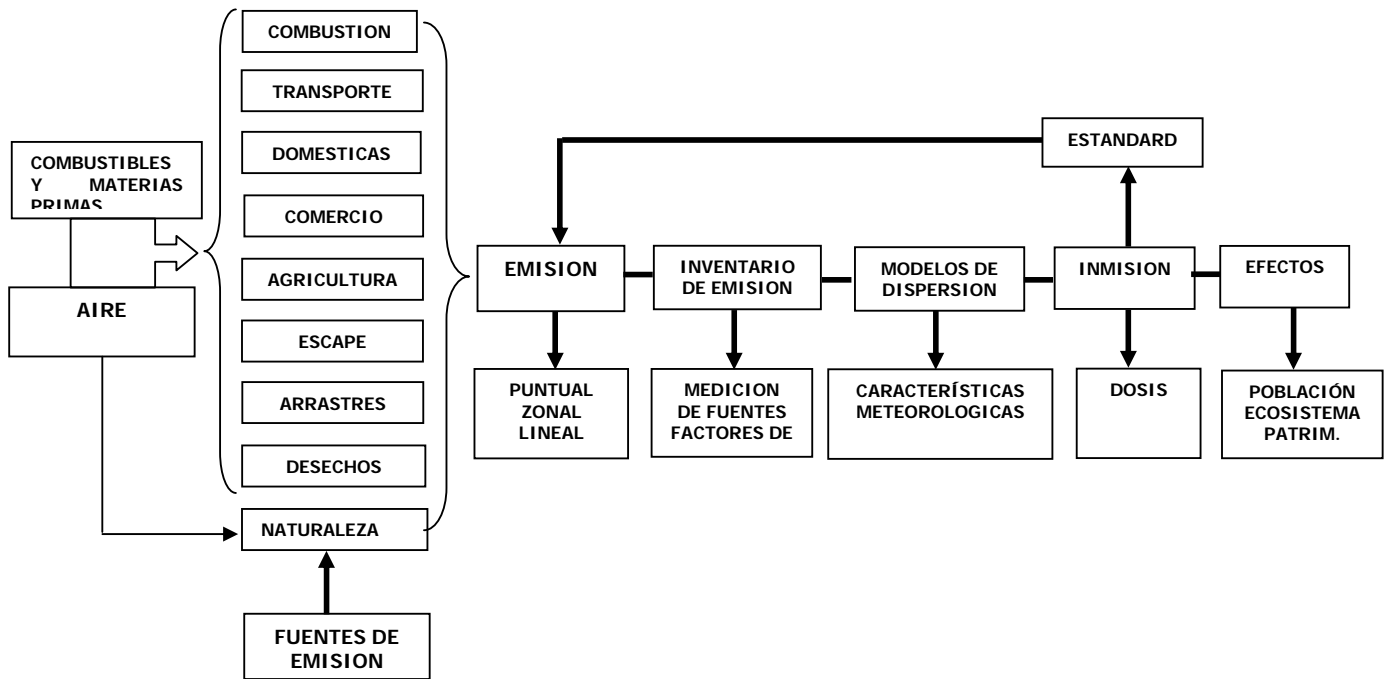
		<p>nieve o partículas secas. Los daños causados por la lluvia ácida provocan el deterioro de los vehículos, edificios, y monumentos históricos. También son los causantes de que los lagos y ríos se vuelvan ácidos e inapropiados para la vida de los peces.</p> <p><b>Partículas</b> El NOx reacciona ante el amoniaco, la humedad y otros compuestos para formar ácido nítrico y otras partículas asociadas. En los seres humanos, el efecto se localiza en el sistema respiratorio, el tejido pulmonar y la muerte prematura. Partículas muy pequeñas penetran profundamente en los pulmones y causan o agravan enfermedades respiratorias tales como enfisemas y bronquitis, también inciden negativamente en las enfermedades cardiovasculares.</p> <p><b>Deterioro de la calidad de agua</b> El incremento de nitrógeno en los cuerpos acuíferos, en particular los estuarios costeros, altera el balance químico de los nutrientes que son empleados por los animales y plantas acuáticas y acelera la “eutrofización”, lo que conduce a la reducción de la población de peces y mariscos.</p> <p><b>Calentamiento Global</b> Un miembro de los NOx, es un gas de efecto invernadero que se acumula en la atmósfera junto a otros gases y causan un gradual incremento de la temperatura terrestre. Esto, a su vez conduce al incremento del riesgo humano, aumento del nivel del mar y otros cambios adversos para el hábitat de plantas y animales.</p> <p><b>Productos Químicos Contaminantes</b> En el aire, el NOx reacciona fácilmente con los productos orgánicos comunes e incluso con el ozono para formar un amplia gama de tóxicos, algunos de los cuales pueden ser la causa de mutaciones biológicas. Ejemplo de ello son el nitrato radical y las nitrosaminas, conocidos carcinógenos.</p> <p><b>Obstrucción de la Visibilidad</b> Las partículas de nitrato y de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) pueden bloquear la transmisión de la luz y reducir la visibilidad en áreas urbanas o a escalas regionales en los parques nacionales (reacción fotoquímica).</p>	<p>fabricación de ácido nítrico como gas residual.</p>
<b>Plomo (Pb)</b>	El plomo es una	<b>Daño a los órganos</b> – El plomo	La incorporación de

