

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



Libertad y Orden

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

VICEMINISTERIO DE AMBIENTE

DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE

República de Colombia

Versión 1.0

JULIO DE 2008

VERSION NO APROBADA

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

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	Objetivo general.....	14
2.2.	Objetivos específicos	14
3.	MARCO LEGAL PARA EMISIONES GENERADAS POR FUENTES FIJAS	15
4.	ACTIVIDADES INDUSTRIALES OBJETO DE CONTROL Y VIGILANCIA.....	18
5.	PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	26
5.1.	Medición directa	26
5.1.1.	Métodos empleados para realizar la medición directa	27
5.1.1.1.	Consideraciones sobre los métodos empleados para realizar la medición directa	30
5.1.2.	Instalaciones mínimas para realizar mediciones directas.....	35
5.2.	Balance de masas	37
5.2.1.	Información necesaria para evaluar emisiones por el método de balances de masas	38
5.2.1.1.	Información general de la actividad industrial	38
5.2.1.2.	Descripción de las instalaciones	38
5.2.1.3.	Información del proceso o procesos que generan emisiones	38
5.2.1.4.	Descripción de la fuente o fuentes de emisión.....	38
5.2.1.5.	Organización del procedimiento para la estimación de emisiones.....	39
5.2.1.6.	Muestreos y análisis.....	40
5.2.1.7.	Descripción de los equipos y otros elementos	40
5.2.1.8.	Identificación de los sitios de muestreo.....	41
5.2.1.9.	Procedimiento de control de calidad.....	41
5.2.1.10.	Validación de datos.....	41
5.2.1.11.	Revisión bibliográfica	41
5.3.	Factores de emisión.....	41
5.3.1.	Factores de emisión basados en procesos	42
5.3.2.	Factores de emisión basados en censos – Fuentes de Área.....	42
5.3.3.	Información necesaria para evaluar emisiones por factores de emisión	43
5.3.3.1.	Identificación de las fuentes de emisión	43
5.3.3.2.	Nivel de actividad.....	43

VERSION NO APROBADA

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

5.3.3.3.	Estimación de las emisiones	44
5.3.4.	Desarrollo de factores de emisión	44
5.3.4.1.	Recolección de datos y cálculo de la incertidumbre	44
5.3.4.2.	Aspectos que pueden afectar la aplicación de factores de emisión	45
5.4.	Monitoreo continuo de emisiones.....	46
5.4.1.	Condiciones para la solicitud de monitoreo de continuo de emisiones.....	47
5.4.1.1.	Naturaleza de la actividad desarrollada	47
5.4.2.	Clasificación de los sistemas de monitoreo continuo.....	48
5.4.2.1.	Sistemas Extractivos.....	48
5.4.2.2.	Análisis In-Situ en chimenea.....	49
5.4.2.3.	Sistema Integrado.....	49
5.5.	Modelos computarizados	50
6.	EVALUACIÓN DE ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	51
6.1.	Perfil del personal	51
6.1.1.	Coordinador de grupo.....	51
6.1.2.	Operador del equipo	52
6.1.3.	Auditor interno.....	52
6.1.4.	Asistente	52
6.2.	Planeación del estudio de emisiones.....	52
6.2.1.	Estructura del estudio de emisiones atmosféricas	53
6.2.1.1.	Resumen ejecutivo.....	53
6.2.1.2.	Introducción	53
6.2.1.3.	Información de la fuente de emisión	53
6.2.1.4.	Descripción del programa de muestreo	54
6.2.1.5.	Procedimiento de evaluación	55
6.2.1.6.	Procedimientos de control y aseguramiento de calidad	56
6.2.1.7.	Reporte de resultados de análisis.....	58
6.3.	Procedimiento de muestreo y análisis	58
6.4.	Criterios de evaluación y validación de estudios de emisiones atmosféricas	58
6.4.1.	Criterio de invalidación de datos	58
6.4.1.1.	Pérdida o alteración de la muestra	58
6.4.1.2.	Errores de muestreo	59
6.4.1.3.	Errores de análisis.....	59
6.4.2.	Cadena de custodia de la muestra (aplica para el caso de medición directa)	59

VERSION NO APROBADA

6.5.	Reporte del estudio de emisiones de fuentes fijas.....	60
7.	FRECUENCIA DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	63
7.1.	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	63
7.2.	Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones para las demás actividades.....	65
7.3.	Otras condiciones.....	66
8.	DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE DESCARGA. APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA	67
8.1.	Consideraciones Generales.....	67
8.1.1.	Efectos aerodinámicos.....	67
8.1.2.	Efectos de la presencia de edificaciones	68
8.2.	Determinación del punto de descarga	68
9.	CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS	76
9.1.	Actividades de control y vigilancia.....	76
9.1.1.	Revisión del procedimiento de estudio de emisiones atmosféricas de fuentes fijas	76
9.1.2.	Preparación de las actividades de verificación en campo.....	77
9.1.3.	Verificación del estudio de emisiones en campo	77
9.1.4.	Informes de actividades, conceptos, memorandos internos y otros documentos.....	78
9.1.5.	Revisión del reporte o estudio de emisiones atmosféricas	79
9.1.6.	Cumplimiento normativo.....	79
9.1.6.1.	Determinación del cumplimiento en sitio durante la visita.....	80
9.1.6.2.	Determinación del cumplimiento durante la revisión del estudio.....	80
9.2.	Perfil y entrenamiento del personal	81
9.3.	Estrategias y técnicas de vigilancia	81
9.3.1.	Actividades de carácter nacional	82
9.3.1.1.	Protocolo de inventario de emisiones	82
9.3.1.2.	Apoyo a autoridades ambientales	82

VERSION NO APROBADA

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

9.3.2.	Actividades de carácter local o regional.....	82
9.3.2.1.	Normas locales	82
9.3.2.2.	Inventarios de emisiones	82
9.3.2.3.	Definición de objetivos.....	82
9.3.2.4.	Definición de prioridades	82
9.3.2.5.	Indicadores de gestión	82
9.3.2.6.	Análisis de riesgo	83
9.3.2.7.	Participación ciudadana	83
9.3.2.8.	Fomento a la investigación.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Actividades realizadas por las autoridades ambientales	11
Figura 2. Actividades realizadas por las entidades encargadas de realizar la evaluación de las emisiones contaminantes	12
Figura 3. Actividades realizadas por actividades industriales, de comercio o de servicio que cuenten con fuentes fijas	13
Figura 4. Esquema de entradas y salidas de un sistema para la evaluación por balance de masas.	40
Figura 5. Determinación de la región vecina para estructuras bajas y estructuras simples.	70
Figura 6. Determinación de la región vecina para estructuras altas.	70
Figura 7. Determinación de la región vecina para estructuras por niveles.	71
Figura 8. Determinación del ancho proyectado de las estructuras cercanas	72
Figura 9. Determinación de la altura y ancho proyectado de la estructura cercana.	73
Figura 10. Determinación de la extensión de la región cercana.	74

VERSION NO APROBADA

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

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	16
Tabla 2. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia.....	17
Tabla 3. Actividades industriales objeto de control y vigilancia y contaminantes a monitorear por actividad industrial.....	18
Tabla 4. Contaminantes a monitorear en los incineradores y hornos crematorios.....	25
Tabla 5. Métodos de referencia para evaluación de emisiones contaminantes.....	27
Tabla 6. Métodos alternativos para evaluación de emisiones contaminantes.....	28
Tabla 7. Matriz de análisis de contaminantes.....	31
Tabla 8. Instalaciones mínimas para la realización de mediciones directas.....	35
Tabla 9. Requerimientos mínimos del reporte del estudio de emisiones atmosféricas.....	60
Tabla 10. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para instalaciones donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos e instalaciones donde se realice tratamiento térmico a residuos no peligrosos.....	63
Tabla 11. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o inferior a 600Kg/mes.....	63
Tabla 12. Frecuencias de monitoreo de contaminantes en hornos crematorios.....	64
Tabla 13. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos para instalaciones existentes donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos.....	64
Tabla 14. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos.....	64
Tabla 15. Frecuencia de monitoreo contaminantes de acuerdo a la Unidad de Contaminación Atmosférica.....	66
Tabla 16. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.....	75
Tabla 17. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.....	75

VERSION NO APROBADA

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

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. ACTIVIDADES INDUSTRIALES OBJETO DE CONTROL Y VIGILANCIA	84
ANEXO 2. EQUIPO DE MONITOREO POR MEDICIÓN DIRECTA Y AJUSTE INICIAL DEL EQUIPO.....	102
ANEXO 3. MÉTODOS DE MEDICIÓN DIRECTA.....	105
ANEXO 4. CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA REALIZAR EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA.....	243
ANEXO 5. SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	247
ANEXO 6. PRUEBA DE QUEMADO PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TÉRMICO	252

VERSION NO APROBADA

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

1. INTRODUCCIÓN

El control y vigilancia de las emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas es una actividad regulada desde la década de los setenta en Colombia. Inicialmente, era una responsabilidad del Ministerio de Salud y actualmente la responsabilidad recae sobre las autoridades ambientales. Con el fin de dar cumplimiento a esta responsabilidad, las autoridades ambientales han desarrollado diferentes mecanismos y procedimientos que pretenden evaluar la emisión contaminante generada por los diferentes tipos de fuentes fijas y comparar estas emisiones con las normas ambientales vigentes.

Sin embargo, debido a las consideraciones que se deben tener en cuenta al evaluar las emisiones contaminantes que generan los diferentes tipos de fuentes fijas, es necesario estandarizar los procedimientos de control y vigilancia, de manera que puedan ser comparables a nivel nacional y que su evaluación no dependa del criterio de la autoridad ambiental local, sino que obedezca a parámetros claramente establecidos y que puedan ser aplicables a todo tipo de fuente fija.

En este sentido, este documento establece la metodología y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el control y vigilancia de las emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas, de una manera estándar, repetible y confiable. El Protocolo para el Control y Vigilancia de las Emisiones Atmosféricas Generadas por Fuentes Fijas debe ser utilizado por las autoridades ambientales responsables del control y vigilancia de las emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas, para realizar este procedimiento adecuadamente. También debe ser utilizado por los sectores privados que produzcan información para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, e información de carácter oficial.

De igual manera, el protocolo debe ser usado por aquellas actividades que realicen descargas contaminantes al aire, de manera que puedan presentar la información solicitada por las autoridades ambientales de manera estandarizada y acorde con sus requerimientos.

El protocolo está compuesto por nueve (9) capítulos, en el segundo capítulo se definen los objetivos generales y específicos del documento. En el tercer capítulo se presenta el marco legal que regula las emisiones contaminantes al aire generadas por fuentes fijas. En el capítulo cuatro del protocolo se presentan las actividades industriales y los procesos dentro de las actividades industriales objeto de control y vigilancia, así como los contaminantes que deben ser monitoreados en cada una de estas actividades. En el capítulo cinco se presentan los métodos de evaluación de emisiones establecidos para evaluar los contaminantes que se descargan a la atmósfera. En el capítulo seis del protocolo se presenta el procedimiento para la realización de estudios de emisiones atmosféricas. En el capítulo siete se muestra la metodología para la determinación de la frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas, en el capítulo ocho se especifican las Buenas Prácticas de Ingeniería para la determinación de la altura de la chimenea. Finalmente el capítulo nueve contempla las actividades de control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, que deben llevar a cabo las autoridades ambientales para realizar el seguimiento de las actividades que sean objeto de control y vigilancia.

VERSION NO APROBADA

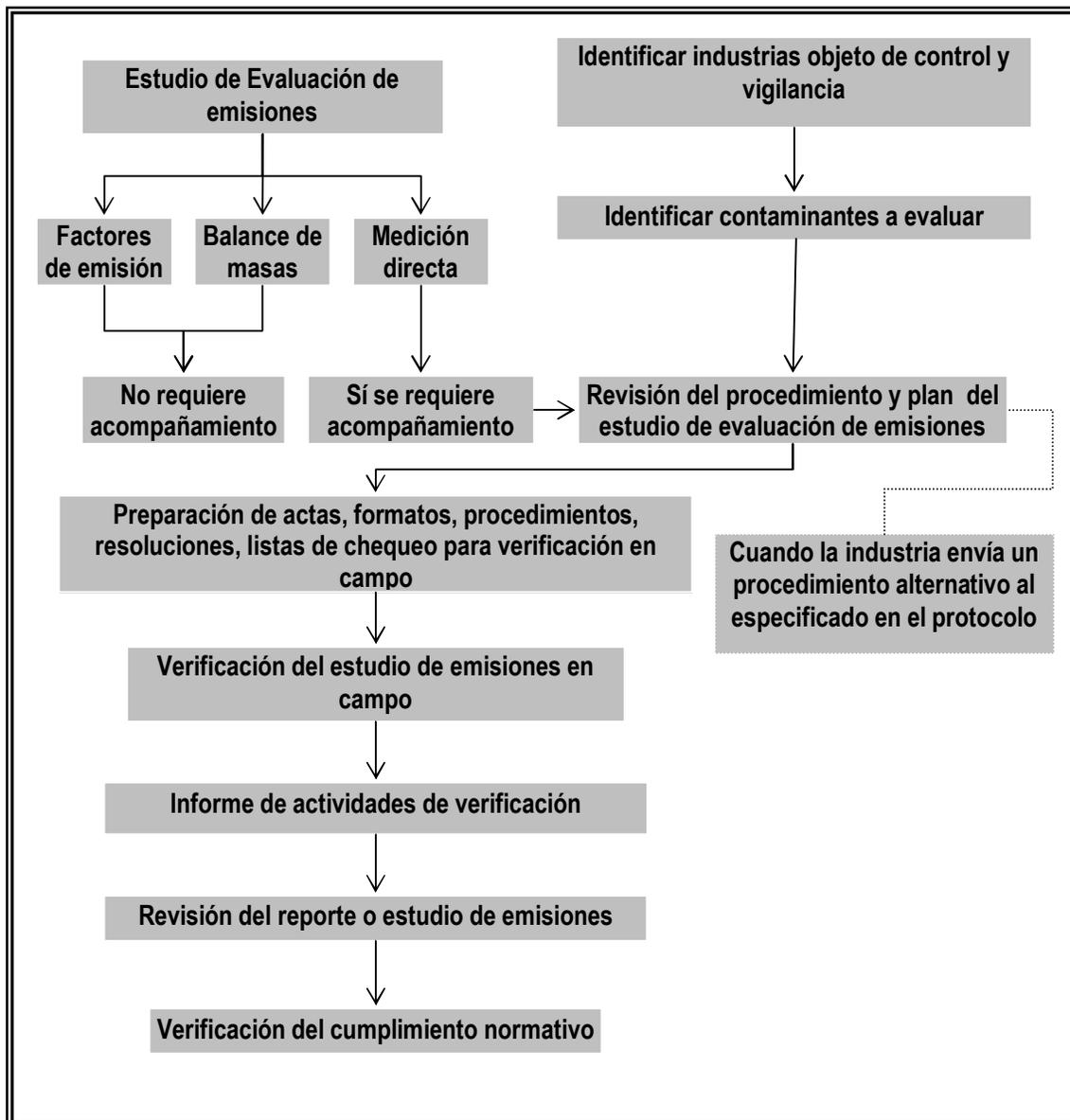
PROTOCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS

En el Anexo 1 se presenta una breve descripción de las actividades objeto de control y vigilancia. El Anexo 2 presenta una descripción del equipo utilizado en la medición directa de material particulado. El anexo 3 presenta un resumen de los principales métodos utilizados para evaluar emisiones mediante medición directa, incluyendo además las tablas y figuras que corresponden a cada uno de ellos. En el Anexo 4 se presentan consideraciones adicionales relacionadas con la evaluación de contaminantes mediante medición directa. El Anexo 5 presenta los sistemas de control de la emisión atmosférica más utilizados y las consideraciones que se deben tener en cuenta durante la operación de los mismos, para garantizar un adecuado funcionamiento y finalmente el Anexo 6 muestra las consideraciones que se deben tener en las instalaciones que se dedican a realizar tratamiento térmico de residuos para el desarrollo de la prueba de quemado.

