PROTOCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

VICEMINISTERIO DE AMBIENTE

DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE

República de Colombia

Versión 2.0

OCTUBRE DE 2010

TABLA DE CONTENIDO

1 PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 5
1.1 Medición directa 6
1.1.1 Métodos empleados para realizar la medición directa 6
1.1.2 Consideraciones adicionales para la evaluación de emisiones atmosféricas 16
1.1.3 Instalaciones necesarias para realizar mediciones directas 20
1.2 Balance de masas 25
1.2.1 Información necesaria para evaluar emisiones por el método de balance de masas 26
1.3 Factores de emisión 28
1.3.1 Información necesaria para evaluar emisiones por factores de emisión 29
1.3.2 Desarrollo de factores de emisión 30
1.4 Uso simultáneo de procedimientos de medición 33

2 ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 34
2.1 Informe previo a la evaluación de emisiones 34
2.2 Informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas 35
2.2.1 Contenido del informe final de evaluación de emisiones atmosféricas 36
2.3 Procedimiento de toma de muestra y análisis 41
2.4 Reporte de errores en la evaluación de emisiones atmosféricas 41
2.4.1 Pérdida o alteración de la muestra 41
2.4.2 Errores de toma de muestra 41
2.4.3 Errores de análisis 42
2.5 Criterios de invalidación de datos 42
2.5.1 Cadena de custodia de la muestra 42
2.6 Información adicional para hornos crematorios 43
2.7 Registro Único Ambiental RUA 43

3 MONITOREO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 44
3.1 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas para centrales térmicas, instalaciones donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, hornos crematorios e instalaciones donde se realice tratamiento a residuos no peligrosos 44
3.1.1 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas para hornos crematorios. 46
3.1.2 Frecuencia de los estudios de evaluación de Dioxinas y Furanos para instalaciones nuevas y existentes donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos ... 47
3.2 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones para las demás actividades industriales 48
3.3 Consideraciones adicionales en la determinación de la frecuencia de monitoreo de emisiones atmosféricas basados en el uso de la UCA 49
3.3.1 Instalaciones nuevas 49
3.3.2 Equipos de respaldo 49
3.3.3 Dioxinas y Furanos 49
3.4 Determinación del tamaño de la muestra cuando existen fuentes de emisión similares operando bajo las mismas condiciones 49

3.5 Monitoreo Continuo de Emisiones 51
3.5.1 Condiciones para la solicitud de monitoreo continuo de emisiones 51
3.5.2 Seguimiento al Monitoreo Continuo de Emisiones 52

4 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE DESCARGA. APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA 54
4.1 Generalidades 54
4.2 Buenas Prácticas de Ingeniería para instalaciones existentes 54
4.3 Buenas Prácticas de Ingeniería para instalaciones nuevas 57
4.4 Consideraciones adicionales para la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería (BPI) 64

5 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 72
5.1 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES 72
5.1.1 Ciclones 72
5.1.2 Precipitadores Electrostáticos 73
5.1.3 Quemador de gases 73
5.1.4 Sistemas de captura y destrucción de sustancias contaminantes 74
5.1.5 Sistemas de captura y recuperación de sustancias contaminantes 74
5.1.6 Incinerador para destrucción de sustancias contaminantes 74
5.1.7 Lavador húmedo 74
5.1.8 Lavador Venturi 75
5.1.9 Sistemas de Oxidación Térmica 77
5.1.10 Sistemas de Oxidación Catalítica 77
5.1.11 Adsorción por Carbón Activado 77
5.1.12 Absorción 77
5.1.13 Condensación 78

6 PLAN DE CONTINGENCIA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS 79
6.1 Contenido recomendado para el Plan de Contingencia de Sistemas de Control de Emisiones 79

7 DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE EMISIONES MOLESTAS 81
7.1 Enmascaramiento de Olores 81
7.2 Carbón Activado 81
7.3 Filtro Biológico 82

8 PRUEBA DE QUEMADO PARA INSTALACIONES DONDE SE REALICE TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS PELIGROSOS 83
8.1 Metodología para el desarrollo de Pruebas de Quemado en instalaciones de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos 84
8.2 Informe final de la Prueba de Quemado 85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Métodos para la evaluación de emisiones contaminantes 6
Tabla 2. Matriz de análisis de contaminantes 10
Tabla 3. Instalaciones mínimas para la realización de mediciones directas 21
Tabla 4. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para todas las instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y para todas las instalaciones donde se realice tratamiento térmico a residuos no peligrosos. 44
Tabla 5. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o inferior a 600 Kg/mes. 45
Tabla 6. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos cementeros que realicen coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos. 46
Tabla 7. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos crematorios. 46
Tabla 8. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento tanto nuevos como existentes. 47
Tabla 9 Frecuencia de monitoreo contaminantes de acuerdo con la Unidad de Contaminación Atmosférica 49
Tabla 10 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire. 65
Tabla 11 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire. 66

1 PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El presente capítulo tiene como objetivo establecer los procedimientos de evaluación de emisiones, según lo dispuesto en el artículo 72 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya. Estos procedimientos de evaluación incluyen medición directa, balance de masas y factores de emisión. Durante la evaluación de emisiones contaminantes, se puede emplear una única metodología o se pueden emplear dos o más de ellas para determinar la confiabilidad de la información obtenida en la cuantificación de las emisiones.

Las emisiones de contaminantes al aire varían de una fuente a otra, por lo cual es necesario evaluar inicialmente la información disponible para la evaluación de emisiones atmosféricas. Esta información debe incluir las variables de diseño, operación y mantenimiento de los procesos y de los sistemas de control de emisiones. Para determinar el adecuado funcionamiento de los sistemas de control de emisiones, por ejemplo, se debe utilizar la información de las variables de operación como la presión a través del lavador (en el caso del lavador de gases), el área de la placa, el voltaje y la corriente de operación (en el caso de los precipitadores electrostáticos) y la razón de alimentación alcalina (en un lavador de gases ácidos), entre otros.

Adicional a la variación que se presenta en las emisiones atmosféricas de una fuente a otra, una misma fuente puede presentar variaciones importantes en las propiedades y características de sus emisiones. Para evaluar estas variaciones en el corto plazo, se necesita el desarrollo de varias pruebas y evaluaciones de las emisiones, incluso puede requerirse el desarrollo de monitoreo continuo en la fuente. Generalmente, la información que proporciona un balance de masas no es suficiente para analizar la variabilidad de las emisiones en el corto tiempo, ya que los datos proporcionados por el balance de masas corresponden a evaluaciones que se realizan con intervalos de tiempo cortos y adicionalmente se promedian las emisiones contaminantes. Por el contrario, una de las ventajas de la aplicación de balance de masas es la aproximación a valores reales de los promedios de las emisiones en los casos en los que el análisis de las fluctuaciones se presenta en un largo periodo de tiempo.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 76 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, el cumplimiento de los estándares se debe determinar mediante medición directa de las emisiones a través del ducto o chimenea que se debe construir en cada fuente fija puntual. En aquellos casos en que por las condiciones físicas de los equipos que hacen parte del proceso que genera la emisión de los contaminantes al aire no sea posible la construcción de un ducto para la descarga de los contaminantes o cuando la construcción del ducto no permita contar con las condiciones para realizar la medición directa se deberá aplicar balance de masas. En el caso que no se cuente con la información necesaria para realizar el cálculo de las emisiones por balance de masas (cantidades y caracterización de materiales, consumo de combustibles y la demás información que establece el presente protocolo para la aplicación de dicha metodología) y que se demuestre técnicamente que dicha información no se pueda hallar para el desarrollo de la evaluación de emisiones, se deberá aplicar factores de emisión.

1.1 Medición directa

La medición directa se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra (usando equipos muestreadores) para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales (analizadores en tiempo real). El primer procedimiento corresponde a la captura de la muestra en la chimenea o ducto de la fuente, para su posterior análisis en laboratorio. El analizador instrumental es un equipo que mide directamente la concentración de los contaminantes en la chimenea o ducto de emisión y reporta los valores de las emisiones de manera inmediata. Este equipo se puede emplear de manera eventual o permanente. Cuando se emplea de manera permanente el analizador forma parte de un sistema que recibe el nombre de sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS por sus siglas en inglés). Únicamente serán validos aquellos resultados obtenidos mediante la aplicación de analizadores instrumentales, cuando el método aplicado permita su uso, caso en el que se deberán cumplir todas las especificaciones del método.

1.1.1 Métodos empleados para realizar la medición directa

Para el desarrollo de la medición directa para cada uno de los contaminantes que genere la fuente fija, de acuerdo con las características de las emisiones y del ducto de salida o chimenea, se adoptan los métodos promulgados en el Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR), que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Métodos para la evaluación de emisiones contaminantes

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 1	Determinación del punto y velocidad de toma de muestra para fuentes fijas
Método 1A	Determinación del punto y velocidad de toma de muestra para fuentes fijas con ductos o chimeneas pequeñas
Método 2	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gases en chimenea (Tubo Pitot tipo S)
Método 2A	Medición directa del volumen de gas a través de tuberías o ductos pequeños
Método 2B	Determinación de la tasa volumétrica de flujo del gas procedente de incineradores de vapor de gasolina
Método 2C	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica del gas en ductos o chimeneas pequeñas (Tubo Pitot estándar)
Método 2D	Medición de la tasa de flujo volumétrica del gas en ductos y tuberías pequeñas
Método 2E	Determinación de la tasa de flujo de producción de gas en rellenos sanitarios
Método 2F	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gas en chimenea empleando sondas tridimensionales
Método 2G	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gas en chimenea empleando sondas bidimensionales
Método 2H	Determinación de la velocidad del gas teniendo en cuenta la disminución de la velocidad cerca a la pared de la chimenea
Método 3	Análisis de gases para la determinación del peso molecular base seca
Método 3A	Determinación de concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en emisiones de fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 3B	Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de tasa de emisión o exceso de aire
Método 3C	Determinación de dióxido de carbono, metano, nitrógeno y oxígeno en fuentes fijas

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 4	Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea
Método 5	Determinación de las emisiones de material particulado en fuentes fijas
Método 5A	Determinación de las emisiones de material particulado en la industria de procesamiento de asfalto y manto asfáltico
Método 5B	Determinación de las emisiones de material particulado diferente al ácido sulfúrico en fuentes fijas
Método 5D	Determinación de las emisiones de material particulado en filtros de manga que operan a presión positiva
Método 5E	Determinación de las emisiones de material particulado en industrias de manufactura de fibra de lana de vidrio aislante
Método 5F	Determinación de las emisiones de material particulado, diferente al sulfato, en fuentes fijas
Método 5G	Determinación de las emisiones de material particulado en calentadores de madera (toma de muestra en túnel de dilución)
Método 5H	Determinación de las emisiones de material particulado en calentadores de madera (localizado en la chimenea)
Método 5I	Determinación de las emisiones de material particulado de bajo nivel en fuentes fijas
Método 6	Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en fuentes fijas
Método 6A	Determinación de dióxido de azufre, humedad y dióxido de carbono en fuentes de combustión de combustible fósil
Método 6B	Determinación de las emisiones promedio diarias de dióxido de azufre y dióxido de carbono en fuentes de combustión de combustible fósil
Método 6C	Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 7	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas
Método 7A	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Método de cromatografía iónica)
Método 7B	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Método de espectrofotometría ultravioleta)
Método 7C	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Método colorimétrico de permanganato alcalino)
Método 7D	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Método de cromatografía iónica de permanganato alcalino)
Método 7E	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 8	Determinación de las emisiones de ácido sulfúrico y dióxido de azufre en fuentes fijas
Método 9	Determinación visual de la opacidad de emisiones en fuentes fijas
Método 10	Determinación de las emisiones de monóxido de carbono en fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 10A	Determinación de la emisión de monóxido de carbono en la certificación de sistemas de medición continua de emisiones en refinerías de petróleo
Método 10B	Determinación de las emisiones de monóxido de carbono en fuentes fijas
Método 11	Determinación del contenido de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en corrientes de gas combustible en refinerías de petróleo

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 12	Determinación de las emisiones de plomo inorgánico en fuentes fijas
Método 13A	Determinación de las emisiones de fluoruro total en fuentes fijas (Método del reactivo SPADNS)
Método 13B	Determinación de las emisiones de fluoruro total en fuentes fijas (Método del Ion electrodo específico)
Método 14	Determinación de las emisiones de fluoruro para plantas de producción de aluminio primario
Método 14A	Determinación de las emisiones de fluoruro total en fuentes fijas específicas en instalaciones de producción de aluminio primario
Método 15	Determinación de las emisiones de sulfuro de hidrógeno (H_2S), carbonilo sulfhídrico y Bisulfuro de Carbono en fuentes fijas
Método 15A	Determinación de las emisiones de azufre total reducido en plantas de recuperación de azufre de refinerías de petróleo
Método 16	Determinación semicontinua de las emisiones de azufre en fuentes fijas
Método 16A	Determinación de las emisiones de azufre total reducido en fuentes fijas (Técnica del impactador)
Método 16B	Determinación de las emisiones de azufre total reducido en fuentes fijas
Método 17	Determinación de la emisión de material particulado en fuentes fijas
Método 18	Medición de las emisiones de compuestos orgánicos gaseosos por cromatografía de gases
Método 19	Determinación de la eficiencia de remoción de dióxido de azufre y las tasas de emisión de material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno
Método 20	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y diluyentes en turbinas de gas estacionarias
Método 21	Determinación de fugas de compuestos orgánicos volátiles
Método 22	Determinación visual de emisiones fugitivas de fuentes de material y emisiones de humo provenientes de llamaradas
Método 23	Determinación de Dibenzo–p–Dioxinas Policloradas y Dibenzofuranos policlorados en incineradores de residuos
Método 24	Determinación del contenido de material volátil, contenido de agua, densidad, volumen de sólidos y peso de sólidos en la actividad de recubrimiento de superficies
Método 24A	Determinación del contenido y densidad del material volátil en la actividad de recubrimiento de tintas por rotograbado y publicaciones rotograbadas relacionadas
Método 25	Determinación de las emisiones gaseosas orgánicas totales diferentes al metano dadas como carbón
Método 25A	Determinación de la concentración gaseosa orgánica total empleando un analizador de ionización de llama
Método 25B	Determinación de la concentración gaseosa orgánica total empleando un analizador de infrarrojo no dispersivo
Método 25C	Determinación de compuestos orgánicos diferentes al metano en gases de rellenos sanitarios
Método 25D	Determinación de la concentración de compuestos orgánicos volátiles en muestras de residuos
Método 25E	Determinación de la concentración orgánica en fase de vapor en muestras de

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
	residuos
Método 26	Determinación de las emisiones de haluros de hidrógeno y halógenos en fuentes fijas (Método no isocinético)
Método 26A	Determinación de las emisiones de haluros de hidrógeno y halógenos en fuentes fijas (Método isocinético)
Método 29	Determinación de las emisiones de metales en fuentes fijas
Método CTM-027	Procedimiento para la recolección y análisis de amonio en fuentes fijas

Los métodos de que trata la tabla anterior que se utilicen para la realización de mediciones directas serán los publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En ningún caso se aceptará cambio o modificación que no esté incluido en los métodos publicados por el IDEAM, como por ejemplo, el cambio de las especificaciones técnicas de los equipos de medición o las pruebas para verificar su calibración. En caso de que el método no se encuentre publicado por el IDEAM, se deberá utilizar el aprobado o propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA.

De acuerdo con lo establecido en al artículo 73 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, cuando no sea posible determinar las emisiones atmosféricas por cualquiera de los métodos establecidos anteriormente y sea viable técnicamente aplicar un método alternativo, la industria podrá solicitar a la autoridad ambiental competente la autorización para su uso. La autoridad ambiental competente únicamente autorizará el uso de métodos alternativos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM para lo cual se deberá realizar la correspondiente solicitud de adopción ante el MAVDT. En caso de que el método alternativo no se encuentre publicado por el IDEAM, mientras éste lo publica, se deberá utilizar la última versión del método aprobado o propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA.

1.1.1.1 Consideraciones sobre los métodos empleados para realizar la medición directa

Teniendo en cuenta las características de la fuente fija que se requiera monitorear, existen algunas consideraciones que deben observarse, especialmente en lo relacionado con volúmenes, tiempos mínimos de medición y otras consideraciones para la toma de la muestra, las cuales se encuentran consignadas en la Tabla 2 y están directamente relacionadas con el contaminante que se requiera monitorear. Estas consideraciones deben ser tenidas en cuenta durante la realización de las mediciones directas y serán evaluadas como criterios de validación de la medición, durante el proceso de revisión de la evaluación de emisiones por medición directa.

Tabla 2. Matriz de análisis de contaminantes

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
Producción de ácido nítrico	NO_X	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 7 Alternativos: 3A, 3B, 7A, 7B, 7C y 7D	Tiempo de medición: 60 minutos Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Producción de ácido sulfúrico	SO_2 Neblina ácida o trióxido de azufre (H_2SO_4)	Referencia: 1, 2, 3 y 8 Alternativos: 3A, 3B	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de medición: 1,15 dscm (40,6 dscf) El contenido de humedad se puede despreciar, considerarlo igual a cero. Se debe cuantificar la tasa de producción de ácido sulfúrico, la cual se debe confirmar mediante la realización de un balance de masas sobre el sistema de producción.
Producción de ácido clorhídrico	HCl	Referencia: 1, 2 y 26A	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de llantas y cámaras de caucho natural y sintético	MP, SO_2, NOx, HC_T	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 24 y 25 Alternativos: 1A, 2A, 2C, 3A, 3B,17 y 25A	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,003 dscm (0,11 dscf)
Producción de mezclas asfálticas	MP, SO_2, NOx	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 1A, 2A, 2C, 3A, 3B y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf)
Procesamiento de asfalto y producción de productos de asfalto	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5A (literal a, b) Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición / Volumen de muestra: Saturador: 120 min y 3,0 dscm (106 dscf) Soplador asfalto: 90 min y 2,25 dscm (79,4 dscf)
Fundición de acero	MP, SO_2, NOx, Dioxinas y Furanos	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 23 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Manufactura de acero para uso estructural	MP, HCl	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 26 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Fundición primaria de cobre	MP, SO_2, Cu, y Dioxinas y Furanos	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 23 Alternativos: 3A, 3B ,17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
			Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Plantas de producción de bronce y latón	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 (literal b) Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 120 minutos Volumen de muestra: 1,80 dscm (63,6 dscf). La toma de muestra no se debe realizar durante el vertido del ciclo de producción
Fundición de plomo	MP, SO_2, Pb, Cu, Cd	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6,12 y 29 Alternativos: 3A, 3B,17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf)
Fundición de Zinc	MP, SO_2, Dioxinas y Furanos	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 23 Alternativos: 3A, 3B,17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Galvanotecnia	SO_2, NOx, HCl, Pb, Cd, Cu	Referencia: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 12, 26 y 29 Alternativos: 3A, 3B,17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de cal	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf.)
Fabricación de fibra de vidrio	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5E Alternativos: 3A, 3B, 6C, 7A, 7C, 7D y 17	Tiempo de medición: 120 minutos Volumen de muestra: 2,55 dscm (90,1 dscf) Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Hornos de fundición de vidrio	MP, SO_2, NOx, HF y HCl	Referencia: 1, 2,3, 4 y 5, 13A y 26 Alternativos: 3A, 3B,13B y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf). La sonda y el porta filtro no debe tener una temperatura superior a 177 más o menos 14 °C (350 más o menos 25 °F)
Producción de pulpa para papel a la soda	MP, SO_2, NOx.	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 16 Alternativos: 3A,3B, 16A 16B y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf), y se debe utilizar agua en lugar de acetona como sustancia para recuperación de la muestra. Método 16: tiempo de medición 3 a 6 horas
Producción de pulpa para papel al sulfato y a la soda			

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
			Se puede emplear el Método 17 si se agrega una constante de 0,009 g/dscm a los resultados obtenidos por el Método 17, y si la temperatura de los gases de chimenea no es superior a 204°C (400 °F)
Preparación de carbón	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, y 6 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de coque	MP, SO_2, HC_T y Dioxinas y Furanos	Referencia: 1, 2, 3, 5, 23 y 25 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Fabricación de fertilizantes	MP, HF NO_x	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 13A Alternativos: 3A, 3B,13B y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de aleaciones ferrosas	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,80 dscm (63 dscf)
Plantas de acero	MP, SO_2, NOx	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 16 Alternativos: 3A, 3B, 16A, 16B y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf), y se debe utilizar agua en lugar de acetona como sustancia para la recuperación de la muestra.
Procesamiento de minerales	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Reducción primaria de aluminio	MP, HF	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 13A y 13B Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 8 horas Volumen de muestra: 6,80 dscm (240 dscf)
Procesamiento de roca de fosfato	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Manufactura de sulfato de amonio	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,5 dscm (53 dscf)
Producción de caprolactama	NOx, SO_2	Referencia: 1, 2, 3, 4, 6 y 7	Tiempo de medición: 60 minutos

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
		Alternativos: 3A, 3B, 17	Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de sulfato de sodio	MP, SO_2	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de nitrato de potasio	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4, y 5 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Calcinación y secado en la industria mineral	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 (literal c) Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 120 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm
Industria molinera	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Tostado de cascarilla de grano o material vegetal	MP, NOx, HC_T, Dioxinas y Furanos	Referencia: 1,2,3,4,5, 7, 23 y 25 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Puertos	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Fabricación de productos farmacéuticos	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Artes gráficas	COV‘s	Referencia: 24A, densidad-ASTM D1475–60, 80, o 90	Análisis por balance de masas o medición directa.
Procesamiento y transformación de caucho natural y sintético	COV‘s	Referencia: 25 Alternativos: 18	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestrea: 0,003 dscm
Recubrimiento de superficies	COV‘s	Referencia: 25 Alternativos: 25A, 18	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestrea: 0,003 dscm
Producción de pigmentos inorgánicos a base de caolín, carbonato de sodio y azufre	MP, SO_2, NOx	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Generación de vapor	MP, NOx, SO_2	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 3A, 3B, 5B, 17 (literal c)	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
Turbinas de gas para generación de energía	SO_2 NO_X	Referencia: 1, 2, 3, 4, 6, 7E y 20 Alternativos: 3, 3B	Tiempo de medición: 20 minutos Volumen de muestra: 0,02 dscm (0,71 dscf)
Refinación de petróleo	MP, SO_2, NO_x	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 17, 7 y 8 Alternativos: 1A, 2A, 2C, 3A, 3B, 5B, 5F,	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,015 dscm (0,53 dscf)
Producción de cemento	MP, SO_2, NOx	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 3A, 3B, 17	Tiempo de medición / Volumen de muestra: Horno: 60 minutos y 0,85 dscm (30 dscf) Enfriador Clinker: 60 minutos y 1,15 dscm (40,6 dscf)
fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla	MP, NOx, SO_2, HCl, HF	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13A y 26 Alternativos: 3, 3B,13B, 26A y 17	Tiempo de medición: 60 minutos
Termoeléctricas	MP, SO_2, NO_X	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 3A, 3B, 6C, 7A, 7C, 7D, 7E y 17	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm
Hornos para calcinación de subproductos de animales	MP, NH_3, H_2S y Mercaptano	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 15, CTM 027 Alternativos: 3A, 3B, 17	
Tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos y no peligrosos	MP, SO_2, NOx, CO, Dioxinas y Furanos, Hidrocarburos totales dados como CH_4, Hg, HF, HCl, COT, Cadmio y talio y sus compuestos, sumatoria de metales	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 23, 25, 26, 29 Alternativos: 3A, 3B, 6C, 7A, 7C, 7D, 7E, 10B, 17, 25A, 26A	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Método 23: Tiempo de medición: 4 horas Caudal: Método 7C - entre 0,014 y 0,018 cfm

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO MÍNIMO, VOLUMEN MÍNIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA*
Cremación de cadáveres en Hornos Crematorios	MP, CO, Hidrocarburos totales dados como CH_4, Benzopireno y dibenzoantraceno	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 18, Niosh 5506, Niosh 5515 Alternativos: 3A, 3B, 10B	Tiempo de medición: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)

* cfm: pies cúbicos por minuto
dscm: metros cúbicos de gas seco estándar
dscf: pies cúbicos de gas seco estándar

1.1.2 Consideraciones adicionales para la evaluación de emisiones atmosféricas

La evaluación de emisiones atmosféricas mediante medición directa debe comenzar como mínimo 30 minutos después de iniciada la operación del proceso o instalación y debe finalizar antes que se detenga la operación del mismo, cumpliendo los tiempos y volúmenes mínimos establecidos por el presente protocolo.

Las pruebas deben ser realizadas bajo las condiciones de operación representativa de la fuente fija establecidas en el presente protocolo. Se considera una operación representativa, aquella que se realice bajo condiciones de operación iguales o superiores al 90% de su operación normal.

Cuando la medición se realice en instalaciones existentes, las fuentes fijas objeto de la evaluación de emisiones deben estar operando como mínimo al 90% de la capacidad de operación promedio de los últimos doce (12) meses. Esta información deberá ser soportada y presentada por la actividad industrial a la autoridad ambiental competente en el informe previo a la realización de la medición (Ver Capítulo 2). El porcentaje de operación (90%) deberá estar basado como mínimo en los datos del tipo y consumo de combustible, de la producción o de la carga. En caso que la actividad no soporte esta información, la medición se deberá realizar a plena carga y máxima capacidad de operación de los equipos, para lo cual en el informe previo deberá anexar información que explique el funcionamiento de las fuentes fijas. Dicha información deberá también estar disponible el día en que se realice la medición directa.

Para el caso de instalaciones nuevas, estas tendrán seis (6) meses contados a partir de su entrada en operación para realizar la medición de sus emisiones. En todo caso se debe cumplir que la condición de operación sea al menos el 90% del promedio de operación normal.

Para la determinación del cumplimiento de material particulado y de óxidos de azufre se deben realizar tres pruebas o corridas, a menos que el IDEAM determine algo diferente. En este caso será el promedio de las tres pruebas o corridas el que se compare con el estándar aplicable. Para los demás contaminantes se deberá realizar una prueba o corrida y será este valor el que se compare con el estándar aplicable a menos que el IDEAM determine algo diferente.

1.1.2.1 Medición de emisiones cuando se utiliza más de un combustible

En aquellos casos en los que una actividad industrial utilice más de un combustible de manera separada para la operación normal del proceso o instalación que genera emisiones atmosféricas, se deberá verificar el cumplimiento de los estándares de emisión de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya para cada uno de ellos; para esto se deberá obtener el promedio de tres mediciones con cada uno de los combustibles utilizados y será este valor el que se compare para verificar el cumplimiento de los estándares aplicados a cada tipo de combustible. En los casos en los que uno de los combustibles se utilice más del 95% de las horas de operación anual, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio del 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, solamente deberá verificar el cumplimiento con respecto a ese combustible.

1.1.2.2 Análisis de gases (O_2, CO_2 y CO)

Cuando el análisis de gases (O_2, CO_2 y CO) se realice empleando los métodos 3 y 3B, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Método 3B: Empleando la técnica de toma de muestra integrada o puntual en el mismo sitio de toma de muestra de material particulado.
- Método 3: Se debe emplear la técnica de toma de muestra integrada.

1.1.2.3 Determinación de la humedad de los gases

Para la determinación de la humedad de los gases se deberán utilizar los valores encontrados luego de la ejecución de la medición preliminar (métodos 1, 2, 3 y 4 adoptados por el presente protocolo). El valor obtenido de la aplicación de estos métodos será el utilizado para la posterior determinación de la concentración de contaminantes.

1.1.2.4 Cuantificación de la emisión de material particulado

Para la cuantificación de la emisión de material particulado, se deberá emplear el Método 5, que se puede operar sin calentamiento de la sonda de toma de muestra si el flujo de las emisiones se encuentra a temperatura ambiente. Para emisiones con temperatura por encima de la temperatura ambiente el tren de toma de muestra del Método 5 se debe operar con la sonda y el porta filtro a una temperatura de 120°C + 14°C, para prevenir la condensación en el sistema.

Para el caso de filtros de mangas que operen a presión negativa o cualquier otro tipo de sistema de control de emisiones se debe aplicar el método 5 y para filtros de manga que operen a presión positiva se debe emplear el método 5D.

La emisión de material particulado se determinará empleando los métodos 5, 5B o 17 cuando se presentan las siguientes situaciones:

- Se emplea el Método 5 si las emisiones no son tratadas previamente con lavadores húmedos.

- Se emplea el Método 17 cuando las emisiones son afectadas o no por lavadores húmedos, pero la temperatura no excede 160 ºC (320 ºF). Se pueden emplear los procedimientos de la sección 8.1 y 11.1 del Método 5B en el Método 17, solo cuando las emisiones son descargadas de un lavador húmedo. No se debe emplear el Método 17 cuando las emisiones se presentan saturadas o cargadas de gotas de agua

- Se emplea el Método 5B cuando las emisiones son tratadas previamente con lavadores húmedos

- Para el Método 5, la temperatura en el porta filtro debe ser de 120 ºC ± 14 ºC (248 ºF ± 25 ºF).