	<p>sustancia que se encuentra presente en algunos tipos de gasolinas, procesos industriales y talleres de servicios automotrices. El plomo se acumula en la sangre, huesos, músculos y la grasa.</p>	<p>causa daño a los riñones, hígado, cerebro, nervios y otros órganos. La exposición al plomo puede incluso conducir a la osteoporosis (enfermedad que hace a los huesos quebradizos) y afecciones del aparato reproductor.</p> <p><b>Afección al cerebro y los nervios –</b> La exposición en exceso al plomo causa ataques, retardo mental, alteraciones de la conducta, problemas de la memoria y cambio de carácter. Niveles bajos de plomo dañan el cerebro y los nervios de los fetos y niños muy pequeños, lo que luego conduce a retrasos en el aprendizaje y coeficientes de inteligencia muy bajos.</p> <p><b>Afección al corazón y la sangre -</b> La exposición al plomo causa hipertensión, así como también incrementa las enfermedades cardiovasculares, especialmente en los hombres.</p> <p><b>Afección en animales y plantas –</b> Los animales domésticos y salvajes pueden ingerir plomo cuando se alimentan o pastan y experimentan los mismos efectos que las personas que se han estado expuestas. Concentraciones muy bajas de plomo pueden retardar el crecimiento de la vegetación en las cercanías de las instalaciones productoras.</p> <p><b>Afección a los peces –</b> El plomo puede llegar a los sistemas acuíferos, a través residuos sólidos, fugas de aguas albañales y desechos industriales. Altos niveles de plomo en el agua conducen a daños en la reproducción de la vida acuática, así como a cambios neurológicos y de la sangre en peces y otros animales que viven en el agua.</p>	<p>plomo por inhalación o ingestión puede proceder de alimentos, agua, suelos o polvo.</p>
--	--	---	--

Fuente: Servidor WEB EPA. WWW.EPA.GOV (2002) en Milán, A. 2004

#### 5.4.2. Métodos de evaluación de la calidad del aire

El proceso para valorar la calidad del aire esta sujeto al cumplimiento de etapas básicas, según se muestra en la siguiente figura:



**Figura 5.1. El Proceso de Valoración de la Calidad del Aire. (Milán A. 2004)**

Toda actividad productora de contaminación del aire se define como fuente de emisión. De esta forma los volúmenes emitidos por las fuentes se conocen como niveles de emisión, que pueden ser puntuales (chimeneas, para este caso en altura, pero también pueden ser a nivel de suelo, como la quema de desechos sólidos), zonal (como sucede con la emisiones producto a la combustión doméstica) o lineal (como sucede en un camino sin pavimentar o una carretera).

Para determinar los volúmenes de emisión se pueden aplicar dos procedimientos:

- Mediciones puntuales en cada fuente para determinar los niveles de inmisión, o sea la concentración de cada tipo de contaminantes existentes entre cero y dos metros de altura sobre el suelo.

- Estimación de volúmenes de emisión de cada fuente.

Sobre los procedimientos para estimar las emisiones, la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos, ha desarrollado extensas investigaciones durante décadas que han permitido sistematizar y extender diversos métodos para casi la mayoría de las fuentes productoras de contaminación del aire. En el sitio Web de la EPA ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)) puede encontrarse abundante información sobre el tema.