Finalmente y de manera general, en las figuras 1 a 3 se presentan las diferentes actividades que deben realizar los actores involucrados en el control y vigilancia de las emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas.

VERSION NO APROBADA

Figura 1. Actividades realizadas por las autoridades ambientales



VERSION NO APROBADA

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

Figura 2. Actividades realizadas por las entidades encargadas de realizar la evaluación de las emisiones contaminantes

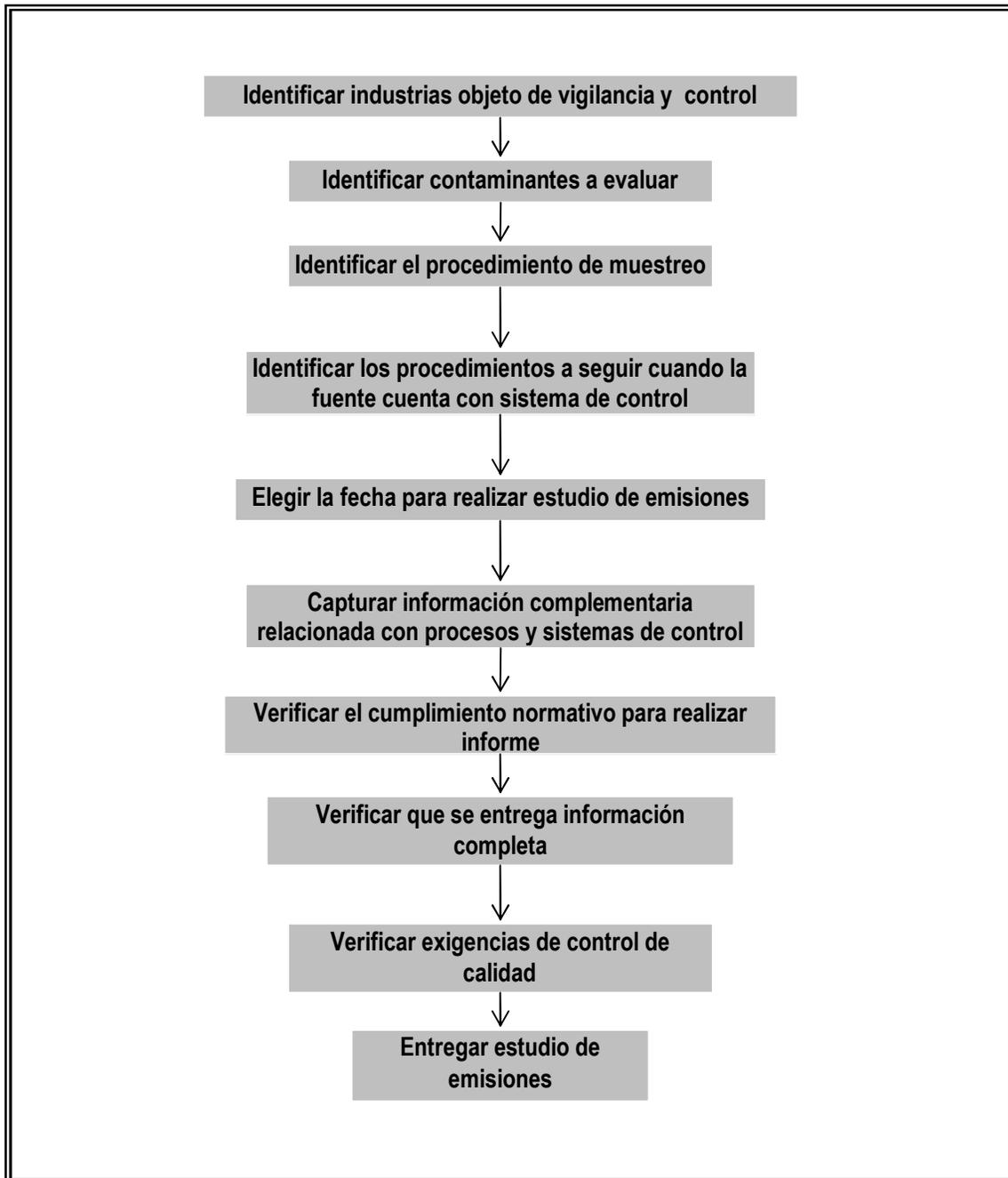
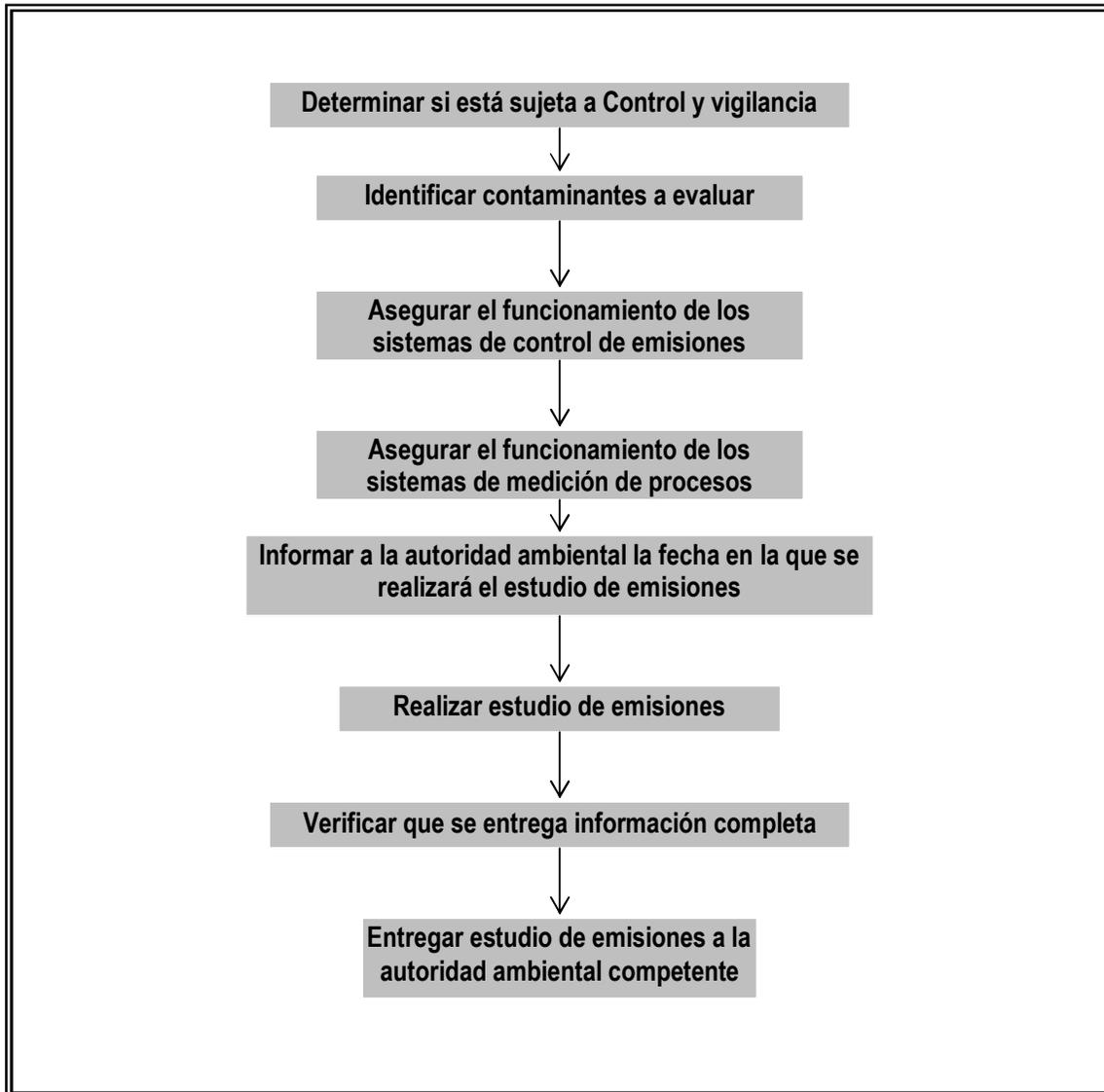


Figura 3. Actividades realizadas por actividades industriales, de comercio o de servicio que cuenten con fuentes fijas



2. OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.

2.1. Objetivo general

Estandarizar a nivel nacional las metodologías y procedimientos para realizar el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer la metodología y procedimientos para la evaluación de emisiones contaminantes en las actividades industriales, de comercio y/o de servicio objeto de control y vigilancia.
- Establecer la metodología y procedimientos para realizar estudios de emisiones atmosféricas.
- Establecer la frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas.
- Brindar las metodologías y consideraciones técnicas para la determinación de la altura del punto de descarga, a partir de la aplicación de buenas prácticas de ingeniería.
- Determinar las actividades, estrategias y técnicas para realizar el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas.
- Presentar criterios técnicos para la evaluación y valoración de los estudios de emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

VERSION NO APROBADA

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

3. MARCO LEGAL PARA EMISIONES GENERADAS POR FUENTES FIJAS

En 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”, adicionalmente, dicha Ley concedió facultades al gobierno nacional para la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el presidente por medio del Decreto 2811 de 1974.

Posteriormente, en 1979 se expidió la Ley 09 de 1979, conocida como el Código Sanitario Nacional, en la cual se promulgaron medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, dándole la facultad al Ministerio de Salud para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica. Fue así como, en enero de 1982 el Ministerio de Salud Pública expidió el Decreto 02 por medio del cual se reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto – Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

La Constitución Nacional de 1991 planteó una serie de deberes y derechos donde se involucra el medio ambiente. En el Capítulo 3. *De los derechos colectivos y del ambiente*, establece en los artículos 79 y 80 que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en dicha constitución, en 1993 se sanciona la Ley 99 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente; hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control, y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos, funciones que hasta ese momento en el tema de aire estaban en cabeza del Ministerio de Salud Pública; hoy Ministerio de la Protección Social.

En 1995 el Ministerio de Medio de Ambiente estableció la norma marco para el componente aire a través del Decreto 948. Este Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, en donde se consagran las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención y control, las competencias para la fijación de normas y los instrumentos y los medios de control y vigilancia.

VERSION NO APROBADA

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

Para el desarrollo del Decreto 948 de 1995 se han expedido decretos y resoluciones, que contienen normas específicas nacionales y locales para emisiones de fuentes móviles, fijas, calidad de combustibles y otras disposiciones. Es así como en abril de 2006 los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y de la Protección Social promulgaron el Decreto 979, por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Asimismo este decreto en el artículo 6 establece que la norma nacional de calidad del aire o nivel de inmisión, será establecida para todo el territorio, en condiciones de referencia, por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En abril de 2006 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió el Decreto 979 “Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995”, el cual establece las clases de norma de calidad del aire o de los distintos niveles periódicos de emisión, los niveles de prevención alerta y emergencia, las medidas para la atención de estos episodios, los planes de contingencia por contaminación atmosférica y la clasificación de “áreas-fuente” de contaminación.

Para esta misma fecha se publicó la Resolución 601 “Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia”, la cual tiene dentro de su articulado los límites máximos permisibles para contaminantes criterio (Ver Tabla 1), los cuales están vigentes en la actualidad.

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,031 (80)	Anual
		0,096 (250)	24 horas
		0,287 (750)	3 horas
NO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,053 (100)	Anual
		0,08 (150)	24 horas
		0,106 (200)	1 hora
O ₃	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,041 (80)	8 horas
		0,061 (120)	1 hora
CO	ppm (mg/m^3)	8,8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota. mg/m^3 ó $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a condiciones de 298,15 ° K y 101,325 K Pa. (25 °C y 760mm Hg). Adicionalmente Para el caso de PM10 se estableció que existiría una gradualidad en el límite máximo, estableciéndose para el año 2009 en 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el 2011 en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

VERSION NO APROBADA

Adicionalmente, la Resolución 601 establece los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos cancerígenos y los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia (ver Tabla 2), de que trata el Artículo 10 del Decreto 948 de 1995.

Tabla 2. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	UNIDADES	PREVENCIÓN	ALERTA	EMERGENCIA
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	375	625	875
PM10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300	400	500
SO ₂	24 horas	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,191 (500)	0,382 (1.000)	0,612 (1.600)
NO ₂	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,212 (400)	0,425 (800)	1,064 (2.000)
O ₃	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,178 (350)	0,356 (700)	0,509 (1.000)
CO	8 horas	ppm (mg/m^3)	14,9 (17)	29,7 (34)	40,2 (46)

Por otra parte la Resolución 619 de 1997 establece los factores a partir de los cuales se requieren permisos previos de emisiones atmosféricas para industrias, obras, actividades y servicios. La Resolución 909 de 2008 establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas establece estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

Finalmente la Resolución 0532 de 2005 establece los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire por quemas controladas en áreas rurales. El Decreto 1521 de 1998 determina las especificaciones que se deben cumplir para el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo en estaciones de servicio.

VERSION NO APROBADA

4. ACTIVIDADES INDUSTRIALES OBJETO DE CONTROL Y VIGILANCIA

En la Tabla 3 se presentan las actividades objeto de control y vigilancia, que se establecen en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, así como también los procesos e instalaciones sujetos a control dentro de dichas actividades y los contaminantes que deberán ser controlados obligatoriamente por parte de cada una de ellas.

Tabla 3. Actividades industriales objeto de control y vigilancia y contaminantes a monitorear por actividad industrial.

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
Producción de cemento, concreto y agregados	<ul style="list-style-type: none"> Horno cementero Secador de materias primas 	MP SO ₂ NO _x
	<ul style="list-style-type: none"> Minas de agregados y materias primas Enfriador de Clinker Almacenamiento de Clinker Sistemas de molienda en seco Silos de almacenamiento Bandas transportadoras o similares Sistemas de empacado en sacos Sistemas de carga y descarga a granel Sistemas de dosificación de concreto 	MP
Refinación del Petróleo	<ul style="list-style-type: none"> Regeneradores de catalizador de la unidad de craqueo catalítico fluido Equipos para la combustión de gas producido en la refinería Plantas Claus de recuperación de azufre de más de 20 toneladas por día. 	MP SO ₂ NO _x
Producción de ácido nítrico	Cualquier instalación que produzca ácido nítrico débil por el proceso de presión o de presión atmosférica. (Con excepción de los procesos en los que se obtenga ácido nítrico con concentración superior al 70%, por medio de destilación).	NO _x
Producción de ácido sulfúrico	Cualquier instalación que produzca ácido sulfúrico por el proceso de contacto por medio del quemado de azufre elemental, ácido de alquilarían, sulfuro de hidrógeno, sulfuros orgánicos y mercaptanos o residuos ácidos.	SO ₂ Neblina ácida o trióxido de azufre
Producción de ácido clorhídrico	Cualquier instalación donde se produzca ácido clorhídrico, incluidos los sistemas de ventilación, tanques de almacenamiento, y transporte de ácido.	HCl
Producción de llantas y cámaras de caucho natural y sintético	Cualquier operación de cementado por debajo de la banda de rodamiento, por el costado, por la banda de rodamiento o en el sellante de la llanta y cada operación de rociado a llantas sin curar.	MP SO ₂ NO _x HC _T