- Para el Método 5B, la temperatura en la sonda y en el porta filtro debe ser de 160 ºC ± 14 ºC (320 ºF ± 25 ºF).

- Se debe monitorear simultáneamente el contenido de oxígeno durante la medición del Método 5, Método 5B o el Método 17, tomando muestra en los mismos puntos de toma de muestra transversal.

- Adicionalmente, el método 5F se emplea cuando las emisiones no sean tratadas previamente por un sistema de control de emisiones de azufre por vía húmeda

1.1.2.5 Cuantificación de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles

Para la determinación de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) se deben seguir los procedimientos y actividades establecidas en los métodos 25, 25A, 25B o 18 de acuerdo con lo establecido en la tabla 2 del presente protocolo.

1.1.2.6 Cuantificación de la emisión de NOx

Se debe emplear el Método 7 para determinar la emisión de NO_X. El sitio de toma de muestra es el mismo que para la determinación de SO_2. Cada muestra se debe tomar a intervalos de quince (15) minutos. La tasa de emisión se debe calcular para cada muestra de NO_X y de oxígeno. La emisión de cada prueba o corrida se determina del promedio aritmético de los resultados de los cuatro pares de muestras.

Se pueden emplear además los Métodos 7, 7A, 7C, 7D o 7E. Si se emplean los Métodos 7C, 7D, o 7E, el tiempo de toma de muestra de cada corrida o prueba debe ser de al menos una hora y se debe realizar simultáneamente con la toma de muestra integrada de oxígeno.

1.1.2.7 Cuantificación de la emisiones para los métodos 11, 15, 15A y 16

Cuando se lleven a cabo los Métodos 11, 15, 15A, o 16, los gases que ingresan al tren de toma de muestra deben estar a presión atmosférica. Si la presión en la línea es relativamente alta, se debe emplear una válvula de control para reducir la presión. Si la línea de presión es lo suficientemente alta para operar el tren de toma de muestra sin la bomba de vacío, se puede eliminar la bomba de vacío del tren de toma de muestra. El punto de toma de muestra se debe ubicar cerca del eje central de la chimenea.

Para el Método 11, el tiempo de toma de muestra y volumen de muestra debe ser de al menos diez minutos y 0,010 dscm (0,35 dscf.). Se deben tomar al menos dos muestras en intervalos de alrededor de una (1) hora. El promedio aritmético de las dos muestras representa una prueba o corrida. Para la gran mayoría de los combustibles, tiempos de toma de muestra superiores a 20 minutos pueden conducir al agotamiento de la solución absorbente, sin embargo, gases de combustibles que poseen bajas concentraciones de H_2S pueden necesitar tiempos de toma de muestra superiores.

Para el Método 15 o 16, la inyección de al menos tres muestras para un periodo de una (1) hora se considera una prueba o corrida. Para el Método 15A, una (1) hora de toma de muestra se considera una prueba o corrida.

Se debe emplear el Método 15 para determinar las concentraciones de azufre reducido y H_2S; cada prueba o corrida se obtiene a partir de dieciséis (16) muestras tomadas por encima de un mínimo de 3 horas. El punto de toma de muestra deberá ser el mismo del Método 6. Para asegurar un tiempo de residencia mínimo dentro de la línea de toma de muestra, el tiempo de toma de muestra debe ser de al menos 3 l/min (0,10 cfm). El SO_2 equivalente para cada corrida se debe calcular después de corregir la humedad, como el promedio aritmético del SO_2 equivalente para cada muestra durante la corrida. Se debe emplear el Método 4 para determinar

el contenido de humedad. El tiempo de toma para cada muestra deberá ser igual al tiempo que toma para cuatro (4) muestras del Método 15.

1.1.2.8 Cuantificación de las emisiones de SO_2 y H_2SO_4

Para la utilización del Método 6 la muestra se debe tomar a una tasa de aproximadamente 2 litros/min. El punto de toma de muestra del Método 6 o 6C debe ser adyacente al establecido para el Método 4; el cual se utiliza para determinar la humedad en los gases de chimenea. El tiempo de toma de muestra debe ser de al menos diez (10) minutos y 0,010 dscm (0,35 dscf) por cada muestra. Se deben tomar ocho muestras de tiempos iguales a intervalos de 30 minutos. Una prueba o corrida se considera como el promedio aritmético de las ocho muestras. El contenido de humedad de la muestra se debe emplear para corregir la humedad de que trata el Método 6. Para documentar la eficiencia de oxidación de los equipos de control para los compuestos reducidos de azufre, se debe emplear el Método 15.

Para la determinación de la emisión de SO_2 se debe emplear el Método 6. El sitio de toma de muestra deberá ser el mismo que fue utilizado para la toma de la muestra de material particulado. El tiempo de toma de muestra y volumen de la muestra deberá ser de al menos veinte minutos y 0,020 dscm (0,71 dscf) respectivamente, se deben tomar dos muestras durante una hora, con un intervalo que no supere los treinta minutos.

Se puede emplear el Método 8 modificado por inserción del filtro de vidrio calentado entre la sonda y el primer impactador. La sonda y el filtro de fibra de vidrio deben mantener una temperatura por encima de 160 ºC (320 ºF). Se deberá eliminar el impactador de isopropanol. Se debe eliminar el procedimiento de recuperación de la muestra descrita en el Método 8 para el contenedor No. 1. Se debe descartar el filtro de fibra de vidrio, se debe lavar toda la vidriería que está después del filtro de fibra de vidrio calentado e incluirlo en el contenedor No. 2. El volumen de muestra debe ser de al menos 1 dscm.

1.1.2.9 Condiciones para la medición directa de hornos discontinuos en el proceso de cocción en la industria de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla

De acuerdo con lo establecido en el artículo 34 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, y teniendo en cuenta que en el caso de los hornos discontinuos el proceso de cocción consta de tres etapas principales (precalentamiento, tratamiento térmico que se desarrolla a la máxima temperatura y enfriamiento), se realiza por ciclos y únicamente se puede volver a iniciar el proceso una vez ha sido extraída toda la carga cocida y renovada por una nueva carga, se deben considerar las siguientes condiciones para realizar la evaluación mediante medición directa.

Las mediciones directas de material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en hornos discontinuos se deberán realizar durante el periodo de máximo consumo de combustible durante el proceso de cocción, para garantizar que los datos obtenidos en la medición sean representativos del proceso de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.

Las mediciones directas de cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno en hornos discontinuos se deberán iniciar en el momento en el que se adicionan las sales en los procesos en que esto aplique.

Para efectos de la medición, el industrial debe informar a la autoridad ambiental competente en el informe previo, lo siguiente:

- Fecha y hora en la que inició el proceso de cocción
- Carga de material (cantidad y características)
- Consumo y características del combustible y de las materias primas

1.1.2.10 Condiciones para la medición directa en instalaciones de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos

Para realizar la medición directa en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si una instalación de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos ha alimentado durante los últimos cinco (5) meses el sistema con una misma categoría de residuos (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1) 80% o más del tiempo de su operación, deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema únicamente con esta categoría de residuos.

- Si una instalación de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos ha alimentado durante los últimos cinco (5) meses el sistema con residuos hospitalarios (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1) 50% o más del tiempo de operación, deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema únicamente con esta categoría de residuos.

- Cuando no se cumplan las condiciones anteriores, se deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema con una dieta que contenga como mínimo 50% del residuo que se ha alimentado en mayor proporción durante los últimos cinco (5) meses (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1) y 50% de las otras categorías de los residuos tratados en porcentajes superiores a 10% cada una.

1.1.3 Instalaciones necesarias para realizar mediciones directas

De acuerdo con lo establecido en el artículo 71 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, y con el fin de garantizar que los resultados obtenidos mediante medición directa puedan ser comparados con los límites máximos permisibles establecidos para las fuentes fijas, se debe tener en cuenta que además de seguir los procedimientos establecidos en los métodos, contar con personal profesional y técnicos idóneos, controlar las variables del proceso, se requiere contar con instalaciones físicas que permitan realizar las mediciones directas.
Para tal fin, la actividad objeto de control de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, deberá suministrar como mínimo puertos de toma de muestra adecuados para los métodos aplicables a la fuente fija. Esto incluye:

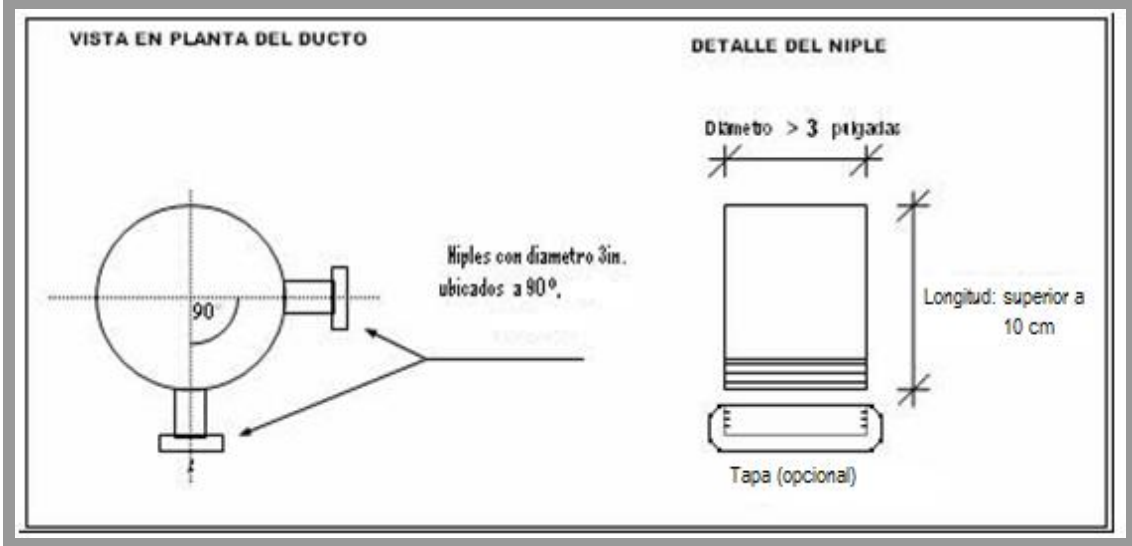
- En los casos que existan sistemas de control de emisiones, estos deben estar instalados, de manera tal que el flujo y la emisión de contaminantes pueda ser determinada con los métodos y procedimientos aplicables y contar con un ducto o chimenea libre de flujo ciclónico durante la realización de las mediciones directas, de acuerdo con lo establecido en los métodos y procedimientos de medición aplicables.
- Plataformas y acceso seguro para realizar la toma de muestra

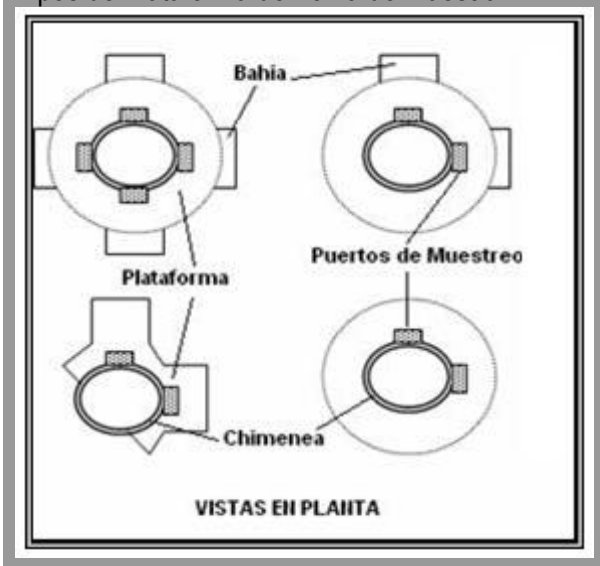
- Dispositivos y aditamentos necesarios para la toma de muestra y análisis

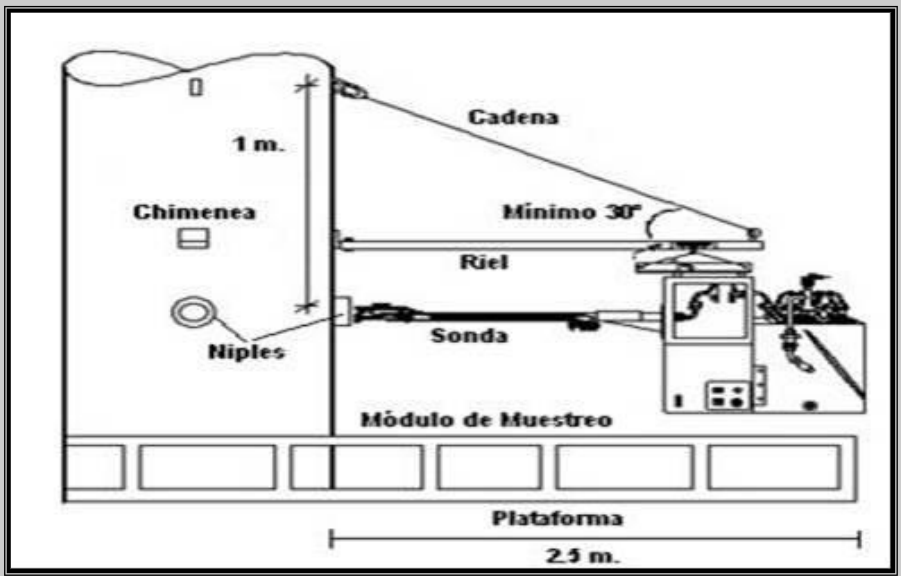
En la Tabla 3 se presentan las instalaciones que deberán tener todos los ductos o chimeneas de las fuentes fijas que realicen descargas contaminantes a la atmósfera, para la realización de mediciones directas, de manera que se garanticen las condiciones necesarias para obtener mediciones representativas.

Tabla 3. Instalaciones mínimas para la realización de mediciones directas

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Puertos de toma de muestra	El diámetro interno del niple (puerto) debe ser superior a 3" para que la sonda empleada en la medición pueda ser ingresada a la chimenea sin ningún tipo de restricción. Para la determinación de PM10 el diámetro del niple deberá ser mínimo de 6". La longitud de los niples ubicados en la chimenea debe ser mínimo de 10 cm y deben contar con tapa fácilmente removible para impedir el ingreso de elementos que modifiquen las condiciones físicas internas del ducto; dicha tapa debe ser revisada y lubricada periódicamente para evitar que se adhiera al niple y cause problemas al momento de la medición. En los casos que el espesor de la pared de la chimenea sea superior a 10 cm, un orificio con los diámetros mencionados anteriormente, puede ser utilizado como niple. Los puertos de toma de muestra deben ubicarse formando un ángulo de 90° uno con respecto al otro, para distribuir los puntos de toma de muestra en dos direcciones diferentes. Se debe verificar que los bordes internos de los puertos coincidan con el diámetro interno de la chimenea y no interfieren con el flujo de los gases de salida. Se debe garantizar que la chimenea o ducto se encuentre libre de flujo ciclónico. La construcción de la chimenea o ducto debe garantizar condiciones de flujo no ciclónico tanto a condiciones de carga baja como de carga máxima.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Esquema de la ubicación y dimensiones de los puertos de toma de muestra (Niples) 	
Plataforma segura de medición	Las dimensiones y ubicación de la plataforma deben permitir una distancia mínima de 1 metro entre el equipo que se utilice para la medición y los obstáculos más cercanos tales como paredes o columnas, entre otros. Lo anterior con el fin de contar con un área libre para la ubicación y manipulación del tren de toma de muestra. En los casos en los cuales se tengan obstáculos cercanos y no se pueda garantizar una distancia superior a 1 metro, se deberá utilizar una sonda y extensión flexibles para el desarrollo de la medición. La plataforma deberá contar con piso y escaleras firmes y antideslizantes que soporten el peso como mínimo de tres (3) personas y el equipo de toma de muestra. Esta plataforma deberá estar instalada de manera permanente. Se aceptarán plataformas temporales siempre y cuando al ser instaladas cumplan con las condiciones de seguridad y dimensiones establecidas en la presente tabla. La plataforma o la zona de medición deben contar con un suministro de energía de 110 voltios con polo a tierra y protección necesaria para evitar cortocircuitos y choques eléctricos. La base de la plataforma deberá estar a una distancia vertical de los puertos o niples, que permita maniobrar cómodamente los equipos y los dispositivos de toma de muestra (entre 1,2 y 1,6 metros).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	Cuando la plataforma esté ubicada a una altura igual o superior a 25 metros, se debe acondicionar un área de descanso o bahía para maniobrar el equipo con mayor facilidad y seguridad. Los equipos se pueden subir a través de la escalera de la plataforma o izados desde el suelo hasta la plataforma mediante un sistema tipo "polea", siempre y cuando se garantice que el sistema soporta el peso del equipo y de los dispositivos que hacen parte del mismo. A continuación se muestran cuatro tipos de plataforma que pueden ser implementadas:
Tipos de Plataforma de Toma de muestra.  	
Acceso seguro a plataforma de toma de muestra	Debe contar con escaleras resistentes y antideslizantes para el acceso del personal responsable de la medición y de los equipos y contar con los dispositivos que permitan la instalación adecuada de los instrumentos de medición. La escalera debe tener como mínimo un ancho de 1 metro y debe contar con baranda de protección (para el caso de escaleras perimetrales la altura de la baranda debe ser mínimo de 1 metro)
Ducto o chimenea	El diámetro mínimo de la chimenea deberá ser de 0,30 metros, a menos que se apliquen los métodos alternativos establecidos en este protocolo. Para chimeneas con un diámetro interno superior a 2,5 metros se debe disponer de 4 puertos de toma de muestra,

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	a menos que se cuente con condiciones de anclaje y sonda de 11 pies que permita realizar la medición con dos puntos de toma de muestra. El ducto o chimenea debe contar con dispositivos de anclaje de la guaya o cadena que soporta el tren de toma de muestra. Estos dispositivos deben estar ubicados como mínimo a 1 metro de la parte central del niple en dirección vertical hacia arriba; se requiere un dispositivo por cada niple para que el tren de toma de muestra pueda ser desplazado a cada uno de los puertos de toma de muestra durante la evaluación de emisiones, tal y como se muestra a continuación. En todo momento se debe garantizar que la temperatura exterior del ducto o chimenea permita el desarrollo de la medición, sin poner en riesgo la integridad del personal que la realiza.
Esquema del ducto y soporte para el equipo de toma de muestra (El esquema no se encuentra a escala por lo que se deben tener en cuenta únicamente como referencia las dimensiones acotadas)  	
Instalaciones para equipos de toma de muestra y análisis	La actividad en la cual se realice la medición directa debe facilitar un área limpia para la preparación de los equipos empleados en el procedimiento manual. Cuando se empleen sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se debe destinar un espacio para la instalación de los analizadores, para la realización de la calibración del sistema de adquisición y procesamiento de datos y para el personal encargado de su operación.

1.2 Balance de masas

El balance de masas hace referencia a la cuantificación de emisiones por balance de materia y energía. En ocasiones, por las características del proceso industrial, es el único método para la cuantificación de emisiones que se puede emplear, por ejemplo, en las actividades industriales que manufacturan o emplean en sus procesos compuestos orgánicos volátiles, especialmente cuando las emisiones se producen de manera fugitiva, este procedimiento de evaluación se convierte en la primera alternativa para cuantificar la emisión de contaminantes.

A través de la aplicación del método de balance de masas se representan las entradas y salidas de un sistema con el fin de estimar de manera indirecta la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, es decir, las emisiones que se producen y pueden cuantificarse durante periodos de tiempo prolongados. El balance de masas es muy utilizado en situaciones donde se presentan reacciones químicas, siendo apropiados en situaciones donde se pierde determinada cantidad de material por liberación a la atmósfera.

Para la evaluación de emisiones a través de la utilización de balance de masas, es necesario incluir todo el proceso productivo, el cual está constituido por una o varias operaciones unitarias o procesos unitarios. A su vez, una operación o proceso unitario puede desarrollarse en varias etapas, aunque una sea la más visible y a su vez la más representativa de ellas o se observe como un único sistema. Por lo anterior, es importante identificar todas las operaciones y sus interrelaciones, con el fin de reflejar fielmente todo lo que ocurre en el proceso, por lo cual se debe esquematizar mediante un diagrama de flujo del proceso. Si las operaciones son complejas, se pueden identificar por separado con el detalle que sea requerido (a través de diagramas de flujo o bloques). Durante la identificación de las operaciones unitarias, se deben incluir las operaciones complementarias o de soporte, tales como limpieza, almacenamiento y preparación de tanques, entre otras.

Los balances de masas se deben utilizar en aquellas actividades o procesos donde un alto porcentaje de los materiales se pierde en el aire, por ejemplo, el contenido de azufre del combustible o la pérdida de solvente en un proceso incontrolado de recubrimiento. Por otra parte, son inapropiados cuando el material es químicamente combinado o consumido en el proceso, o cuando las pérdidas de materiales en la atmósfera representan una pequeña porción, con respecto a los materiales que ingresan al proceso. Por esta razón, los balances de masas no son aplicables para la determinación de material particulado producto de procesos de combustión. Lo anterior indica que aquellas actividades que de acuerdo con lo establecido en el presente capítulo y en el artículo 76 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, no puedan realizar medición directa para la evaluación de sus emisiones de material particulado, deberán realizar la evaluación de este contaminante por medio de la aplicación de factores de emisión.

Para la determinación de emisiones contaminantes por medio de balance de masas, adicional a lo definido en el presente protocolo, se debe tener en cuenta lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA, mientras que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial adopta el Manual de Inventario de Fuentes Puntuales del Protocolo Nacional para el Inventario de Emisiones.

1.2.1 Información necesaria para evaluar emisiones por el método de balance de masas

Para estimar la emisión de contaminantes a la atmósfera por medio del método de balance de masas, se deben tener en cuenta diferentes consideraciones, las cuales se presentan y desarrollan a continuación.

1.2.1.1 Información general de la fuente fija

Es necesario describir de manera general las actividades productivas que se realizan y obtener la información necesaria para identificar y clasificar la fuente fija de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

1.2.1.2 Descripción de las instalaciones

Se requiere una descripción detallada del proceso productivo, incluyendo una explicación clara de las actividades realizadas (lo cual se puede realizar a través de un plano de distribución de planta), de los parámetros de emisión y de las chimeneas (si aplica).

1.2.1.3 Información del proceso o procesos que generan emisiones

La información sobre los procesos que generan emisiones debe incluir un diagrama de flujo de cada uno de los procesos que está siendo analizado, así como su descripción. Se deben incluir los equipos de control de emisiones al aire que se utilizan en el proceso. Adicionalmente, se deben incluir variables del proceso como materias primas e insumos utilizados, la máxima tasa de operación de los equipos, las tasas máximas, normal y promedio de operación de los equipos, la caracterización y tasa de alimentación del combustible que utiliza y las horas de operación diarias, semanales y mensuales. En caso tal que el proceso se realice por lotes o cochadas (tipo batch), es necesario suministrar información sobre la duración y el número de lotes por día, por semana o por mes.

1.2.1.4 Descripción de la fuente o fuentes de emisión

Se debe realizar una descripción detallada la fuente de emisión, comenzando por las generalidades del sector, según referencias bibliográficas nacionales o internacionales, incluyendo una explicación detallada de la fuente de emisión, teniendo en cuenta la tecnología, las características de operación y mantenimiento de acuerdo con lo establecido en la ficha o manuales técnicos de los equipos. Además, es necesario explicar los procesos productivos y los mecanismos mediante los cuales se generan las emisiones.

1.2.1.5 Organización del procedimiento para la estimación de emisiones

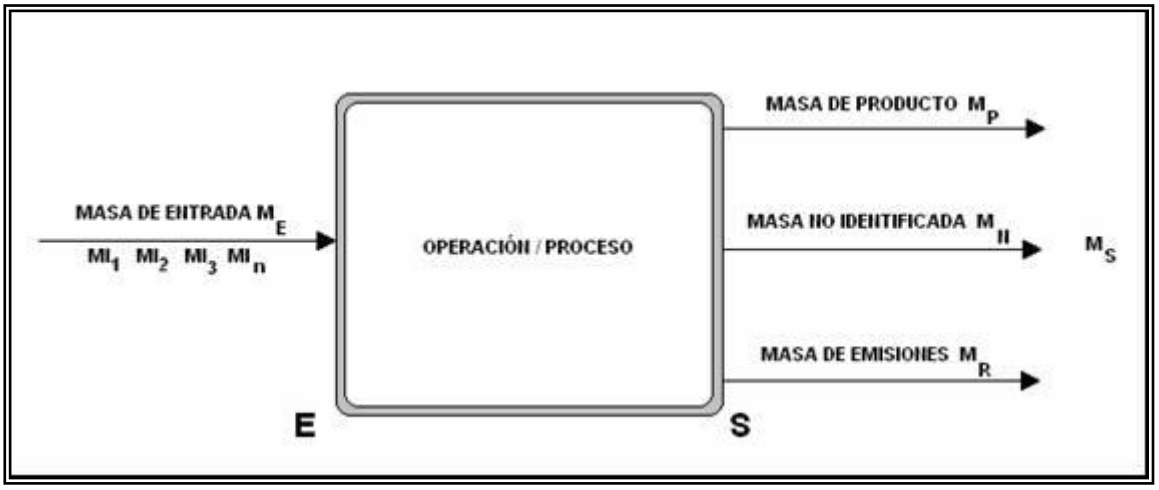
La estimación de emisiones por el método de balance de masas se debe desarrollar con la misma rigurosidad que demanda una medición directa. En este sentido, un balance de masas se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los productos, subproductos y residuos de salida. El balance de masas es aplicable tanto a un proceso como a cada una de las operaciones unitarias, por lo tanto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar las operaciones unitarias, que originan cambios o transformaciones en las propiedades físicas de los materiales.

- Identificar las operaciones unitarias, que originan cambios o transformaciones por medio de reacciones químicas.
- Establecer los límites físicos de los procesos unitarios, cuando las líneas de producción están bien diferenciadas, o imaginarios, cuando existen varias líneas en un mismo espacio cerrado.
- Establecer los límites de las operaciones unitarias, de una manera similar a la delimitación de los procesos unitarios.
- Identificar las entradas y salidas del proceso, lo cual se debe realizar a través de un diagrama de flujo del mismo. En sistemas de producción complejos, donde existan varios procesos independientes, se puede preparar un diagrama general con todos los procesos, cada uno representado por un bloque y preparar diagramas de flujo para cada proceso individual, indicando en detalle sus operaciones unitarias, procesos unitarios y los equipos utilizados en cada uno de ellos.
- Cuantificar las entradas o insumos, teniendo en cuenta que todos los insumos que entran a un proceso u operación, salen como productos o como residuos, vertimientos o emisiones. Los insumos de entrada a un proceso u operación unitaria pueden incluir además de materias primas, materiales reciclados, productos químicos, agua y aire, entre otros.
- Cuantificar las salidas como productos, subproductos o residuos.
- Realizar el balance de masas, teniendo en cuenta que la suma de todas las masas que entran en un proceso u operación, debe ser igual a la suma de todas las masas que salen de dicho proceso u operación (es decir, la suma de masas de los productos, residuos y de todos los materiales de salida no identificados).

Se deben indicar los puntos de entrada y salida del sistema donde se realice el balance, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Esquema de entradas y salidas de un sistema para la evaluación por balance de masas.



Donde:

$M_E = MI_1 + MI_2 + MI_3 + MI_N$
$M_S = M_P + M_R + M_N$
$M_E = M_S$
M = Masa
E = Entrada

S = Salida
I = Insumo
M_P = Producto
M_R = Residuo / Emisiones / Vertimiento
M_N = No identificado
M_S = Salida total del proceso

1.2.1.6 Caracterización y análisis

Durante la elaboración del balance de masas es necesario recolectar información de las variables de los procesos, para lo cual se debe incluir como mínimo:

- Información relacionada con los sistemas que caracterizan el proceso (Temperatura, presión, consumo de materias primas e insumos, entre otros).
- Información relacionada con los sistemas de análisis, tales como los instrumentos de laboratorio utilizados y duración de la campaña de recolección de datos (fecha de inicio y finalización).

1.2.1.7 Descripción de los equipos y otros elementos

En esta sección se hace referencia a los equipos, dispositivos y otros elementos relacionados con el proceso o actividad que generan las emisiones contaminantes. Se debe incluir la información relacionada con las condiciones de operación de los equipos o procesos durante el desarrollo de la evaluación de emisiones, así como las condiciones de operación de los dispositivos de control de emisiones durante el análisis, incluyendo el rango de operación (porcentaje de la capacidad de diseño) y la eficiencia a la cual los equipos se encuentran operando durante la mencionada evaluación.