Según la EPA (1999) se pueden utilizar los siguientes métodos para estimar las emisiones:

1. Monitoreo continuo de emisión: Se basa en mediciones continuas desarrolladas en pequeños intervalos de tiempo.
2. Pruebas de fuentes: Son tasas de emisión derivadas de mediciones de corto tiempo que se extrapolan para estimar emisiones de fuentes similares a largo plazo.
3. Balance de material: El volumen de contaminantes es determinado según la cantidad de material que entra al proceso mediante técnicas de balance de los componentes.
4. Factores de emisión: El Factor de Emisión es la tasa media a la cual se emite un contaminante en la atmósfera como resultado de ciertas actividades, como la combustión o la producción industrial, dividido por el nivel de esa actividad (EPA, 1973). Del concepto se deduce que los factores de emisión asocian tipos y cantidades de contaminantes emitidos por indicadores de actividad tales como Km. recorridos por un vehículo o por toneladas de producción de cemento, etc. La información más importante publicada en materia de factores de emisión se localiza en el documento titulado AP-42 de la EPA.
5. Análisis de combustibles: Las emisiones se determinan basándose en leyes de conservación. La presencia de ciertos elementos en el combustible puede ser utilizada para predecir su permanencia en las emisiones. Por ejemplo la emisión de SO<sub>2</sub> en la combustión puede ser determinada por la concentración de azufre en el combustible.

6. Modelos de estimación de emisiones: Son modelos empíricos desarrollados mediante ecuaciones que se utilizan para estimar las emisiones de ciertos tipos de fuentes.
7. Encuestas y cuestionarios: Mediante la participación de la población y juicios de expertos.

La EPA (1999) considera que la aplicación de uno u otro procedimiento depende de:

- La disponibilidad de datos.
- Adaptabilidad del método según la categoría de la fuente emisora.
- Significado y precisión del inventario.
- Prioridad de la categoría de la fuente por su contribución a la contaminación.
- Tiempo y recursos disponibles.

El punto de partida para valorar las emisiones, es el inventario, lo que implica identificar todas las posibles fuentes y estimar los niveles de emisión. El inventario se define como la información sobre las cantidades de contaminantes que entran a la atmósfera en un periodo de tiempo determinado (normalmente se utiliza un periodo de un año) para todas las fuentes de una zona geográfica definida, ya sea por un foco fijo o móvil. Se pueden realizar con tres propósitos: para analizar los potenciales impactos de un proyecto, para estudiar una propuesta de crecimiento urbano o para determinar usos del territorio. Para cualquiera de estos casos los límites del área a estudiar está en dependencia de la extensión de la unidad de estudio considerada.

Existen varias herramientas y metodologías para evaluar la calidad del aire. Se pueden dividir en dos:

- a. Mediciones fijas que cumplan los niveles de calidad y representatividad espacial tal y como lo establecen las normativas nacionales, de forma que tienen en este caso una precisión alta.
- b. Método suplementarios que engloban:

- Interpolación a partir de datos en estaciones fijas. Para ello hay que conocer bien la representatividad espacial de cada estación y aplicar técnicas matemáticas contrastadas.
- Mediciones indicativas. Pueden ser datos de otras zonas equiparables, datos obtenidos con campañas experimentales de duración limitada utilizando unidades móviles o equipos portátiles, captadores pasivos que miden la concentración de contaminantes en promedios de períodos largos (varios días), etc.
- Inventario de emisiones con una resolución temporal y espacial adecuada a la zona que se quiera evaluar considerando la distribución de los focos emisores. Con un inventario de emisiones se conoce dónde se emiten los contaminantes pero no se conoce el área por la que se distribuyen.
- Modelos. Tienen menor exactitud que las medidas, pero tienen la capacidad de dar una visión de la distribución espacial de la contaminación más confiable que por ejemplo la interpolación a partir de datos medidos.
- Combinación de modelos y datos medidos en estacione. La posibilidad de poder integrar los resultados de un buen modelo con los datos medidos en una red de estaciones bien mantenida y diseñada es el mejor método de evaluación, ya que suma las ventajas de la medición y de la modelización. De esta forma se puede disponer con exactitud de las medidas (corrigiendo las imprecisiones de los modelos) y del conocimiento de la distribución espacial que ofrecen los modelos en la zona de interés. Esto puede optimizar (reducir) el número de estaciones operativas, sin perder calidad en los resultados.
- Análisis subjetivo basado en al experiencia de los técnicos adquirida de mediciones y estimaciones realizadas en otros momentos.