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
Fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla	Procesos de fabricación de baldosa de piso y de pared, sanitarios, instalaciones típicas para el procesamiento de arcilla, aditivos y grano de roca fina en el proceso de obtención de sanitarios, y el secado y calentamiento de productos de cerámica.	MP NOx SO ₂ HF HCl
	Secadores que utilicen caliza como medio de porción.	
	Hornos que utilizan aserrín como fuente de combustión y secadores.	
Producción de mezclas asfálticas	Cualquier instalación utilizada para la producción de mezclas asfálticas de mezcla caliente, calentando y secando agregado y mezclando con cementos de asfalto. Está compuesta por cualquier combinación de secadores, sistemas para tamizar, manejo, almacenamiento y pesado de agregado caliente, sistemas de carga, transferencia y almacenamiento de mineral de llenado, sistemas para mezclar asfalto de mezcla caliente y sistemas de carga, transferencia y almacenamiento asociados con sistemas de control de emisiones.	MP SO ₂ NOx
Procesamiento de asfalto y producción de productos de asfalto	Saturador e instalación de manejo y almacenamiento de mineral en plantas de productos de asfalto; tanque de almacenamiento de asfalto y soplador en plantas de procesamiento de asfalto, refinerías y plantas de producción de productos de asfalto.	MP
Fundición de acero	Cualquier horno con revestimiento refractario en el cual se produce acero fundido a partir de chatarra de metal, hierro fundido y materiales de flujo o adición de aleaciones cargado en un recipiente e introducido en un alto volumen de gas enriquecido con oxígeno.	MP SO ₂ NOx
	Cuando en el proceso de fundición, la chatarra no es sometida a un proceso de limpieza (eliminación de pintura y grasa en seco, previo a su precalentamiento).	MP SO ₂ NOx Dioxinas y Furanos
	Cualquier proceso o instalación donde se realice el decapado del acero con ácido clorhídrico.	HCl
	Cualquier proceso o instalación donde se realice el decapado del acero con ácido sulfúrico.	Neblina acida o trióxido de azufre
Manufactura del acero para uso estructural	Cualquier proceso o instalación donde se realice el decapado del acero con ácido clorhídrico.	HCl
	Cualquier proceso o instalación donde se realice la reducción del espesor del acero.	MP
	Cualquier proceso o instalación donde se realice el proceso de recubrimiento del acero con aleaciones de zinc en un proceso en continuo.	
Fundición de cobre	Cualquier proceso intermedio o instalación relacionada con la producción de cobre a partir de concentrados de mineral de sulfuro de cobre mediante el uso de técnicas pirometalúrgicas. Aplica al secador, el tostador, el horno de fundición y el convertidor de cobre.	MP SO ₂ Cu
	Cualquier proceso o instalación de producción de cobre	MP

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
	secundario, en el que se utilicen materias primas oxidadas o metálicas.	SO ₂ Cu Dioxinas y Furanos
Fundición de bronce y latón	Hornos de reverbero, eléctricos y hornos de cubilote (cúpula), entre otros.	MP
Fundición de plomo	Cualquier instalación utilizada para la obtención de plomo a partir de chatarra que contenga plomo. Aplica a hornos de crisol, hornos de cubilote (cúpula) y hornos de reverbero, entre otros.	MP Pb Cd Cu
	Cualquier proceso intermedio o instalación relacionada con la producción de plomo a partir de concentrados de mineral de sulfuro de plomo mediante el uso de técnicas pirometalúrgicas. Aplica a la máquina de sinterización, a la salida de la descarga de la máquina de sinterización, al horno de cubilote, al horno de reverbero de escoria, al horno de fundición eléctrico y al convertidor.	MP SO ₂ Pb Cd Cu
Fundición de zinc	Cualquier proceso intermedio o instalación relacionada con la producción de zinc u óxido de zinc a partir de concentrados de mineral de sulfuro de zinc mediante el uso de técnicas pirometalúrgicas. Aplica al tostador y a la máquina de sinterización.	MP SO ₂
	Hornos en los que se realice fundición de chatarra y que tenga sistema de control de material particulado.	MP SO ₂
	Hornos en los que se realice fundición de chatarra y que no tengan sistema de control de material particulado.	MP SO ₂ Dioxinas y Furanos
Procesos de galvanotecnia	Procesos de desengrasado, decapado, desmetalizados, recubrimiento con películas metálicas y orgánicas sobre sustratos metálicos y plásticos por medio de procesos químicos y electroquímicos.	SO ₂ NO _x HCl Pb Cd Cu
Producción de cal	Cada horno rotativo de cal usado en la producción de cal a través de la calcinación de piedra caliza.	MP
Fabricación de fibra de vidrio	Línea de producción de aislamiento en lana de fibra de vidrio a través del proceso en el que se fuerza el vidrio fundido a través de numerosos orificios pequeños en la pared de un cono para formar fibras de vidrio continuas (rotary spin).	MP
Fabricación de vidrio	Hornos manuales de fundición de vidrio, hornos de producción de vidrio y hornos fundidores eléctricos.	MP SO ₂ NO _x HF HCl
Producción de pulpa para papel a la soda	Sistema digestor, sistema lavador del licor negro, sistema evaporador de efecto múltiple, horno de recuperación, tanque de disolución, horno de cal, sistema separador de condensado.	MP
Producción de pulpa para papel al sulfato y a la soda		SO ₂ NO _x

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
Preparación de carbón	Cualquier instalación que prepare carbón por fraccionamiento, trituración, tamizaje, limpieza húmeda, seca o secado térmico. Aplica a secadores térmicos, equipos de limpieza de carbón neumáticos, procesamiento de carbón y equipos de transporte (incluyendo fraccionadores y trituradores), sistemas de almacenamiento de carbón y a sistemas de carga y transferencia de carbón.	MP
Producción de coque	Baterías de hornos de coque.	MP SO ₂ HC _T
	Procesos en los que no se cuente con un sistema de lavado de gases.	MP SO ₂ HC _T Dioxinas y Furanos
Producción de aleaciones ferrosas	Hornos de arco eléctrico sumergido que produzcan cualquier aleación de silicio, ferrosilicio, ferroniquel, silicio de calcio, zirconio de silicomanganeso, silicio de ferrocromo, hierro plateado, ferrocromo de alto carbón, cromo de carga, ferromanganeso estándar, silicomanganeso, sílice de ferromanganeso o carburo de calcio y equipos para manejo de polvos.	MP
Plantas de acero	Hornos de arco eléctrico y sistemas de control de polvos en plantas de acero que produzcan aleaciones de carbón o aceros especiales.	MP SO ₂ NO _x
Manufactura de sulfato de amonio	Secadores de sulfato de amonio en las plantas que producen sulfato de amonio como subproducto de la producción de caprolactama, por la combinación directa de amonio y ácido sulfúrico o por la reacción de ácido sulfúrico con amonio recuperado de la manufactura del coke.	MP
Producción de caprolactama	Cualquier instalación industrial que produzca nitrito de amonio en solución como proceso intermedio, a través de una mezcla de carbonato/bicarbonato de amonio y gases NO + NO ₂ .	NO _x
	Reactor vertical de lecho empacado para la producción de HADSA a partir de nitrito de amonio, agua amoniacal y SO ₂ .	SO ₂ NO _x
Producción de sulfato de sodio	Sistema de enfriamiento y secado de sulfato de sodio.	MP SO ₂
Producción de nitrato de potasio	Sistema de secado de nitrato de potasio.	MP

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
Fabricación de fertilizantes	<p>Cualquier planta que produzca ácido fosfórico por reacción de roca de fosfato y ácido. Aplica a cualquier combinación de reactores, filtros, evaporadores y pozos calientes.</p> <p>Cualquier planta que produzca ácido superfosfórico (ácido fosfórico con concentración de P₂O₅ superior al 66%). Aplica a cualquier combinación de evaporadores, pozos calientes, sumideros de ácido y tanques de enfriamiento.</p> <p>Cualquier planta que produzca fosfato diamónico granular por reacción de ácido fosfórico con amonio. Aplica a cualquier combinación de reactores, granuladores, secadores, enfriadores, tamices y molinos.</p> <p>Cualquier planta que produzca superfosfato triple por reacción de roca de fosfato y ácido. Aplica a cualquier combinación de mezcladores, bandas de curado, reactores, granuladores, secadores, hornos, tamices, molinos e instalaciones donde se almacene superfosfato triple que no se haya procesado en un granulador.</p> <p>Cualquier instalación en donde se cure o almacene superfosfato triple. Aplica a cualquier combinación de pilas de almacenamiento o curado, transportadores, elevadores, tamices y molinos.</p>	MP HF
	Cualquier actividad que produzca fertilizantes complejos tipo N, P, K. Aplica a cualquier combinación de enfriadores, digestores y secadores.	MP NOx HF
Procesamiento de minerales	<p>Cualquier planta de procesamiento de mineral metálico, aplica a cada triturador y tamizador en minas abiertas; cada triturador, tamizador, elevador de cangilones, banda transportadora, secador térmico, estación de empaque de producto, sitio de almacenamiento, área de almacenamiento encerrada, estación de carga y descarga de camiones o vagones de ferrocarril en el molino o concentrador.</p> <p>Cualquier planta de procesamiento de mineral no metálico, aplica a cada triturador, molino de pulverización, operación de tamizaje, elevador de cangilones, banda transportadora, operación de empaque, sitio de almacenamiento, estación de carga de camiones o vagones de ferrocarril encerrado.</p> <p>Trituradoras y molinos utilizados para disminuir el tamaño de mineral no metálico para reciclarlo en mezclas asfálticas.</p>	MP
Reducción primaria de aluminio	Grupos de cubas o crisoles y a las instalaciones que producen ánodos de carbón	MP HF
Procesamiento de roca de fosfato	Cualquier planta que produzca, transforme o prepare producto de roca fosfórica (roca de fosfato) a través de minería, beneficio, trituración, tamizaje, limpieza, secado, calcinación o pulverización. Aplica a secadores,	MP

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
	calcinadores, pulverizadores e instalaciones para manejo y almacenamiento de la roca.	
Calcinación y secado en industrias de minerales	Calcinadores y secadores en plantas que procesen o produzcan cualquiera de los siguientes minerales, sus concentrados o cualquier mezcla en la que la mayor parte sea de uno de los siguientes minerales o una combinación de estos: alúmina, arcilla de bola, bentonita, diatomita, feldespato, arcilla de fuego, tierra de batán, yeso, arena industrial, caolín, agregados ligeros, compuestos de magnesio, gránulos para techos, talco, dióxido de titanio y vermiculita. Para la industria del ladrillo y los productos relacionados con arcilla, sólo se incluyen los calcinadores y secadores de la materia prima antes de cocinar el ladrillo.	MP
Industria molinera	Cualquier planta o instalación en la que el grano es descargado, procesado, limpiado, secado, almacenado o cargado. Cualquier planta o instalación en la que el grano es descargado, manipulado, limpiado, secado, almacenado o cargado dentro de un molino de harina de trigo, molino de maíz húmedo, molino de maíz seco (consumo humano), molino de arroz, o planta de extracción de aceite. Estaciones de carga o descarga de camiones, de barcasas y barcos, de vagones de ferrocarril, a secadores de granos y a las operaciones de manipulación de granos.	MP
Hornos de tostado de cascarilla de grano o material vegetal	Cualquier planta o instalación que tueste cascarilla de grano o material vegetal como parte de un proceso industrial y no como combustible para la generación de calor.	MP NO _x HC _T Dioxinas y Furanos
Puertos	Cualquier instalación en la que se realicen actividades de descargue, manipulación, almacenamiento o cargue de sólidos a granel.	MP
Fabricación de productos farmacéuticos	Cualquier planta o instalación en la que produzca o prepare medicamentos para consumo humano o animal en condición sólida, líquida o semisólida, que utilicen equipos para la mezcla de sólidos, marmitas o intercambiadores de calor y calderas para la generación de vapor de agua.	MP
Artes gráficas	Unidades de impresión por rotograbado.	COV
Procesamiento y transformación de caucho natural y sintético	Cualquier proceso e instalación donde se procese o transforme el caucho natural o sintético.	COV
Recubrimiento de superficies	Cualquier operación de recubrimiento de muebles metálicos en la que se apliquen recubrimientos orgánicos. Operaciones de recubrimiento iniciales, intermedias y finales para vehículos automotores. Cualquier línea de recubrimiento usado en la manufactura	COV

VERSION NO APROBADA

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

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
	<p>de cinta sensible a la presión y materiales de etiquetado. Cualquier línea que aplique recubrimiento superficial a una tapa, puerta, cubierta, panel u otra parte de metal interior o exterior o accesorio que es ensamblado para formar una estufa, horno, horno microondas, refrigerador, congelador, lavadora, secadora, lavador de platos, calentador de agua o compactador de basura para uso residencial, comercial o recreacional.</p> <p>Cualquier sistema de aplicación usado para aplicar recubrimiento orgánico a la superficie de una tira continua de metal (rollos) y latas de bebidas.</p> <p>Cabina de rociado en la que se recubren las partes plásticas para máquinas que usan métodos electrónicos o mecánicos para procesar información, realizar cálculos, imprimir o copiar información o convertir sonidos en pulsos eléctricos para transmisión.</p>	
Producción de pigmentos inorgánicos a base de caolín, carbonato de sodio y azufre	Horno de calcinación.	MP SO ₂ NO _x
Transformación de subproductos animales, mediante tratamiento térmico	Cualquier instalación en la que se sometan subproductos de animales a temperaturas y presión que permitan la fusión y posterior extracción de las grasas contenidas en los tejidos.	MP, Amoníaco, Mercaptanos y H ₂ S.
Otras actividades industriales	El proceso e instalación que genere emisiones contaminantes a la atmósfera.	MP, SO ₂ , NO _x , HF, HCl, HC _T , Dioxinas y Furanos, Neblinas ácida o trióxido de azufre, COV, Pb, Cd, Cu, CO, Hg, Amoníaco (NH ₃), Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) y mercaptanos, Carbono Orgánico Total (COT)

Adicionalmente a las actividades industriales incluidas en la Tabla 3, la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, incluye actividades de servicio como los incineradores y hornos crematorios que deberán realizar el monitoreo de los contaminantes establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Contaminantes a monitorear en los incineradores y hornos crematorios.

ACTIVIDAD DE SERVICIO	PROCESOS E INSTALACIONES	CONTAMINANTES
Incineración de residuos	Horno e instalación donde se realice incineración de residuos.	MP SO ₂ NO _x CO HF HCl Hg Dioxinas y Furanos HC _T
Cremación de cadáveres	Horno que realice la cremación de restos de exhumaciones (Ropa, vidrio, plástico, madera y tela) que se encuentran en proceso de descomposición y de cadáveres de humanos o animales.	MP HC _T CO Benzopireno y Dibenzo antraceno

Para mayor claridad de las actividades industriales sujetas a control y vigilancia por parte de la autoridad ambiental, en el ANEXO 1 se presenta una descripción de cada una de ellas, de acuerdo a las tecnologías desarrolladas a nivel mundial, sin embargo, por las características que presentan dichas actividades, es posible que la descripción no se ajuste a todas las actividades industriales.

Adicionalmente la autoridad ambiental competente solicitará el cumplimiento de todos los contaminantes a monitorear, a las actividades industriales que se encuentran en la categoría de "Otras actividades industriales" y que no se encuentren incluidas en los capítulos posteriores de la presente resolución, a menos que el industrial demuestre con información relativa al proceso que adelanta y por medio de medición directa, uso de factores de emisión o balance de masas que no genera alguno de los contaminantes allí señalados.

VERSION NO APROBADA

5. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El presente capítulo tiene como principal objetivo presentar en detalle los procedimientos de evaluación de emisiones, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 948 del 5 de junio de 1995 y la Resolución 909 del 5 de junio de 2008. Estos procedimientos de evaluación incluyen únicamente la medición directa, balance de masas y factores de emisión. Durante la evaluación de emisiones contaminantes, se pueden emplear los procedimientos de manera única o se pueden emplear dos o más para determinar la veracidad 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 con la cual se cuenta para el desarrollo de la evaluación de emisiones atmosféricas. Esta información debe incluir un análisis de los dispositivos utilizados para el control de emisiones atmosféricas y de algunas variables tales como los criterios de diseño (presión a través del lavador, el área de la placa en el caso de los precipitadores electrostáticos y la razón de alimentación alcalina en un lavador de gases ácidos).