1.2.1.8 Identificación de los sitios de toma de muestra

Se debe describir y definir claramente la ubicación de los equipos asociados a la generación de emisiones atmosféricas por medio de un plano que detalle las líneas de producción directamente relacionadas con la generación de dichas emisiones.

1.2.1.9 Procedimiento de control de calidad

Se debe describir la frecuencia y procedimientos de calibración de los equipos y elementos de medición que se emplean durante el desarrollo de la evaluación de emisiones, para lo cual se requiere contar con los certificados y las curvas de calibración.

1.2.1.10 Revisión bibliográfica

Se deben reportar todas las fuentes bibliográficas utilizadas para la elaboración del balance de masas y para el análisis del proceso.

1.3 Factores de emisión

Un factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad o del proceso, tales como el consumo de energía, el consumo de materia prima, el consumo de combustible, las unidades de producción, el calendario de

operación, el número de dispositivos o las características de estos, entre otros. El uso de los factores de emisión es apropiado cuando los materiales que se emplean son consumidos o combinados químicamente en los procesos o cuando se producen bajas pérdidas de material por liberación a la atmósfera, en comparación con las cantidades que se tratan en el proceso. Los factores de emisión representan valores promedio de un rango de tasas de emisión, es decir, que en algunos casos las emisiones de la actividad variarán con respecto al resultado del factor de emisión, dependiendo de los valores que se utilizan para el análisis.

Los factores de emisión que se deben utilizar por las fuentes antes mencionadas, son los establecidos en el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (US-EPA, 1995a) el cual contiene los factores de emisión definidos en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades. Los factores de emisión que se incluyen en este documento se agrupan en quince (15) capítulos, cada capítulo cuenta con secciones, subsecciones, y sub-subsecciones inclusive, para exponer los factores de emisión por fuentes o procesos industriales específicos.

1.3.1 Información necesaria para evaluar emisiones por factores de emisión

La evaluación de emisiones a través de factores de emisión debe contener la misma información establecida en la estimación mediante balance de masas, pero se debe tener en cuenta la siguiente información.

1.3.1.1 Identificación de las fuentes de emisión

Es necesario realizar una amplia descripción de las fuentes de emisión teniendo en cuenta las variables que afectan la emisión, en especial las características de las siguientes fuentes:

- Construcción y demolición de edificaciones
- Manejo de materiales: Apilamiento, transferencia y/o beneficio de materiales
- Superficie de vías pavimentadas: Calles, autopistas y zonas de parqueo
- Superficie de vías no pavimentadas: Carreteras, calles, vías y zonas de parqueo
- Erosión eólica en zonas destapadas: Zonas de apilamiento de materiales y demás zonas destapadas.

La existencia de las fuentes listadas anteriormente debe ser tenida en cuenta a una distancia de 0,8 Km en todas las direcciones con respecto a la fuente de emisión.

1.3.1.2 Nivel de actividad

Es una medida del tamaño o nivel real del proceso o instalación, el cual se utiliza para afectar el factor de emisión para fuentes que no están controladas. Para fuentes de emisión de procesos industriales, corresponde a la tasa de producción (por ejemplo: masa de producto por unidad de tiempo). En fuentes de área que involucran procesos continuos, o por lotes o cochadas (tipo batch), es la cantidad de material transferido. Para otras actividades puede ser el área superficial que se puede alterar por fuerzas mecánicas o por el viento. Si la fuente de emisión cuenta con un sistema de control, el factor de emisión debe afectarse por el término que refleja la fracción de control.

1.3.1.3 Estimación de las emisiones

Se debe realizar una descripción y justificación del factor de emisión seleccionado y utilizado, la fuente, y los estándares de emisión que le aplican a la actividad. Para el caso del cálculo de emisiones por combustión se debe tener en cuenta lo establecido por la US-EPA, mientras el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta el Manual de Inventarios de Fuentes Puntuales del Protocolo Nacional de Inventarios de Emisiones.

1.3.2 Desarrollo de factores de emisión

El primer paso para realizar una evaluación por factores de emisión involucra el análisis de la información de las fuentes y recolección de datos del proceso. Estas acciones requieren que la actividad suministre la información necesaria para realizar el análisis. Dicha información dependerá del factor de emisión seleccionado y puede hacer referencia al consumo de combustible, la masa o volumen de compuestos contenidos en el combustible o el poder calorífico del mismo, entre otros.

Posteriormente, se debe verificar tanto la calidad y suficiencia de los datos recolectados para la determinación del cumplimiento de la normatividad vigente, como el procedimiento aplicado para el cálculo de los valores y la generación de los factores de emisión.

1.3.2.1 Recolección de datos y cálculo de la incertidumbre

El proceso de recolección de datos debe proporcionar la información suficiente para calcular los factores de emisión y la incertidumbre asociada a estos, se debe contar además con una exacta caracterización de la fuente (dispositivos de control, capacidad del equipo y fabricante del mismo).

La incertidumbre en los datos obtenidos de una fuente se da como resultado de la inexactitud de la instrumentación y errores en los procedimientos de las pruebas, mientras que la incertidumbre en la información de los procesos es causada por la inexactitud e imprecisión de la cuantificación de las variables del proceso.

A continuación se presenta una lista de los datos e información necesaria para caracterizar la fuente y el proceso para la elaboración y desarrollo de factores de emisión:

- Descripción y nombre del proceso
- Capacidad nominal de los equipos del proceso
- Tipo y consumo de combustible
- Materias primas utilizadas en el proceso
- Capacidad instalada de operación de la planta
- Capacidad de operación de la planta al momento de la evaluación
- Dispositivos de control y sus correspondientes parámetros de operación
- Vida útil de los dispositivos de control
- Frecuencia con la cual se realiza el mantenimiento preventivo de los equipos y los correspondientes sistemas de control
- Descripción del último mantenimiento realizado a los equipos y a los correspondientes sistemas de control (en caso de tenerlos)
- Cambios que se hayan presentado en el proceso o en los sistemas de control durante la evaluación

- Contaminantes monitoreados y descripción de los métodos utilizados durante la evaluación
- Deficiencias y/o desviaciones en el procedimiento de evaluación
- Número y duración de las corridas de la evaluación

1.3.2.2 Aspectos que pueden afectar la aplicación de factores de emisión

1.3.2.2.1 Materias primas e insumos

Se deben analizar los datos relacionados con las variaciones en las cantidades y la composición de las materias primas e insumos utilizados en el proceso, puesto que dichas variaciones alteran tanto la concentración como la composición específica de las emisiones. Adicionalmente, las materias primas e insumos pueden variar en el mismo proceso unitario. Por ejemplo, la generación de dióxido de azufre en planta productoras de ladrillos depende del contenido de azufre que tengan algunas materias crudas; las investigaciones muestran que en algunas zonas el contenido de azufre en la tierra es inconsistente y varia, con lo cual también se presenta variación de contaminantes en las emisiones. Por lo anterior, es necesario que se conozca la caracterización de las diferentes materias primas e insumos utilizados en el proceso al cual se le determinará la emisión de contaminantes aplicando factores de emisión, con el fin de conocer las posibles razones de desviación de las condiciones normales de operación y por ende de sus emisiones.

1.3.2.2.2 Proceso de Producción

Las condiciones bajo las cuales opera la fuente fija tienen un efecto significativo en el nivel de concentración de las emisiones contaminantes. Por ejemplo, una emisión no controlada de material particulado a través de torres de lechos fluidizados es más alta que aquella proveniente de lechos no fluidizados. Además, algunos procesos de producción que tienen actividades continuas pueden envolver diferentes pasos, que deben ser contemplados en la aplicación de factores de emisión.

Se requiere especificar si se han realizado modificaciones en los equipos con respecto a la última evaluación de emisiones.

1.3.2.2.3 Parámetros de producción

La fabricación de productos puede involucrar parámetros de operación como temperatura, presión, tiempo de residencia, entre otros. Cada uno de los cuales puede afectar la concentración de la emisión. Por ejemplo, variaciones en los caudales de emisión en un horno de fundición de vidrio son atribuidos en parte a la variación de las temperaturas de operación.

Por lo anterior, se deben anexar datos de los parámetros de operación del proceso, tales como temperatura, presión, razón de consumo de combustible, entre otros.

1.3.2.2.4 Condiciones de los equipos generadores de emisiones atmosféricas

Algunos equipos generadores de emisiones atmosféricas podrían no estar en las condiciones adecuadas de operación, lo cual dependerá entre otras consideraciones de la antigüedad de los equipos y de las frecuencias de mantenimiento tanto preventivas como correctivas.

Por lo anterior, se requiere que se anexe la hoja de vida de los equipos, en donde se especifique la rutina de mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos.

1.3.2.2.5 Condiciones ambientales

Cuando las fuentes están localizadas en sitios al aire libre durante algunas épocas del año en donde se presentan cambios en la temperatura ambiente, las características de la emisión pueden verse afectadas. Cuando se tienen bajas temperaturas, la temperatura máxima de la llama puede disminuir y modificar las condiciones de la emisión del contaminante.

Se requiere especificar las condiciones ambientales bajo las cuales se encuentra operando el equipo o los equipos que hacen parte del proceso que será evaluado por medio de factores de emisión y si existen diferencias entre las emisiones en los diferentes cambios de temperatura (verano e invierno).

Además de los anteriores aspectos, existen otros que tienen significancia en el desarrollo de una evaluación de emisiones atmosféricas por medio de factores de emisión, y por ende se deberán conocer y controlar. En este sentido, a continuación se presentan otras consideraciones que se requiere sean tenidas en cuenta:

- Comportamiento del combustible durante el calentamiento del mismo
- Porcentaje de oxígeno utilizado para la combustión
- Nivel de potencia del sistema
- Tipo de almacenamiento del combustible
- Tamaño de las partículas del combustible (para combustibles sólidos: carbón)
- Tipo de alimentación del combustible
- Calidad del combustible
- Sistema de alimentación del combustible

Adicionalmente, en el proceso de desarrollo de factores de emisión se debe tener en cuenta el nivel de confianza de los datos, el cual asegurará la exactitud y precisión de los factores de emisión de un lugar determinado. Este nivel de confianza se basa en la documentación de soporte del análisis de información que se proporcione en relación con la fuente y la información referente a errores e incertidumbres asociados con las comprobaciones de emisiones y la historia de datos del proceso. Por otra parte, se deben definir los datos de incertidumbre y los errores asociados a las mediciones realizadas durante la prueba; por ejemplo, la velocidad o volumen de la muestra y otros factores cuantificables como chequeos o actividades de recolección de la muestra. Teniendo en cuenta esos factores se podrá determinar el impacto de los mismos en la exactitud de los datos obtenidos en la evaluación de la fuente.

El proceso de análisis de información y la incertidumbre, también tienen un impacto en la exactitud de los datos arrojados por el uso de factores de emisión.

Cuando la evaluación de la incertidumbre de las emisiones y el procesamiento de la información propia de la incertidumbre, se combinan, se genera un rango de valores para los factores de emisión que son asumidos dentro del nivel más alto y el más bajo para el caso del periodo que se esté evaluando.

Como se puede observar, existen dos grupos de datos que deben ser considerados en los cálculos de los factores de emisión. El primer grupo consiste en aquellos valores que son explícitamente necesarios para el cálculo por medio de la ecuación (por ejemplo el volumen). El otro grupo consiste en aquellos factores que pueden afectar la medición, pero que no son

incluidos explícitamente en el cálculo de las emisiones. Este procedimiento puede ser usado para calcular los límites superior e inferior de las incertidumbres de las mediciones.

En los casos en los que se apliquen factores de emisión o balance de masas para la estimación de las emisiones se debe sistematizar el proceso de captura de información y cálculo, mediante el uso de modelos computarizados para facilitar la obtención de información libre de errores por el manejo de unidades, entre otros. Estas herramientas generalmente utilizan una base de datos de información básica con constantes universales, propiedades físicas y propiedades químicas que simplifican el cálculo, requiriendo solamente datos propios de la fuente.

Adicionalmente, el modelo puede emplear información mixta, es decir, proveniente del balance de masas y factores de emisión, obtenida de evaluaciones puntuales para la determinación de la concentración de las emisiones contaminantes.

1.4 Uso simultáneo de procedimientos de medición

Como se expresó en la parte inicial de este capítulo, es posible aplicar más de un procedimiento de medición con el fin de determinar la confiabilidad de los valores obtenidos durante la estimación de las emisiones contaminantes. En este sentido, los modelos computarizados realizan cuantificación de la emisión en línea o en tiempo real, sin embargo, por tal condición no se deben confundir con los sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS en inglés), pues estos sistemas están orientados a monitorear continuamente una o varias variables que están asociadas a la emisión de uno o varios contaminantes, estimando o determinando de manera indirecta su emisión. Estos sistemas deben calibrarse periódicamente comparando resultados de la medición directa del contaminante y la variable de control del proceso, en cualquier caso se debe demostrar la certeza de la información para aceptar el método. Estos sistemas reciben el nombre de sistemas de predicción continua de la emisión de contaminantes (SPCEC) y deben ser usados en procesos donde existe un conocimiento y control de los mismos. No es aplicable a las actividades de incineración de residuos o cremación, donde el material introducido cambia constantemente.

Los modelos computarizados pueden ser aplicados para la determinación de la concentración de los contaminantes por medio de factores de emisión, balance de masas o simultáneamente para estos dos procedimientos.

De acuerdo con lo anterior, el orden de aceptabilidad de la información proporcionada para evaluar las emisiones contaminantes de una fuente fija está dada por: medición directa, sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS), balance de masas, modelos computarizados por balance de masas, factores de emisión, modelos computarizados por factores de emisión y modelos computarizados mixtos (Balance de masas – Factores de Emisión).

2 ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

De acuerdo con lo establecido en el artículo 77 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, el presente capítulo establece las consideraciones que se deben tener en cuenta para la elaboración de los estudios de emisiones atmosféricas, los cuales son requeridos por la autoridad ambiental competente para establecer el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire, así mismo para identificar el tipo, la concentración y el impacto de los contaminantes emitidos por las diferentes actividades que se encuentran ubicadas dentro de su jurisdicción y la frecuencia de evaluación de cada uno de los contaminantes.

Igualmente, la información que se obtiene en estos estudios puede ser utilizada para evaluar la necesidad de la instalación de sistemas de control de emisiones en el proceso o instalación, actualizar el inventario de fuentes fijas de la autoridad ambiental competente, apoyar la gestión del control de la contaminación atmosférica, y establecer acciones a desarrollar para lograr la descontaminación atmosférica de áreas afectadas, entre otros.

Todas las fuentes fijas deberán entregar los estudios de emisiones atmosféricas de acuerdo con la frecuencia con la cual le corresponda realizar la evaluación de sus emisiones, según lo establecido en el presente protocolo. El estudio de emisiones de que trata el presente capitulo estará compuesto por dos informes; uno previo que se presentará antes de la realización de la evaluación y uno final que contendrá entre otra información de los resultados obtenidos luego de dicha evaluación.

2.1 Informe previo a la evaluación de emisiones

Se deberá radicar ante la autoridad ambiental competente un informe previo por parte del representante legal de la actividad objeto de control de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, con una antelación de treinta (30) días calendario a la fecha de realización de la evaluación de emisiones, indicando la fecha y hora exactas en las cuales se realizará la misma y suministrando la siguiente información:

- Objetivos de la realización de la evaluación de emisiones atmosféricas
- El representante legal deberá certificar que la evaluación de emisiones atmosféricas se realizará con base en los métodos y procedimientos adoptados por el presente protocolo, incluyendo el nombre del método y en caso de ser necesario el nombre y referencia de los procedimientos alternativos que se aplicarán, siempre y cuando estén adoptados por el Ministerio y publicados por el IDEAM.
- Fecha en la cual se realizará la evaluación de las emisiones por cualquiera de los procedimientos (medición directa, balance de masas o factores de emisión).
- Nombre del responsable que realizará la evaluación de las emisiones, acreditado por el IDEAM.
- Descripción de los procesos que serán objeto de la evaluación, incluyendo los equipos asociados, la cantidad y caracterización de las materias primas, el tipo y consumo de combustible.
- Para el caso de balance de masas o factores de emisión, las variables del proceso tenidas en cuenta para el análisis de las emisiones.

- Para el caso de incineradores ubicados en hospitales de municipios de categorías 5 y 6 con capacidad inferior a 600 Kg/mes y para las instalaciones donde se realiza tratamiento térmico a residuos no peligrosos, se deberá entregar el registro de la cantidad diaria de residuos alimentada al sistema durante los últimos cinco (5) meses, contados a partir de la presentación del informe previo ante la autoridad ambiental competente.
- Para el caso de las instalaciones de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos se debe indicar la dieta de incineración, es decir, se debe indicar la categoría y cantidad de los residuos con los que se alimentó diariamente el sistema durante los últimos cinco (5) meses, contados a partir de la presentación del informe previo ante la autoridad ambiental competente. Para este caso, los residuos se deben clasificar de acuerdo con las siguientes categorías:

    - hospitalarios (biosanitarios, anatomopatológicos, cortopunzantes, restos de animales)
    - medicamentos, cosméticos y demás residuos provenientes de productos con registro sanitario emitido por el INVIMA, el ICA o por la autoridad que haga sus funciones
    - aceites usados, residuos de hidrocarburos y/o solventes
    - residuos con trazas de plaguicidas (residuos líquidos y sólidos con contenidos de hidrocarburos aromáticos policlorinados como bifenilos policlorinados PCB, pesticidas organoclorados o pentaclorofenol PCP menor o igual a 50 mg/Kg)
    - otros (en este caso se deberá especificar el tipo de residuos alimentado)

El informe previo que se envíe a la autoridad ambiental competente deberá estar en original y en idioma español. Cuando se modifique la fecha establecida inicialmente, se deberá informar previamente a la autoridad ambiental competente este hecho.

No será obligatoria la presencia de la autoridad ambiental competente para la realización de la evaluación de emisiones.

2.2 Informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas

El informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas deberá ser radicado ante la autoridad ambiental competente una vez se realice dicha evaluación, el cual contendrá la información que se define en el presente capítulo y las demás consideraciones que se establecen en este protocolo. En caso que la información no cumpla lo establecido en el presente protocolo, la autoridad ambiental competente solicitará la información faltante.

El informe final del estudio de emisiones deberá presentarse en original y en idioma español ante la autoridad ambiental competente como máximo dentro de los treinta (30) días calendario, siguientes a la fecha de su realización de acuerdo con la frecuencia establecida por el presente protocolo. Para el caso de actividades que deban realizar evaluación de emisiones de Dioxinas y Furanos, el informe final de la evaluación de emisiones deberá ser entregado como máximo dentro de los noventa (90) días calendario, siguientes a la fecha de realización de la evaluación.

Tanto el informe previo como el final de la evaluación de emisiones atmosféricas que se radique ante la autoridad ambiental competente debe estar suscrito por el representante legal de la actividad que está siendo sometida a medición y por el responsable de realizar la evaluación de las emisiones acreditado por el IDEAM.

En los casos en los que la autoridad ambiental competente previo soporte técnico, detecte que en la evaluación de emisiones atmosféricas no se están aplicando los métodos y procedimientos adoptados por el presente protocolo, podrá establecer que las mediciones futuras se deban realizar únicamente cuando exista presencia de un funcionario de la autoridad ambiental competente.

El primer informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas que se radique ante la autoridad ambiental competente, posterior a la entrada en vigencia del presente protocolo, deberá estar acompañado del formato adoptado por el Anexo 2 del presente protocolo, debidamente diligenciado. Para evaluaciones de emisiones posteriores, el informe final deberá radicarse junto con el Anexo 4 debidamente diligenciado, únicamente en los casos en que la descripción del establecimiento, el proceso productivo, la fuente de emisión, entre otros aspectos, no haya sido objeto de modificación desde la fecha de realización de la última evaluación.

2.2.1 Contenido del informe final de evaluación de emisiones atmosféricas

El informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas que se radique ante la autoridad ambiental competente deberá contener como mínimo la información que se presenta a continuación.

2.2.1.1 Resumen ejecutivo

Debe contener información concisa relacionada con las características y especificaciones de la fuente fija medida, el tipo y consumo de combustible, los contaminantes medidos, las condiciones de operación de la fuente fija, los estándares de emisión admisibles aplicables, los métodos de medición utilizados, los errores identificados y los resultados obtenidos. En el caso de instalaciones de tratamiento térmico de residuos, se debe incluir un resumen de los materiales cargados y el sistema de cargue de los mismos.

2.2.1.2 Introducción

Esta sección debe incluir el nombre e identificación del representante legal de la actividad objeto de control de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, así como del responsable operativo del proceso o instalación, la localización geográfica, los contaminantes que son medidos, las normas y estándares de emisión admisibles aplicables, según lo establecido en la mencionada resolución y una explicación concisa de los objetivos de la evaluación de emisiones.

2.2.1.3 Descripción del proceso o instalación

La descripción del proceso o instalación a la cual se realiza la evaluación de emisiones atmosféricas debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Descripción de los procesos que son objeto de la evaluación (se pueden emplear diagramas de flujo de proceso, incluyendo todos los componentes asociados al mismo)

- Descripción de la operación y funcionamiento de los equipos relacionados con la fuente de emisión a ser analizada, incluyendo la información referente a la capacidad máxima de

producción de los equipos (ton/h, m3/h, entre otras), la capacidad normal y promedio de operación, los tipos de combustibles utilizados y sus consumos y las horas de operación. Si el proceso es por lotes o cochadas (tipo batch), es necesario suministrar la información sobre la duración y número de lotes por día. Se deben incluir los datos de la capacidad normal de operación, para lo cual la actividad industrial deberá enviar los registros de operación de los últimos doce (12) meses del equipo a evaluar y para el caso de instalaciones nuevas, deberán entregar la información de los últimos seis (6) meses de operación. En los casos en los que la actividad considere que alguna información es de tipo confidencial, esta se podrá enviar por separado.

- Tipo de proceso (físico, químico, entre otros) y la correspondiente descripción

- Descripción del funcionamiento de los sistemas de control, incluyendo su eficiencia, los contaminantes para los cuales aplica, variables de operación como temperatura, caída de presión, corriente eléctrica, entre otras.

- Tipo y consumo de combustible (si aplica).

2.2.1.3.1 Descripción de la fuente de emisión

Para el caso específico de la medición directa, se debe presentar un diagrama de la chimenea o ducto mostrando los puertos de toma de muestra, plataformas y ductos adyacentes. El sitio de toma de muestra debe estar identificado claramente en el diagrama que muestra la localización de los puertos de toma de muestra, las cercanías con las perturbaciones (codos, uniones, desviaciones, entre otros) antes y después del punto de toma de muestra y el diámetro (interno y externo) de la chimenea. No es válido un diagrama esquemático. Se debe suministrar una descripción de las condiciones en la chimenea, incluyendo velocidad, temperatura, presiones, contenido de humedad, la carga y composición de los gases de emisión. En los casos en los que no existan estudios anteriores, esta información se debe obtener de la ejecución de la medición preliminar, es decir, los métodos 1, 2 y 3 (Velocidad de los gases y del peso molecular del gas seco).

Se deberá entregar un anexo fotográfico donde se observe especialmente la chimenea o ducto en evaluación, los puertos de toma de muestra, la plataforma de medición de las emisiones y los sistemas de control de emisiones, en los casos que estos se encuentren instalados. Para el caso de instalaciones en las que se realice tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos y no peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento se debe registrar la operación y tipo de carga, los sistemas de medición de variables operativas (presión y temperatura, entre otras).

Cuando el análisis se desarrolle por el método de balance de masas, se debe incluir un diagrama de flujo del proceso, en donde se especifiquen las operaciones o procesos unitarios que lo conforman, las condiciones de operación de cada una de estas (físicas y químicas), así como especificar las transformaciones que se presentan en el proceso, y los productos y subproductos que se obtienen.

2.2.1.4 Descripción del programa de medición

2.2.1.4.1 Identificación del responsable de realizar la medición

Es necesario incluir la identificación del responsable de realizar la evaluación de emisiones con datos como nombre, dirección, número telefónico, correo electrónico, descripción puntual sobre experiencias previas y el acto administrativo vigente que demuestre que está acreditado por el IDEAM para la actividad que realiza. Cualquier modificación referente al responsable de la medición, deberá ser informada a la autoridad ambiental competente, previo a la fecha de la realización de la evaluación.

2.2.1.5 Procedimiento de evaluación

2.2.1.5.1 Descripción de equipos y procedimientos

En esta sección, que aplica para el caso de medición directa, se debe suministrar la descripción y los diagramas de al menos los siguientes elementos:

- Los equipos utilizados para la toma de muestra y la recuperación de las muestras.
- Características de la sonda de toma de muestra (material y longitud)
- Descripción del tren de impactadores y vidriería asociada, incluyendo frascos de muestra y el procedimiento de limpieza de la misma.
- Módulos de medición del gas y tipo de bomba
- Instrumentos de laboratorio

Todos los equipos y sondas de toma de muestra deben contar con los números de serie o número de identificación correspondientes; datos que deben estar consignados en el informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas radicado ante la autoridad ambiental competente.

2.2.1.5.2 Métodos de toma de muestra y análisis

Se debe especificar el método de toma de muestra y análisis a ser empleado para cada parámetro o contaminante, incluyendo el título del método utilizado (para el caso de medición directa), las variables tenidas en cuenta para la determinación de entradas y salidas del proceso (para el caso de balance de masas), los datos de entrada relacionados con combustibles, operaciones unitarias y demás variables (para al cálculo por factores de emisión), además la referencia donde se pueda encontrar una descripción detallada del procedimiento utilizado, así como el número de corridas y tiempo de toma de muestra por cada parámetro. Adicionalmente, se deben incluir los métodos utilizados para determinar la tasa de consumo de combustible o del proceso, cuando no se cuente con la misma. Se deberán incluir además los formatos utilizados para consignar los datos de campo (escritos en tinta, diligenciados con letra y números legibles y sin enmendaduras) y procedimientos de cálculo con el fin de mantener y demostrar la trazabilidad de los valores obtenidos.

2.2.1.5.3 Métodos analíticos

En el caso de medición directa se deberá presentar el procedimiento de recuperación de la muestra y análisis de laboratorio, describiendo los procesos aplicados e identificando los

instrumentos analíticos, materiales y equipos asociados. De igual se debe incluir una descripción de los estándares y blancos de campo y de análisis de control.

2.2.1.5.4 Localización del sitio de toma de muestra

Para la determinación del sitio de toma de muestra, se deben aplicar los criterios establecidos en los métodos a que se refiere el presente protocolo. En el caso de medición directa, si el criterio del Método 1 no se puede cumplir, se debe evaluar el sitio de toma de muestra a través de la confirmación de la ausencia de flujo ciclónico mediante lo establecido en dicho método. Cuando se encuentre que el flujo en la chimenea es ciclónico, se deben realizar acciones que permitan modificar dicha condición, entre las cuales se encuentran: (a) instalar paletas o láminas correctoras de flujo dentro del ducto, (b) cambiar el punto de medición, (c) incrementar el número de puntos de medición, (d) realizar la corrección de la velocidad de los gases en la chimenea, de acuerdo con lo establecido en el Método 2G promulgado por la EPA, o (e) modificar la geometría del ducto, entre otras. Cuando a pesar de realizar las actividades mencionadas anteriormente el flujo ciclónico prevalezca, se podrán utilizar métodos alternativos siempre y cuando se cumpla lo dispuesto en el presente protocolo.

2.2.1.6 Procedimientos de control y aseguramiento de calidad

2.2.1.6.1 Procedimiento de medición

Para la evaluación de emisiones por medición directa se requiere una descripción del procedimiento de medición, que incluya las actividades específicas para la recuperación, etiquetado, manipulación, control y preservación de las muestras, así como análisis y almacenamiento. Este procedimiento debe incluir: formatos o registros de campo, listas de chequeo y etiquetado de las muestras.

Si la medición se realiza mediante la aplicación de factores de emisión o balance de masas la descripción deberá detallar el procedimiento para hallar cada uno de los valores, teniendo en cuenta las posibles correlaciones que sea necesario realizar.

En el caso que la medición se realice con el uso de analizadores instrumentales se debe entregar una copia las cartas registradoras.

2.2.1.6.2 Equipos de calibración externa y verificación en laboratorio

En el caso de medición directa, la calibración de los equipos se deberá realizar de acuerdo con lo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el proceso de acreditación de laboratorios.

Se debe realizar una descripción del equipo de calibración y los procedimientos de mantenimiento preventivo, el personal involucrado, los materiales y equipos utilizados en la calibración y mantenimiento.

La calibración de los equipos debe realizarse con alguna de las siguientes frecuencias: mínimo una vez cada año, cada 200 horas de uso, cuando el fabricante lo especifique o cuando en revisión de campo se demuestre que el equipo no cumple los rangos establecidos para la aceptación de las mediciones. En este último caso el equipo que presente estas condiciones no podrá continuar en el proceso de medición y la medición no será válida, a menos que se cuente con un equipo con iguales características y que permita medir dentro de los rangos establecidos para la aceptación de las mediciones. Esta circunstancia deberá ser comunicada en el informe

final que se presente a la autoridad ambiental competente. La calibración de los equipos deberá ser realizada por una entidad externa.