## **5.5. Modelización**

La modelización matemática es uno de los métodos posibles de uso en la evaluación de la calidad del aire. Los modelos de dispersión de

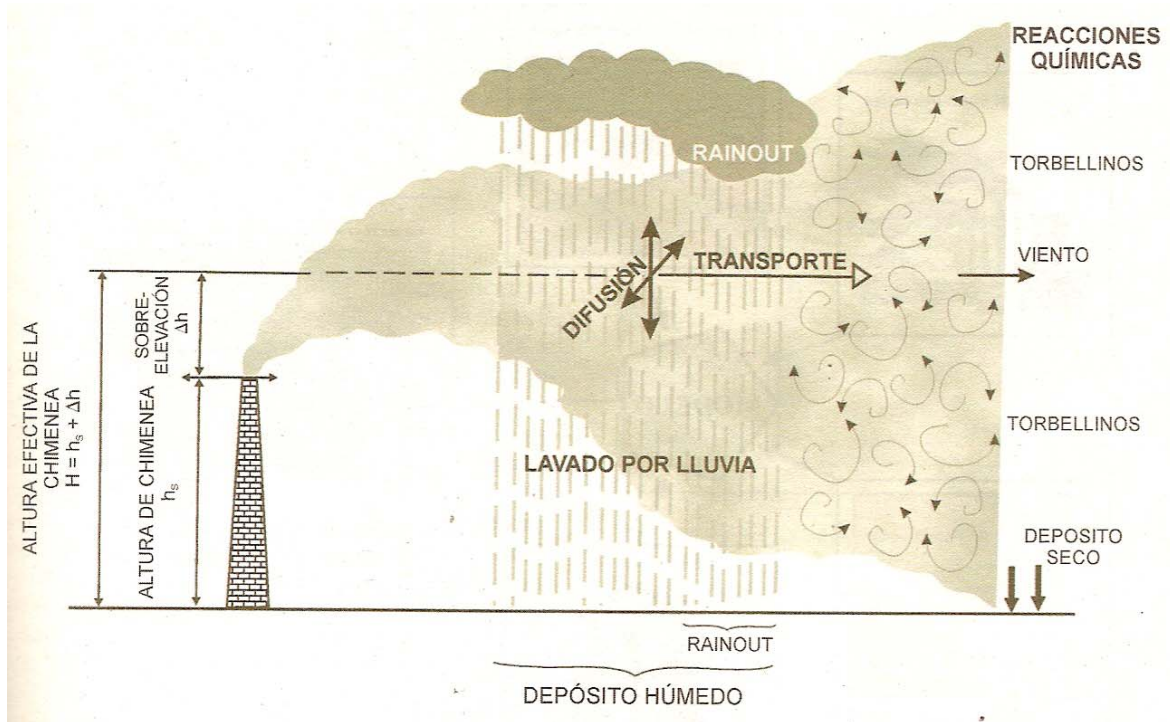
contaminantes son un buen complemento a las mediciones. Además, el uso de mediciones tomadas en una buena red de estaciones bien mantenida y diseñada y de modelos validados permite complementar la exactitud de las primeras con la mejor cobertura y resolución espacial de los resultados de los segundos. Esto permite una optimización de las redes de medida, utilizando menos estaciones sin perder calidad en los resultados.

La modelización matemática es una herramienta imprescindible en el estudio de la contaminación atmosférica, al igual que en otras disciplinas, para entender los procesos implicados.

En el caso de la contaminación atmosférica, el marco en el que se desarrollan los fenómenos es la atmósfera, que no es controlable, ni reproducible completamente en el laboratorio. En este caso, ante un fenómeno observado en el proceso de buscar una explicación al mismo, se precisa de la recopilación de información lo más detalladamente posible, relativa al fenómeno.

El modelo permite reproducir matemáticamente el fenómeno observado. Para que esto sea posible ha de ser capaz de que sus predicciones se ajusten a lo medido en el proceso experimental. En el caso de que esto se produzca, el fenómeno observado puede darse por explicado. En caso contrario se debe investigar qué de la teoría o el modelo global no se ajusta al fenómeno observado, lo que llevará a una nueva teoría a contrastar. No obstante es posible que la búsqueda de la explicación del fenómeno exija una recopilación adicional de información sobre el mismo.