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 y su rango 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 podría no ser suficiente para el análisis de la variabilidad de las emisiones en el corto tiempo, porque la exactitud del balance de masas se reduce en evaluaciones que se realizan con intervalos de tiempo cortos. 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 la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, cuando sea posible utilizar varios métodos para la evaluación de emisiones, se debe dar prioridad a la medición directa, seguido por método de balance de masas y por último mediante el uso de factores de emisión. Sólo cuando se tenga información suficiente sobre las variables del proceso de la actividad industrial y se cuente con una validación suficiente de la información sobre mediciones directas, la autoridad ambiental competente, los profesionales y/o técnicos encargados de realizar los estudios de emisiones atmosféricas podrán utilizar los otros dos procedimientos para la toma de decisiones y/o reporte de las condiciones que afectan la calidad del aire. Adicionalmente, se podrá utilizar la información de balance de masas o factores de emisión para la toma de decisiones; de acuerdo a lo establecido en este protocolo, cuando no sea posible realizar evaluación de emisiones mediante medición directa.

5.1. Medición directa

La información obtenida a través de la medición directa es la más apropiada para verificar las concentraciones de los contaminantes emitidos al aire, el cumplimiento normativo, la eficiencia de los sistemas de control y los requerimientos que establezca la autoridad ambiental, y por lo tanto es

VERSION NO APROBADA

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

el procedimiento que deben emplear las actividades industriales y/o de servicio para realizar las evaluaciones de emisiones atmosféricas.

La medición directa se realiza a través de procedimientos manuales o mediante el uso de analizadores instrumentales. El procedimiento manual 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 una vez insertado en la chimenea o ducto de emisión. 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). Es necesario que los equipos que sean sometidos a evaluación de emisiones debe estar operando como mínimo al 90% de la capacidad de operación promediado de los últimos doce (12) meses.

5.1.1. Métodos empleados para realizar la medición directa

Para el desarrollo de la medición directa, y de acuerdo con los contaminantes que genere la actividad industrial, las características de las emisiones y del ducto de salida o chimenea se utilizan métodos de referencia o métodos alternativos. En términos generales, los métodos se encuentran divididos de acuerdo con los contaminantes, es decir contaminantes convencionales y no convencionales.

En la Tabla 5 se presentan los métodos de referencia para la evaluación de las emisiones contaminantes de los contaminantes convencionales mediante medición directa. Estos métodos corresponden a los métodos de prueba promulgados en el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos (CFR).

Cuando no sea posible realizar la evaluación de emisiones por los métodos de referencia que aparecen en la Tabla 5, el establecimiento o actividad que genera las emisiones de contaminantes al aire, deberá solicitar concepto de autorización a la autoridad ambiental competente para emplear alguno de los métodos alternativos establecidos en la Tabla 6, especificando claramente a través de un documento técnico las razones que hacen necesaria la utilización de un método alternativo.

Tabla 5. Métodos de referencia para evaluación de emisiones contaminantes

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 1	Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias
Método 1A	Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias 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 2C	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica del gas en ductos o chimeneas pequeñas (Tubo Pitot estándar)
Método 3	Análisis de gases para la determinación del peso molecular base seca
Método 3A	Determinación de concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono en emisiones de fuentes estacionarias (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 4	Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea
Método 5	Determinación de las emisiones de material particulado en fuentes estacionarias
Método 5A	Determinación de las emisiones de material particulado en la industria de procesamiento de asfalto y manto asfáltico

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 6	Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en fuentes estacionarias
Método 6C	Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en fuentes estacionarias (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 7	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias
Método 7E	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 8	Determinación de las emisiones de ácido sulfúrico y dióxido de azufre en fuentes estacionarias
Método 10	Determinación de las emisiones de monóxido de carbono en fuentes estacionarias (Procedimiento del analizador instrumental)
Método 10B	Determinación de las emisiones de monóxido de carbono en fuentes estacionarias
Método 11	Determinación del contenido de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) en corrientes de gas combustible en refinerías de petróleo
Método 12	Determinación de las emisiones de plomo inorgánico en fuentes estacionarias
Método 13A	Determinación de las emisiones de fluoruro total en fuentes estacionarias (Método del reactivo SPADNS)
Método 13B	Determinación de las emisiones de fluoruro total en fuentes estacionarias (Método del Ion electrodo específico)
Método 15	Determinación de las emisiones de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), carbonilo sulfhídrico y Bisulfuro de Carbono en fuentes estacionarias
Método 18	Medición de las emisiones de compuestos orgánicos gaseosos por cromatografía de gases
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 municipales
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 26	Determinación de las emisiones de haluros de hidrógeno y halógenos en fuentes estacionarias (Método no isocinético)
Método 26A	Determinación de las emisiones de haluros de hidrógeno y halógenos en fuentes estacionarias (Método isocinético)
Método 29	Determinación de las emisiones de metales en fuentes estacionarias

Tabla 6. Métodos alternativos para evaluación de emisiones contaminantes

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
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 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 3B	Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de tasa de emisión o exceso de

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
	aire
Método 3C	Determinación de dióxido de carbono, metano, nitrógeno y oxígeno en fuentes estacionarias
Método 5B	Determinación de las emisiones de material particulado diferente al ácido sulfúrico en fuentes estacionarias
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 estacionarias
Método 5G	Determinación de las emisiones de material particulado en calentadores de madera (muestreo 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 estacionarias
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 7A	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias (Método de cromatografía iónica)
Método 7B	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias (Método de espectrofotometría ultravioleta)
Método 7C	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias (Método colorimétrico de permanganato alcalino)
Método 7D	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias (Método de cromatografía iónica de permanganato alcalino)
Método 9	Determinación visual de la opacidad de emisiones en fuentes estacionarias
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 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 estacionarias específicas en instalaciones de producción de aluminio primario
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 estacionarias
Método 16A	Determinación de las emisiones de azufre total reducido en fuentes estacionarias (Técnica del impactador)
Método 16B	Determinación de las emisiones de azufre total reducido en fuentes estacionarias
Método 17	Determinación de la emisión de material particulado en fuentes estacionarias
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 25C	Determinación de compuestos orgánicos diferentes al metano en gases de rellenos sanitarios
Método 25D	Determinación de la concentración orgánicos volátiles en muestras de residuos
Método 25E	Determinación de la concentración orgánica en fase de vapor en muestras de residuos

Cuando por las características especiales de la actividad que va a realizar la evaluación de sus emisiones o por el tipo de contaminante a monitorear, entre otros aspectos, sea necesaria la utilización de un método diferente a los métodos de referencia (Ver Tabla 5) o alternativos (Ver Tabla 6) se deberá utilizar un método aprobado por la US-EPA. En el documento "Index to EPA Test

VERSION NO APROBADA

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

Methods” se puede encontrar una indicación de los métodos aprobados por la US-EPA.¹ En el ANEXO 3 se presentan los principales métodos utilizados en el procedimiento de medición directa.

De igual manera, cuando se esté planeando o desarrollando la medición directa y el método de referencia o alternativo sugiera que cierta operación de campo no es obligatoria; o que se puede asumir un valor determinado (lo cual debe estar establecido en el método); entre otras, se debe presentar solicitud expresa y escrita a la autoridad ambiental para la aprobación de estos cambios en el método. En todo caso no se aceptará ningún cambio que no esté incluido en el método, como por ejemplo, el cambio en las especificaciones técnicas de los equipos de medición.

5.1.1.1. Consideraciones sobre los métodos empleados para realizar la medición directa

Teniendo en cuenta la actividad industrial que se requiera monitorear, existen algunas consideraciones y recomendaciones especiales que deben ser tenidas en cuenta, especialmente en lo relacionado con volúmenes, tiempos y otras consideraciones de muestreo, las cuales se encuentran consignadas en la Tabla 7 y guardan una relación directa 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 calidad de la medición, durante el proceso de revisión de la evaluación de emisiones por medición directa, tanto por los profesionales y técnicos encargados de la medición, como por parte de la autoridad ambiental competente. En el ANEXO 4 se presentan consideraciones adicionales relacionadas con la evaluación de contaminantes mediante medición directa.

¹ En la página <http://www.epa.gov/epahome/index/> es posible encontrar un índice de los métodos aprobados por la US-EPA. Sin embargo, no es una publicación oficial por lo que la inclusión o exclusión de los métodos no indica una aprobación o desaprobación de los mismos. La versión mas reciente de la publicación se puede descargar de la página www.epa.gov/ne/oarm/index.html

Tabla 7. Matriz de análisis de contaminantes

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO, VOLUMEN Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Producción de ácido nítrico	NO _x	Referencia: 1, 2 y 7 Alternativos: 7A, 7B, 7C y 7D	Tiempo de muestreo: 60 minutos
Producción de ácido sulfúrico	SO ₂ Neblina ácida o trióxido de azufre (H ₂ SO ₄)	Referencia: 1, 2, 3 y 8 Alternativos: NA	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestreo: 1,15 dscm (40,6 dscf) El contenido de humedad se puede despreciar, considerarlo igual a cero. Se deben 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: 26	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de llantas y cámaras de caucho natural y sintético	MP, SO ₂ , NO _x , HC _T	Referencia: 1, 2, 3B, 4, 5, 6, 7, 24 y 25 Alternativos: 1A, 2A, 2C, 3B y 25A	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,003 dscm (0,11 dscf)
Producción de mezclas asfálticas	MP, SO ₂ , NO _x	Referencia: 1, 2, 3B, 4, 5 6 y 7 Alternativos: 1A, 2A, 2C y 3B.	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,003 dscm (0,11 dscf)
Procesamiento de asfalto y producción de productos de asfalto	MP	Referencia: 1, 2,3, 4 y 5A (literal a, b)	Tiempo de muestreo / 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 , NO _x , Dioxinas y Furanos.	Referencia: 1, 2, 3B, 4, 5 6, 7 y 23	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Manufactura de acero para uso estructural	MP, HCl	Referencia: 1, 2, 3B, 4, 5 y 26	Tiempo de muestreo: 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	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Plantas de producción de bronce y latón	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 (literal b)	Tiempo de muestreo: 120 minutos Volumen de muestra: 1,80 dscm (63,6 dscf). El muestreo se debe realizar durante periodos representativos de carga y refinación, pero no 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	Tiempo de muestreo: 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	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Galvanotecnia	SO ₂ , NO _x , HCl, Pb, Cd,	Referencia: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 12, 26 y 29	Tiempo de muestreo: 60 minutos

VERSION NO APROBADA

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

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO, VOLUMEN Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
	Cu		Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de cal	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 17	Tiempo de muestreo: 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 y 7D	Tiempo de muestreo: 120 minutos Volumen de muestra: 2,55 dscm (90,1 dscf)
Hornos de fundición de vidrio	MP, SO ₂ , NO _x , HF y HCl	Referencia: 1, 2,3, 4 y 5, 13A y 26 Alternativos: 13B	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,90 dscm (31,8 dscf), La temperatura de 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 , NO _x .	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 16 Alternativos: 3B, 16A y 16B	Tiempo de muestreo: 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 muestreo 3 a 6 horas Se puede emplear el Método 17 si se agrega una constante de 0,009g/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)
Producción de pulpa para papel al sulfato y a la soda			
Preparación de Carbón	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, y 6	Tiempo de muestreo: 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	Tiempo de muestreo: 60 minutos: Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Fabricación de fertilizantes	MP, HF NO _x	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 13A Alternativos: 13B	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de aleaciones ferrosas	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4, y 5	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 1,80 dscm (63. dscf)
Plantas de acero	MP, SO ₂ , NO _x	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5 y 16 Alternativos: 3B, 16A, 16B	Tiempo de muestreo: 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.
Procesamiento de minerales	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 17	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Reducción primaria de aluminio	MP, HF	Referencia: 1, 2, 3, 4, 13A y 13B	Tiempo de muestreo: 8 horas Volumen de muestra: 6,80 dscm (240 dscf)
Procesamiento de roca de fosfato	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativo: 17	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)

VERSION NO APROBADA

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

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO, VOLUMEN Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Manufactura de sulfato de amonio	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5	Tiempo de muestreo: 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 muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de sulfato de sodio	MP, SO ₂	1, 2, 3, 4, 5 y 6	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Producción de nitrato de potasio	MP	1, 2, 3, 4, y 5 Alternativos: 17	Tiempo de muestreo: 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)	Tiempo de muestreo: 120 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm
Industria molinera	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 17	Tiempo de muestreo: 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: 17	Tiempo de muestreo: 60 minutos
Puertos	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 17	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Fabricación de productos farmacéuticos	MP	Referencia: 1, 2, 3, 4 y 5 Alternativos: 17	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 1,70 dscm (60 dscf)
Artes gráficas	COV's / Hidrocarburos totales dados como CH ₄	Referencia: 24A, densidad-ASTM D1475–60, 80, o 90	Análisis por balance de masas, y/o medición directa.
Procesamiento y transformación de caucho natural y sintético	COV's / Hidrocarburos totales dados como CH ₄	Referencia: 25	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,003 dscm
Recubrimiento de superficies	COV's / Hidrocarburos totales dados como CH ₄	Referencia: 25	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 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	Tiempo de muestreo: 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: 5B, 17 (literal c)	Tiempo de muestreo: 120 minutos Volumen de muestra: 1,7 dscm (60 dscf)
Turbinas de gas para generación de energía	SO ₂ NO _x	Referencia: 1, 2, 3, 4, 6, 7E y 20 Alternativos: 3A	Tiempo de muestreo: 20 minutos Volumen de muestra: 0,02 dscm (0,71 dscf)
Refinación de petróleo	MP, SO ₂ , NO _x	Referencia: 1, 2, 3B, 4, 5B, 7, 11 y 15 Alternativos: 1A, 2A, 2C, 3B, 5F, 15A y 16	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,015 dscm/min (0,53 dscf/min)

VERSION NO APROBADA

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

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	MÉTODO DE MONITOREO	TIEMPO, VOLUMEN Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Producción de cemento	MP, SO ₂ , NO _x	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 Alternativos: 17	Tiempo de muestreo / 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, NO _x , SO ₂ , HCl, HF.	Referencia: 1,2,3,4,5,6,7, 13A y 26 Alternativos: 13B y 26A	Tiempo de muestreo: 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 muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)
Hornos para calcinación de subproductos de animales	MP, NH ₃ , H ₂ S y Mercaptano	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30	
Incineración de Residuos (Peligrosos y no peligrosos)	MP, SO ₂ , NO _x , CO, Dioxinas y Furanos, Hidrocarburos totales dados como CH ₄ , Hg, HF, HCl, Cadmio y talio y metales	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 23, 25, 26, 29 Alternativos: 3A, 3B, 6C, 7A, 7C, 7D, 7E, 10B, 26A, 25A.	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf) Método 23: Tiempo de muestreo: 4 horas
Cremación de cadáveres en Hornos Crematorios.	MP, CO, Hidrocarburos totales dados como CH ₄ , Benzopireno y dibenzoantraceno	Referencia: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25, Niosh 5506, Niosh 5515 Alternativos: 3A, 3B, 10B, 25A	Tiempo de muestreo: 60 minutos Volumen de muestra: 0,85 dscm (30 dscf)

VERSION NO APROBADA

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

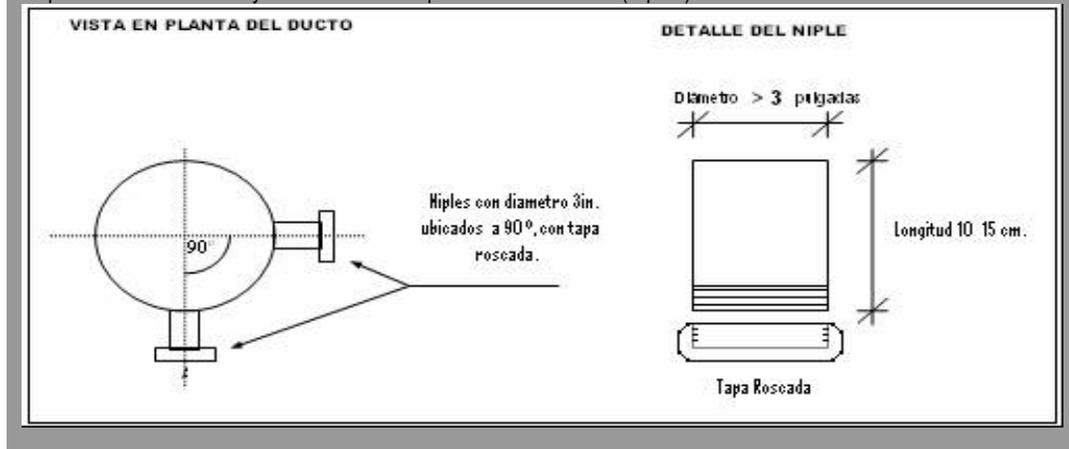
5.1.2. Instalaciones mínimas para realizar mediciones directas

Para el desarrollo de una medición directa de manera adecuada y obtener resultados representativos y confiables, no solamente es necesario seguir los procedimientos establecidos en los métodos, contar con personal profesional y técnicos idóneos, controlar las variables del proceso, sino que también se requiere contar con instalaciones físicas mínimas que permitan realizar las mediciones directas. En este sentido, en la Tabla 8 se presentan las instalaciones mínimas que deberán tener todas las actividades que realicen descargas contaminantes a la atmósfera, en los ductos o chimeneas para la realización de mediciones directas, de manera que se garanticen las condiciones adecuadas para obtener una medición representativa.