El equipo de toma de muestra a ser calibrado incluye cuando menos:

- Termopares
- Manómetros (excepto el manómetro inclinado del medidor)
- Medidores de Gas Seco
- Orificios para la verificación del Medidor de Gas Seco
- Balanzas analíticas

Para el caso de las boquillas y los tubos pitot se deberá realizar una verificación geométrica del diámetro interno cada vez que se realice una medición en campo y anexar el registro de la misma.

Se debe incluir copia del plan de calibración y del mantenimiento preventivo y correctivo. Durante la verificación en campo se ha de suministrar un resumen de la calibración de los equipos, incluyendo los factores y las fechas de calibración.

Para el caso de los analizadores instrumentales se deberán presentar las respuestas de calibración, a gas span, y gas de concentración conocida, de acuerdo a lo establecido en el método 7E de la US-EPA.

Se debe anexar además copia de las hojas de datos, hojas de chequeo de datos, descripción de los métodos analíticos, aseguramiento y control de calidad del laboratorio (incluyendo impactadores, acetona y residuo de los blancos).

2.2.1.6.3 Instrumentos de calibración y mantenimiento

Esta sección debe contener los procedimientos para la calibración de los equipos y dispositivos utilizados para esta y para cualquier mantenimiento preventivo realizado. Igualmente se deben especificar los materiales, incluyendo proveedor y garantía de la exactitud y la estabilidad del gas de calibración y especificar el porcentaje del rango (span) al cual el instrumento será calibrado. Se deberán incluir copias de todas las operaciones de calibración con sus respectivas curvas, del mantenimiento preventivo y un inventario de los materiales de referencia.

2.2.1.6.4 Validación de datos

Para todo tipo de evaluación de emisiones se debe incluir el procedimiento de validación de datos, el cual debe incluir cuando menos:

- Validación de datos y procedimientos de medición
- Personal que ejecuta la validación de los datos
- Fuentes de información de la validación empleada
- Procedimiento de validación específica para cada método

2.2.1.6.5 Auditoría de la medición y acciones correctivas

Se deberá incluir en esta sección una descripción de las acciones correctivas identificadas por el auditor y aplicadas por el responsable de realizar la medición, con el fin de asegurar la calidad de los datos obtenidos.

2.2.1.6.6 Documentación

Se deberá incluir una descripción del sistema empleado para del control de documentos y registros asociados a los datos de campo, (es decir, listas de chequeo, inventario y archivo de soporte de la documentación). En este sentido, para el caso de los datos obtenidos en los métodos 1 a 5 se deben utilizar los formatos adoptados en el presente protocolo y para los demás métodos se deberán utilizar los formatos contenidos en los métodos adoptados por el MAVDT y publicados por el IDEAM.

2.2.1.7 Reporte de resultados de análisis

En esta sección se deberá incluir la memoria de todos los cálculos realizados durante la medición, especificando las fórmulas utilizadas para cada método de análisis. Todos los cálculos deberán ser presentados en el sistema internacional de unidades MKS.

2.3 Procedimiento de toma de muestra y análisis

Se deben seguir los procedimientos de análisis y métodos que han sido adoptados por este protocolo y que corresponden a los métodos reglamentarios para evaluación de emisiones contaminantes.

2.4 Reporte de errores en la evaluación de emisiones atmosféricas

A continuación se enuncian algunos de los errores que se pueden presentar durante la evaluación de emisiones atmosféricas y que se deben incluir en el informe final del estudio de emisiones. Se pueden identificar otros errores siempre y cuando se tenga el correspondiente soporte técnico de los mismos:

2.4.1 Pérdida o alteración de la muestra

Algunas de las causas de pérdida o alteración de la muestra pueden ser derrame de las muestras, uso de filtros en mal estado (huecos o grietas), no lavado de la sonda, uso de sustancias o reactivos no apropiados o deteriorados y en general cualquier evento o proceso que cause la pérdida de la muestra y contaminación de la misma.

2.4.2 Errores de toma de muestra

Para el caso de medición directa son errores de la toma de muestra: porcentaje de isocinetismo en los puntos de toma de muestra por fuera del rango establecido en los métodos adoptados por el presente protocolo, equipos y procedimientos de toma de muestra que no estén de acuerdo con el método aplicado, cualquier procedimiento o pieza del equipo que no esté conforme con los requerimientos del método de análisis, muestras recogidas durante condiciones de operación que no corresponden como mínimo al 90% de la capacidad de operación y no realizar la prueba de fugas previa a la toma de muestra, entre otros.

Para el caso de balance de masas, los datos de entrada al proceso que no representen la realidad de operación de los equipos, es decir, modificaciones en lo referente a insumos, materias primas, temperatura y presión de funcionamiento de los equipos y tiempo de reacción para procesos químicos, entre otros.

Finalmente, para el caso de factores de emisión, modificaciones en la cantidad y características de las materias primas e insumos, tipo, cantidad y calidad del combustible, capacidad de

producción, modificación de los procesos unitarios y condiciones de operación de los equipos (presión y temperatura), entre otros.

2.4.3 Errores de análisis

Son considerados errores de análisis los siguientes: Cualquier reactivo o procedimiento que no esté conforme con los requerimientos del método de análisis, cualquier técnica de análisis (si no ha sido declarada previo a su uso) que no esté conforme a los requerimientos del método de análisis, procedimientos o métodos para el análisis en laboratorio que no estén de acuerdo con los métodos adoptados por el presente protocolo.

2.5 Criterios de invalidación de datos

Todas las determinaciones que se realicen a una fuente se pueden invalidar por parte del evaluador (autoridad ambiental competente) en el sitio de toma de muestra o durante la posterior revisión del reporte de análisis. En los casos en los que la autoridad ambiental competente encuentre que existen diferencias de las condiciones de operación y la aplicación de los procedimientos con respecto a lo indicado en el informe previo, ésta podrá solicitar que se repitan los procedimientos que fueron objeto del error o suspender el desarrollo de la medición.

En los casos en que la autoridad ambiental competente asista a la evaluación de emisiones atmosféricas debe dejar constancia por escrito de cualquier invalidación potencial antes de dejar el sitio de toma de muestra. Las causas de invalidación de datos incluyen pérdida o alteración de la muestra, errores en la aplicación de los métodos y procedimientos.

2.5.1 Cadena de custodia de la muestra

Esta actividad aplica en el caso de la medición directa. El principal objetivo de la cadena de custodia es crear un registro escrito exacto que se pueda emplear para trazar la apropiación y manejo de la muestra, desde el momento de su recolección hasta su análisis y envío para demostrar el seguimiento de las consideraciones necesarias que permitan contar con la confiabilidad que se requiere de la información. Los procedimientos mínimos que deberán realizar las empresas que adelantan las mediciones de emisiones se presentan a continuación, sin embargo, el IDEAM dentro de su proceso de acreditación podrá establecer otros procedimientos y obligar la realización de formatos u otras herramientas para tal fin.

Las muestras se deben preservar de acuerdo con los métodos adoptados por el presente protocolo. El contenedor de viaje debe estar sellado y asegurado de manera que cualquier evidencia de pérdida de muestra se detecte fácilmente.

Cada muestra se debe acompañar de una lista o registro de chequeo diligenciado, firmado y fechado por el personal responsable de cada una de las fases (embalaje, transporte, análisis de laboratorio, entre otras).

El coordinador del grupo será el responsable del empacado apropiado, rotulado y transferencia de la posesión de la muestra.

Todo transporte de la muestra debe estar acompañado del registro de chequeo y otros formularios pertinentes. El coordinador del grupo debe conservar una copia de estos documentos, como también de los formularios de recepción de muestras. Dicha información deberá ser anexada al informe entregado a la autoridad ambiental competente.

Cuando se está realizando la transferencia de posesión de la muestra, quien entrega debe firmar y registrar la fecha y hora en la hoja de registro de chequeo. En general, la hoja de chequeo se realiza para cada muestra, aunque las muestras se pueden transferir por grupo. La persona que toma la custodia de la muestra debe firmar en la sección apropiada.

No obstante lo anterior, se deberán seguir las especificaciones establecidas en los métodos que para el efecto establezca el IDEAM.

2.6 Información adicional para hornos crematorios

Adicional a la información que de acuerdo con lo establecido en el presente capítulo, debe ser entregada a la autoridad ambiental competente en el informe final de evaluación de emisiones, para el caso de hornos crematorios se deberá entregar durante los primeros treinta (30) días de cada año en medio digital y mediante correo electrónico a la autoridad ambiental competente una base de datos que contenga la información de los servicios de cremación prestados diariamente durante el año inmediatamente anterior.

Cuando los métodos, procedimientos, elementos de toma de muestra, equipos, métodos de análisis de laboratorio, entre otros, sean diferentes a los adoptados por el presente protocolo, la autoridad ambiental competente invalidará los resultados del estudio de emisiones por falta de representatividad en la toma de muestra o análisis de laboratorio y solicitará un nuevo estudio de emisiones.

2.7 Registro Único Ambiental RUA

Los sectores productivos que deban reportar información en el Registro Único Ambiental - RUA y que de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya deban entregar el estudio de evaluación de emisiones del que trata el presente capítulo, deberán reportar en el RUA los resultados de las mediciones de acuerdo con la frecuencia establecida por el presente protocolo junto con el respectico resumen ejecutivo definido en el numeral 2.2.1.1 del presente capítulo.

Aquella información que de acuerdo con lo establecido en el presente capítulo deba presentarse en el estudio de evaluación de emisiones, no incluida en el RUA, deberá estar disponible para la autoridad ambiental competente.

3 MONITOREO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El presente capítulo presenta consideraciones asociadas con el monitoreo de emisiones atmosféricas, como la frecuencia con la cual se deberán realizar los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas por parte de las fuentes fijas de acuerdo con lo establecido en el artículo 91 de la Resolución 909 de 5 de junio de 2008, o la que la adicione, modifique o sustituya.

3.1 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas para centrales térmicas, instalaciones donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, hornos crematorios e instalaciones donde se realice tratamiento a residuos no peligrosos

Para el caso de las centrales térmicas la frecuencia de las mediciones directas debe determinarse de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, en función del número de horas equivalentes de operación, al finalizar el mantenimiento de la zona caliente recomendado por el mismo. El término horas equivalentes de operación hace referencia a un concepto técnico que define el fabricante, en donde se establecen los límites seguros para los mantenimientos de las plantas en función de las horas de operación de la planta y del número de arranques y paradas de la misma, según lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio del 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

En la Tabla 4 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes atmosféricos para todas las instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y para todas las instalaciones donde se realice tratamiento térmico a residuos no peligrosos.

Tabla 4. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para todas las instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y para todas las instalaciones donde se realice tratamiento térmico a residuos no peligrosos.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material particulado (MP), SO_2, NOx y CO	Realizar monitoreos continuos con toma permanente durante la operación. Registro de datos máximo cada 5 minutos.
Hidrocarburos Totales expresados como CH_4, HCl, HF, (Cd + Tl), Metales[(a)], Mercurio y sus compuestos dados como (Hg)	Medición directa de los contaminantes cada seis (6) meses.
[(a)] La sumatoria de los siguientes metales y sus compuestos dados como: Arsénico (As), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Vanadio (V), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn).	

Para la determinación del promedio horario en instalaciones que realicen tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos y de residuos no peligrosos para contaminantes diferentes a MP, SO_2, NOx y CO se deberá realizar una medición directa de cada contaminante de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 4 del presente capítulo. El valor encontrado será el que se debe comparar con lo establecido en los artículos 45 y 56 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, respectivamente o la que la adicione, modifique o sustituya.

Para la determinación del promedio diario de contaminantes diferentes a MP, SO_2, NOx y CO se deberán realizar dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes establecidos en el artículo 45 y 56 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, respectivamente o la que la adicione, modifique o sustituya de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 4 del presente capítulo. El valor de promedio diario será el que se encuentre luego de promediar los valores de las dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes que le corresponde monitorear.

En la Tabla 5 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes en hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o inferior a 600 Kg/mes.

Tabla 5. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o inferior a 600 Kg/mes.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado (MP), SO_2, NOx y CO	Realizar mediciones directas cada seis (6) meses
Hidrocarburos Totales expresados como CH_4, HCl y HF	Realizar una medición directa por año.
Mercurio y sus compuestos dados como (Hg)	Realizar una medición directa por año.
Cd + Tl y Metales[(a)]:	Realizar una medición directa por año.
[(a)] La sumatoria de los siguientes metales y sus compuestos dados como: Arsénico (As), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Vanadio (V), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn)	

De acuerdo con lo establecido en el artículo 45 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, los hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o menor a 600 Kg/mes deben cumplir con el promedio horario para MP, SO_2, NOx, CO, HCl, HF, Hg e HC_T y el promedio diario para estos mismos contaminantes excepto para MP.

Para la determinación del promedio horario en hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o menor a 600 Kg/mes, se deberá realizar una medición directa de cada contaminante de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 5 del presente capítulo. El valor encontrado será el que se debe comparar con lo establecido en el artículo 45 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Para la determinación del promedio diario en hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o menor a 600 Kg/mes, se deberán realizar dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes establecidos en el artículo 45 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 5 del presente capítulo. El valor de promedio diario será el que se encuentre luego de promediar los valores de las dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes que le corresponde monitorear.

En la Tabla 6 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos cementeros que realicen coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos.

Tabla 6. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos cementeros que realicen coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado (MP), SO_2, NOx, HF y HCl	Realizar monitoreo continuo con toma permanente durante la operación. Registro de datos máximo cada 5 minutos.
Mercurio y sus compuestos dados como (Hg), (Cd + Tl), Metales[(a)]	Medición directa cada seis (6) meses.
Carbono Orgánico Total (COT)	Realizar una medición directa cada seis (6) meses.
Metales[(a)]: La sumatoria de los siguientes metales y sus compuestos dados como: Arsénico (As), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Vanadio (V), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn).	

Para la determinación del promedio horario en hornos cementeros que realicen coprocesamiento para contaminantes diferentes a MP, SO_2, NOx, HF y HCl se deberá realizar una medición directa de cada contaminante de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 6 del presente capítulo. El valor encontrado será el que se debe comparar con lo establecido en el artículo 45 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Para la determinación del promedio diario de contaminantes diferentes a MP, SO_2, NOx, HF y HCl se deberán realizar dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes establecidos en el artículo 45 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 6 del presente capítulo. El valor de promedio diario será el que se encuentre luego de promediar los valores de las dos mediciones directas para cada uno de los contaminantes que le corresponde monitorear.

3.1.1 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas para hornos crematorios.

En la Tabla 7 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos crematorios.

Tabla 7. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos crematorios.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado (MP)	Realizar medición directa cada seis (6) meses
CO	Realizar monitoreos continuos con toma permanente durante la operación. Registro de datos máximo cada 5 minutos
Hidrocarburos Totales expresados como CH_4	Realizar una medición directa cada seis (6) meses
Sumatoria de Benzo(a)pireno y Dibenzo(a) antraceno	Realizar una medición directa cada seis (6) meses

De acuerdo con lo establecido en el artículo 64 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, los hornos crematorios deben cumplir con el promedio diario para Monóxido de Carbono e Hidrocarburos Totales y adicionalmente con el promedio horario para Material Particulado.

La medición de todos los contaminantes se deberá iniciar una vez el horno ha sido precalentado y se han introducido los restos de la exhumación (ropa, vidrio, plástico, madera y tela que se encuentran en proceso de descomposición y de cadáveres humanos o animales de acuerdo con lo establecido en el Anexo 1 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Para el caso del Monóxido de Carbono se deberá realizar monitoreo continuo de emisiones de acuerdo con lo establecido en el presente Capítulo.

Para la determinación del promedio horario tanto de Material Particulado como de Hidrocarburos Totales se deberá realizar una medición directa de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 7 del presente protocolo. El valor encontrado será el que se debe comparar con el promedio horario establecido en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Para la determinación del promedio diario de Hidrocarburos Totales se deberá realizar la toma y análisis de muestra para cada uno de los servicios de cremación que se presten el día que corresponda realizar la medición de acuerdo con la frecuencia establecida en la Tabla 7. El valor que se debe comparar con los estándares definidos en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya será el promedio de estas mediciones. En este caso se deberá cumplir con lo establecido en el numeral 2.6 del presente protocolo.

3.1.2 Frecuencia de los estudios de evaluación de Dioxinas y Furanos para instalaciones nuevas y existentes donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos

Las instalaciones existentes en donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos deberán medir dioxinas y furanos cada ocho (8) meses mediante medición directa.

En la Tabla 8 se establecen las frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento tanto nuevos como existentes.

Tabla 8. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento tanto nuevos como existentes.

FRECUENCIAS DE MONITOREO	
Instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos	Realizar una medición directa cada ocho (8) meses.
Los incineradores ubicados en Hospitales de Municipios de categorías 5 y 6 (ley 617/02) con capacidad inferior o igual a 600 Kg/mes	Realizar un monitoreo de dioxinas y furanos en el primer año. En los años siguientes, deberán realizar mediciones cada dos (2) años.

FRECUENCIAS DE MONITOREO	
Hornos cementeros que realicen coprocesamiento tanto nuevos como existentes	Realizar una medición directa cada año.

3.2 Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones para las demás actividades industriales

A continuación se presenta la metodología para la determinación de la frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas mediante el uso de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA), aplicable para todas las actividades industriales.

La metodología consiste en la determinación de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) para cada uno de los contaminantes a los cuales está obligado a medir una fuente fija, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Esta metodología deberá aplicarse para cada uno de los ductos o chimeneas de la fuente y para cada uno de los contaminantes a los que está obligado a medir la fuente fija según la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, es decir, la frecuencia encontrada será independiente para cada ducto o chimenea y para cada uno de los contaminantes y no se regirá por el máximo o por el mínimo de los periodos encontrados. Lo anterior quiere decir que para un solo ducto se podrán encontrar diferentes frecuencias, en las cuales se deberán monitorear los contaminantes emitidos por la fuente.

Para el caso de Compuestos Orgánicos Volátiles COV´s, se deberá realizar una medición anual,

La determinación de la frecuencia del estudio de emisiones atmosféricas para cada contaminante, se deberá cuantificar mediante el número de unidades de contaminación atmosférica (UCA) definido como:

$$UCA = \frac{Ex}{Nx}$$

Donde:

UCA: Unidad de Contaminación Atmosférica calculada para cada uno de los contaminantes

Ex: Concentración de la emisión del contaminante en mg/m^3 a condiciones de referencia y con la corrección de oxígeno de referencia que le aplique

Nx: Estándar de emisión admisible para el contaminante en mg/m^3

Con cada valor obtenido de la ecuación se obtiene la frecuencia de monitoreo, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 9.

Tabla 9 Frecuencia de monitoreo contaminantes de acuerdo con la Unidad de Contaminación Atmosférica

UCA	GRADO DE SIGNIFICANCIA DEL APORTE CONTAMINANTE	FRECUENCIA DE MONITOREO (AÑOS)
≤ 0.25	Muy bajo	3
>0.25 y ≤ 0.5	Bajo	2
>0.5 y ≤ 1.0	Medio	1
>1.0 y ≤ 2.0	Alto	½ (6 meses)
> 2.0	Muy alto	¼ (3 meses)

3.3 Consideraciones adicionales en la determinación de la frecuencia de monitoreo de emisiones atmosféricas basados en el uso de la UCA

A continuación se presentan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en la determinación de la frecuencia de monitoreo para algunos casos especiales, basados en el uso de la Unidad de Contaminación Atmosférica.

3.3.1 Instalaciones nuevas

Las instalaciones o procesos nuevos que no cuenten con información de la concentración de los contaminantes que emite, para calcular la frecuencia de monitoreo deberán evaluar las emisiones en un tiempo no superior a (6) meses, contados a partir de su entrada en operación. En todo caso, la medición se deberá realizar cuando el equipo se encuentre operando mínimo al 90% de su operación normal.

3.3.2 Equipos de respaldo

Los equipos de respaldo, es decir, aquellos que se activan cuando el equipo principal no está en marcha, que funcionen durante un periodo de tiempo inferior al 3% del tiempo de operación anual de la actividad industrial, de comercio o de servicio no deberán realizar medición de las emisiones contaminantes. En este caso, para la aplicación y cumplimiento de esta condición, el equipo no podrá operar más de 3 días seguidos.

3.3.3 Dioxinas y Furanos

Aquellas actividades industriales que de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, deban monitorear dioxinas y furanos, deberán realizar la medición de dichos contaminantes únicamente en los casos en los que el flujo de material particulado sea superior a 0,5 Kg/h.

3.4 Determinación del tamaño de la muestra cuando existen fuentes de emisión similares operando bajo las mismas condiciones

En los casos en los que en una actividad existan más de dos fuentes de emisión y estos cumplan con las siguientes condiciones:

- La emisión individual sea generada por el mismo tipo de equipo
- Se utilice el mismo combustible
- Se consuma la misma cantidad de combustible

- Los ductos de salida de los gases tengan las mismas dimensiones y estén construidos en el mismo material
- Para el caso de equipos de combustión externa deben operar a las mismas condiciones de presión y temperatura.
- Para el caso de emisiones generadas por procesos productivos, que se utilice la misma materia prima e insumos, la misma cantidad de materias primas e insumos y además los equipos operen a la misma capacidad

Se debe realizar una medición inicial que incluya todas las fuentes individuales de emisión y posteriormente aplicar el análisis estadístico que se muestra a continuación con el fin de determinar la muestra (número de chimeneas) que sean representativas y que deberán ser medidas para verificar el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles.

Para la determinación del tamaño de la muestra que se aceptará en los casos que una actividad cuente con procesos que cumplan con los criterios anteriormente establecidos, se debe tener en cuenta que el número de mediciones depende del comportamiento de dichas mediciones y de la probabilidad de error definida. Un nivel de confianza del 95% es ampliamente aceptado (es decir, una probabilidad de error del 5%).

Teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra juega un papel importante para determinar la probabilidad de error así como en la precisión de la estimación, una vez que se ha seleccionado el nivel de confianza, dos factores importantes que influyen en el tamaño muestral son: La varianza de la población σ^2 y el tamaño del error tolerable que se está dispuesto a aceptar. Mientras que el primer factor está más allá del control del estudio (no hay nada que se pueda hacer sobre la varianza de la población), sí es posible limitar el tamaño del error.

El tamaño del error que se puede tolerar depende de qué tan crítico es el trabajo. Algunas tareas extremadamente delicadas requieren resultados exactos: los procedimientos médicos vitales de los cuales dependen vidas humanas o la producción de piezas de una máquina que debe cumplir medidas precisas, pueden tolerar sólo un pequeño error. En otros casos, los errores más grandes pueden tener consecuencias menos graves.

La distribución de probabilidad normal estándar puede expresarse como:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Esto puede reescribirse algebraicamente como:

$$n = \frac{\sigma^2 Z^2}{(\bar{x} - \mu)^2}$$

En donde la diferencia entre la media muestral y la media poblacional $(\bar{x} - \mu)^2$ es el error esperado.

El valor de Z depende del nivel de confianza requerido. Esto deja por determinar sólo σ^2 para calcular el tamaño muestral apropiado. En caso de que la σ^2 sea desconocida, puede estimarse

mediante la desviación estándar muestral utilizando las mediciones iniciales que incluya todas las fuentes individuales de emisión. La varianza calculada de esta muestra preliminar puede entonces utilizarse en la fórmula.

De lo anterior se concluye que:

n: Cantidad de ductos o chimeneas que deben ser monitoreados
σ: Desviación estándar de las mediciones
Z: Probabilidad normal estándar, igual a 1,96 para un nivel de confianza de 95%
(x- μ): Diferencia entre la media muestral y la media poblacional, es decir, el error estándar esperado de la media

El número de ductos o chimeneas que deben ser monitoreados debe calcularse para cada uno de los contaminantes evaluados.

Cuando alguna de las mediciones realizadas supere el estándar de emisión admisible para el contaminante establecido en la Resolución 909 de 2008 o en la que la adicione, modifique o sustituya, se deberá realizar la medición de todas las fuentes de emisión.

3.5 Monitoreo Continuo de Emisiones

Los sistemas de monitoreo continuo de emisiones, son sistemas integrados que realizan mediciones de contaminantes directamente en la chimenea sin interrupciones, y están constituidos por todos los equipos necesarios para determinar la concentración en tiempo real de un gas o la emisión de material particulado que sea necesario controlar, tales como medidores, monitores y analizadores de contaminantes, convertidores de unidades, graficadores y software que producen resultados en unidades que se pueden comparar con los límites de emisión permitidos.

El diseño de los sistemas de monitoreo continuo de emisiones permite que sean monitoreados uno o varios contaminantes dependiendo de las necesidades de la medición, además de otros parámetros de operación como temperatura, presión de salida de los gases, porcentaje de oxígeno en exceso, entre otros. La ubicación de los puertos de toma de muestra en la corriente del gas y la selección de los equipos son aspectos fundamentales para la recolección de información exacta, confiable y reproducible.

Adicionalmente, es importante conocer variables del proceso, del combustible, de la salida de los gases, temperaturas y posibles concentraciones, para poder tomar la mejor decisión en términos de costos, aplicabilidad, exactitud y representatividad del equipo de monitoreo, respecto a los contaminantes de interés.

3.5.1 Condiciones para la solicitud de monitoreo continuo de emisiones

De acuerdo con lo establecido en el artículo 75 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 a continuación se definen las condiciones a partir de las cuales la autoridad ambiental competente podrá solicitar monitoreo continuo de emisiones a una actividad.

Dentro de las condiciones mínimas que deben ser tenidas en cuenta para la instalación de un sistema de monitoreo continuo de emisiones se incluyen la cercanía de las concentraciones de los contaminantes emitidos por la fuente con los estándares máximos de emisión admisibles, los datos obtenidos de estudios de calidad del aire realizados en la zona donde se encuentra

ubicada la fuente, las características de peligrosidad de los contaminantes emitidos y las poblaciones o grupos cercanos a la fuente. Por otra parte, es necesario realizar un análisis de la naturaleza de la actividad que se desarrolla y de los riesgos que esta representa para el medio ambiente y para la salud de las personas.

Las actividades que deben realizar monitoreo continuo de sus emisiones serán aquellas que cumplan por lo menos con alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando la actividad desarrollada corresponda al tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, no peligrosos u horno crematorio deberá realizar monitoreo continuo de las emisiones de acuerdo a lo establecido en el numeral 3.5 del presente capítulo.

- Cuando las emisiones generadas por la actividad, incrementen en más de un 40% la concentración de algún contaminante en el aire, se debe realizar monitoreo continuo para el contaminante para el cual se presente esta condición. Para verificar la anterior condición se deberá realizar la estimación de la concentración de los contaminantes en el aire con y sin el aporte de la actividad correspondiente.

Existen algunos escenarios bajo los cuales aun cuando el incremento sea superior al 40% no se solicitará monitoreo continuo de emisiones. Estos escenarios se presentan a continuación:

- Cuando la actividad que genera la emisión de los contaminantes, sea la única ubicada dentro del área comprendida entre la ubicación de la fuente y 0,8 Km en todas las direcciones y que además la concentración de todos los contaminantes teniendo en cuenta el aporte de la fuente cumpla con las siguientes condiciones:

    - La concentración de material particulado (PM10) no exceda 20 µg/m3 (media anual)
    - La concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) no exceda 40 µg/m3 (media anual)
    - La concentración de dióxido de azufre (SO_2) no exceda 20 µg/m3 (media de 24 horas)
    - La concentración de plomo (Pb) no exceda 0,5 µg/m3 (media anual)
    - La concentración de cadmio (Cd) no exceda 5 x 10-3 µg/m3 (media anual)

- En los casos en los que al realizar el análisis de la concentración de fondo, es decir, sin el aporte de la fuente de emisión, se encuentre que la concentración de los contaminantes en el aire cumple con lo establecido en la Resolución 601 de 2006 o la que la adicione, modifique o sustituya, no aplicará monitoreo continuo de emisiones, siempre y cuando al modelar al calidad del aire con el aporte de la actividad no se sobrepasen dichos niveles.

- En los casos en los que al realizar el análisis y determinación de la frecuencia con base en las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA), se encuentre que a uno o más contaminantes les corresponda ser monitoreados con una frecuencia de 3 meses, se deberá realizar monitoreo continuo para cada uno de ellos, siempre y cuando el flujo de material particulado del proceso o instalación sea superior a 1,0 kg/h.

3.5.2 Seguimiento al Monitoreo Continuo de Emisiones

Cuando a una actividad le corresponda realizar monitoreo continuo de sus emisiones, como resultado de la aplicación del procedimiento establecido en el presente capítulo, el sistema de monitoreo continuo deberá estar instalado y operando en un tiempo no superior a 120 días calendario, contados a partir de la fecha en la cual se determinó la frecuencia de monitoreo.