Los modelos de dispersión de contaminantes se basan en un conjunto de ecuaciones y fórmulas que representan matemáticamente los procesos físicos y químicos responsables del estado y evolución de la atmósfera y de los contaminantes. (Figura No. 5.2.)



**Figura No. 5.2. Esquema de los procesos que sufren los contaminantes en la atmósfera.**

Fuente: CIEMAT, 2005 en Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Ministerio del Medio Ambiente de España, 2006.

La ecuación fundamental en la modelización es la ecuación advección-difusión que representa al conservación de la masa contaminante, obtenida bajo los condicionantes de un fluido en régimen turbulento como es la atmósfera. Esto supone que las variables relativas a la concentración de un contaminante y el vector velocidad del viento, observadas en un volumen determinado y en un intervalo de tiempo concreto presentan una componente aleatoria no despreciable, superpuesta a una componente media.

Los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos están desarrollados en programas de computadoras que operan con unos datos de entrada relativos a la emisión de contaminantes, topografía, meteorología, y contaminación inicial de emplazamiento. Como resultado, calculan la distribución de los contaminantes y su evolución. Por lo tanto, hacen una estimación de la predicción de la calidad del aire en la zona.

## 5.6. Tipos de modelos de dispersión de los contaminantes atmosféricos

Dentro de los tipos de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos se pueden mencionar:

a. Modelos empíricos o estadísticos.

Están basados en relaciones estadísticas y empíricas entre los datos medidos en estaciones relativos a la contaminación y otras variables que puedan tener influencia sobre ella.

b. Modelos determinísticos.

Están basados en complejas ecuaciones matemáticas que representan los procesos atmosféricos y de los contaminantes.

c. Modelos de caja (box models).

Son modelos bastante simples, ya que consideran la región a modelar (una ciudad, provincia, valle, etc) como una única caja limitada por la superficie terrestre en la parte inferior y por la altura de la capa de mezcla de la parte superior. Los contaminantes emitidos se mezclan de forma homogénea e instantánea en el dominio de estudio considerado.

d. Modelos gaussianos.

Se basan en hipótesis relativamente sencillas de acuerdo con la naturaleza estocástica de la turbulencia y la dispersión del contaminante que les hace sumamente manejables, intuitivos y fáciles de programar y de ejecutar en computadoras personales. Asumen que la distribución del contaminante dentro de la nube sigue una distribución de Gauss, con máximo en el centro de la misma, lo que permite obtener una distribución espacial del contaminante que no proporcionaban los modelos de caja.

e. Modelos numéricos eulerianos.

Son modelos que han ido surgiendo paralelamente a los modelos gaussianos y obtienen una mejor solución de las ecuaciones ofreciendo resultados de concentración de contaminantes en cada uno de los nodos de una malla espacial sobre un sistema de coordenadas determinado.

f. Modelos lagrangianos.

Son modelos en los que los contaminantes están representados por elementos de tamaño diverso (segmentos, nubes o partículas), que son transportados y dispersados por el viento de una forma independiente, pero que en conjunto representarían el estado de un penacho de contaminantes en cualquier instante.

g. Otros modelos.

Los modelos matemáticos de dispersión de contaminantes también se pueden clasificar según las escalas espaciales y temporales de los procesos que pretenden simular.

## **5.6. Contaminación acústica**

La contaminación acústica se puede definir como la presencia en el ambiente de ruidos y vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

### **5.6.1. Legislación**

Actualmente se cuenta con el Decreto Ejecutivo No. 78718-S, definido como el Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido.

En resumen los límites máximos permisibles definidos en el decreto se resumen en la tabla 5.3. siguiente:

**Tabla 5.2. Límites máximos permisibles, Decreto Ejecutivo No. 78718-S**

D=Día N=Noche		Zonas receptoras (Unidad de medida dB (A))							
		Residencial		Comercial		Industrial		Tranquilidad	
Zona emisora		D	N	D	N	D	N	D	N
	Industrial	65	45	65	55	70	60	50	45
	Comercial	65	45	65	55	75	65	50	45
	Residencial	65	45	70	65	75	75	50	45

### 5.6.2. Principales fuentes de ruido ambiental

El ruido ambiental al que está expuesta la población se genera por diferentes fuentes de emisión de ruido muy distintas entre sí, que incluye los niveles sonoros y espectros de frecuencia emitidos como por su fluctuación en el espacio temporal, así como por la amplitud de la zona de afectación.