Tabla 8. Instalaciones mínimas para la realización de mediciones directas

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">Puertos de muestreo</p>	<p>El diámetro interno del niple (puerto) debe ser superior a 3", preferiblemente 4" con el fin de permitir que la sonda empleada en el muestreo pueda ser ingresada a la chimenea sin ningún tipo de restricción. La longitud de los niples ubicados en la chimenea deben estar entre 10 y 15 cm, además deben contar con una tapa preferiblemente roscada para impedir el ingreso de elementos que modifiquen las condiciones físicas internas del ducto y que además puedan ser retiradas fácilmente al momento del muestreo. La rosca de los niples debe ser revisada y lubricada periódicamente para evitar que se adhiera al niple, ocasionando problemas al momento del monitoreo. Los puertos de muestreo deben ubicarse formando un ángulo de 90° uno con respecto al otro, con el objetivo de caracterizar la chimenea transversalmente y distribuir los puntos de muestreo en dos direcciones diferentes.</p> <p>Cuando los puertos de muestreo se instalen después de los sistemas de control de emisiones, se debe garantizar que la chimenea o ducto se encuentre libre de flujo ciclónico (turbulento). La construcción de la chimenea o ducto debe garantizar condiciones de flujo no ciclónico a condiciones de carga baja y/o condiciones de carga máxima.</p>

Esquema de la ubicación y dimensión de los puertos de muestreo (Niples)

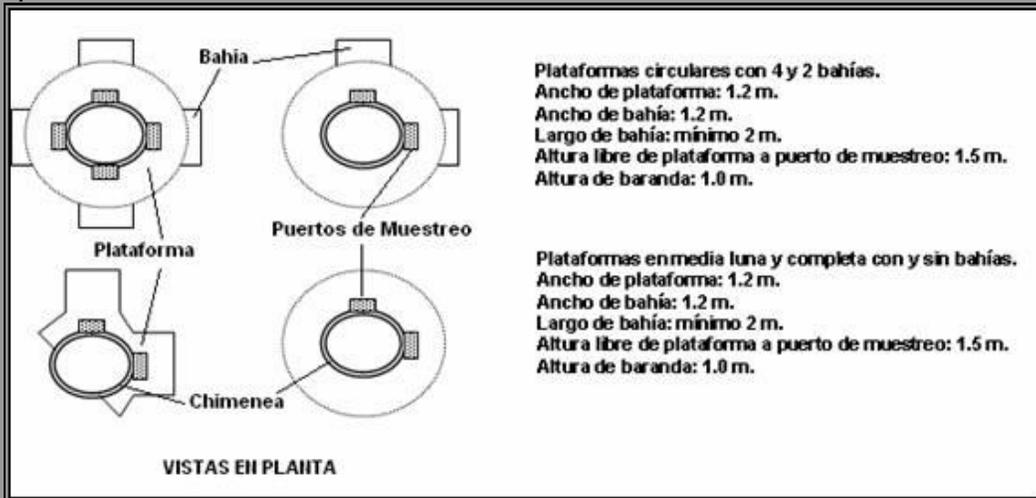


VERSION NO APROBADA

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

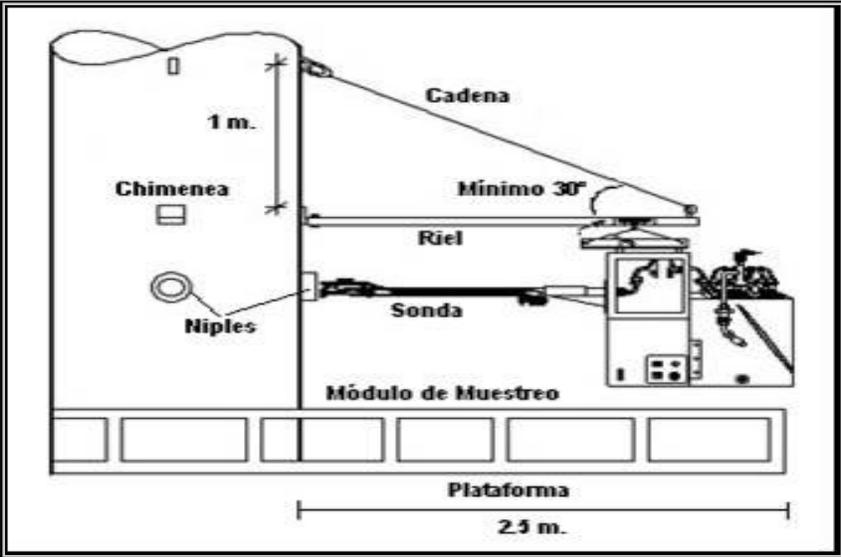
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
<p>Plataforma segura de muestreo</p>	<p>Las dimensiones y ubicación de la plataforma, debe permitir que exista una distancia mínima de 2,5m entre los puertos de muestreo y los obstáculos más cercanos tales como paredes o columnas, entre otros. Lo anterior con el fin de contar con un área libre para la ubicación del tren de muestreo y la manipulación del mismo.</p> <p>La plataforma deberá contar con un piso firme y soportar el peso de al menos tres (3) personas y el equipo de muestreo. Esta plataforma deberá estar instalada de manera permanente.</p> <p>La plataforma o la zona de muestreo deben contar con un suministro de energía de 110V con polo a tierra y protección necesaria para evitar cortos y choques eléctricos.</p> <p>La base de la plataforma deberá estar a una distancia vertical de los puertos o niples, que permita maniobrabilidad de los equipos y los dispositivos de muestreo.</p> <p>Cuando por las condiciones del punto de descarga, la plataforma se tenga que ubicar a una altura igual o superior a 25m, se recomienda que se acondicione un área de descanso ó bahía para movilizar el equipo con mayor seguridad.</p>

Tipos de Plataforma de Muestreo.



<p>Acceso seguro a plataforma de muestreo</p>	<p>Debe contar con escaleras resistentes y antideslizantes para el acceso del personal encargado del muestreo y de los equipos y contar con instrumentos que permitan la instalación adecuada de los instrumentos de medición.</p>
<p>Ducto ó chimenea</p>	<p>El diámetro mínimo de la chimenea deberá ser de 0,30m. En caso contrario se deberá aplicar el método 1A de la EPA.</p> <p>Para chimeneas con un diámetro interno superior a 2,5 m se debe disponer de 4 puertos de muestreo.</p> <p>El ducto o chimenea, sea circular o rectangular, debe contar con dispositivos de anclaje de la guaya o cadena que soporta el tren de muestreo. Estos dispositivos deben estar ubicados a 1m de la parte central del niple en dirección vertical hacia arriba; se requiere un dispositivo por cada niple con el fin que el tren de muestreo pueda ser desplazado a cada uno de los puertos de muestreo durante el monitoreo.</p> <p>Cuando por las condiciones del proceso que genera la emisión, esta transfiera energía calórica a las paredes del ducto, se deberá revestir este con materiales aislantes de temperatura para facilitar el desarrollo del muestreo.</p>

VERSION NO APROBADA

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="293 243 850 270">Esquema del ducto y soporte para el equipo de muestreo</p> 	
<p data-bbox="326 976 621 1031">Instalaciones para equipos de muestreo y análisis</p>	<p data-bbox="678 905 1344 989">El establecimiento en el cual se realice la medición directa debe facilitar un área limpia para la preparación de los equipos empleados en el procedimiento manual.</p> <p data-bbox="678 993 1344 1098">Cuando se empleen sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se debe destinar un espacio para la instalación de los analizadores, la realización de la calibración, el sistema de adquisición y procesamiento de datos y para el personal encargado de la operación del sistema.</p>

5.2. Balance de masas

Como su nombre lo indica, el balance de masas hace referencia a la cuantificación de emisiones por balance de materia y energía. El balance de masas es un método alternativo, y en ocasiones por las características del proceso industrial es el único que se puede emplear para determinar las emisiones de los mismos. En las actividades industriales que manufacturan o emplean en sus procesos sustancias orgánicas volátiles, especialmente, cuando las emisiones se producen de manera fugitiva, es decir, cuando no existe ducto o chimenea para conducción de los gases, este procedimiento de evaluación se convierte en la primera alternativa para cuantificar la emisión de contaminantes.

Con la aplicación del método de balance de masas se busca representar las entradas y salidas de un sistema para estimar de manera indirecta la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, es decir, las emisiones que se producen y pueden cuantificarse para periodos de tiempo prolongados. El balance de masas es muy utilizado en situaciones donde se presentan reacciones químicas, pero también son útiles cuando se realizan operaciones que involucran variables físicas. En algunas fuentes este procedimiento proporciona mejores estimaciones que las suministradas por medición directa, en general, se considera que los balances de materia son apropiados en situaciones donde la cantidad de material se pierde por liberación a la atmósfera.

VERSION NO APROBADA

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

Para la evaluación de emisiones a través de la utilización de balance de masas, es necesario incluir todo el proceso productivo. El proceso productivo está constituido por una o varias operaciones unitarias o procesos unitarios. A su vez, una operación unitaria o proceso unitario puede desarrollarse en varias etapas, aunque solamente sea visible la más representativa de ellas o se observe como un único sistema. Por ello, es importante identificar todas las operaciones y sus interrelaciones, con el fin de reflejar fielmente todo lo que ocurre en el proceso (esto se puede esquematizar mediante la elaboración de 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.

5.2.1. Información necesaria para evaluar emisiones por el método de balances de masas

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

5.2.1.1. Información general de la actividad industrial

Es necesario describir las actividades que se realizan y obtener la información necesaria para identificar y clasificar la actividad industrial.

5.2.1.2. Descripción de las instalaciones

Es necesario realizar una descripción detallada del proceso productivo, incluyendo una breve explicación 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).

5.2.1.3. Información del proceso o procesos que generan emisiones

Para obtener la información sobre los procesos que generan emisiones, se puede utilizar un diagrama de flujo del proceso y la descripción de los procesos que se están analizando. Es importante incluir los componentes más representativos y los equipos de control de emisiones al aire que se utilizan. Adicionalmente, es necesario incluir variables del proceso como la máxima tasa de operación de los equipos, las tasas normal y promedio de operación, los tipos de combustibles que utiliza (si aplica), la tasa de alimentación del combustible (si aplica) 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.

5.2.1.4. Descripción de la fuente o fuentes de emisión

Se debe describir detalladamente la fuente de emisión, comenzando por las generalidades del sector, según referencias bibliográficas nacionales o internacionales, finalizando con la explicación detallada de la fuente de emisión de acuerdo a lo establecido en la ficha técnica del equipo y su diferencia frente a las actividades industriales existentes en el país. Además, es necesario explicar los procesos productivos y los mecanismos mediante los cuales se generan las emisiones.

VERSION NO APROBADA

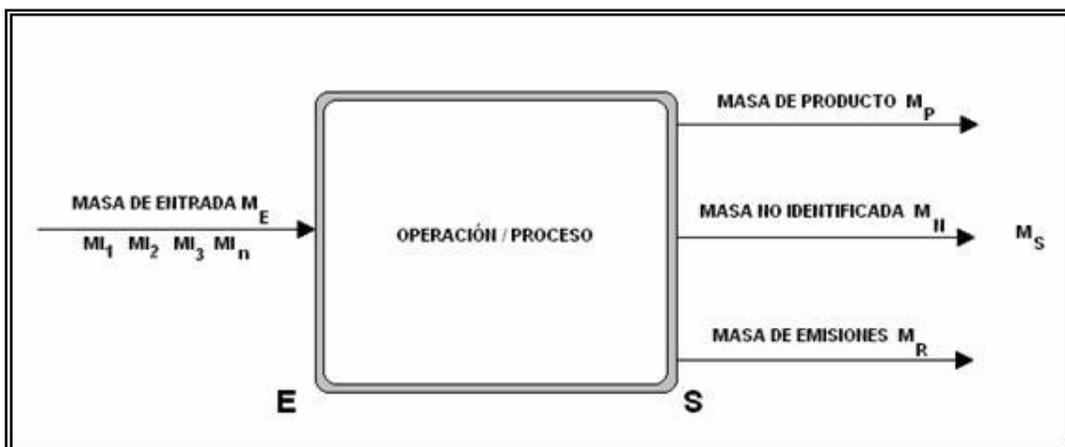
5.2.1.5. Organización del procedimiento para la estimación de emisiones

La evaluación 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 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 como mínimo la siguiente información:

- 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.
- Definir los límites de los procesos unitarios, que pueden ser físicos, cuando las líneas de producción están bien diferenciadas, o imaginarios, cuando conviven varias líneas en un mismo espacio cerrado.
- Definir los límites de las operaciones unitarias, de una manera similar a la delimitación de los procesos unitarios.
- Identificar las entradas y salidas, lo cual se puede realizar a través de un diagrama de flujo del proceso. En sistemas de producción complejos, donde existan varios procesos independientes, se puede preparar un diagrama general, mostrando 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 y/o como residuos. Los insumos de entrada a un proceso u operación unitaria pueden incluir, además de materias primas, materiales reciclados, productos químicos, agua, aire y otros posibles insumos.
- 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). Los materiales de salida no identificados, generalmente se atribuyen a pérdidas de insumos y productos por derrames, fugas y otras causas similares, cuyo origen no puede ser detectado y, por ende, sus masas no pueden ser cuantificadas.

Se recomienda indicar los puntos de entrada y salida del sistema donde se realice el balance, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Esquema de entradas y salidas de un sistema para la evaluación por balance de masas.



Donde:

$$M_E = M_{I1} + M_{I2} + M_{I3} + M_{IN}$$

$$M_S = M_P + M_R + M_N$$

$$M_E = M_S$$

M = Masa

E = Entrada

S = Salida

I = Insumo

P = Producto

R = Residuo / Emisiones

N = No identificado

5.2.1.6. Muestreos y análisis

Durante la elaboración del balance de masas es necesario recolectar información de los procesos, para los cuales se deben identificar los objetivos del programa de muestreo y análisis, incluyendo como mínimo información relacionada con los sistemas de muestreo y análisis, instrumentos de laboratorio utilizados y duración de la campaña de muestreo (fecha de inicio y finalización).

5.2.1.7. 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 genera las emisiones contaminantes. Se debe incluir cuando menos la información relacionada con las condiciones de operación de los equipos o procesos durante el desarrollo del estudio, 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 operan durante el estudio.

VERSION NO APROBADA

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

5.2.1.8. Identificación de los sitios de muestreo

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.

5.2.1.9. Procedimiento de control de calidad

Los equipos y elementos de medición que se emplean durante el desarrollo del estudio deben ser calibrados, cuando aplique, para lo cual se debe contar con copia de los certificados y las curvas de calibración.

5.2.1.10. Validación de datos

Es necesario indicar el procedimiento de validación de datos y las fuentes de información utilizadas para realizar la validación.

Para esta validación se hace necesario el desarrollo y diligenciamiento de las hojas de campo necesarias en el muestreo, con el objetivo de demostrar la trazabilidad de estos y la relación directa entre lo que se ejecutó en campo con los resultados obtenidos.