En todos los casos en los que se instale un sistema de monitoreo continuo de emisiones, este deberá reportar los datos de concentración de contaminantes con la correspondiente corrección a condiciones de referencia y oxígeno de referencia, de acuerdo con lo establecido para cada actividad en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

El registro de datos de los sistemas de monitoreo continuo de emisiones que se instalen en actividades industriales se deberá realizar máximo cada 5 minutos. Adicionalmente, debe reportar de manera automática los valores de la temperatura y presión de salida de los gases.

En los casos en los que a una actividad le corresponda realizar monitoreo continuo de emisiones se deberá realizar una verificación del funcionamiento del mismo, por medio de la aplicación de métodos de referencia, de acuerdo con lo establecido en el presente protocolo. La frecuencia con la cual se deberá realizar dicha verificación será la encontrada al aplicar la metodología de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) adoptada por el presente protocolo y el valor de las emisiones de la fuente corresponderá al promedio de todos los valores obtenidos durante ese mismo periodo de tiempo para cada uno de los contaminantes.

Todas las actividades a las cuales les corresponda realizar monitoreo continuo de emisiones, deberán enviar a la autoridad ambiental competente cada seis (6) meses un informe que cumpla con las condiciones establecidas por el presente protocolo y que contenga el análisis, promedio diarios y horarios y los datos registrados por los equipos de monitoreo continuo durante este mismo periodo de tiempo. Adicionalmente, se deberán informar a la autoridad ambiental competente aquellos casos en los que durante el periodo de seis meses mencionado anteriormente se incumplan las disposiciones establecidas en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

4 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE DESCARGA. APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA

De acuerdo con lo establecido en el artículo 70 de la Resolución 909 del 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, se adopta la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería para la determinación de la altura de la chimenea, metodología que obedece al análisis de diferentes variables que involucran las condiciones del entorno de la fuente de emisión. Dentro de estas condiciones se incluyen las dimensiones de la estructura en la cual se encuentra la fuente de emisión y de las estructuras cercanas, la dirección predominante del viento en la zona y la influencia que pueden tener las estructuras cercanas en la dispersión de los contaminantes emitidos por la fuente.

La aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería no contempla la determinación de frecuencias para recalcular la altura de la chimenea de las fuentes de emisión cuando se presenten variaciones de las condiciones del entorno.

4.1 Generalidades

Para la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería se debe considerar inicialmente si la instalación es nueva o existente según lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio del 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, con el fin de determinar la ecuación que se debe aplicar. En todo caso una instalación existente podrá utilizar la metodología definida para instalaciones nuevas, con el fin de determinar la altura de la chimenea.

4.2 Buenas Prácticas de Ingeniería para instalaciones existentes

Para el caso de procesos o instalaciones existentes, la altura resultante de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$HT = 2{,}5He$$

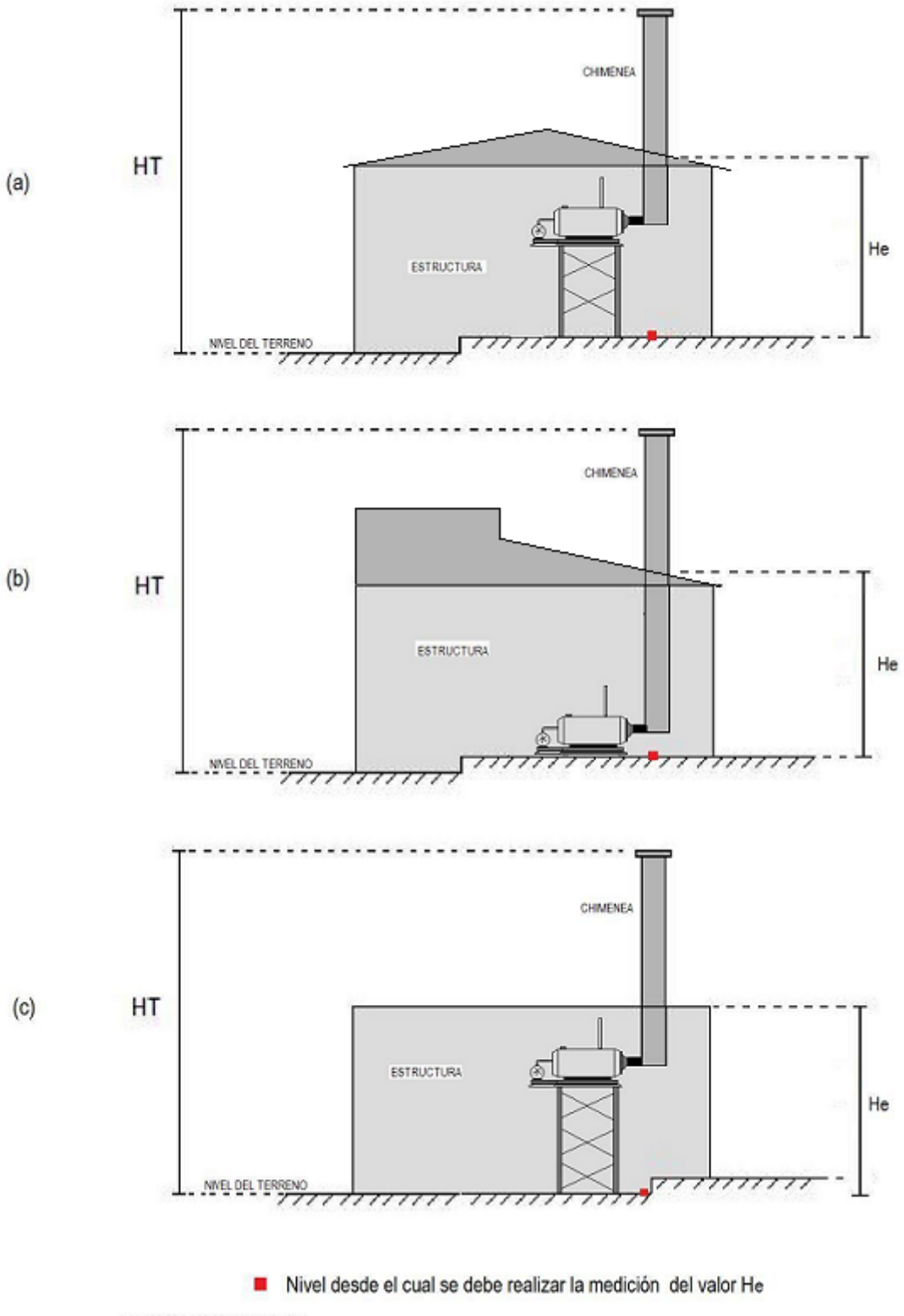
Ecuación 1

Donde:

HT: Altura de la chimenea medida desde el nivel del terreno en la base de la chimenea hasta el borde superior de la misma (Ver Figura 2)

He: Altura de la estructura en el punto en el cual se encuentra ubicado el ducto o chimenea. (Ver Figura 2)

Figura 2. Determinación del valor **HT** para el caso de estructuras existentes



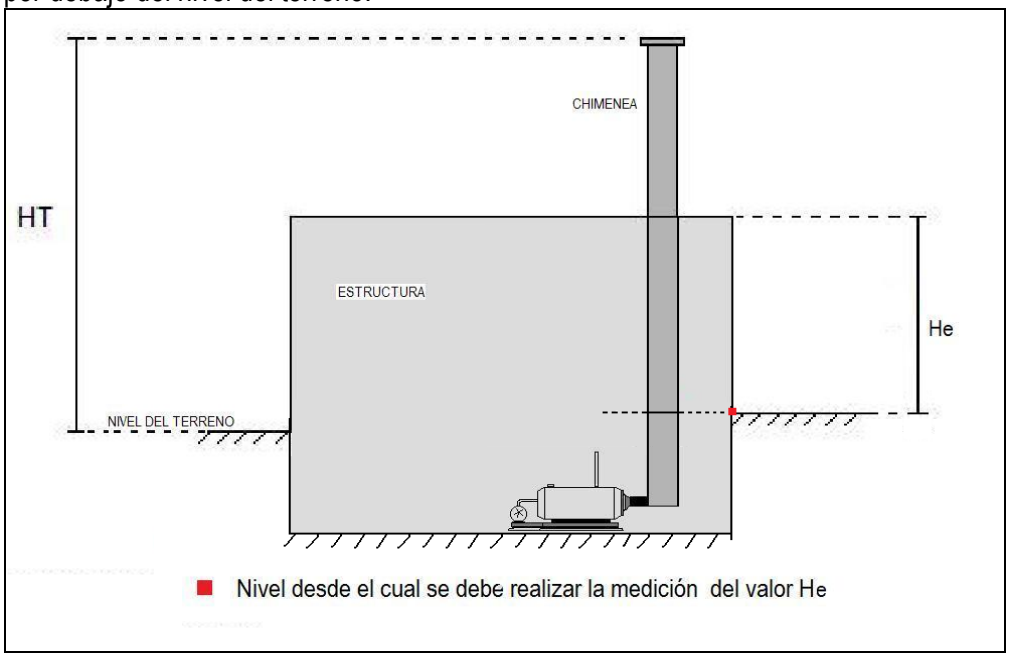
Fuente: MAVDT

Como se observa en la Figura 2 a y b, el valor de He, se mide desde el nivel del terreno, independientemente de la ubicación, elevación o profundidad del equipo o instalación que genera la emisión dentro de la estructura, hasta el punto exterior de la estructura en el cual se

encuentra ubicado el ducto o chimenea. Adicionalmente, en los casos en los que existan diferentes elevaciones del terreno dentro de la estructura, el valor de He se debe medir desde el nivel del terreno exactamente debajo donde se encuentra ubicado el ducto. En aquellos casos en los que existan dos o más elevaciones del terreno en este punto; debajo del ducto, se debe medir desde el punto de menor elevación, tal y como se muestra en la Figura 2c.

Para aquellos casos en los que el equipo o instalación que genera las emisiones atmosféricas se encuentre por debajo del nivel del terreno, el valor de He corresponderá a la altura medida desde el nivel del terreno (tal y como se muestra en la Figura 3)

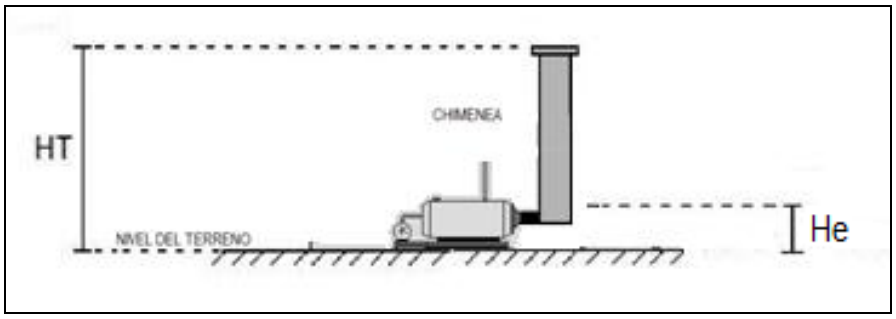
Figura 3. Determinación del valor He cuando el equipo o instalación que genera la emisión está por debajo del nivel del terreno.



Fuente: MAVDT

Para aquellos casos en los que el equipo que genera la emisión de los contaminantes no se encuentra ubicado dentro de una estructura, es decir que se encuentra al aire libre y no existe ninguna instalación, el valor He corresponderá a la altura del equipo que genera dicha emisión. (Ver Figura 4).

Figura 4. Determinación del valor HT para equipos que no están ubicados dentro de una instalación.



Fuente: MAVDT

En aquellos casos en los que la chimenea esté por fuera de la instalación en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión, el valor de He se deberá tomar desde el nivel del suelo en el lugar donde se encuentra la chimenea hasta la altura de la estructura que contiene la fuente de emisión en el punto más cercano a la chimenea. Cuando se cuente con sistema de control de emisiones y este sea más alto que la estructura donde se encuentra ubicada la fuente de emisión, se deberá utilizar la altura del sistema de control de emisiones para calcular el valor de He.

4.3 Buenas Prácticas de Ingeniería para instalaciones nuevas

Para el caso de procesos o instalaciones nuevas, la determinación de la altura mediante la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería involucra variables adicionales como la presencia de estructuras cercanas, las dimensiones de dichas estructuras y la dirección predominante del viento.

Para la determinación de la altura del ducto se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$HT = Hec + 1{,}5L$$

Ecuación 2

Donde:

HT: Altura de la chimenea medida desde el nivel del terreno en la base de la chimenea hasta el borde superior de la misma (Ver Figura 2)
Hec: Altura de la estructura cercana a la fuente de la emisión, medida desde el nivel del suelo en la base de la chimenea. (Ver Figura 11)
L: Corresponde a la menor de las dimensiones entre el ancho proyectado en la dirección predominante del viento y la altura de la estructura cercana. (Ver Figura 9, Figura 10 y Figura 11)

Inicialmente se debe determinar la *región cercana* a la fuente de emisión, la cual se define como la región que se obtiene al medir una distancia de 800 metros en todas las direcciones desde el borde de la estructura en la cual se encuentra la fuente de emisión (Ver Figura 5)

Posteriormente se deben determinar las *estructuras cercanas*, las cuales se definen como aquellas estructuras que se encuentran ubicadas dentro de la región cercana, sin embargo para dicha determinación se debe tener en cuenta lo siguiente:

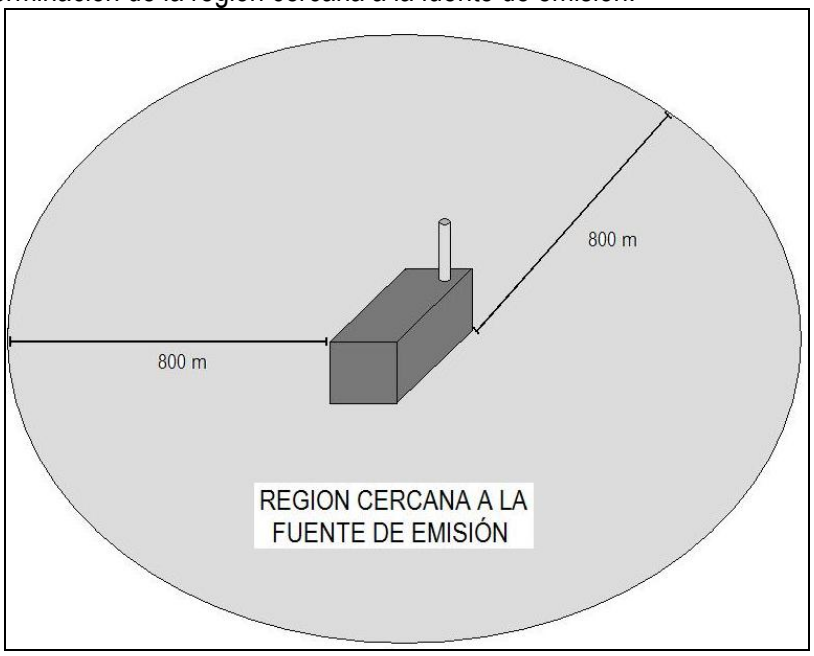
- Se deben considerar únicamente aquellas estructuras que se interponen entre la dirección predominante del viento y la fuente de emisión (Ver Figura 10)
- En los casos en los que exista más de una estructura que se interponga entre la dirección del viento y la fuente de emisión se debe realizar el cálculo con cada una de ellas y definir como estructura cercana la que dé como resultado la mayor de las alturas de la chimenea.
- Cuando la zona en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión no cuente con una dirección predominante del viento, se debe realizar el cálculo de la altura de la chimenea para cada una de las estructuras cercanas y tomar la que dé como resultado una mayor altura para la chimenea.

No se deben considerar como estructuras cercanas las siguientes:

- Los ductos o chimeneas de las estructuras que se encuentran dentro de la región cercana
- Las antenas de transmisión

- Las torres eléctricas
- Los postes del sistema eléctrico
- Las vallas de publicidad
- Las torres de generación de energía eólica
- Los tanques de almacenamiento de agua con capacidad inferior a 15 m^3

Figura 5. Determinación de la región cercana a la fuente de emisión.



Fuente: MAVDT

Una vez identificadas las estructuras cercanas, es decir, aquellas que se encuentran dentro de la región cercana de la fuente de emisión, se debe identificar el área de influencia de cada una de ellas con el objetivo de establecer si afectan o no la dispersión de los contaminantes emitidos por la fuente fija.

Para determinar el área de influencia de las estructuras cercanas se debe medir una distancia correspondiente a 5 veces la menor de las dimensiones entre el alto y el ancho proyectado (Ver Figura 7) de cada una de las estructuras, en todas las direcciones, medida desde el borde de cada estructura. En este sentido, en la Figura 6 se muestra la manera como se debe calcular la región cercana para tres estructuras, dos de ellas (la número 1 y número 3) utilizando el valor de su altura por ser el menor y la número 2 utilizando el valor del ancho proyectado por la misma razón. Posteriormente se muestra el análisis de datos de los 3 casos.

Estructuras bajas

Son estructuras bajas aquellas en las cuales su altura es inferior al ancho, por lo que en este tipo de estructuras el valor de la variable L siempre estará dado por la dimensión de la altura.

Estructura 1 de la Figura 6:

H = 3 m
W = 4.5 m

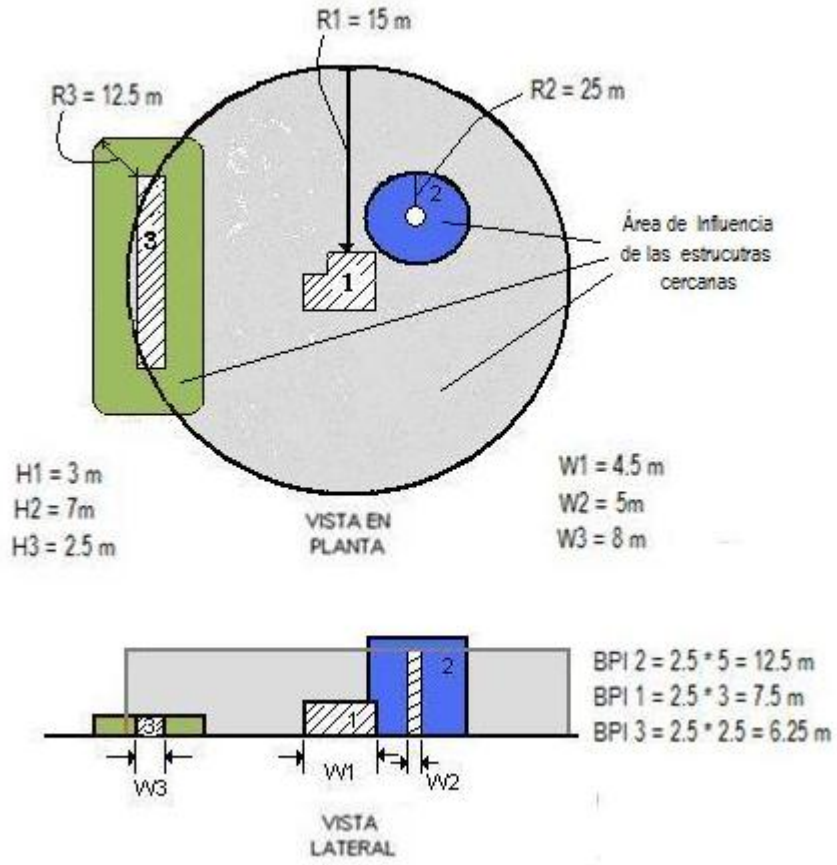
En este caso, la extensión de la región cercana estará dada por 5 * 3 = 15 m

Estructura 3 de la Figura 6:

H = 2.5 m
W = 8 m

Bajo estas condiciones, la extensión de la región cercana estará dada por 2.5 * 5 = 12.5 m

Figura 6. Determinación del área de influencia para las estructuras cercanas.



Fuente: MAVDT

Estructuras Altas

Son estructuras altas aquellas en las cuales su altura es superior al ancho, por lo que en este tipo de estructuras el valor de la variable L estará dado por el valor del ancho proyectado. En la Figura 7 se ilustra la determinación del área de influencia para una estructura alta.

Estructura 2 de la Figura 6:

H = 7 m
W = 5 m

Entonces la extensión de la región cercana estará dada por el valor del ancho, es decir 5 * 5 = 25 m

Figura 7. Determinación del área de influencia para estructuras altas.



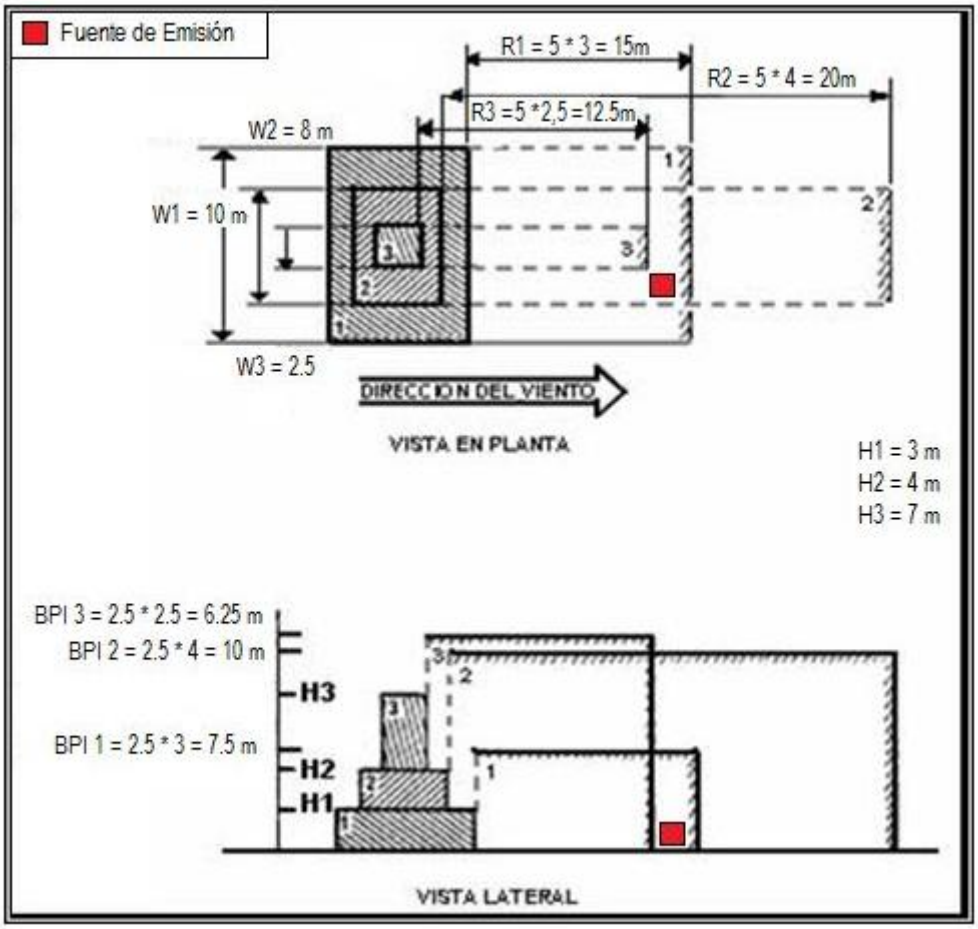
Fuente: MAVDT

De acuerdo con lo mostrado en la
Figura 7, el área de influencia de las estructuras se extiende una distancia equivalente a 5 veces el valor del ancho proyectado en todas las direcciones.

Estructuras complejas

Para el caso de estructuras complejas, es decir, que presentan varios niveles, se debe determinar el área de influencia para cada uno de los niveles con el fin de definir cuál de ellos es el que afecta la dispersión de los contaminantes. En la Figura 8 se muestra como se debe realizar la determinación del área de influencia para este tipo de estructuras.

Figura 8. Determinación del área de influencia para estructuras por niveles.



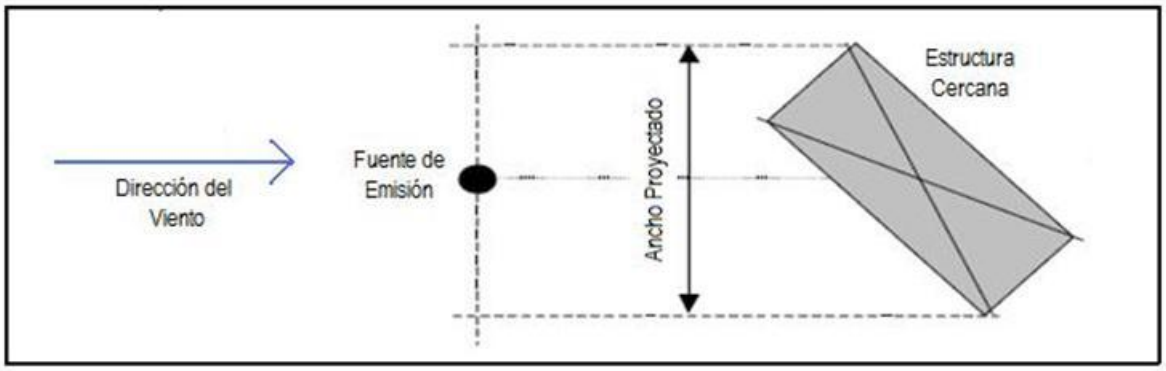
Fuente: MAVDT

En los casos en los que la fuente de emisión se encuentre ubicada dentro del área de influencia de más de uno de los niveles (Ver Figura 8) se deben tomar las dimensiones del nivel que dé como resultado la mayor altura de la chimenea. Por ejemplo, si la fuente de emisión se encuentra ubicada donde se muestra en la Figura 8 (cuadrado rojo), ésta sería influenciada por los niveles 1 y 2. En este caso se deben tener en cuenta las dimensiones del segundo nivel que es el más elevado.

Una vez identificadas las estructuras cercanas y la correspondiente área de influencia de cada una de ellas, se deben identificar las que afectan realmente la dispersión de los contaminantes de la fuente de emisión con respecto a la dirección del viento, lo anterior debido a que si se presenta la condición mostrada en la Figura 9, la fuente de emisión está en el área de influencia de una de las estructuras cercanas, sin embargo la dirección del viento en esta zona no permite que dicha estructura afecte la elevación de la pluma, debido a que la corriente de viento pasa primero por la fuente de emisión y no por la estructura cercana.

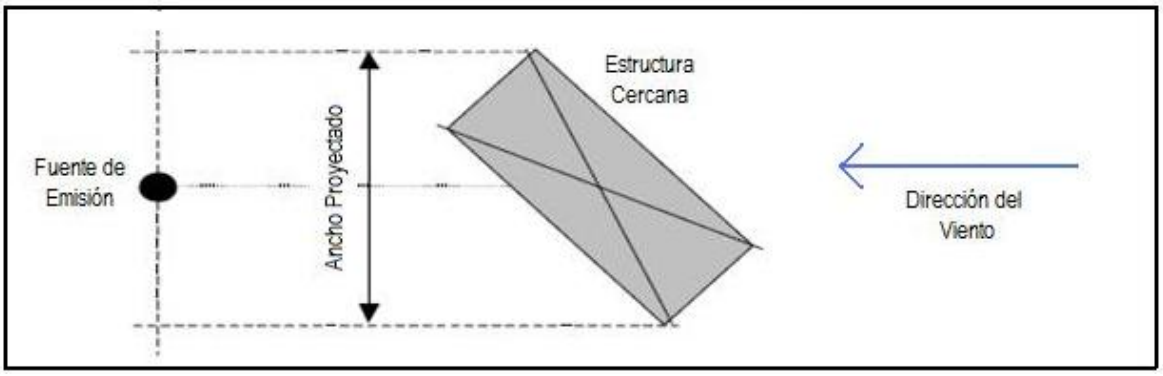
Por el contrario en el caso mostrado en la Figura 10 la estructura cercana esta directamente entre la dirección del viento y la fuente de emisión, lo cual posibilita la generación de una zona de cavitación que interfiere y afecta la dispersión de los contaminantes, caso en el cual esta será la estructura que debe ser considerada como cercana para el cálculo de la altura de la chimenea.

Figura 9. Determinación de la estructura cercana.



Fuente: MAVDT

Figura 10. Determinación de la estructura cercana.