Las fuentes de emisión o emisores acústicos más significativas se pueden agrupar de acuerdo con la siguiente clasificación:

- a. Infraestructuras y medios de transporte.
- b. Maquinarias y equipos.
- c. Obras de construcción de edificios, y de ingeniería civil.
- d. Actividades o instalaciones comerciales.
- e. Actividades o instalaciones industriales y extractivas.
- f. Actividades o instalaciones deportivo-recreativas de ocio.
- g. Otras actividades o comportamientos (culturales, vecindad, etc.)

La importancia del impacto acústico que una determinada fuente de ruido produce en un lugar determinado, depende además de la naturaleza de la propia fuente, del conjunto de fuentes de ruido que inciden en el lugar, de las distancias que separan la fuente de los receptores y de la topografía de la zona de afectación en el entorno de la fuente.

Existen las fuentes de ruido difusas, donde el prototipo mas significativo es el ruido causado por el tránsito vehicular.

### 5.6.3. Efectos del ruido ambiental sobre la salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado un documento denominado “Guidelines for Community Noise”, 1999, donde se definen los principales impactos que el ruido ambiental genera sobre la salud humana y proporciona una guía y recomendaciones que sirvan de base para la protección del público contra las molestias y los efectos nocivos derivados de la exposición al ruido ambiental.

Entre los efectos nocivos producidos por la exposición al ruido destacan: alteraciones del aparato auditivo, la interferencia con la comunicación hablada, las alteraciones del descanso y el sueño, los efectos psicofisiológicos, la molestia y alteración de comportamientos, así como la interferencia con las actividades normales.

En la siguiente tabla 5.4. se presentan los límites de exposición permisible al ruido en el trabajo.

**Tabla 5.4. Límites de la OSHA de exposición al ruido en el trabajo en dB(A)**

Ruido en dB(A)	Exposición permisible en horas y minutos
85	16 horas
87	12 horas 6 minutos
90	8 horas
93	5 horas 18 minutos
96	3 horas 30 minutos
99	2 horas 18 minutos
102	1 hora 30 minutos
105	1 hora
108	40 minutos
111	26 minutos
114	17 minutos
115	15 minutos
118	10 minutos
121	6,6 minutos
124	4 minutos
127	3 minutos
130	1 minuto

Fuente: CANTER, (1997), P.384 en Milán, J.A., 2004, P.106.

Nota: Las exposiciones superiores o inferiores al límite de 90 dB han sido ponderadas en el tiempo para obtener lo que la OSHA considera riesgo equivalente a una exposición de 90 dB durante ocho horas.

#### **5.6.4. Efectos del ruido ambiental sobre la fauna**

Los efectos del ruido ambiental sobre la fauna silvestre todavía no han sido suficientemente explorados, pero diversos estudios han concluido que los animales pueden sufrir daño comparables e incluso superiores a los ocasionados en el hombre, aunque algunos puedan acostumbrarse a convivir con ruidos continuos o alternos en el tiempo.

Con base en la Nature Sounds Society (2005), diversos estudios de campo y laboratorio han determinado los cuatro tipos principales de daños que produce el ruido en los animales y estos son:

- a. Pérdidas de oído, como consecuencia a niveles de ruido de 85 dB o mayores.
- b. Enmacaramiento o incapacidad para detectar señales ambientales o de otros animales, importantes para la supervivencia.
- c. Problemas fisiológicos: aumento del ritmo cardiaco y la respiración, aumento del nivel de estrés, incremento en los niveles de colesterol, etc.
- d. Efectos sobre e comportamiento que varían en función de las diferentes especies y el tipo de ruido como : pérdida del hábitat, abandono de puestas y de crías, desorientación, agresividad, etc.

#### **5.6.5. Calidad acústica**

La calidad acústica entendida como e grado de adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito, debe ser precisada para poder garantizar un nivel mínimo de protección frente a la contaminación acústica.

El concepto de calidad acústica, para que pueda ser efectivo, conlleva por una parte, la zonificación del territorio en áreas acústicas, atendiendo a las distintas

actividades que en el mismo se desarrollan y por otra parte que se fijan en cada tipo de área acústica.