5.2.1.11. Revisión bibliográfica

Todas las fuentes bibliográficas utilizadas para la elaboración del balance de masas, así como para el análisis del proceso deben ser reportadas.

5.3. Factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad (producción, consumo de energía, combustible). En general, los factores de emisión se clasifican en dos tipos, los basados en procesos y los basados en censos. Los primeros se usan para estimar las emisiones de fuentes puntuales, y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados, con encuestas o con balances de materiales; mientras que los segundos se usan para estimar las emisiones de las fuentes de área.

En general, se considera apropiado utilizar factores de emisión cuando los materiales que se emplean se consumen o combinan 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 proceso.

La fuente de consulta recomendada para factores de emisión con base en procesos, es el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (US-EPA, 1995a) el cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos y donde se encuentran establecidas una gran cantidad de actividades. Sin embargo, cuando se cuenten con factores de emisión locales, debidamente aprobados por el Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se utilizarán en reemplazo de los factores de emisión del documento AP-42.

Los valores reportados mediante este procedimiento no deben contemplarse como valores límites recomendados, ni valores límites permisibles. Puesto que los factores de emisión representan el valor promedio de un rango de tasas de emisión, aproximadamente la mitad de

VERSION NO APROBADA

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

las fuentes sometidas a estudio tendrán tasas de emisión superiores al factor de emisión, y la otra mitad tendrá tasas de emisión inferiores al factor. Es por esto que la información que se obtenga mediante estos mecanismos debe observarse con cautela.

Algunos factores de emisión son determinados mediante el uso de aproximaciones de los resultados obtenidos mediante balance de masas; este último puede proveer los valores promedio de emisiones para ciertas fuentes. Para algunas fuentes, un balance de masas puede proporcionar una mejor estimación de las emisiones. En general los balances de masas son apropiados en situaciones donde un alto porcentaje de los materiales se pierden en el aire (azufre del combustible o la pérdida de solvente en un proceso incontrolado de recubrimiento) en contraste con esto, los balances de masas pueden ser inapropiados cuando el material es consumido o químicamente combinado en el proceso, o cuando las pérdidas de materiales en la atmosfera representan una pequeña porción, con respecto a los materiales que ingresan al proceso.

5.3.1. Factores de emisión basados en procesos

Entre las unidades de proceso más comunes se encuentran el consumo de energía, el consumo de materia prima, las unidades de producción, el calendario de operación, el número de dispositivos o las características de estos. La US-EPA cuenta con factores de emisión para muchos procesos industriales, sin embargo, se debe verificar que existan los factores que se necesitan para los procesos que se desea evaluar. En este sentido, se recomienda consultar el volumen 1 del documento AP-42 que se refiere a fuentes fijas puntuales y de área.²

Los factores de emisión que se incluyen en el documento AP-42 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.

5.3.2. Factores de emisión basados en censos – Fuentes de Área

Los factores de emisión basados en censos son eficientes para estimar emisiones de fuentes de área que no se pueden caracterizar a través de datos de actividad, consumo de combustibles o consumo de materias primas, datos imprescindibles para aplicar factores de emisión basados en procesos. Estos factores de emisión pueden ser consultados en el capítulo 13 del documento AP-42 que se refiere a fuentes diversas. Las sub-secciones del AP-42 que se deben consultar son las siguientes:

- Construcción de edificaciones y carreteras³: 13.2.3 Heavy Construction Operations
- Manejo de materiales: 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles
- Carreteras pavimentadas: 13.2.1 Paved Roads
- Carreteras no pavimentadas: 13.2.2 Unpaved Roads
- Erosiones eólicas en áreas destapadas: 13.2.5 Industrial Wind Erosion

² El documento se puede consultar en la página: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>

³ También se puede utilizar para actividades de demolición

- Erosiones eólicas en pilas de almacenamiento: 13.2.5 Industrial Wind Erosion

Cada sección se presenta como una guía que indica como cuantificar las emisiones. Salvo por leves variaciones, la estructura es la siguiente:

General: Describe las principales características de la fuente y da alguna información sobre las emisiones.

Emisiones: Indica la manera como se generan las emisiones y las condiciones que dominan el proceso.

Factor o ecuaciones: Indican cuales son los factores, la manera como se utilizan y la metodología de cálculo.

Controles: Si existen mecanismos de control para reducir las emisiones indica cual es la eficiencia. También indica el uso de factores de emisión que tienen incorporado un sistema de control.

Bibliografía: Relaciona todas las fuentes de información donde se puede ampliar algún tema referenciado a lo largo del documento.

5.3.3. Información necesaria para evaluar emisiones por factores de emisión

La evaluación de emisiones a través de factores de emisión debe contener la misma información recomendada en la estimación mediante balance de masas, pero se deben tener en cuenta las siguientes anotaciones.

5.3.3.1. 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 se deben tener en cuenta las características de las siguientes fuentes:

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

5.3.3.2. Nivel de actividad

Es una medida del nivel real del tamaño o del nivel real del establecimiento que 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 categorías puede ser el área superficial que se puede alterar por fuerzas mecánicas o el viento. Si la fuente de emisión cuenta con un sistema de control, el factor de emisión debe afectarse por el término adicional que refleja la fracción de control.

VERSION NO APROBADA

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

5.3.3.3. Estimación de las emisiones

Se debe realizar una breve descripción del factor de emisión utilizado, la fuente, y los requerimientos del mismo para su aplicación.

5.3.4. Desarrollo de factores de emisión

El primer paso para realizar una evaluación por factores de emisión involucra la evaluación de información de las fuentes y recolección de datos del proceso. Estas actividades requieren la cooperación tanto de la organización o empresa (responsable de la fuente) como de las autoridades ambientales locales y regionales competentes; con el fin de conocer toda la información necesaria para poder realizar el análisis.

Posteriormente, se debe verificar la calidad y suficiencia de los datos recolectados para la determinación del cumplimiento, al igual que se debe asegurar el cumplimiento del procedimiento aplicado para el cálculo y la generación de los factores de emisión.

Un paso clave para el aseguramiento de la calidad de la revisión de la información, es la evaluación del cumplimiento de acuerdo con los métodos y procedimientos aprobados en el presente protocolo. Cualquier desviación debería ser tomada en cuenta, ya que estas pueden ser acomodadas de acuerdo a la incertidumbre de cada una de las fuentes. 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.

5.3.4.1. 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, tasa de capacidad del equipo y fabricante del mismo). A continuación se presenta una lista de los datos e información necesaria para caracterizar la fuente y el proceso:

- 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 la planta
- Capacidad 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 desarrollado 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

VERSION NO APROBADA

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

- 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

5.3.4.2. Aspectos que pueden afectar la aplicación de factores de emisión

5.3.4.2.1. Materias primas e insumos

Las materias primas e insumos pueden afectar tanto la concentración de las emisiones como la composición específica de las mismas. 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 varía, con lo cual también se presenta variación de las emisiones.

5.3.4.2.2. Proceso de Producción

El proceso productivo puede tener un efecto significativo en el nivel de concentración de las emisiones contaminantes. Por ejemplo, una emisión incontrolada de material particulado a través de torres de lechos fluidizados es más alta que aquella proveniente de lechos no fluidizados, cuando se generan en actividades de agricultura. Además, algunos procesos de producción que tienen actividades continuas pueden envolver diferentes pasos, que deben ser contemplados en la aplicación de factores de emisión.

5.3.4.2.3. Parámetros de producción

La fabricación de productos puede involucrar parámetros de operación tales como temperatura, presión, tiempo de residencia, etc. 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.

5.3.4.2.4. Condiciones de los equipos

Algunos equipos podrían no estar en las condiciones adecuadas, esto depende directamente de la edad de los equipos y de las frecuencias de mantenimiento tanto preventivas como correctivas. Para motores de combustión interna un apropiado mantenimiento es el método más efectivo para prevenir que una emisión sobrepase los niveles permitidos.

5.3.4.2.5. Condiciones ambientales

Cuando las fuentes están localizadas en sitios al aire libre durante algunas épocas del año en donde se presenten cambios en la temperatura ambiente (Por ejemplo de verano a invierno), las características de la emisión se pueden verse afectadas ya que en el segundo de los casos la temperatura máxima de la llama puede disminuir y modificar las condiciones de la emisión del contaminante.

VERSION NO APROBADA

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:

- 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 del combustible (Carbón)
- Calidad 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 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. Cuando la documentación sea suficiente, se definen los datos de incertidumbre y los errores asociados a las mediciones realizadas durante la prueba por ejemplo (Presión de velocidad o volumen de la muestra) y algunos factores menos 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 es está evaluando.

Existen dos tipos de consideraciones 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). La otra categoría 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.

5.4. Monitoreo continuo de emisiones

Los sistemas de monitoreo continuo de emisiones, son sistemas integrados que realizan mediciones de contaminantes directamente de 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.

Los sistemas de monitoreo continuo de emisiones pueden ser diseñados para monitorear un solo contaminante o varios de ellos, dependiendo de las necesidades de la medición, además de

VERSION NO APROBADA

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

otros parámetros de operación relevantes (temperatura y presión de salida de los gases, porcentaje de oxígeno en exceso, entre otros). La apropiada ubicación de los puertos de muestreo en la corriente del gas residual (Ver Numeral 5.1.2) y la apropiada selección de los equipos componentes son los aspectos críticos para la recolección de información exacta y reproducible.

5.4.1. Condiciones para la solicitud de monitoreo de continuo de emisiones

Existen condiciones mínimas que deben ser tenidas en cuenta para la instalación de un sistema continuo de emisiones tales como 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 los contaminantes, las poblaciones cercanas y en especial los grupos etéreos vulnerables. 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 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.

Existen algunos escenarios adicionales bajo los cuales no se debe tener en cuenta la condición del incremento de la concentración de algún contaminante en más de un 40% en el aire, para la solicitud de monitoreo continuo. Estos escenarios se presentan a continuación.

- Cuando la actividad que genera la emisión de los contaminantes, sea la única ubicada dentro de un área comprendida entre la ubicación de la fuente y 0.8 Km en todas las direcciones y que además se demuestre las siguientes condiciones dependiendo de los contaminantes que le corresponde monitorear:
 - La concentración de material particulado (MP) no excede $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual)
 - La concentración de óxidos de nitrógeno (NOx) no excede $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual)
 - La concentración de dióxido de azufre (SO₂) no excede $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media de 24 horas)
 - La concentración de plomo (Pb) no excede $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual)
 - La concentración de cadmio (Cd) no excede $5 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual)
 - La concentración de Hidrocarburos totales (HCT) no excede $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media de 4 meses)

5.4.1.1. Naturaleza de la actividad desarrollada

Cuando la actividad desarrollada corresponda al tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos y no peligrosos.

5.4.2. Clasificación de los sistemas de monitoreo continuo

Los sistemas de monitoreo continuo se clasifican según el tipo de metodología empleada para el procedimiento de medición de la muestra de contaminante a monitorear, en este sentido a continuación se presentan algunas consideraciones que deben ser tenidas en cuenta a la hora de seleccionar el sistema de monitoreo.

Al momento de seleccionar algún equipo o equipos que funcionen con las metodologías descritas a continuación, es necesario tener claro el contaminante o contaminantes que se requieren monitorear, teniendo en cuenta que algunas metodologías tienen una mayor exactitud para determinados contaminantes.

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.

5.4.2.1. Sistemas Extractivos

Se utiliza para el monitoreo continuo de gases. La muestra se extrae en la chimenea y se bombea mediante un sistema de conducción a la unidad de análisis. Básicamente existen tres tipos de sistemas extractivos:

Extracción fría con condensación: Esta técnica conduce la muestra desde la chimenea a través de líneas calentadas hasta la unidad de análisis, esta unidad acondiciona la muestra mediante filtración para eliminar las partículas y principalmente el contenido de humedad. Este procedimiento se consigue reduciendo la temperatura del gas, permitiendo que el vapor de agua se condense. Paso seguido, la muestra circula por una serie de analizadores con el fin de determinar la concentración de los gases remanentes.

La ventaja de este sistema es que el ajuste a “cero” y la calibración pueden realizarse automáticamente utilizando aire comprimido y gases de calibración respectivamente. La desventaja del sistema es que con la extracción del condensado se extrae también parte de los gases, en particular cuando se trata de gases solubles (SO_2 , NO y NO_2).

Extracción en caliente: Esta técnica conduce la muestra a través de una línea caliente hasta el analizador. La muestra se filtra antes de entrar al analizador, manteniendo siempre la temperatura por encima de 150°C . Con este sistema, al no eliminarse el vapor de agua, tampoco se eliminan los componentes solubles. La ventaja de este sistema es que puede calibrarse y ajustarse a cero automáticamente. La desventaja, es la necesidad de mantenimiento de un sistema que sea capaz de filtrar, transportar y analizar un gas caliente.

Sistemas de dilución: Esta técnica consiste en tomar la muestra en chimenea y diluirla con aire en una proporción de 1 a 100, evitando así la necesidad de utilizar líneas calentadas y el filtrado en caliente, ya que el vapor de agua en la muestra está por debajo del punto de rocío, por lo que no existe condensación. La ventaja de este instrumento es que puede ser calibrado y ajustado a cero automáticamente. Las desventajas son que el sistema de dilución necesita un mantenimiento constante, y un analizador que sea capaz de medir una muestra 100 veces menor que la concentración original, debido a la dilución.

VERSION NO APROBADA

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

5.4.2.2. Análisis In-Situ en chimenea

El análisis In-situ en chimenea se utiliza para el monitoreo continuo de gases y material particulado. Esta técnica analiza la muestra con base en sus propiedades físicas, (principalmente ópticas) en la chimenea y fue desarrollada para evitar los inconvenientes de los sistemas extractivos, tales como el transporte de la muestra y la posibilidad de alteración de ésta (dilución, condensación). El análisis in situ opera con un transmisor en un lado de la chimenea y un receptor del otro lado.

Esta técnica resuelve las desventajas de los sistemas extractivos, ya que la respuesta del instrumento es rápida, no hay demoras causadas por transporte de la muestra, ni tampoco varía el contenido o concentración de la misma. Sin embargo, dentro de las principales desventajas de este sistema es que no podía ser calibrado, ni ajustarse a cero dinámicamente. Tanto el ajuste a cero como el calibrado de los analizadores en los sistemas de monitoreo continuo, son un requerimiento fundamental, con el fin de verificar que el instrumento trabaje correctamente.

Para solucionar esta desventaja algunos fabricantes han desarrollado sistemas de doble paso, consistentes en colocar el transmisor y el receptor en un lado de la chimenea y un reflector en el otro lado, con lo que el haz luminoso atraviesa dos veces la chimenea. Mediante una combinación de giro del espejo reflector y situando una célula con una muestra de gas conocido, puede desviarse el haz de luz y dirigirlo a la célula para calibrar y ajustar el instrumento (calibración multipunto).

5.4.2.3. Sistema Integrado

Este sistema capitaliza lo mejor de los dos sistemas anteriormente señalados, es decir, un instrumento que puede ajustarse automáticamente y que no modifica la muestra, con un mínimo de mantenimiento. La solución desarrolla un equipo que tiene el transmisor y el receptor en la misma célula de medición, montada directamente en la chimenea dentro de la cual se realizará directamente el análisis. Estos sistemas han sido concebidos como un solo conjunto enfundado, el cual se encuentra dentro de un material resistente a la corrosión provocada por el flujo de gases, lográndose con ello tres grandes propósitos:

- Ajuste dinámico del cero y calibración
- Protección de la celda de medición
- Inmunidad a las gotas de agua

Por otra parte, cuando el establecimiento emplee la inyección de agua o vapor de agua para controlar la emisión de óxidos de nitrógeno, deberá instalar, calibrar, realizar mantenimiento preventivo y operar un sistema de monitoreo continuo para monitorear y registrar el consumo de combustible y el cociente de agua o vapor de agua con el combustible quemado.