Fuente: MAVDT

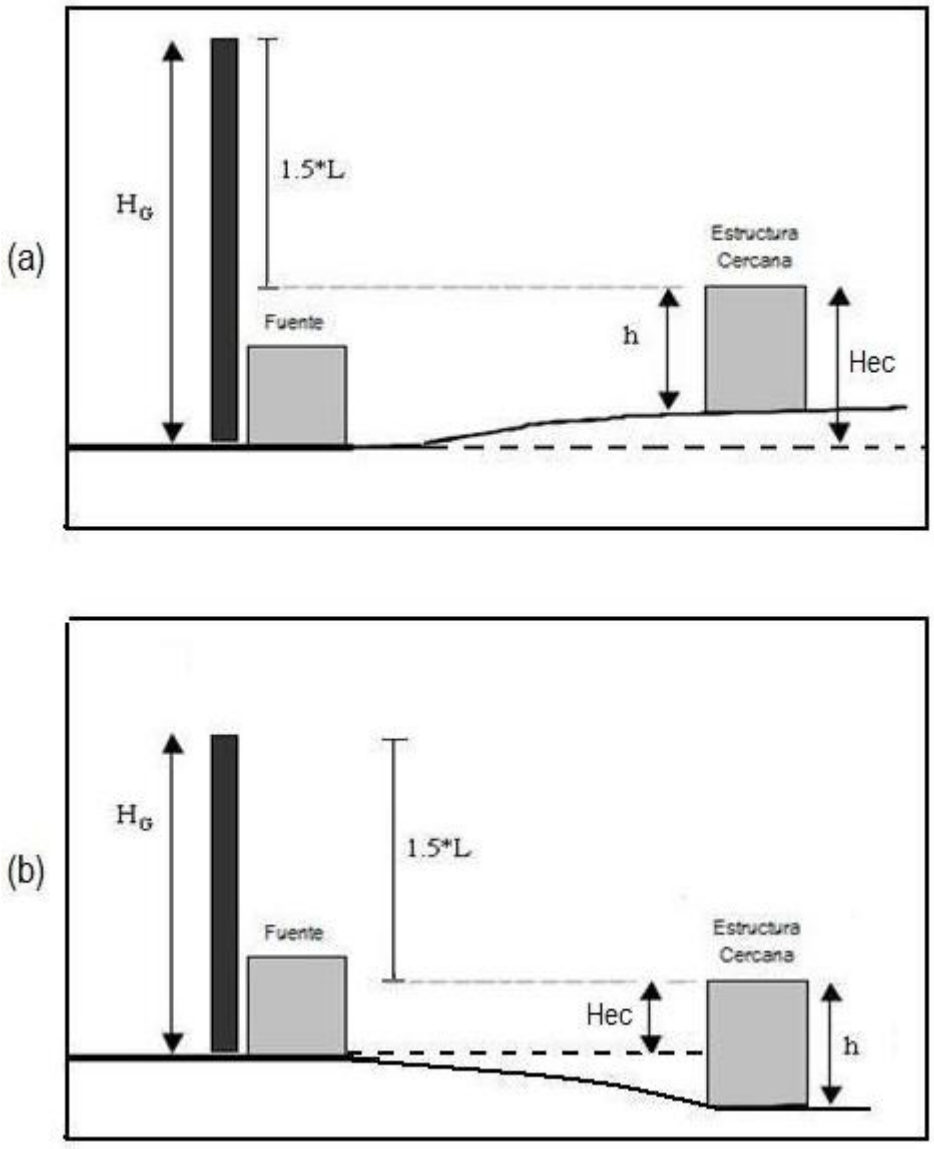
Posteriormente, se deben determinar las dimensiones de la estructura cercana para reemplazar las variables en la ecuación. Se debe determinar entonces el valor Hec que corresponde a la altura de la estructura cercana medida desde el nivel del terreno en la base de la chimenea. Tal y como se muestra en la Figura 11 (a) cuando la estructura cercana es más elevada que la fuente de emisión, se debe tomar el valor de la altura de la estructura cercana con respecto a la base de la chimenea.

Para el caso mostrado en la Figura 11 (b) la estructura cercana se encuentra en una zona deprimida. En estos casos el valor de Hec que se debe tomar es el correspondiente al medido a partir del punto que coincide con el nivel del terreno de la fuente de emisión, es decir el que se representa como h en la misma gráfica.

En los casos en que el punto más elevado de la estructura cercana se encuentre por debajo del nivel del terreno de la fuente emisión, simplemente no se debe considerar dicha estructura como cercana ya que no afectará la dispersión de los contaminantes.

Posteriormente se debe determinar el valor L que corresponde a la menor de las dimensiones entre el alto y el ancho proyectado de la estructura cercana. El ancho proyectado corresponde a una proyección perpendicular con respecto a la dirección del viento. En este sentido en la Figura 12 se muestra la manera como se debe calcular el ancho proyectado de una estructura.

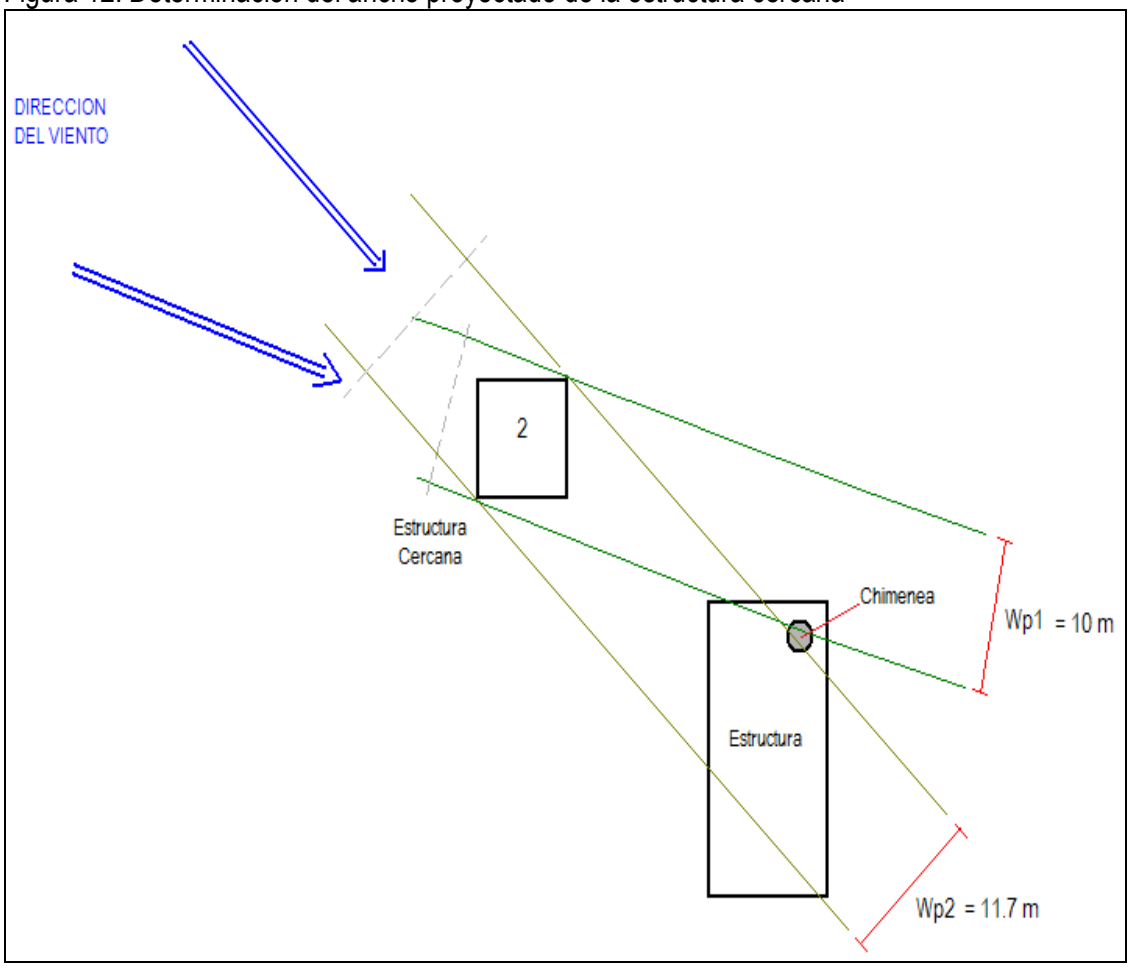
Figura 11. Determinación de las dimensiones de la estructura cercana



Fuente: MAVDT

Cuando no existan direcciones predominantes del viento en la zona en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión, se deberán evaluar todas las direcciones del viento que tienen influencia sobre la dispersión de los contaminantes (Ver Figura 12) y se deberá utilizar el valor del mayor ancho proyectado que se obtenga. Por ejemplo, para el caso de la Figura 12 existen dos direcciones del viento que afectan la dispersión de los contaminantes, entonces se debe tomar el valor de 11,7 metros que corresponde al mayor ancho proyectado.

Figura 12. Determinación del ancho proyectado de la estructura cercana



Fuente: MAVDT

En aquellos casos en los que en la región cercana no se encuentren edificaciones sino características del terreno como elevaciones o depresiones, no se deberán tomar estas como estructuras cercanas. En estos casos, se deberán aplicar modelos de dispersión, para la determinación de la distancia a la cual se deberá modelar se deberán aplicar los conceptos mostrados en la Figura 14.

En aquellos casos en los que una estructura nueva al calcular la altura de la chimenea mediante la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería encuentre que es la única dentro de la región cercana, es decir que no tiene ningún tipo de obstáculo del terreno o estructura a 800 metros a la redonda, deberá utilizar la ecuación establecida para estructuras existentes.

4.4 Consideraciones adicionales para la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería (BPI)

La aplicación de buenas prácticas de ingeniería para la determinación de la altura de la chimenea, considera adicionalmente el análisis del impacto que generan las fuentes de emisión de contaminantes individualmente en la calidad del aire de la zona en la cual se encuentran ubicadas. En este sentido, define que es considerada una buena práctica la altura del ducto o punto de descarga que demuestre mediante la aplicación de modelos de dispersión que permite la dispersión de los contaminantes y que además las emisiones provenientes de la fuente no incrementan en más de un 40% la máxima concentración de algún contaminante a nivel del

suelo, es decir, el estudio se deberá realizar simulando las condiciones de calidad del aire con y sin el aporte de la fuente para determinar el cumplimiento de dicha condición. Dicho análisis debe realizarse para cado uno de los contaminantes que le corresponde monitorear a la actividad. En el caso que uno de los contaminantes no cumpla con esta condición, no se podrá aplicar esta alternativa.

Los modelos que se apliquen para el desarrollo de esta alternativa deben cumplir lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA mientras que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta la Guía Nacional de Modelación de Calidad del Aire. Sin embargo, para definir la aplicación de esta alternativa se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando la concentración en el aire de todos los contaminantes que deben monitorear la actividad, excluyendo el aporte realizado por la misma (concentración de fondo) no sobrepasa los límites establecidos en la Tabla 10 (Niveles establecidos en las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud OMS o sus actualizaciones) y el incremento en la concentración de los contaminantes en el aire por causa de la emisión generada por el proceso o instalación no sobrepasen los límites establecidos en la misma tabla, el aporte realizado por el ducto o chimenea puede ser superior al 40% (Ver caso 1 Figura 13).

Tabla 10 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.

CONTAMINANTE	PROMEDIO	MÁXIMA CONCENTRACIÓN
PM10	Anual	20 µg/m^3
Dióxido de Nitrógeno NO_2	Anual	40 µg/m^3
Dióxido de Azufre	24 horas	20 µg/m^3

Cuando la concentración en el aire de todos los contaminantes que debe monitorear la actividad excluyendo el aporte realizado por la misma (concentración de fondo) sea inferior a los límites establecidos en la Tabla 10 y el incremento en la concentración de todos los contaminantes en el aire por causa de los contaminantes emitidos por la actividad sobrepase los límites establecidos en la misma tabla, el incremento deberá ser inferior al 40% y deberá garantizar que no se sobrepasen los valores establecidos en la Resolución 601 de 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010 (Tabla 11) o la que la adicione, modifique o sustituya (Ver caso 2 Figura 13).

- Cuando la concentración en el aire de todos los contaminantes que debe monitorear la actividad, excluyendo el aporte realizado por la misma (concentración de fondo) sea superior a los límites establecidos en la Tabla 10, el incremento en la concentración de todos los contaminantes en el aire por causa de los contaminantes emitidos por la actividad deberá garantizar que no se sobrepasen los valores establecidos en la Resolución 601 de 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010 (Tabla 11) o la que la adicione, modifique o sustituya. En todo caso el incremento deberá ser inferior al 40% (Ver caso 3 Figura 13).

- Cuando la concentración de contaminantes en el aire excluyendo el aporte realizado por el proceso o instalación (concentración de fondo) sobrepase los límites de calidad del aire establecidos en la Resolución 601 de abril del 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010 o la que la adicione, modifique o sustituya (Tabla 11), no se podrá utilizar esta opción.

Tabla 11 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.

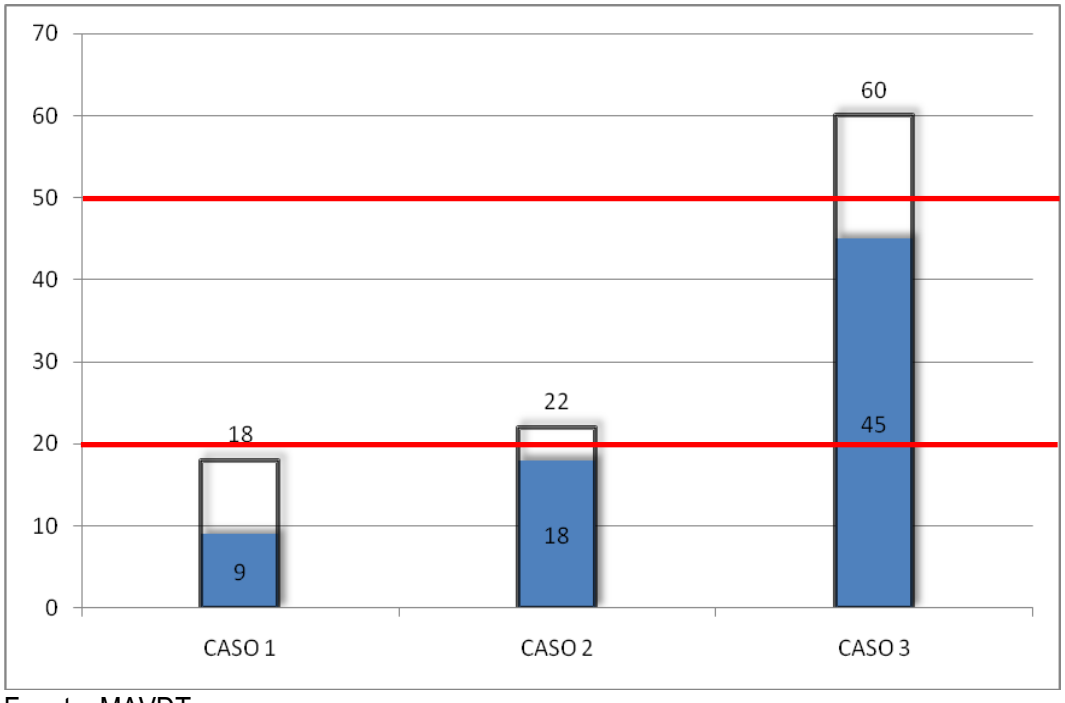
CONTAMINANTE	PROMEDIO	MÁXIMA CONCENTRACIÓN
PM10	Anual	50 µg/m^3
Dióxido de Nitrógeno NO_2	Anual	100 µg/m^3
Dióxido de Azufre	Anual	80 µg/m^3
Plomo (Pb)	Anual	0,5 µg/m^3
Cadmio (Cd) y sus compuestos	Anual	5 x 10 $^{-3}$ µg/m^3

Fuente: Resolución 601 de 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010

Adicionalmente, independiente de la calidad del aire de la zona donde se encuentre ubicada la fuente, se podrán aplicar modelos que incluyan los efectos de fumigación, turbulencias y estelas que pueden ser creados por la fuente misma o por las estructuras cercanas. En este caso se debe correr un modelo con y sin las estructuras cercanas y evaluar en cada caso la máxima concentración al nivel del suelo del contaminante evaluado dentro del área de influencia, con el fin de determinar el incremento en la concentración de los contaminantes, para lo cual se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En caso que el incremento sea superior al 40% y que se sobrepasen los niveles máximos establecidos en la Resolución 601 de abril del 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010 o la que la adicione, modifique o sustituya (Tabla 11) se deberá calcular la altura de la chimenea mediante la aplicación de las ecuaciones 1 o 2 del presente capítulo, según corresponda.
- En caso que el incremento sea superior al 40% y no exista nivel máximo establecido en la Resolución 601 de abril del 2006 modificada por la Resolución 610 de 2010 o la que la adicione, modifique o sustituya (Tabla 11) para el contaminante evaluado, se deberá calcular la altura de la chimenea mediante la aplicación de las ecuaciones 1 o 2 del presente capítulo, según corresponda.

Figura 13. Aplicación de modelación de calidad del aire para la determinación de la altura de la chimenea



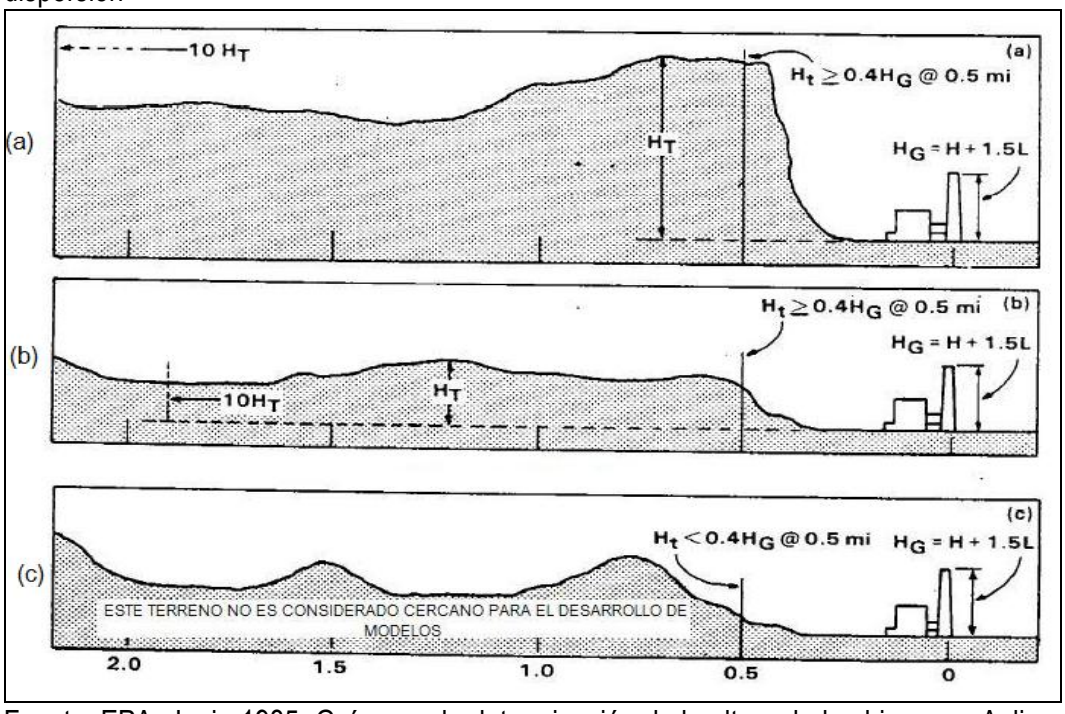
Fuente: MAVDT

Para el caso de la aplicación de modelos de dispersión, el término cercano se refiere a distancias de hasta ochocientos (800) metros, excepto cuando la altura de una condición del terreno a la distancia de 800 metros, medidos desde la fuente sea igual o superior al 40% de la altura de la chimenea, caso en el cual la región cercana se extenderá hasta una distancia de diez (10) veces la altura máxima de dicha condición (H_T) o 3200 metros (2 millas) la que sea menor (Ver Figura 14)

Para determinar el área en la cual se debe aplicar el modelo de dispersión de los contaminantes, se debe medir la altura característica del terreno a una distancia de 800 metros (0,5 millas) y considerar las siguientes condiciones:

- Si a una distancia de 800 metros (0,5 millas), la altura característica del terreno es superior a la altura total de la chimenea (medida desde el nivel del suelo) tal y como se muestra en la Figura 14 (a), el modelo de dispersión se deberá aplicar hasta una distancia horizontal correspondiente a 10 veces el valor de HT, medida desde el borde de la estructura.
- Si a una distancia de 800 metros (0,5 millas), la altura característica del terreno es superior al 40% de la altura de la chimenea (medida desde el nivel del suelo) pero inferior a la altura total de la misma tal y como se muestra en la Figura 14 (b), el modelo se deberá aplicar hasta una distancia horizontal correspondiente a la menor de las distancias entre 3,2 Km (2 millas) y 10 veces el valor de HT, medidos desde el borde de la estructura.
- Si a una distancia de 800 metros (0,5 millas), la altura característica del terreno es inferior al 40% de la altura de la chimenea (medida desde el nivel del suelo) tal y como se muestra en la Figura 14 (c), el modelo se deberá aplicar hasta una distancia horizontal de 800 metros, medidos desde el borde de la estructura.

Figura 14. Determinación de la extensión de la región cercana para la aplicación de modelos de dispersión

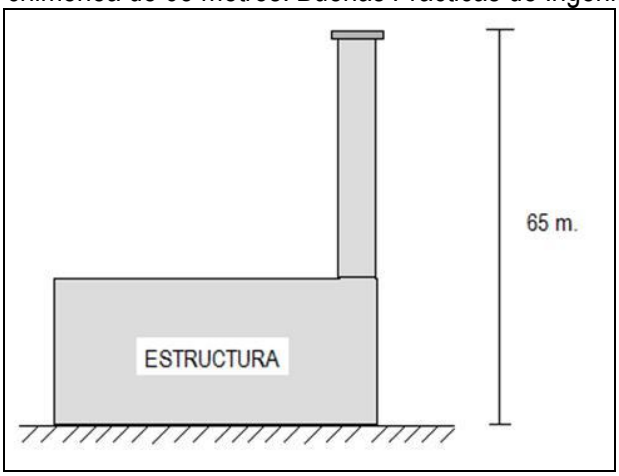


Fuente: EPA. Junio 1985. Guía para la determinación de la altura de la chimenea. Aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería. (Documento técnico de soporte para regular la altura de la chimenea).

Finalmente, es considerada como una buena práctica de ingeniería una altura máxima de 65 metros medidos desde el nivel del suelo en la base de la chimenea. Esta altura se deberá aplicar para los casos en los cuales el cálculo de la altura de la chimenea por medio de ecuación dé como resultado un valor superior a este, es decir, que con una altura de 65 metros se considera que existe una adecuada dispersión de los contaminantes (Ver Figura 15).

En necesario tener en cuenta que para aquellos casos en los que la actividad objeto de vigilancia y control se encuentre cerca a las instalaciones de aeropuertos o puentes aéreos, prevalecerán las normas y regulaciones que establezca la aeronáutica civil, en lo referente a la altura máxima de las edificaciones o estructuras cercanas.

Figura 15. Altura de la chimenea de 65 metros. Buenas Prácticas de Ingeniería.



Fuente: MAVDT

La dirección predominante del viento se debe determinar con base en la información suministrada por las rosas de vientos definidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. En los casos que se utilicen rosas de vientos que no hayan sido definidas por el IDEAM, únicamente se aceptarán rosas de vientos que estén soportadas como mínimo con un año de información de la zona.

Con el fin de determinar la dirección predominante del viento, no siempre se debe tomar el mayor de los valores de porcentaje de frecuencia que se muestre en la rosa. En algunos casos, es necesario evaluar todas las frecuencias de dirección con el fin de encontrar la predominancia del viento.

Para determinar la dirección predominante del viento de una zona específica con el fin de determinar la altura de la chimenea mediante la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

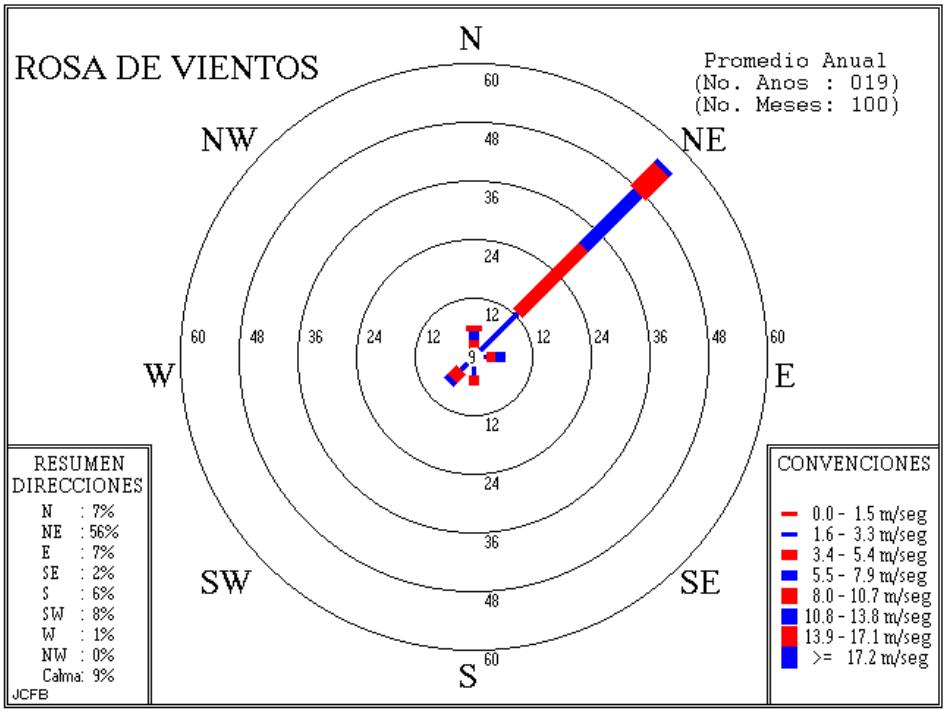
- Cuando el mayor de los porcentajes de frecuencia corresponda a una condición de calma, este valor no se deberá considerar para determinar la dirección predominante del viento. En este caso, de deberá utilizar la información de las frecuencias en las demás direcciones.

- Cuando los mayores porcentajes de frecuencia de dirección tengan el mismo valor, el cálculo de la altura de la chimenea se deberá realizar con cada una de estas direcciones y será la que dé como mayor valor de altura del ducto, la que se utilice como dirección predominante

del viento (lo anterior, teniendo en cuenta que esto dependerá de la altura de la estructura cercana en cada una de las direcciones).

- Cuando exista un único valor de predominancia de la dirección de los vientos, este será el que se utiliza para determinar la estructura cercana. Por ejemplo, para el caso que se presenta en la Figura 16, el valor de dirección Noreste (NE) indica la dirección predominante del viento, con un porcentaje del 56%, es decir, que esta es la dirección que deberá ser considerada por el cálculo de la altura de la chimenea.

Figura 16. Rosa de vientos con velocidad predominante del viento

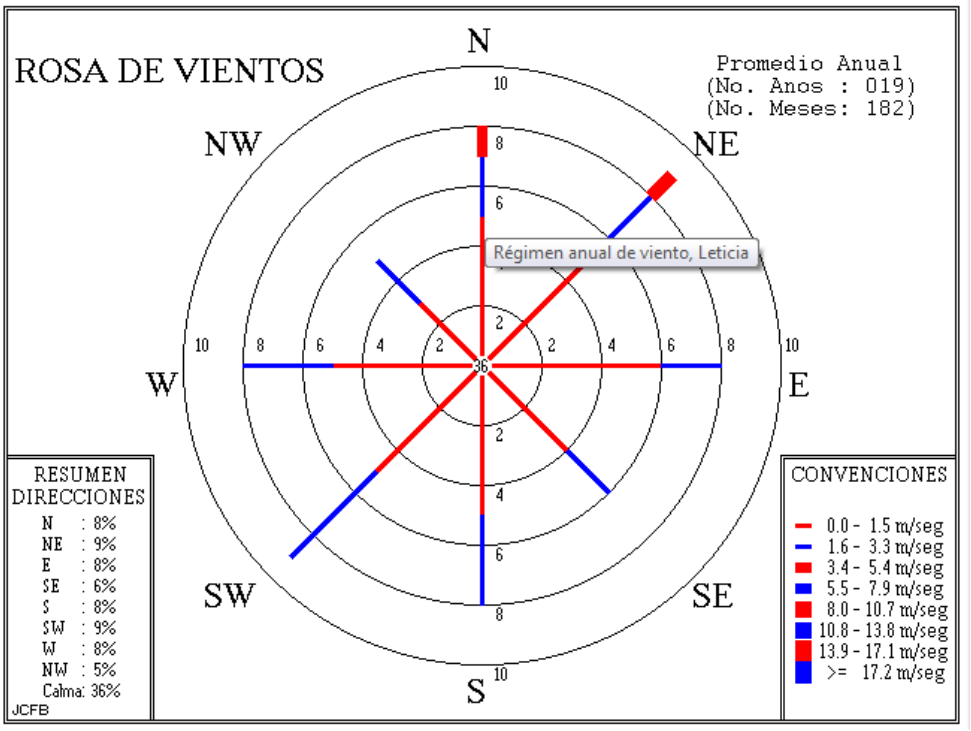


En aquellos casos en los que varias de las direcciones de viento tienen una predominancia importante o similar, como en el caso mostrado en la
Figura 17 se debe realizar el siguiente análisis:

El valor más alto de porcentaje de frecuencia de dirección del viento, corresponde a las direcciones Noreste (NE) y Suroeste (SW) con 9%. En este caso se deben analizar las direcciones adyacentes, es decir, aquellas que están a menos de 45° en la rosa de vientos.