Las áreas acústicas son zonas del territorio que comparten idénticos objetivos de calidad acústica y se pueden clasificar en:

- a. Sectores territoriales con predominio de uso del suelo residencial.
- b. Sectores territoriales con predominio de suelo de uso industrial.
- c. Territorios con predominio de uso del suelo recreativo y de espectáculos.
- d. Territorios con predominio de uso del suelo sanitario, docente y cultural.
- e. Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructura de transporte y otros equipamientos públicos.
- f. Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

#### **5.6.6. Índices acústicos**

La evaluación acústica se conoce como el resultado obtenido luego de aplicar cualquier método que permita calcular, predecir, estimar o medir la calidad acústica y los efectos de la contaminación acústica. Para poder realizar las evaluaciones acústicas se cuenta con índices acústicos adecuados.

El índice acústico es una magnitud física establecida para describir la contaminación acústica, que tiene relación con los efectos producidos por ésta.

Existen diferentes tipos de índices acústicos, se pueden distinguir los índices de emisión, que son los índices acústicos relativos a la contaminación acústica generada por un emisor, por lo que permiten evaluar el ruido producido por la fuente, y los índices de inmisión que son los índices acústicos relativos a la contaminación acústica existente en un lugar durante un tiempo determinado y que permite evaluar la situación de ruido en un punto determinado como consecuencia de la adición del ruido producido por el conjunto de los emisores acústicos de su entorno.

### **5.6.7. Cartografía acústica**

Con base en una evaluación global de la exposición al ruido ambiental en una zona determinada, es posible definir los “mapas de ruido”.

Estos mapas de ruido se realizan para evaluar el ruido existente en un determinado lugar, o para el desarrollo de diferentes proyectos en los estudios de línea base de los estudios de impacto ambiental.

Los mapas de ruido son instrumentos que permiten disponer de información uniforme sobre los niveles de contaminación acústica en los distintos puntos del territorio, aplicando criterios homogéneos de medición, que permiten hacer comparables entre sí las magnitudes de ruido verificadas en cada lugar. Estos mapas de ruido pueden desarrollarse aplicando métodos de cálculo, utilizando mediciones “in situ” o aplicando una combinación de ambas.

### **5.6.8. Prevención de la contaminación acústica**

Dentro de la prevención acústica, se pueden distinguir entre las medidas recomendadas:

- a. La planificación territorial y planeamiento urbanístico.
- b. La intervención administrativa sobre las fuentes acústicas.
- c. El autocontrol de las emisiones acústicas de emisores acústicos.
- d. La prohibición, salvo excepciones, de conceder permisos de construcción de edificaciones destinadas a viviendas, usos hospitalarios, educativos o culturales si los índices de inmisión no cumplen con los objetivos de calidad acústica que sean de aplicación en las diferentes áreas acústicas.

### **5.6.9. Metodología para la medida del ruido**

Los principales factores a considerar en la medida de ruido se resumen en :

- a. Selección de la instrumentalización.
- b. Localización de las mediciones
- c. Efectos meteorológicos.
- d. Selección de los intervalos temporales de medida.

*a. Selección de la instrumentalización:*

Los instrumentos normalmente más utilizados son:

- Sonómetros
- Sonómetros integradores-promediadores.

Los sonómetros son instrumentos que miden el nivel de presión sonora en forma instantánea en decibeles (dB), lo que normalmente se conoce como el nivel sonoro.

Los sonómetros integradores-promediadores, son instrumentos de medición utilizados para la medición del ruido ambiental. Cuentan con la capacidad de calcular el nivel continuo equivalente, e incorporan funciones para la transmisión de datos a la computadora, etc.

*b. Localización de las mediciones*

Los criterios para aplicar la elección de los puntos donde se realiza la evaluación del ruido ambiental, dependen del objetivo de la medición y pueden ser especificados en las normas que se aplican (Decretos Ejecutivos, directivas, etc.) Por lo general se aplica a los siguientes criterios:

- Mediciones externas: El punto de observación se sitúa al menos a 3,5 m de cualquier estructura reflectante y entre 1,2 a 1,5 m sobre el suelo.
- Mediciones externas próximas a edificios: el punto de evaluación se ubica a una distancia de 1 a 2 m de la fachada y de 1,2 a 1,5 m sobre el suelo.