Se debe instalar un sistema de monitoreo continuo que además registre la emisión de óxidos de nitrógeno. Adicionalmente, se debe monitorear simultáneamente las emisiones de oxígeno y bióxido de carbono para hacer los ajustes mencionados en el Método 20. Se debe realizar muestreo para verificar estratificación y dilución.

VERSION NO APROBADA

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

5.5. Modelos computarizados

Hay métodos para modelar o cuantificar la emisión de contaminantes generados por fuentes fijas, para diferentes escenarios de funcionamiento u operación. No se debe confundir estos métodos con los modelos de dispersión, por que a diferencia de estos lo que se modela es la generación de emisiones en la fuente y no la dispersión de las mismas en la atmosfera.

Lo que se pretende con esta alternativa es sistematizar un procedimiento, que puede ser a través de un balance de masas, de factores de emisión o una mezcla de los dos anteriores, para determinar la concentración de la emisión de los contaminantes. Para los dos primeros casos lo que se busca es sistematizar el proceso de captura de información y cálculo, que usualmente es arduo y tedioso, y facilita la obtención de una información libre de errores por manejo de unidades, entre otros. Estas herramientas generalmente poseen una base de datos de información básica (constantes universales, propiedades físicas, propiedades químicas) que simplifica el cálculo, requiriendo solamente datos propios de la fuente.

También se puede presentar que el modelo emplee información mixta, proveniente de balance de masas y factores de emisión, obtenida de estudios puntuales donde se logra establecer la emisión de contaminantes. Se encuentra pues que el proceso de cálculo se puede sistematizar para determinar la emisión de cualquier contaminante. Los anteriores modelos caerían dentro de aquellos que realizan procesamiento de datos por lotes o cochadas (tipo batch).

Adicionalmente, existen otros modelos computarizados que realizan cuantificación de la emisión en línea o en tiempo real, que 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 la emisión de contaminantes. 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 se recomiendan 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.

Teniendo presente estas alternativas, el nivel de certeza o aceptabilidad de estas herramientas es el siguiente: Estudio de emisiones, CEMS, SPCEC, modelos computarizados por balance de masas, modelos computarizados mixtos, balance de masas, modelos computarizados por factores de emisión y factores de emisión.

6. EVALUACIÓN DE ESTUDIOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Los estudios de emisiones atmosféricas son requeridos por la autoridad ambiental para determinar el tipo, concentración e impacto de los contaminantes emitidos por las diferentes actividades que se encuentran ubicadas dentro de su jurisdicción. La información que se obtiene en estos estudios puede ser utilizada para planear y establecer, en caso de ser necesario, valores límites de emisión de normas futuras más estrictas que la norma nacional, evaluar la necesidad, en caso de requerirse, de la instalación de uno o varios sistemas de control de emisiones por parte del establecimiento, actualizar el inventario de fuentes fijas de la autoridad ambiental, apoyar la gestión del control de la contaminación atmosférica, establecer límites de emisión y establecer acciones a desarrollar para lograr la descontaminación atmosférica de áreas afectadas, entre otros.

Las instalaciones nuevas de actividades que sean objeto de control y vigilancia realizarán estudios de emisiones atmosféricas una vez alcancen las condiciones normales de operación. Adicionalmente, las instalaciones existentes, realizarán estudios de emisiones atmosféricas en los tiempos y periodicidades establecidas en el presente protocolo.

El propósito de este capítulo es estandarizar los procedimientos a realizar en los estudios de emisiones atmosféricas. Igualmente, identificar los métodos y procedimientos que satisfacen los propósitos de la autoridad ambiental, del encargado de realizar la medición y de la actividad, debido a su representatividad, precisión, exactitud y trazabilidad de los datos capturados en el estudio de emisiones atmosféricas. Así mismo, se constituye en la herramienta que el evaluador de los estudios utilizará para determinar la validez de los estudios y del cumplimiento normativo.

6.1. Perfil del personal

Teniendo en cuenta que el desarrollo de un estudio de emisiones atmosféricas, por cualquiera de los procedimientos de evaluación definidos anteriormente es un proceso complejo que requiere de personal especializado en el tema, a continuación se recomiendan los perfiles profesionales del grupo de trabajo que debería realizar el estudio de evaluación de emisiones atmosféricas.

6.1.1. Coordinador de grupo

Profesional en cualquiera de las ramas de ingeniería, con conocimientos en mecánica de fluidos. Adicionalmente, con conocimientos de los fenómenos de contaminación atmosférica, y con la capacidad de realizar análisis de procesos industriales. El coordinador del grupo será el encargado de realizar las labores de comunicación y direccionamiento del personal que representa la actividad que genera la emisión, con el objeto de garantizar que las condiciones de operación de la fuente se mantengan de manera estable durante el periodo de tiempo en el cual se realice el muestreo, también debe registrar las condiciones de operación de la fuente y de los sistemas de control de emisiones existentes. Debe estar en capacidad de decidir sobre la continuidad o no de una labor de monitoreo, en especial cuando no existan condiciones mínimas para la realización del mismo, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el presente documento.

VERSION NO APROBADA

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

Cuando la evaluación se realice por el método de balance de masas o factores de emisión, será el encargado de verificar la veracidad de los datos obtenidos del proceso durante el análisis, así como de evaluar las variables que serán incluidas en el estudio.

6.1.2. Operador del equipo

Para el caso de medición directa debe ser un técnico con conocimientos de mecánica de fluidos y de la fuente o proceso que se evalúa y que demuestre una experiencia en el uso de los equipos y/o dispositivos utilizados para realizar el estudio de evaluación de emisiones atmosféricas.

En caso de ser necesaria la toma de muestras, se debe contar con un profesional en química, química farmacéutica, ingeniería u otras profesiones afines a esta o técnico o tecnólogo en área afines a la química o la ingeniería, con capacidad para operar los equipos y aplicar los métodos de evaluación.

Cuando la evaluación sea realizada por el método de balance de masas y/o factores de emisión no se requiere un operador del equipo.

6.1.3. Auditor interno

Labor desempeñada por un profesional, de cualquier rama, que tenga conocimientos en sistemas de control de calidad y auditoría de los mismos. Debe realizar las labores de reducción y validación de datos, revisión del informe y análisis de los resultados. Esta labor se realiza en interacción con el coordinador de grupo y el operador del equipo. Debe verificar que las labores realizadas puntualmente en la medición directa, correspondan con lo recomendado técnicamente.

6.1.4. Asistente

Ayudante de campo con capacidad para realizar las labores de transporte de materiales, equipos, o la consecución de datos según aplique para cada procedimiento. Además de realizar actividades que requiera el operador del equipo o el coordinador del grupo

El equipo de trabajo encargado de realizar el estudio de emisiones en la medida de lo posible deberá estar conformado por las personas recomendadas anteriormente y será el mínimo requerido para conformar un sistema de control de calidad. Sin embargo, las funciones del personal requerido pueden ser realizadas por tres (3) personas, siempre y cuando el encargado de la auditoría interna no haya realizado las labores de medición.

6.2. Planeación del estudio de emisiones

El estudio de emisiones debe ser preparado con la suficiente anterioridad, para que pueda ser aprobado por la autoridad ambiental antes de realizar la medición en campo. El procedimiento detallado que adelantará el encargado de realizar la medición del estudio de emisiones atmosféricas de fuentes fijas, se debe enviar a la autoridad ambiental para su aprobación, con un tiempo mínimo de treinta (30) días calendario previo a la fecha de realización del mismo. Adjunto al procedimiento deberá proponer una fecha para realizar la medición. La confirmación de la fecha del estudio se realizará por parte del encargado de realizar la medición, cuando menos, cinco (5) días hábiles previos a la realización del mismo.

VERSION NO APROBADA

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

La autoridad ambiental competente evaluará la planificación y realización de los estudios de emisiones atmosféricas que entregue cada actividad objeto de control y vigilancia y para ello deberá tener en cuenta cuando menos lo siguiente:

- El empleo de métodos de referencia o alternativos
- El empleo de tiempos de muestreo y volúmenes de muestra de acuerdo a lo establecido en este protocolo (para el caso de medición directa)
- Las variables del proceso tenidas en cuenta para el análisis de las emisiones, cuando este se realice por medio de factores de emisión o balance de masas

Cuando los métodos, procedimientos, elementos de muestreo, equipos, métodos de análisis de laboratorio, entre otros, sean diferentes a los establecidos en este protocolo, la autoridad ambiental 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.

A continuación se presenta el procedimiento de preparación del estudio de emisiones atmosféricas.

6.2.1. Estructura del estudio de emisiones atmosféricas

El estudio de emisiones atmosféricas debe contener cuando menos la información que se presenta a continuación.

6.2.1.1. Resumen ejecutivo

Se debe presentar un resumen inicial en donde se establezca de manera general las intenciones y el contenido del estudio de emisiones atmosféricas.

6.2.1.2. Introducción

Esta sección debe incluir el nombre del establecimiento, el nombre del representante legal del mismo, la localización geográfica, los números de requerimientos, los contaminantes a ser monitoreados y una explicación concisa de los objetivos del estudio de emisiones.

6.2.1.3. Información de la fuente de emisión

La información referente a la fuente de emisión que deben entregar las actividades que realizarán el estudio de emisiones debe ser igual o por lo menos similar a la información que presente el establecimiento en desarrollo del Registro Único Ambiental (RUA).

6.2.1.3.1. Descripción del establecimiento

La descripción del establecimiento que realizará el estudio de emisiones atmosféricas debe incluir todos los datos relacionados con los equipos y rangos de operación de estos en el proceso, incluyendo los equipos relacionados con la fuente a ser analizada, debe incluir también una descripción concisa de los procesos dominantes y los equipos asociados. Dentro de los parámetros importantes a tener en cuenta están: el tipo de proceso, capacidad nominal y de operación de los equipos, descripción de los sistemas de control, y tipo y consumo de combustible (si aplica).

VERSION NO APROBADA

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

6.2.1.3.2. Información del proceso

Debe contener una descripción de los procesos que se están analizando, lo cual se puede realizar a través de diagramas de flujo de proceso, incluyendo todos los componentes y los equipos de control de emisiones atmosféricas. Adicionalmente, debe incluir la tasa máxima de producción de los equipos (ton/h, m³/h, entre otras), las tasas normal y promedio de operación, los tipos de combustible utilizados, la tasa de alimentación del combustible 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. Cualquier información requerida, y que se considere confidencial, se podrá enviar por separado. Las tasas de los procesos presentes durante la realización de las mediciones deben ser representativas de la capacidad normal de operación, para lo cual el establecimiento deberá mostrar mediante registros históricos (como mínimo del último año) la capacidad normal de operación del equipo a evaluar.

6.2.1.3.3. Descripción de la fuente de emisión

Para el caso específico de medición directa, se debe presentar un diagrama de la chimenea o ducto mostrando los puertos de muestreo, plataformas y ductos adyacentes. El sitio de muestreo debe estar identificado claramente en el diagrama que muestra la localización de los puertos de muestreo, las cercanías con los disturbios (codos) antes y después del punto de muestreo y el diámetro (interno y externo) de la chimenea. No es válido un diagrama esquemático. Se debe suministrar una descripción de la chimenea, incluyendo velocidad, temperatura, presiones, contenido de humedad, la carga y composición de los gases de emisión. Si no existen estudios anteriores, se recomienda realizar un estudio o muestreo preliminar, es decir, los métodos 1, 2 y 3. También puede ser necesario incluir consideraciones de seguridad sobre el equipo especial que sea requerido para el análisis de la fuente.

En los casos que el análisis se desarrolle por el método de balance de masas, se debe realizar también un diagrama de flujo del proceso, en donde se especifique cuales son 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, así como los productos y/o subproductos que se obtienen.

6.2.1.3.4. Certificación de instalaciones y equipos

Para el caso específico de instalaciones de incineración de residuos peligrosos y no peligrosos y los hornos crematorios se deben presentar una copia de la certificación de sus instalaciones y equipos, la cual debe estar vigente. De no contar con dicha certificación la autoridad ambiental no aprobará el estudio de emisión para la realización de mediciones en campo.

6.2.1.4. Descripción del programa de muestreo

6.2.1.4.1. Identificación del encargado del estudio

Es necesario incluir la identificación del grupo encargado de realizar el estudio con datos como nombre, dirección, número telefónico, correo electrónico, descripción sobre experiencias previas e información sobre el tipo de autorización con que cuenta para realizar el estudio. (Cualquier modificación referente al personal responsable de la medición, deberá ser informada a la autoridad ambiental, previa a la fecha de la realización de la medición.

VERSION NO APROBADA

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

6.2.1.4.2. Objetivos del programa de evaluación de contaminantes

Se deben presentar los objetivos del programa de evaluación de contaminantes en detalle e incluir cuando menos la siguiente información:

- Normas generales que debe cumplir la actividad industrial y condiciones mínimas requeridas por el permiso (cuando aplique)
- Estándares de emisión admisibles aplicables a la actividad industrial o de servicio (si aplica)
- Condiciones de operación de los equipos o del proceso durante el muestreo
- Condiciones de operación de los dispositivos de control de emisiones atmosféricas durante el muestreo
- Rango de operación (porcentaje de la capacidad de diseño) a la cual los equipos operarán durante el muestreo
- Explicación de cómo el programa de muestreo propuesto cumplirá los requerimientos de las normas aplicables, condiciones del permiso o acuerdos establecidos
- Fecha propuesta para realizar la evaluación
- Fecha esperada para el envío del reporte de análisis o resultados del estudio a la autoridad ambiental. El reporte de análisis deberá ser enviado dentro de los sesenta (60) días posteriores a la realización de la evaluación de las emisiones. Los operadores de las fuentes deberán revisar las condiciones específicas de sus permisos, u otros requerimientos.

6.2.1.5. Procedimiento de evaluación

6.2.1.5.1. Descripción de equipos (para el caso de medición directa) y procedimientos

En esta sección se debe suministrar la descripción y los diagramas de al menos los siguientes elementos:

- Sistemas de muestreo y monitoreo
- Sondas de muestreo, incluyendo material, temperatura, longitud, además material y temperatura del filtro
- Tren de los impactadores y vidriería asociada, incluyendo frascos de muestra y cualquier procedimiento de limpieza de vidriería especializada
- Módulos de medición del gas y tipo de bomba
- Instrumentos de laboratorio

En caso de que el estudio sea realizado por el método de balance de masas y/o medición directa, se debe presentar el diagrama de flujo del proceso en el momento de la evaluación, el cual debe incluir el esquema de la ubicación y conexiones de cada una de las operaciones unitarias del proceso, así como datos de insumos, materias primas, consumo y tipo de combustible y condiciones de operación de los equipos.

6.2.1.5.2. Métodos de muestreo y análisis

Esta sección debe especificar el método de muestreo y análisis a ser empleado para cada parámetro o contaminante, incluyendo una breve descripción de cada método que deberá especificar cuando menos el número del método, título (para el caso de medición directa), las variables tenidas en cuenta para la determinación de entradas y salidas del proceso (para el

VERSION NO APROBADA

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

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 puede encontrar una descripción detallada del procedimiento utilizado. Especificar igualmente el número de corridas y tiempo del muestreo por cada parámetro. Incluir los métodos para determinar la tasa de consumo de combustible o del proceso, cuando sea aplicable. Se deberán incluir además los formatos de datos de campo y procedimientos de cálculo con el fin de mantener y demostrar la trazabilidad de los valores obtenidos.

6.2.1.5.3. Métodos analíticos (aplica para el caso de medición directa)

Se deberá suministrar el procedimiento de recuperación de la muestra y análisis de laboratorio, identificando los instrumentos analíticos, materiales, equipos asociados y personal involucrado. De igual manera una descripción de los estándares y blancos de análisis.

6.2.1.5.4. Localización del sitio de muestreo (aplica para el caso de medición directa)

Si el criterio del método 1 no se puede cumplir, se puede evaluar un sitio de muestreo a través de la confirmación de la ausencia de flujo ciclónico mediante dicho método. Cuando se encuentre que el flujo en la chimenea presenta un comportamiento ciclónico, se deben realizar las siguientes actividades: (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. Cuando a pesar de realizar las actividades mencionadas prevalece el flujo ciclónico, se deberá someter a consideración de la autoridad ambiental un procedimiento alternativo; sin embargo, la autoridad ambiental puede requerir la evaluación del sitio utilizando los procedimientos alternativos del método 1, bajo circunstancias especiales.