Para el caso de la dirección Noreste (NE) las adyacentes son Norte (N) y Este (E), ambas con una frecuencia del 8%; por otra parte, para el caso de la dirección Suroeste (SW) las adyacentes son Oeste (W) y Sur (S) ambas con una frecuencia de 8%, igualmente. En este caso, es necesario evaluar las direcciones restantes, es decir, Noroeste (NW) y Sureste (SE) para definir la región predominante del viento. La dirección SE con frecuencia del 6% y la dirección Noroeste (NW) con frecuencia del 5%. Teniendo en cuenta lo anterior y que no existe una única dirección predominante del viento se deben considerar todas aquellas estructuras que estén en la región comprendida entre las direcciones Norte (N) y Oeste (W) en el sentido de las manecillas del reloj con el fin de determinar la altura de la chimenea.

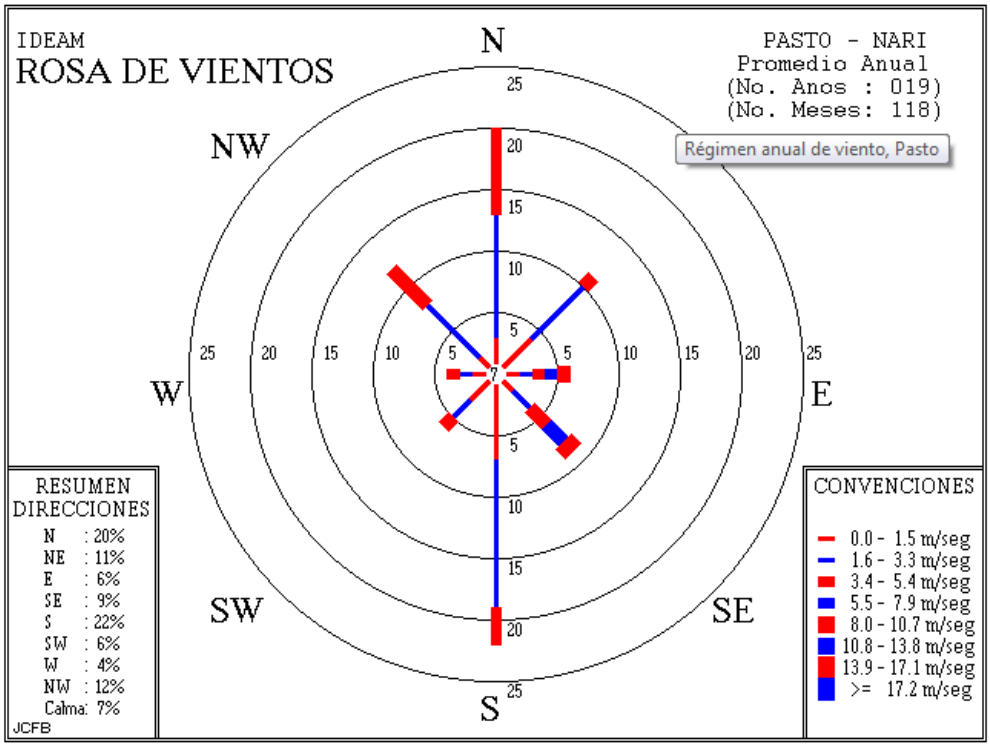
Figura 17. Rosa de vientos con varias direcciones de viento predominantes



Adicionalmente, es importante tener en cuenta que no siempre el valor más alto de las frecuencias de dirección de viento será el que corresponda a la dirección predominante. En este sentido, en la Figura 18 se muestra el siguiente caso:

La dirección de mayor frecuencia es Sur (S) con un valor de 22%. Sin embargo, al analizar una de las direcciones adyacentes a esta (SE) tiene un valor de 9%, lo que daría como resultado un porcentaje de 31% para esta zona. Por otra parte al analizar las demás direcciones se puede ver que el valor de Norte (N) tiene una frecuencia de 20% y al analizar la mayor de las adyacentes Noroeste (NW) con una frecuencia de 12%, daría como resultado un valor de 32%. Por lo anterior, la región comprendida entre las direcciones Norte (N) - Noroeste (NW) y Sur (S) – Sureste (SE), la que deberá evaluarse para definir la altura de la chimenea de la fuente de emisión.

Figura 18. Rosa de viento con dos direcciones de viento predominantes



Aquellas actividades que de acuerdo con lo establecido en el artículo 69 de la Resolución 909 de 2008 tengan la obligación de contar con un ducto o chimenea, deberán cumplir con la altura obtenida luego de la aplicación de las Buenas Prácticas de Ingeniería de las que trata el presente capítulo, a más tardar el 15 de julio de 2012. El procedimiento y resultado obtenidos deberán ser informados a la autoridad ambiental competente a más tardar el 15 de julio de 2011 para su conocimiento y seguimiento.

5 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

A continuación se presentan los requerimientos de funcionamiento de algunos sistemas de control de emisiones atmosféricas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 78 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya. Se debe tener en cuenta que el listado que se presenta a continuación no es un listado absoluto de sistemas de control de emisiones y que se podrán instalar otros diferentes siempre y cuando reduzcan la concentración de los contaminantes que son emitidos a la atmósfera; en este caso se deberán cumplir las condiciones de operación establecidas por el fabricante y las variables de control que para tal fin establezca el presente protocolo.

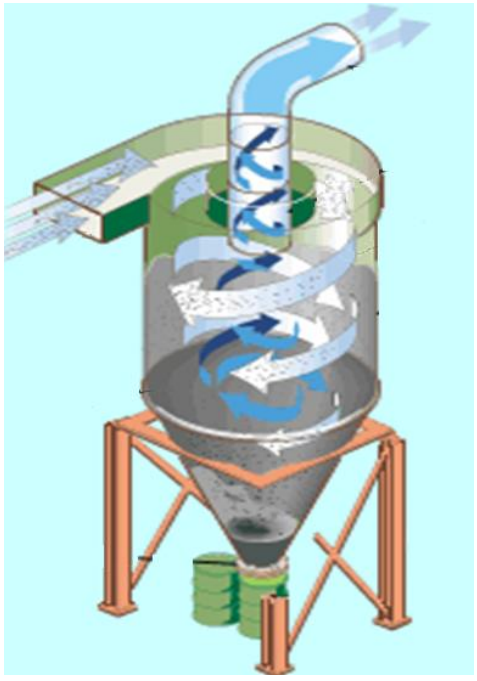
5.1 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

La actividad objeto de control, deberá suministrar información de los sistemas de control de emisiones a la autoridad ambiental competente, donde describa la operación del mismo, las variables de operación que indiquen que el sistema funciona adecuadamente y que se encuentra en condiciones adecuadas después de realizar mantenimiento.

5.1.1 Ciclones

La eficiencia de estos equipos de control de emisiones de material particulado está asociada a la caída de presión del flujo de gases, a través del sistema, por ello es requisito indispensable que los sistemas de medición de presión que se instalen sean calibrados periódicamente, a intervalos de tiempo inferiores a un (1) año. La caída de presión del sistema se debe registrar continuamente y almacenar de manera permanente en un medio magnético o físico. El dispositivo de presión que se instale debe tener una precisión del 5% de su rango de operación.

Figura 19. Ciclón

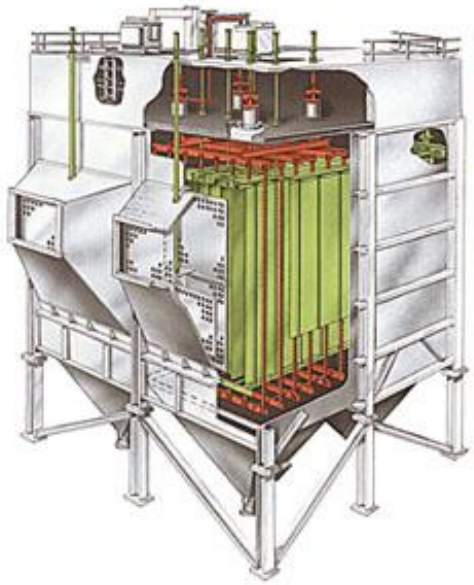


5.1.2 Precipitadores Electrostáticos

Los precipitadores electrostáticos (PES) se deben utilizar para los casos en los que se requiere alta eficiencia en la remoción de material particulado, especialmente cuando el volumen de los gases de emisión es alto y se requiere recuperar materiales valiosos sin modificaciones físicas.

Un precipitador es un equipo de control de partículas que utiliza un campo eléctrico para mover las partículas fuera de la corriente del gas y sobre las placas del colector. En la Figura 20 se muestra un diagrama de un precipitador. El gas de combustión que transporta el material particulado o ceniza volante, pasa a través de un campo eléctrico donde las partículas son cargadas negativamente y atraídas por un electrodo colector con carga opuesta. Por medio de un sistema de golpeteo se limpia el electrodo y se recogen las partículas en una tolva localizada en la parte inferior del precipitador.

Figura 20. Precipitador Electrostático



Los PES tipo placa-alambre son óptimos para calderas en termoeléctricas, ya que en estas instalaciones el flujo de la emisión gaseosa fluye horizontalmente y paralelo a las placas verticales de láminas de metal. Los espacios entre las placas son típicamente de 19 a 38 cm. Los electrodos de alto voltaje son alambres largos con pesas en su extremo inferior, y están colgados entre las placas. Dentro de cada plano de flujo, el gas debe pasar por cada alambre en secuencia a medida que fluye a través de la unidad. Las zonas de flujo entre las placas son llamadas ductos. Las alturas de estos varían entre los 6 y 14 metros.

En estos sistemas de control uno de los parámetros que se debe monitorear continuamente, es el voltaje con el cual es alimentado y la corriente que circula por el precipitador, debido a que en este caso, su eficiencia depende directamente de estas variables.

5.1.3 Quemador de gases

Cuando se pretenda realizar el control de la emisión de sustancias volátiles, se debe instalar un quemador, y se deberá monitorear y registrar continuamente la temperatura en la zona de combustión del quemador de la unidad de control.

El responsable de la actividad objeto de control debe además registrar y reportar las temperaturas obtenidas del dispositivo de control durante la operación, y realizar un estudio de emisiones, y conservar los registros por un periodo mínimo de dos (2) años.

5.1.4 Sistemas de captura y destrucción de sustancias contaminantes

Hace referencia a la instalación de un sistema que realice la captura y destrucción de sustancias contaminantes, siendo necesario aplicar las mismas medidas mencionadas en el numeral correspondiente a sistemas de control de emisiones del presente anexo. Ejemplo de este sistema pueden ser filtros biológicos para la destrucción de compuestos orgánicos volátiles por tratamiento biológico, entre otros.

5.1.5 Sistemas de captura y recuperación de sustancias contaminantes

Hace referencia a la instalación de un sistema que realiza la captura y recuperación de sustancias contaminantes, siendo necesario aplicar las mismas medidas mencionadas en el numeral correspondiente a sistemas de control de emisiones del presente anexo. Ejemplo de este sistema se pueden mencionar los filtros de carbón activado, para la captura de compuestos orgánicos volátiles, entre otros.

5.1.6 Incinerador para destrucción de sustancias contaminantes

El incinerador que se menciona aquí es diferente al utilizado para destruir residuos sólidos o líquidos, como residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos, desechos hospitalarios, agregados ligeros, lodos de alcantarilla, desechos de madera y biomasa, cadáveres de animales, entre otros. Este elemento se utiliza esencialmente para destruir gases residuales contaminantes generados en procesos de producción.

La actividad que emplee un incinerador para destrucción de sustancias contaminantes, para esta actividad en particular, deberá instalar, calibrar, mantener y operar un sistema de medición de temperatura, que cumpla con las siguientes características:

- Si se emplea un incinerador térmico, se debe instalar un dispositivo de medición continua de temperatura en el hogar.
- Si se emplea un incinerador catalítico, el dispositivo de medición de temperatura se debe instalar en la corriente gaseosa antes y después del lecho catalítico.

Cada dispositivo de medición de temperatura se deberá instalar, calibrar y mantener, de acuerdo a las prácticas y recomendaciones del fabricante. El dispositivo deberá tener una exactitud superior al $\pm$ 5% de la temperatura que se está midiendo, expresada en grados centígrados ó $\pm$ 2,5º C.

Cada dispositivo de medición de temperatura deberá estar equipado con un instrumento de registro, de modo que se obtengan registros permanentes, ya sea por medios físicos, magnéticos o electrónicos.

5.1.7 Lavador húmedo

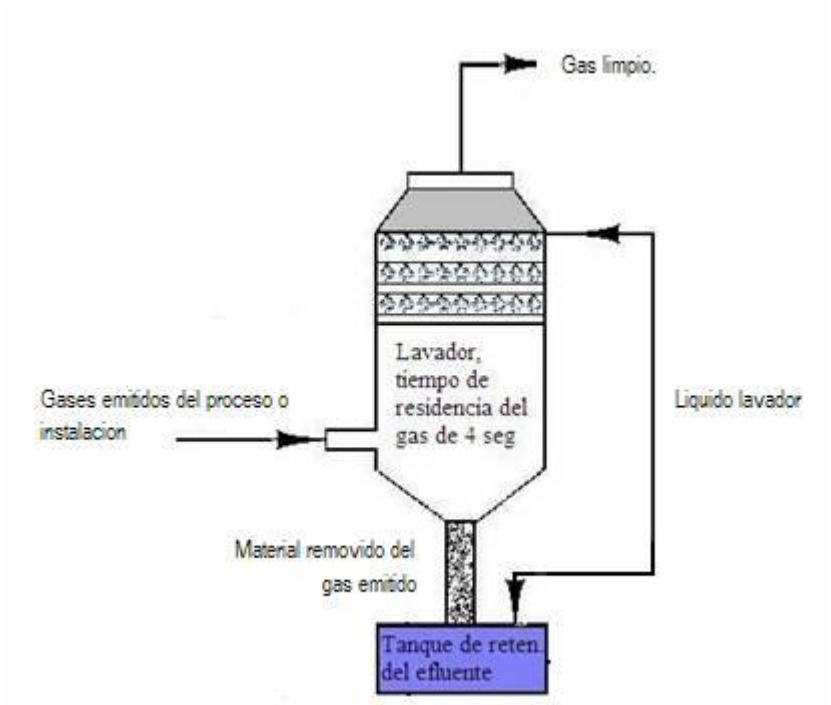
La actividad que emplee un lavador húmedo como sistema de control, deberá instalar, calibrar, operar y mantener un sistema de monitoreo que mida y registre continuamente la caída de presión de los gases a través del lavador, y además registrar el flujo del líquido que emplea el lavador. La caída de presión monitoreada debe ser certificada por el fabricante con una precisión

dentro del 5% de la columna de agua del medidor de presión, al nivel de operación. La precisión del sistema de medición del flujo del líquido también debe ser del 5% del flujo de diseño.

En el caso que se encuentren instalados lavadores húmedos para el control de emisiones atmosféricas, se deben controlar ciertas variables como por ejemplo la caída de presión y la tasa de flujo, las cuales no pueden ser inferiores al 80% de la lectura realizada durante el último estudio de emisiones presentado a la autoridad ambiental competente y para el caso de la tasa de flujo superior al 120%.

Cuando se evalúe la operación del lavador húmedo, el responsable de la actividad deberá determinar el cambio promedio de presión del gas a través del lavador y el cambio promedio del caudal del líquido del lavador, durante la realización de una corrida o prueba de evaluación de emisiones. Los valores que se obtengan serán las variables de control que se controlarán en las visitas que se realicen a la actividad en las funciones de seguimiento y control por parte de la autoridad ambiental competente. Sin embargo, se aceptarán variaciones en las presiones y tasas de flujo de funcionamiento del lavador húmedo siempre y cuando estas incrementen el rendimiento y eficiencia de remoción de contaminantes del mismo.

Figura 21. Lavador Húmedo



5.1.8 Lavador Venturi

Un lavador tipo venturi acelera el gas contaminado para atomizar el líquido utilizado en la limpieza y aumentar el contacto del gas. Consiste básicamente en un ducto con una sección más estrecha denominada “garganta”, la cual fuerza el gas a acelerarse para luego expandirse. A medida que el gas entra en la garganta, tanto su velocidad como su turbulencia aumentan. El líquido de lavado es entonces atomizado en pequeñas gotas por la turbulencia en la garganta aumentando la interacción entre partículas y gotas.

Este tipo de sistemas de control de emisiones son principalmente utilizados para controlar material particulado (MP), incluyendo material particulado con un diámetro menor o igual a 10 µm (PM10), así como MP menor o igual a 2.5 µm (PM2.5). Aunque tienen alguna capacidad incidental de control de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s), en general los lavadores tipo venturi se limitan al control de material particulado y gases altamente solubles.

La actividad que instale un lavador venturi, o lavador de otro tipo como sistema de control, deberá instalar un sistema de monitoreo continuo de la caída de presión a través de la garganta o del equipo que se instale. El instrumento de medición debe estar certificado por el fabricante con una precisión dentro de ± 1 pulgada de agua.

Cuando el lavador sea de tipo venturi, se debe instalar un sistema de monitoreo continuo que registre el agua suministrada al equipo de control. El instrumento de presión se debe instalar cerca al punto de descarga de agua, este debe tener una precisión de ± 5% de la presión de diseño de suministro de agua.

Los lavadores tipo venturi pueden tener eficiencias de recolección que van desde un 70% a un 99%, dependiendo de la aplicación. Las eficiencias de recolección son en general más altas para material particulado con diámetros comprendidos entre 0,5 y 5 µm.

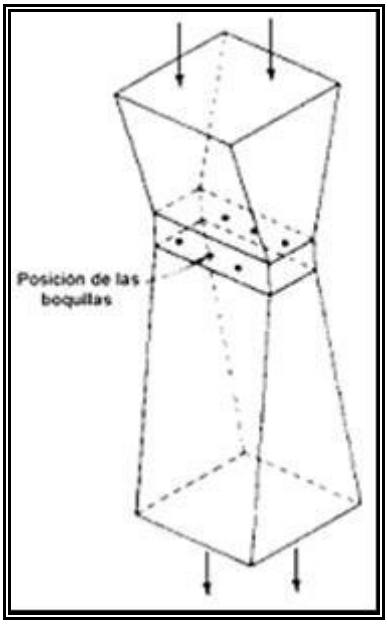
En cuanto a las variables de operación para este sistema de control se debe tener en cuenta lo siguiente:

Caudal de aire: Los caudales típicos de un lavador tipo venturi de una sola garganta son de 0,2 a 28 m^3/s.

Temperatura: La temperatura de los gases de entrada debe estar entre un rango de 4 a 370 ºC.

Concentración de entrada: La concentración de los contaminantes puede encontrarse en el rango de 1 a 115.000 $\mu g/m^3$

Figura 22. Lavador Venturi



5.1.9 Sistemas de Oxidación Térmica

Las unidades de oxidación térmica consisten en un sistema que convierte las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) y de otros contaminantes peligrosos en agua y dióxido de carbono. En particular, el proceso destruye los COV´s mediante el incremento de la temperatura de las emisiones hasta alcanzar su temperatura de oxidación, aproximadamente 800 °C, y manteniendo esta temperatura al menos por medio segundo. Estas unidades tienen una alta eficiencia de remoción, del orden del 99%. Los porcentajes de recuperación de calor pueden llegar hasta un 95%, lo que implica un bajo requerimiento de combustible adicional. Son recomendables para situaciones donde los volúmenes de aire son elevados (del orden de 4,7 m^3/s) y las concentraciones de hidrocarburos son bajas (inferior a 1.000 mg/l).

5.1.10 Sistemas de Oxidación Catalítica

Los sistemas de oxidación catalítica se recomiendan para aquellos casos en los que el volumen de los gases contaminantes (Compuestos Orgánicos Volátiles COV´s) emitidos es bajo (inferior a 2,4 m^3/s) y la carga de los mismo es alta. Estos sistemas poseen una cámara de combustión metálica aislada, equipada con un quemador con control de temperatura, y una sección catalítica. Las unidades actualmente comercializadas pueden operar satisfactoriamente con un amplio rango de COV´s. Bajo ciertas condiciones, un sistema catalítico con metales preciosos puede oxidar los COV´s contenidos en las emisiones, a temperaturas significativamente más bajas que una unidad de oxidación térmica, entre 300 y 550 °C, lo que redunda en menores requerimientos energéticos. En este sistema la emisión contaminada es precalentada en un intercambiador de calor.

Los equipos de oxidación catalítica también pueden abatir los subproductos de la oxidación, como lo es el monóxido de carbono. Los sistemas de oxidación térmica emiten importantes concentraciones de monóxido de carbono, en tanto que algunos sistemas de oxidación catalítica pueden destruir hasta un 98% del monóxido contenido en las emisiones.

5.1.11 Adsorción por Carbón Activado

La adsorción con carbón activado ha sido utilizada para la recuperación de solvente en fase vapor por varias décadas y ha probado ser una técnica relativamente simple, rentable y económica, para su recuperación y la prevención de la contaminación atmosférica.

La mayoría de los solventes industriales pueden ser recuperados con carbón activado. La adsorción con carbón se utiliza cuando la condensación no es posible debido a la presencia de compuestos no–condensables (por ejemplo, tolueno). La tecnología de regeneración de carbón más comúnmente usada es la de regeneración con vapor de agua. El vapor de agua, dada su elevada temperatura, des–adsorbe el solvente desde el carbón y lo conduce fuera de la zona de adsorción a un intercambiador de calor donde la mezcla es condensada y enfriada.

5.1.12 Absorción

La absorción es una operación en la cual uno o más componentes de una mezcla gaseosa son transferidos en forma selectiva a un líquido no volátil. La absorción de un componente gaseoso por un líquido sólo ocurrirá si el líquido contiene menos concentración que la de saturación del compuesto gaseoso a extraer. De esta manera la diferencia entre la concentración real en el líquido y la de la concentración de equilibrio induce la fuerza de la absorción.

5.1.13 Condensación

La condensación a temperaturas bajas puede ser factible cuando las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles son altas y sólo un tipo de solvente está involucrado. En la mayoría de los casos el costo de refrigeración puede desbalancear los beneficios debido al gran volumen de aire que debe ser enfriado. En general para flujos de 3.000 m^3/h y concentraciones de COV´s de 5.000 mg/l o mayores, esta técnica puede ser considerada.

6 PLAN DE CONTINGENCIA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

De acuerdo con lo establecido en el artículo 79 de la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, toda fuente de emisión que cuente con un sistema de control de emisiones, debe elaborar y enviar a la autoridad ambiental competente para su aprobación el Plan de Contingencia del Sistema de Control, que ejecutará durante la suspensión del funcionamiento de sistemas de control. Por otra parte, en el artículo 80 de la misma resolución se establece que cuando para efectos de mantenimiento rutinario periódico sea necesario suspender el funcionamiento del sistema de control, se debe ejecutar el Plan de Contingencia aprobado previamente por la autoridad ambiental competente.

Los equipos que hagan parte de los sistemas de control de emisiones atmosféricas, deben ser sometidos a mantenimiento rutinario periódico con el fin de garantizar su eficiencia de funcionamiento. Todas las actividades industriales, de comercio o de servicio que tengan instalados sistemas de control de emisiones atmosféricas deberán registrar la información relacionada con la suspensión del funcionamiento de los sistemas de control y deberán activar el plan de contingencia de los sistemas de control cuando la suspensión del funcionamiento por mantenimiento del sistema instalado requiera un lapso de tiempo superior a doce (12) horas. Lo anterior, de acuerdo con lo establecido en el artículo 80 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Lo dispuesto en el presente capítulo referente a la activación del Plan de Contingencia deberá aplicarse a partir de la entrada en vigencia del presente protocolo.

6.1 Contenido recomendado para el Plan de Contingencia de Sistemas de Control de Emisiones

A continuación se presenta la información recomendada a ser incluida en el plan de contingencia que se envíe a la autoridad ambiental competente para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 79 de la Resolución 909 de 2008.

- Descripción de la actividad que genera la emisión.

- Descripción de la actividad que se realiza en las instalaciones en las cuales se tiene instalado en sistema de control emisiones atmosféricas.

- Identificación y caracterización de los sistemas de control de emisiones atmosféricas, incluyendo la referencia, condiciones de operación, la eficiencia de remoción de diseño y la eficiencia real de remoción.

- Ubicación de los sistemas de control. Se deben presentar los planos de las instalaciones con la ubicación geográfica de los sistemas de control de emisiones, incluyendo la ubicación de conexiones y otros que permitan el funcionamiento de los mismos.

- Identificación, análisis, explicación y respuesta a cada una de las posibles fallas de los sistemas de control de emisiones que se pueden presentar durante su operación, de acuerdo con las variables establecidas en el presente protocolo y lo establecido por el fabricante del mismo.

- Acciones de respuesta a cada una de las situaciones identificadas, especificando los responsables de ejecutarlas, las herramientas necesarias para realizarlas (documentos, equipos, requerimientos de personal, entre otras) y en los casos en los que se tengan establecidas funciones específicas relacionadas con los sistemas de control, se deben definir los cargos.

- Recursos técnicos y humanos requeridos para ejecutar tanto el plan de mantenimiento de los sistemas de control como los procedimientos de respuesta a cada una de las situaciones de contingencia que se pueden presentar.

- Procedimientos operativos de respuesta en caso de falla de los sistemas de control de emisiones (actividades, responsable de cada actividad y documento o reporte asociado en caso de existir).

- Plan de Mantenimiento de los sistemas de control de emisiones.

7 DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE EMISIONES MOLESTAS

De acuerdo con lo establecido en los artículos 3 y 68 de la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, para el caso de los establecimientos de comercio y de servicio aplica el control de emisiones molestas. En este sentido, a continuación se listan algunos de los sistemas de control de emisiones molestas que pueden ser instalados y las variables de operación que se deben controlar para su adecuado funcionamiento. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que no se presenta un listado absoluto y que se podrán instalar otros dispositivos siempre y cuando reduzcan la molestia generada por las actividades del establecimiento.

Los dispositivos que se instalen deberán cumplir como mínimo con las especificaciones que se muestran a continuación.

7.1 Enmascaramiento de Olores

Este sistema para el control de olores consiste en mezclar la emisión molesta con otro gas cuyo olor no tiene el mismo efecto que el emitido. Para la selección del gas enmascarador se debe tener en cuenta que este no reaccione con las sustancias que contiene la emisión molesta. Cuando existan similitudes entre la composición y cantidad emitida de los dos olores, hay una alta probabilidad de que estos se combinen creando un tercer olor que posiblemente sea más molesto que el inicial; por tal motivo se deberá utilizar el olor enmascarador en mayor proporción.

Cuando se instale este sistema, se deberá controlar y llevar un registro de la cantidad y composición de la sustancia enmascaradora que se utiliza.

7.2 Carbón Activado

El carbón activado o carbón activo, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido a reacción con gases oxidantes (como CO_2 o aire), o con vapor de agua; o bien a un tratamiento con adición de productos químicos como el H_3PO_4, durante (o después) de un proceso de carbonización, con el objeto de aumentar su porosidad. Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros. Prácticamente cualquier material orgánico con proporciones relativamente altas de carbono es susceptible de ser transformado en carbón activado. Los carbones activados obtenidos industrialmente pueden provenir de madera y residuos forestales u otros tipos de biomasa, turba, lignito y otros carbones minerales, así como de diferentes polímeros y fibras naturales o sintéticas.

Los sistemas de filtrado con carbón activado se diseñan normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. En los casos en los que se instale un sistema que utilice carbón activado como medio filtrante se deberá controlar el grado de saturación del medio. Esto se debe realizar de manera visual. En los casos en los que se observe que los poros del medio filtrante están saturados se deberá cambiar el carbón, debido a que la eficiencia del sistema depende directamente del área de contacto del medio filtrante (carbón), que permite que se atrapen las sustancias que generan las emisiones molestas.

Este sistema no debe ser utilizado cuando la emisión de gases de la fuente contenga amoniaco, caso en el cual, se deberá utilizar un sistema de filtro biológico.

En los casos en los que se instale este sistema para el control de emisiones molestas, se deberá llevar un registro de la cantidad de carbón utilizada y de la periodicidad de mantenimiento del mismo, la cual no podrá ser superior a seis (6) meses.