- Mediciones en el interior del edificio: El punto de evaluación se ubica por lo menos a una distancia de 1 m de las paredes, 1,2 a 1,5 m sobre el piso y aproximadamente a 1,5 m de las ventanas.

*c. Efectos meteorológicos*

Las condiciones meteorológicas como la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, el gradiente térmico de la temperatura, la presencia de lluvia existente en el momento de realizar las mediciones, pueden afectar el resultado de las mismas. En estas condiciones, se puede:

-Promediar sobre el rango de condiciones meteorológicas existentes en el momento de realizarlas.

-Efectuar las mediciones en condiciones meteorológicas específicas que proporcionen una propagación más estable.

Las condiciones meteorológicas medias de un lugar normalmente se obtienen de un análisis estadístico de 10 años, de los datos meteorológicos medidos en ese lugar.

*e. Selección de los intervalos temporales de medida.*

Uno de los aspectos importantes a considerar en la medición del ruido ambiental es el de la selección de los intervalos temporales de medida. Esta selección está relacionada con el objetivo del ruido, con la naturaleza y la actividad del receptor, con la operación de los emisores acústicos y con las variaciones en las condiciones de propagación.

A partir de las características temporales del ruido ambiental a medir, se puede clasificar en :

-Ruido estable: el intervalo temporal de medición debe representar un período en el cual el nivel sonoro se puede considerar como constante.

- Ruido estable con variaciones escalonadas: cada intervalo temporal debe representar un período dentro del cual en nivel sonoro se mantiene constante.
- Ruido periódico: el intervalo temporal debe comprender al menos un ciclo completo. Si la medida se hace en intervalos más cortos, cada uno de ellos debe representar una parte del ciclo y su suma el período completo.
- Ruido fluctuante: para evaluar este tipo de ruido se debe obtener un número suficiente de muestras independientes que permitan estimar el nivel sonoro promediado a largo plazo.

#### **5.6.10. Toma de medidas y precauciones en las mediciones de campo**

Con el fin de no introducir errores en la toma de medidas que alteren la lectura de los niveles registrados, es necesario tomar en cuenta una serie de precauciones, que normalmente se consideran en los protocolos de medición, como los que se presentan a continuación:

- Todos los sonómetros o equipos equivalentes utilizados para la determinación de los niveles de evaluación, se someterán a una comprobación de su funcionamiento en el sitio de medida, antes y después de tomar la medida, mediante el uso de un calibrador acústico.
- Para realizar las medidas, se tomará en cuenta las indicaciones dadas por el fabricante de los equipos, en cuanto a rangos de medida, tiempo, influencia de la humedad, campos magnéticos, electrostáticos, vibraciones, etc.
- Para realizar las medidas al aire libre, se deberá utilizar una pantalla antiviento que garantice una correcta protección al micrófono frente al ruido inducido por el viento. De todo modos, cuando la velocidad del viento supere los 3 m/s, se deberá desestimar la medida.

- No se tomarán en consideración medidas cuando se encuentre lloviendo.
- Siempre se deberá tomar en cuenta la presencia de campos acústicos que puedan provocar apantallamientos o modificaciones a las medidas. Se recomienda el uso de trípodes para colocar el equipo en el sitio elegido.
- Para las medidas en el ambiente exterior, el micrófono se deberá ubicar a una distancia de 1,5 m de límite de propiedad de la fuente acústica y a una altura de 1,2 m sobre el suelo.
- Para medidas de ambiente interior, el micrófono se ubicará dentro del espacio comprendido entre planos imaginarios separados 1,2 m del suelo, techo y paredes y 1,5 m de las puertas o ventanas que tenga el sitio. Si las dimensiones no permiten tomar en cuenta estos retiros, la medida se realizará en el centro geométrico de la habitación.
- Para las medidas en ambiente interior, todos los espacios o huecos deberán permanecer cerrados.

## **5.7. Referencias y bibliografía**

Ministerio del Medio Ambiente de España. 2006. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Tercera edición. Madrid, España.

Milán, J.A., 2004. Manual de Estudios Ambientales para la Planificación y los Proyectos de Desarrollo. Universidad Nacional de Ingeniería. Programa de Estudios Ambientales Urbano Territoriales. 531 p. Primera edición, Managua, Nicaragua.

Decreto Ejecutivo No. 30221-S, San José, Costa Rica.

Decreto Ejecutivo No. 30222-S-MINAE, San José, Costa Rica.