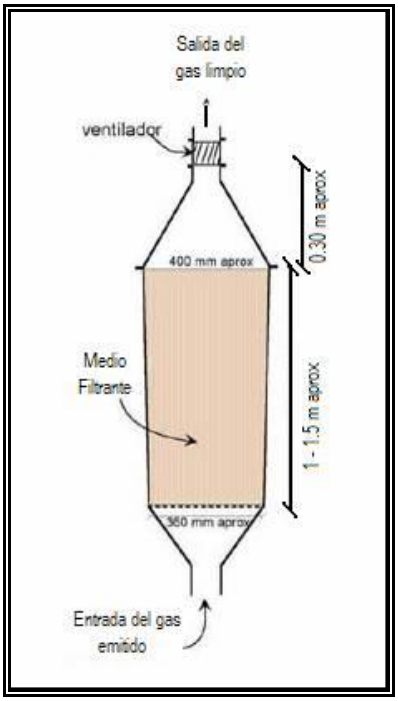
7.3 Filtro Biológico

El bio-filtro es un dispositivo que utiliza materiales orgánicos húmedos para absorber y degradar compuestos olorosos (Ver figura 23). El material fresco y humedecido procesa el aire que se conduce por un ducto y pasa por el lecho de filtración. Los materiales que se usan para la construcción de bio-filtros son el compost, la turba, astillas de madera y corteza de árboles. Estos materiales pueden ser mezclados con materiales biológicamente inertes, como la grava, para mantener una porosidad adecuada.

La profundidad del lecho de bio-filtro oscila entre 1 y 1,5 metros. Con lechos más someros existen fugas de gases y lechos más profundos son más difíciles de mantener uniformemente húmedos. El bio-filtro ha mostrado ser efectivo en tratar olores asociados con el compostaje, incluyendo el amoniaco y una gama de compuestos orgánicos volátiles. Adicionalmente, se deben tener en cuenta los siguientes criterios de operación:

- Temperatura de lecho: Óptimo sobre 20 °C
- **pH lecho:** óptimo sobre 7
- Contenido de humedad del lecho: 40% de la capacidad máxima

Figura 23. Filtro Biológico



8 PRUEBA DE QUEMADO PARA INSTALACIONES DONDE SE REALICE TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS PELIGROSOS

De acuerdo con lo establecido en el artículo 42 de la Resolución 909 de 2008, cualquier instalación de incineración u horno cementero que realicen coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos, deberá realizar una prueba de quemado cada vez que desee incluir un residuo y/o desecho al sistema de tratamiento. El representante legal de la instalación o del horno cementero deberá enviar un informe previo a la realización de dicha prueba a la autoridad ambiental competente máximo treinta (30) días antes de la fecha definida para garantizar la presencia de esta al desarrollo de la prueba.

El informe previo de la prueba de quemado que se envíe a la autoridad ambiental competente, deberá contener la siguiente información:

- El listado de los residuos que tiene autorizada la instalación de tratamiento térmico de residuos, en la licencia ambiental
- Caracterización de los residuos que se desean incluir al tratamiento térmico, teniendo en cuenta lo siguiente:

    - Estado físico
    - Contenido de humedad
    - Contenido de metales pesados, materiales volátiles cloro total y de halógenos
    - Viscosidad (para el caso de residuos líquidos)
    - Poder calorífico
    - Descripción del sistema de almacenamiento
    - Procedencia de los residuos y/o desechos

- El registro de las condiciones de operación de la instalación de los últimos doce (12) meses (temperatura de las cámaras de combustión y postcombustión para instalaciones de incineración, temperatura del horno cementero que realice coprocesamiento, tiempos de residencia y porcentaje de oxígeno).
- Condiciones de operación bajo las cuales se realizará la prueba de quemado
- Fecha propuesta para realizar la prueba de quemado
- Nombre del responsable de realizar la evaluación de emisiones durante la prueba de quemado acreditado por el IDEAM
- Métodos y procedimientos que se aplicarán para la evaluación de las emisiones (se debe tener en cuenta que únicamente se aceptarán los métodos adoptados por el presente protocolo)
- Dimensiones de las cámaras de combustión y postcombustión (forma y tamaño) para el caso de las instalaciones de incineración. Para el caso de hornos cementeros que realicen coprocesamiento se hace referencia a las dimensiones y características del horno
- Eficiencia de los sistemas de control de emisiones atmosféricas que se encuentran operando en la instalación de tratamiento térmico
- Listado de los contaminantes que serán medidos durante el desarrollo de la prueba de quemado

La prueba de quemado consiste en la verificación en campo de las condiciones de operación bajo las cuales la instalación de tratamiento térmico realizará el tratamiento de los diferentes residuos con los cuales alimentará el sistema. Esta prueba se realiza con el objetivo de evaluar las cargas máximas de alimentación, las características físicas y químicas de los residuos y/o desechos peligrosos a alimentar al sistema de tratamiento térmico, la eficiencia de destrucción de los desechos y/o residuos alimentados, de tal manera que se garantice el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire. Esto permitirá entonces realizar una evaluación de la capacidad y eficiencia del sistema instalado.

Dentro de los criterios que se verifican durante el desarrollo de una prueba de quemado se encuentran los siguientes:

- 99,99% de eficiencia de destrucción y remoción de los residuos
- 99% de eficiencia de remoción de HCl

Cuando se realizan pruebas de quemado uno de los principales criterios que se debe observar es que el horno incinerador esté funcionando bajo las condiciones normales de operación. Adicionalmente, se deben verificar aquellos parámetros que pueden afectar el desempeño de los sistemas de control de emisiones instalados, de acuerdo con lo establecido en el presente protocolo. Por otra parte, se debe controlar el ingreso de cenizas y materiales clorados, ya que del contenido de éstos en el incinerador dependerán las emisiones de material particulado, de HCl y de dioxinas y furanos.

Esta evaluación deberá determinar las condiciones puntuales de alimentación de residuos y/o desechos peligrosos y las propiedades tanto físicas como químicas que se deben mantener durante la operación y funcionamiento de la instalación de tratamiento térmico de residuos de manera que se cumplan los valores límites de emisión establecidos para esta actividad.

Para la verificación de la eficiencia de destrucción y remisión se tienen en cuenta consideraciones como la masa de los residuos peligrosos con los cuales se alimenta el sistema, la masa de los compuestos contenidos en la emisión atmosférica y la masa de residuos alimentados al horno. El anterior análisis se realiza aplicando la siguiente ecuación.

$$\%Ef = \frac{Mr - Ce}{Mr}$$

Donde:
%Ef: Eficiencia de destrucción de residuos del sistema
Mr: Masa de residuos alimentados al sistema
Ce: Masa de los compuestos contenidos en la emisión atmosférica

8.1 Metodología para el desarrollo de Pruebas de Quemado en instalaciones de tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos

Para el desarrollo de pruebas de quemado en instalaciones que realicen tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, la autoridad ambiental competente debe verificar lo siguiente:

- Que los parámetros de diseño del sistema de tratamiento térmico correspondan a la información contenido en el informe previo.

- Que los parámetros de operación de la instalación de tratamiento térmico, tales como: temperatura de los quemadores, presión y temperatura en las cámaras, tipo y consumo de combustible y alimentación de residuos correspondan con la información enviada en el informe previo.
- Condiciones y parámetros de operación de los sistemas de control de emisiones instalados.
- Que las características físicas de las cámaras de combustión y postcombustión, (forma y tamaño) para el caso de las instalaciones de incineración y del horno para el caso de hornos cementeros que realicen coprocesamiento coincidan con la información entregada previamente.
- Que la composición de los residuos con los cuales se alimente el sistema corresponda a lo que estaba previamente autorizado mediante la licencia ambiental y el residuo que se desea incluir.
- Que los métodos aplicados durante la medición sean los adoptados por el presente protocolo y correspondan a los enunciados en el informe previo.

La autoridad ambiental competente comparará los valores obtenidos durante la prueba de quemado y analizará la información referente a los parámetros de control bajo los cuales se realizó la misma. Dicho análisis debe permitir verificar el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire, establecidos en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya. De no cumplirse estos estándares, se deberán realizar los ajustes necesarios en el sistema de tratamiento térmico hasta que se cumpla con los mismos. Mientras se realizan los ajustes el sistema de tratamiento térmico no podrá operar.

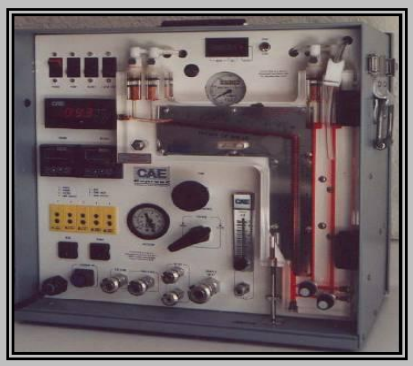
8.2 Informe final de la Prueba de Quemado

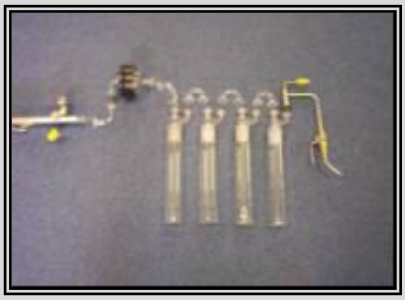
Dentro de los noventa (90) días siguientes al desarrollo de la prueba de quemado, se deberá enviar el informe final de la prueba, que debe contener como mínimo la siguiente información:

- Caracterización física y química de los residuos y/o desechos con los cuales se alimentó el sistema para el desarrollo de la prueba de quemado, es decir, aquellos que fueron sometidos a la prueba de quemado
- Plan para el aseguramiento y control de la calidad del proceso (actividades, variables y criterios que son tenidos en cuenta en el control operacional de la instalación)
- Descripción ingenieril de las instalaciones utilizadas para realizar el tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos
- Métodos y procedimientos de medición utilizados en el momento de la prueba Composición y velocidad de los gases resultantes de la combustión
- Actividades ejecutadas durante el desarrollo de la prueba de quemado
- Condiciones de operación de los equipos que hacen parte del proceso durante la prueba
- Condiciones de operación de los sistemas de control (eficiencia, alimentación de energía, condiciones de presión, de temperatura, entre otros)
- Parámetros críticos de operación de la instalación en donde se realiza el tratamiento térmico (presión, temperatura, razón de alimentación de residuos y/o desechos peligrosos)
- Estándares de emisión admisibles que debe cumplir la instalación que realiza el tratamiento térmico de residuos y/o desechos
- Comparación y análisis de los resultados referentes a las emisiones de contaminantes generadas durante la prueba de quemado con respecto al cumplimiento de los estándares de emisión admisibles y demás parámetros establecidos (temperatura de las cámaras o del horno cementero, tiempo de retención, entre otros)
- La demás información que se considere necesaria

ANEXO 1. EQUIPO DE MONITOREO POR MEDICIÓN DIRECTA Y AJUSTE INICIAL DEL EQUIPO

Tabla A.2. 1. Descripción del Equipo

Equipo / dispositivo	Imagen	Descripción
BOQUILLA		La boquilla es un dispositivo fabricado generalmente en acero inoxidable, cuarzo o borosilicato cuyo filo en la parte final debe estar hacia el exterior, para conservar un diámetro interno constante, por el mismo motivo debe ser construida de una sola pieza. Se debe disponer de una variedad de tamaños ya que van desde 0,32 -1,27 centímetros de diámetro interior.
SONDA		La sonda consiste en un tubo metálico que se encuentra recubierto con una resistencia eléctrica variable para calefacción. En un extremo la sonda tiene una unión esférica para acoplarse al resto del equipo, en el otro extremo tiene un acople para colocar la boquilla toma muestra, también tiene un termopar para medir la temperatura del gas y un tubo pitot tipo S con sus respectivos conexiones al manómetro ubicado en el modulo de control. Cuenta con todas las conexiones eléctricas necesarias para su operación.
CONSOLA		Con esta unidad se controlan las operaciones necesarias para la toma de la muestra. Consiste en un indicador múltiple de temperaturas, interruptores y reóstatos necesarios para la operación del sistema, un medidor de volumen para gases secos con carátula indicadora, un manómetro de vacío para la operación de la bomba de vacío con sus correspondientes válvulas de control fino y grueso, los manómetros para la determinación de caídas de presión en el tubo pitot-S y en el orificio y las tomas de presión y eléctricas.

PORTAFILTRO		Fabricado en vidrio de borosilicato con un soporte para el filtro de frita de vidrio y un empaque de caucho de silicona. Pueden utilizarse otros materiales de construcción como acero inoxidable o teflón, su objetivo es garantizar la hermeticidad tanto en su entrada y salida, como alrededor del filtro, se ubica inmediatamente a la salida de la sonda (o ciclón, si es utilizado).
MODULO DE TOMA DE MUESTRA		El modulo de toma de muestra consiste de dos secciones: La primera es la sección caliente (horno) donde se coloca el filtro y el ciclón, esta sección tiene un termopar para medir la temperatura del horno y una resistencia eléctrica variable para calentar toda la sección. La segunda sección es fría (nevera), consiste en una caja aislada donde se colocan los impactadores en un baño de agua o hielo.
IMPACTADORES		Los impactadores son recipientes de vidrio que se unen entre sí de manera hermética para hacer pasar la muestra, luego de que esta ha sido filtrada. Se ubican en la cámara fría, que es bañada en su interior agua o hielo. El contenido de cada uno de los impactadores depende del método utilizado para la determinación de los contaminantes
CORDÓN UMBILICAL		Es el dispositivo que conecta la sonda de toma de muestra con el módulo de control, por medio del cual se transmiten al modulo de control los datos de presión y temperatura en la sonda de toma de muestra.

BOMBA DE VACIO		La bomba se utiliza para forzar el paso continuo de la muestra por el equipo de monitoreo, de manera que se pueda controlar el volumen que ha sido transportado.
EQUIPO DE MONITOREO		

ANEXO 2. FORMATO PARA LA IDENTIFICACIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD

1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD

Razón Social_____

NIT._____

Actividad: _____

Representante Legal: _____C.C._____

Municipio: _____ Departamento: _____

Dirección: _____

Geo-referenciación: X: _____Y: _____ Z: _____

Teléfono: _____Fax: _____ E – mail: _____

Presión barométrica: _____ (mm Hg). _____ Altitud: _____msnm_____

Temperatura ambiente:_____(°C)

Producción horaria en Toneladas (en términos de producto terminado) relacionada con la fuente que se está midiendo): _____ (Ton/h)

2. UBICACIÓN SEGÚN P.O.T - E.O.T ó P.B.O.T: Zona Urbana: ____ Zona Rural: ____

3. FECHA DE LA MEDICIÓN: _____

4. NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN DE EMISIONES ACREDITADO POR EL IDEAM: _____

5. LABORATORIO QUE REALIZA LOS ANÁLISIS: _____

6. CONTAMINANTES A MEDIR:

Material Particulado: _____ Dióxido de Azufre: (SO_2) ____ Óxidos de Nitrógeno (NOx) ____

HF: ____ HCl: ____ Hidrocarburos Totales (HC_T): ____ Dioxinas y Furanos: _____

Neblina Ácida (H_2SO_4): ____ Plomo (Pb): ____ Cadmio (Cd): _____ Cobre (Cu): ____

Amoniaco (NH_3): _____ Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) y Mercaptanos: ____

Monóxido de Carbono (CO): ____ Carbono Orgánico Total (COT): ____

Mercurio (Hg): ____ Benzopireno y Dibenzo antraceno: ____

ANEXO 3. FORMATO PARA CONSIGNAR LOS DATOS DE CAMPO

A continuación se presentan los formatos que deben ser utilizados para el registro de los datos de campo. Únicamente se aceptarán formatos adicionales en los casos que el responsable de realizar el estudio considere que debe anexar información relevante de las condiciones bajo las cuales se realizó la evaluación de las emisiones.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO O INSTALACIÓN EN EL QUE SE REALIZA LA MEDICIÓN

Para ello se deberán diligenciar los elementos del siguiente cuadro que apliquen para el tipo de fuente fija o complementar aquellos elementos que falten (horno, caldera, incinerador). En caso de no aplicar algún elemento del cuadro, se debe colocar No Aplica (N/A) y justificar por qué no se incluye la información.

Fuente fija		
Tipo de caldera		
Tipo de horno		
Tipo de incinerador		
Marca		
Modelo		
Serie		
Fecha de fabricación		
Capacidad		
Presión de vapor de diseño		
Presión de vapor de trabajo máxima		
Presión de funcionamiento durante la toma de la muestra PSI		
Tipo de quemador		
Altura de chimenea (contada a partir del piso)		
Diámetro de chimenea		
Tipo de terminación (antilluvia) de la chimenea		
Producción de vapor lb/h		
Tiempo de funcionamiento (h/día, día/semana/, días año).		
Datos del combustible	Tipo	
	procedencia	
	Consumo Nominal kg/h ó g/h	
	Consumo Real kg/h ó g/h	
	% de Azufre **	
	Poder calorífico	
	Sistema de alimentación	
	Tipo de almacenamiento	
Temperatura cámara de combustión		
Temperatura cámara de post combustión		
Equipo control de emisiones	Material particulado	
	Gases	

Tipo y frecuencia de mantenimiento de la fuente fija que genera la emisión	

**Anexar la ficha técnica del combustible
Otras especificaciones técnicas de la fuente fija:

INFORMACIÓN DEL EQUIPO

Modelo y número de serie del equipo empleado			
Número de serie de la consola			
Factor de Calibración	(Y)		
Coeficiente del orificio	(ΔH@)		mm H2O
Identificación del tubo Pitot			
Coeficiente del tubo Pitot	(Cp)		
Identificación del Analizador de Gases			
Identificación de la boquilla			
Diámetro de la boquilla	Dn		mm
Identificación de la sonda			
Longitud de la Sonda			m
Material de la línea de toma de muestra			
Identificación de la caja de filtro			
Identificación caja de impactadores			

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA

Forma de la chimenea: circular ☐ rectangular ☐

Circular: diámetro (m) _____

Rectangular: largo (m) _____ ancho (m) _____

Altura chimenea (m): _____

Número de puntos de toma de muestra: _____

Numero de recorridos: _____ Número de puntos por recorrido: _____

Numero de diámetros antes de la siguiente perturbación: _____

Numero de diámetros después de la última perturbación: _____

Tiempo de toma de muestra por punto: _____

Longitud Niple (cm): _____

Distancia desde la pared de la chimenea hasta el punto de toma de muestra					
Punto	% diámetro	Distancia	Punto	% diámetro	Distancia
1			13		
2			14		
3			15		
4			16		
5			17		
6			18		
7			19		
8			20		
9			21		
10			22		
11			23		
12			24		

REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE FUGAS

Registrar los datos de la prueba de fugas, según procedimiento método 5 EPA, sección 8.4 (edición 7-1-01), donde se compruebe que el medidor de gas seco no varía más de 0,00057 m^3/min.

Volumen inicial (m^3)	
Volumen final (m^3)	
Presión máxima de succión (kPa)	
Tiempo (seg)	
Caudal de fuga (m^3/min)	
Caudal de fuga (cfm)	

VERIFICACIÓN DE LA AUSENCIA DEL FLUJO CICLÓNICO

De acuerdo con el procedimiento descrito en la norma EPA, método 1, sección 11.4

Punto	$(Ts)_i$ (°C)	$(\Delta P)_i$ (mmHg)	Ángulo θ (°)	$(Va)_i$ (m/s)	Punto	$(Ts)_i$ (°C)	$(\Delta P)_i$ (mmHg)	Ángulo θ (°)	$(Va)_i$ (m/s)
1					13				
2					14				
3					15				
4					16				
5					17				
6					18				
7					19				
8					20				
9					21				
10					22				
11					23				
12					24				

Criterios de aceptabilidad:

$$\frac{\sum_{i=n}^{n} \text{Ángulo } \theta \, i}{n}$$

El promedio de los ángulos deberá ser ≤ 20° y la desviación estándar Sd ≤ 10 para que se pueda determinar que no existe presencia de flujo ciclónico.

DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LA VELOCIDAD DE LOS GASES EN EL DUCTO O CHIMENEA

Diámetro: ---------- Longitud Niple: ----------

Punto	ΔP (mm H_2O)	P_S (mm H_2O)	TS (°C)	Punto	ΔP (mm H_2O)	P_S (mm H_2O)	TS (°C)
1				13			
2				14			
3				15			
4				16			
5				17			
6				18			
7				19			
8				20			
9				21			
10				22			
11				23			
12				24			
sumat				sumat			
Prom.				Prom.			

RESULTADOS FINALES	ΔP=	TS=	PS=	VS=	Tm=

ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN Y PESO MOLECULAR GAS SECO Y CÁLCULO DEL DIÁMETRO IDEAL DE BOQUILLA

Gases de Combustión y Peso Molecular Gas Seco

No. Mediciones	% CO_2	% O_2	% CO	% N_2	T. Ambiente °C	Ts gases chimenea °C	% Eficiencia	% Exceso aire
1								
2								
3								
4								
5								

Md (g/gmol) = _____

Humedad asumida en % (BWS):_____

Criterio utilizado para asumir la humedad: _____

Ms (g/gmol)= _____

Cálculo del Diámetro Boquilla Ideal: Con los datos del recorrido preliminar (Método 2) y el Ms, se calcula el diámetro de la boquilla ideal.

DATOS PARA EL CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE BOQUILLA IDEAL	
Qm = Caudal a través del medidor de gas seco, normalmente 0,0212 m^3/min.	
Pm = Presión absoluta en el medidor de gas seco, mmHg.	
Tm = Temperatura promedio en el medidor de gas seco, K.	
Cp = Coeficiente del tubo pitot.	
Bws = Fracción volumétrica de vapor de agua en la corriente gaseosa	
Ts = Temperatura promedio del gas en la chimenea, K.	
Ms = Masa molar del gas en la chimenea, g/mol.	
Md = Masa molar del gas seco en la chimenea (g/mol)	
Ps = Presión absoluta en la chimenea (mmHg)	
ΔP = Gradiente de Presión promedio del gas en la chimenea. (mmH_2O)	
ΔH@ = Coeficiente del medidor de orificio, mmH_2O.	
Bwm = Fracción volumétrica de vapor de agua en la corriente gaseosa.(asumida)	
Dni = Diámetro de la boquilla ideal, mm.	
Dna= Diámetro boquilla actual	

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD CONTENIDA EN LOS GASES DE LA CHIMENEA (Bws).

Humedad (Bws) real de los gases:

Impactadores	Peso final W final grs.	Peso inicial W inicial grs.	∆W gr
1. Con 100ml de H_2O destilada			
2. Con 100ml de H_2O destilada			
3. Vacio			
4. Con 200 gr sílica			
Volumen total de agua recolectada en los impactadores			

Ms (g/gmol) con la humedad real de los gases = _____

DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

Datos para el cálculo del Factor de Proporcionalidad K entre ΔH y ΔP

DATOS PARA EL CÁLCULO DE K	
ΔH@ = Coeficiente del medidor de orificio, mmH_2O.	
Md/Ms	
Ps/Pm	
(1-Bws)/(1-Bwm)	
Cp2	
Dna4 (diámetro de la boquilla actual)	
Tm/Ts	
K = Factor de proporcionalidad entre ΔP y ΔH para la medición isocinética	

DATOS DE CAMPO (Método 5)

Punto recorrido	Tiempo de toma de muestra por punto	Lectura medidor gas seco Vm	Cabeza de Velocidad ΔP	ΔH Ideal	ΔH actual	Temp. Chimenea Ts	Tmi. entrada	Tmo. Salida	Tem. caja Filtro TF	Tem. Salida último IMP	Tem. Sonda	** MSV	%I
	min.	m^3	mm H_2O	mm H_2O	mm H_2O	°C	°C	°C	°C	°C			
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Punto recorrido	Tiempo de toma de muestra por punto	Lectura medidor gas seco Vm	Cabeza de Velocidad ΔP	ΔH Ideal	ΔH actual	Temp. Chimenea Ts	Tmi. entrada	Tmo. Salida	Tem. caja Filtro TF	Tem. Salida último IMP	Tem. Sonda	** MSV	%I
	min.	m^3	mm H_2O	mm H_2O	mm H_2O	°C	°C	°C	°C	°C			
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
Prom													

**Sistema de vacio

RESUMEN DE DATOS PROMEDIOS DURANTE LA TOMA DE MUESTRA (Método 5)

PARÁMETROS PROMEDIOS DE LA TOMA DE MUESTRA	VALOR	UNIDADES
Tiempo total de toma de muestra (t)		min.
Máximo sistema de vacio (m.sv)		mmHg
Temperatura promedio gases chimenea (Ts)		°C
Cabeza de velocidad promedio (Δp)		mmH_2O
Velocidad promedio de gases en la chimenea (Vs)		m/Seg
Presión promedio del orificio (Δh)		mmHg
Volumen total de toma de muestra (Vm)		m3
Temperatura promedio de entrada de los gases (Tmi)		°C
Temperatura promedio de salida de los gases (Tmo)		°C
Temperatura promedio de los gases (Tm)		°C
Temperatura promedio de la caja de filtro (Tf)		°C

PARÁMETROS PROMEDIOS DE LA TOMA DE MUESTRA	VALOR	UNIDADES
Temperatura promedio del ultimo impactador (T. Imp.)		°C
Presión promedio de medida (Pm)		mmHg
Presión promedio absoluta de los gases en la chimenea (Ps)		mmHg
Área de la sección transversal de la boquilla (An)		mm^2
Promedio de la raíz cuadrada del Δp		mmH_2O
Peso molecular del gas en la chimenea (Ms)		G/G - MOLE
Contenido de humedad de los gases (Bws)		EN FRACCIÓN
Volumen de gas corregido a condiciones estándar (Vm std)		m^3
Volumen de gas corregido a condiciones de referencia (Vref)		m^3
Caudal del gas en la chimenea corregido a condiciones de referencia Qref		
Caudal del gas en la chimenea corregido a condiciones estándar Qstd		
Porcentaje de isocinetismo (%I)		%

ITEMS	W inicial (g)	W final (g)	ΔW(g)
Filtro No.:			
Aguas de lavado			
TOTAL			

ANEXO 4. FORMATO PARA LA ENTREGA DE INFORMES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POSTERIORES AL INICIAL

A continuación se muestra la información que debe ser entregada en el estudio de emisiones cuando no se han modificado las condiciones bajo las cuales se realizó la última evaluación de emisiones

1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD

Razón Social_____

NIT._____

Actividad: _____

Representante Legal_____ C.C._____

Municipio: _____

Dirección: _____

Geo-referenciación: X: _____Y: _____ Z: _____

Teléfono: _____Fax: _____ E – mail: _____

Presión barométrica: _____ (mm Hg). _____ Altitud: _____msnm_____

Temperatura ambiente:_____(°C)

Producción horaria en toneladas (en términos de producto terminado) relacionada con la fuente que se está midiendo: _____Ton/hora

2. UBICACIÓN SEGÚN P.O.T MUNICIPAL: Zona Urbana: ____ Zona Rural: ____

3. FECHA DE LA TOMA DE MUESTRA: _____

4. NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN DE EMISIONES ACREDITADO POR EL IDEAM _____

5. LABORATORIO QUE REALIZA LOS ANÁLISIS_____

6. CONTAMINANTES A MEDIR:

Material Particulado: _____ Dióxido de Azufre: (SO_2) ____ Óxidos de Nitrógeno (NOx) ____

HF: ____ HCl: ____ Hidrocarburos Totales (HC_T): ____ Dioxinas y Furanos: _____

Neblina Ácida (H_2SO_4): ____ Plomo (Pb): ____ Cadmio (Cd): _____ Cobre (Cu): ____

Amoniaco (NH_3): _____ Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) y Mercaptanos: ____

Monóxido de Carbono (CO): ____ Carbono Orgánico Total (COT): ____

Mercurio (Hg): ____ Benzopireno y Dibenzo antraceno: ____

El presente informe se entrega dando cumplimiento a lo establecido en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, certificando que no se han realizado modificaciones desde el último informe enviado a la ***(espacio para indicar el nombre de la autoridad ambiental competente)*** en ninguno de los siguientes aspectos:

Composición y cantidad de materias primas utilizados: ___
Composición y cantidad de insumos utilizados: ___
Capacidad instalada de los equipos objeto del estudio: ___
Capacidad de operación de los equipos objeto del estudio: ___
Ubicación de los equipos objeto de estudio: ___
Tipo de combustible utilizado: ___
Consumo de combustible: ___
Equipos de control instalados: ___
Eficiencia de los equipos de control instalados: ___
Dimensiones de los ductos y chimeneas de descarga de los contaminantes: ___
Contaminantes monitoreados: ___

Adicionalmente, expresamos que los métodos utilizados para la evaluación de los contaminantes que aplican a la actividad que desarrollamos, corresponden a los métodos adoptados por el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, los cuales listamos a continuación:

Por otra parte estamos adjuntando la información correspondiente a la medición realizada el día_____ del mes_____ del año _____en (Espacio para colocar el nombre de los procesos e instalaciones que fueron objeto del estudio de emisiones atmosféricas)

NOTA: Se deben utilizar los mismos formatos definidos para la obtención de los datos de campo en la entrega del informe previo.