6.2.1.6. Procedimientos de control y aseguramiento de calidad

6.2.1.6.1. Procedimiento de muestreo

Para el caso de evaluación de emisiones por medición directa se requiere una descripción del procedimiento de muestreo, 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 hojas 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.

6.2.1.6.2. Equipos de calibración y mantenimiento (aplica para evaluación por medición directa)

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 en alguna de las siguientes frecuencias: mínimo una vez cada año, cada 200 horas de uso o cuando el fabricante lo especifique.

VERSION NO APROBADA

La calibración de los equipos se deberá realizar de acuerdo al procedimiento establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

El equipo de muestreo a ser calibrado incluye cuando menos:

- Tubos pitot
- Termopares
- Manómetros
- Medidores de Gas Seco
- Orificio (s) del Medidor de Gas Seco
- Barómetro
- Balanzas analíticas
- Boquillas.

Se deben incluir copias de todas las operaciones 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 de calibración y las fechas de calibración y la planificación del mantenimiento de los equipos.

6.2.1.6.3. Instrumentos de calibración y mantenimiento (aplica para evaluación por medición directa)

Esta sección debe contener los procedimientos para la calibración de los equipos y dispositivos utilizados para la medición de los contaminantes que aplican a cada actividad y cualquier mantenimiento preventivo realizado. Especificar los materiales, incluyendo proveedor y garantía de la exactitud, estabilidad del gas de calibración y cumplimiento de normas internacionales. De igual manera, 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 y del mantenimiento preventivo.

6.2.1.6.4. 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 edición
- Personal que ejecuta la validación de los datos
- Fuentes de información de la validación empleada
- Procedimiento de validación específica para cada método

6.2.1.6.5. Auditoría interna y acciones correctivas

Se deberá incluir en esta sección una descripción de la auditoría interna y los procedimientos de las acciones correctivas empleadas por el consultor, para asegurar la calidad de los datos recogidos.

6.2.1.6.6. Documentación

Se deberá incluir en esta sección una descripción del sistema formal empleado en el documento de control y los registros en la medida que aplique a los datos de campo, (es decir, hojas de chequeo, inventario y archivo de soporte de la documentación).

6.2.1.7. Reporte de resultados de análisis

Incluye la tabla de contenido del informe y una breve descripción de cada sección, que contenga como mínimo la información solicitada en el numeral 6.2.1. El documento deberá ser enviado a la autoridad ambiental competente con la firma del responsable del proyecto y el responsable de la revisión del mismo (agente de aseguramiento de la calidad, si aplica). De igual manera, debe incluir la descripción del procedimiento de reducción de datos con un ejemplo de cálculo y fórmulas para cada método de análisis.

6.3. Procedimiento de muestreo y análisis

Se deben seguir los procedimientos de análisis y métodos que se incluyen en este protocolo y que corresponden a los métodos reglamentarios para evaluación de emisiones contaminantes.

6.4. Criterios de evaluación y validación de estudios de emisiones atmosféricas

El reporte de análisis de una fuente debe evaluarse para determinar su validez por parte de la autoridad ambiental competente, antes de aceptar los datos de análisis de cualquier fuente. Estos datos deben ser evaluados mediante los criterios que se presentan a continuación.

6.4.1. Criterio de invalidación de datos

Todas las determinaciones que se realicen a una fuente se pueden invalidar por parte de un evaluador en el sitio de muestreo o durante la revisión del reporte de análisis. El evaluador debe notificar al analista de cualquier invalidación potencial antes de dejar el sitio de análisis. Sin embargo, el evaluador no está obligado a determinar la validez del análisis en el sitio de muestreo. Las causas de invalidación de datos incluyen pérdida o alteración de la muestra, errores de muestreo y errores de análisis. A continuación se presenta un listado de errores, aunque es de tener en cuenta que no es un listado absoluto y exhaustivo de los errores que pueden invalidar un análisis. La autoridad ambiental decidirá si acepta o por el contrario invalida los resultados de análisis basado en estos criterios u otros criterios que no estén aquí presentes.

6.4.1.1. Pérdida o alteración de la muestra

Son causas de pérdida o alteración de la muestra las siguientes:

- Tasa de fugas posterior al muestreo superior al permitido. No existe tasa de fugas posterior al muestreo permitido para los métodos instrumentales
- Derrame de las muestras
- Filtros en mal estado (huecos o grietas)
- Cualquier evento o proceso que cause la pérdida de la muestra
- Contaminación de la muestra

VERSION NO APROBADA

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

6.4.1.2. Errores de muestreo

Son considerados errores de muestreo, los datos obtenidos bajo las siguientes condiciones:

6.4.1.2.1. Para medición directa

- Isocinetismo por fuera del rango
- Equipo de muestreo no apropiado
- Procedimiento de muestreo no apropiado
- Cualquier procedimiento o pieza del equipo que no esté conforme con los requerimientos del método de análisis
- Muestras recogidas durante condiciones de operación no representativas

6.4.1.2.2. Para balance de masas

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
- Tiempo de reacción para procesos químicos

6.4.1.2.3. Para factores de emisión

Modificaciones en:

- Cantidad y características de las materias primas e insumos.
- Tipo, cantidad y calidad del combustible
- Capacidad de producción
- Modificación de los procesos unitarios
- Condiciones de operación de los equipos (presión y temperatura)

6.4.1.3. 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.

6.4.2. Cadena de custodia de la muestra (aplica para el caso de medición directa)

El objetivo primordial 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 cumplimiento. Aunque no se recogen muestras físicas para todos los métodos, la guía general del chequeo y envío de las muestras se muestra a continuación:

- Las muestras se deben empacar apropiadamente para prevenir la ruptura o fuga. 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 hoja de chequeo o registro de chequeo diligenciada, firmada y fechada por el personal responsable.
- El coordinador del grupo deberá ser responsable del empaqueo 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.
- 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.

6.5. Reporte del estudio de emisiones de fuentes fijas

El reporte original del estudio de emisiones deberá ser enviado a la autoridad ambiental dentro de los 60 días calendario, siguientes a la fecha de realización. Si la empresa, posteriormente detecta errores en los datos remitidos, deberá enviar a la autoridad ambiental competente un original del informe del resumen correspondiente, rectificado.

En la Tabla 9 se presenta el formato sugerido y los datos mínimos requeridos a ser incluidos en el reporte del estudio de emisiones atmosférica de fuentes fijas.

Tabla 9 Requerimientos mínimos del reporte del estudio de emisiones atmosféricas

Portada
Nombre del establecimiento en donde se realiza la actividad y número de expediente (Si aplica)
Nombre de quien realiza el estudio de emisiones
Nombre de la instalación y fuentes de emisión analizadas
Fecha del análisis
Ubicación específica del sitio del análisis, incluyendo si es zona urbana o rural
Carta de envío del estudio de emisiones
Aprobación del representante autorizado por el establecimiento
Aprobación del encargado de realizar el estudio (consultor)
Aprobación del procedimiento de estudio de emisiones por parte de la autoridad ambiental (Si aplica)
Resumen ejecutivo
Explicación y descripción general del contenido del estudio

VERSION NO APROBADA

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

Introducción

Propósito del estudio de emisiones: cumplimiento con los límites permitidos, entre otros
Detalles de la fuente de emisión: localización geográfica, fuentes de emisión a ser analizadas, tipo de procesos, entre otras
Descripción de los equipos de control de emisiones atmosféricas, número de años en servicio
Fecha de realización del estudio
Contaminantes analizados, métodos empleados, número de pruebas o réplicas
Nombre de los observadores: Por parte del establecimiento, autoridad ambiental competente, consultores, incluyendo el cargo al cual corresponde cada uno

Resumen de resultados

Resultado de las emisiones de cada prueba o réplica, del promedio del estudio de emisión y comparación con los análisis de emisiones previos en las mismas unidades del límite de emisión que se establece en la norma
Datos de procesos relacionados para determinar el cumplimiento (ejemplo: capacidad del proceso, % de operación del equipo, tipo de equipo de control, tipo y cantidad de combustible, incluyendo la ficha técnica de este donde se especifique la capacidad calorífica y el contenido de azufre)
Determinación de los errores reales y aparentes

Operación de las instalaciones y fuentes de emisión

Descripción del proceso y número de unidades (líneas)
Diagramas de flujo de procesos y equipos
Materias primas y productos representativos
Cualquier operación especialmente requerida
Descripción de los sistemas de control: tipo, modelo, años en servicio, desempeño esperado, plan de mantenimiento, problemas operacionales (si existen)

Procedimientos de muestreo y análisis

Localización de los puertos de muestreo y dimensión del área transversal (diagrama chimenea)
Descripción del punto de muestreo, incluyendo sistema de rotulado (sección transversal de la chimenea con localización de los puntos de muestreo)
Descripción del tren de muestreo (diagrama)
Descripción de procedimientos de muestreo que se desvían de los métodos de muestreo aceptados o planes de muestreo de fuentes aprobado, y las justificaciones de las desviaciones
Descripción de los procedimientos analíticos que se desvían de los métodos de análisis de muestra aceptados, y las justificaciones de las desviaciones

Métodos y Cálculos

Ecuaciones descritas en los métodos de muestreo que correspondan
Mostrar paso a paso el cálculo completo de una prueba (corrida) de muestreo
Incluir cualquier desviación de los cálculos respectivos o métodos de muestreo
Incluir los métodos, descripción y ecuaciones
Diagrama del equipo de muestreo

Aseguramiento de Calidad

Hojas de datos de calibración de equipos: medidor de gas seco, tubos pitot, boquillas y manómetros magnehelic, entre otros

VERSION NO APROBADA

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

Hojas de datos de certificación de los gases de calibración (Si aplica)
Blancos de impactadores
Blancos de acetona y residuo del agua
Datos de linealidad instrumental (calibración multipunto)
Prueba de desempeño del analizador NO para la conversión de NO₂ a NO. (Si aplica)
Resultados del error de calibración del instrumento
Resultados del análisis de sesgo del sistema de muestreo, tiempo de respuesta y prueba de fugas
Medición y registro de la cantidad de material de lavado empleado durante el lavado, de modo que se deduzca exactamente la cantidad de residuo contenida en los blancos

Anexos

Datos de campo crudos: Fotocopia de todas las hojas de campo (escritos en tinta), fotocopia de todas las cartas registradoras de los analizadores instrumentales
Reportes de laboratorio: 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), certificado de acreditación del laboratorio, certificado de acreditación de quien realiza el muestreo
Producción bruta, declarada por el jefe de planta: aforo de los procesos, aforo de combustibles
Minuta del muestreo de la fuente documentando eventos ocurridos durante el análisis
Todos los participantes en el proyecto, incluyendo su cargo
Correspondencia relacionada

7. FRECUENCIA DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El presente capítulo presenta la frecuencia para la elaboración de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas.

7.1. 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

En la Tabla 10 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes atmosféricos para:

- Instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y para instalaciones donde se realice tratamiento a residuos no peligrosos con capacidad igual o superior a 500 Kg/hora
- Instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y para instalaciones donde se realice tratamiento a residuos no peligrosos con capacidad inferior a 500Kg/día
- Hornos cementeros que realicen coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos.

Tabla 10. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para instalaciones donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos e instalaciones donde se realice tratamiento térmico a residuos no peligrosos.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material particulado total (PST), SO ₂ , NO _x y CO	Realizar monitoreos continuos y con tomas permanentes.
Hidrocarburos Totales expresados como (CH ₄), HCl, (Cd + Tl), Metales ^(a)	Realizar análisis cada cuatro (4) meses. Se debe tomar el promedio de tres muestras. El tiempo de cada toma para cada contaminante será mínimo de una hora.
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), Manganeseo (Mn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn).	

En la Tabla 11 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 11. Frecuencias de monitoreo de contaminantes para hornos de incineración en hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o inferior a 600Kg/mes.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado Total (PST)	Realizar mediciones directas, cada seis meses y dos análisis por cada vez (uno en la mañana y otro en la tarde) Ninguno de los valores promedios podrá ser mayor al promedio horario.
SO ₂ , NO _x y CO	Realizar monitoreo cada cuatro (4) meses. Se debe tomar el promedio de tres muestras. El tiempo de cada muestra para cada contaminante será mínimo de una hora.
Hidrocarburos Totales expresados como (CH ₄), HCl y	Realizar un muestreo por año. Se debe tomar el promedio de tres muestras. El tiempo de cada muestra para cada contaminante será mínimo de una hora.

VERSION NO APROBADA

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

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
HF	
Cd + TI y Metales ^(a) :	La toma de muestra para metales pesados deberá hacerse cada 4 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)	

En la Tabla 12 se establecen las frecuencias de monitoreo de contaminantes en hornos crematorios.

Tabla 12. Frecuencias de monitoreo de contaminantes en hornos crematorios.

CONTAMINANTES	FRECUENCIAS DE MONITOREO
Material Particulado Total (PST).	Realizar análisis cada seis meses y dos análisis por cada vez (uno en la mañana y otro en la tarde). Ninguno de los valores promedios podrá ser mayor al promedio horario.
CO	Monitoreo continuo con toma permanente
Hidrocarburos Totales expresados como (CH ₄).	Realizar muestreo una vez al año. Se debe tomar el promedio de tres muestras. El tiempo de cada muestra será mínimo de una hora.
Cd + TI y Metales ^(a) :	La toma de muestra para metales pesados deberá realizarse con una frecuencia de cada 4 meses.
Sumatoria de Benzopireno y Dibenzo antraceno	Se debe hacer un monitoreo cada seis meses.

En la Tabla 13 se presentan las frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones existentes donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos. El tiempo de toma de muestra de dioxinas y furanos debe ser mínimo de cuatro (4) horas y se debe tomar el promedio de tres muestras.

Tabla 13. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos para instalaciones existentes donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos.

FRECUENCIAS DE MONITOREO	
Hasta el 31 de julio del 2009	Deberán realizar análisis de dioxinas y furanos una vez al año.
Desde 1 de agosto del 2009	Deberán realizar este análisis cada ocho (8) meses. Promedio de tres muestras.
Para las instalaciones de incineración y hornos cementeros que realicen coprocesamiento.	Con 3 a 6 años de operación, deberán realizar análisis una vez al año.
	Más de 6 años de operación deberán realizar monitoreo cada 8 meses.

En la Tabla 14 se establecen las frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos. El tiempo de toma de muestra de dioxinas y furanos debe ser mínimo de cuatro (4) horas y se debe tomar el promedio de tres muestras.

Tabla 14. Frecuencias de monitoreo de dioxinas y furanos en instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos.

FRECUENCIAS DE MONITOREO	
Primer a Segundo año de operación	Deberán realizar el análisis de dioxinas y furanos cada ocho (8) meses.
Tercer al sexto año de operación	Deberán realizar el análisis una vez al año
A partir del séptimo año de operación	Deberán realizar el análisis cada ocho (8) meses
Los incineradores ubicados en	Deberán realizar un monitoreo de Dioxinas y Furanos en el primer año.

VERSION NO APROBADA

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

FRECUENCIAS DE MONITOREO

Hospitales de Municipios de categorías 5 y 6 (ley 617/02) con capacidad inferior o igual a 600Kg/mes	En los años siguientes, deberán realizar monitoreos cada dos (2) años.
--	--

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.

7.2. Frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones para las demás actividades

A continuación se presenta la metodología para la determinación de la frecuencia de los estudios de evaluación de emisiones atmosféricas mediante el uso de unidades de contaminación atmosférica (UCA), aplicable para todas las actividades, con excepción de los procesos de incineración de residuos peligrosos y no peligrosos y centrales térmicas para los cuales se presentan frecuencias específicas en el numeral 7.1.

La metodología que se presenta consiste en la determinación de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) para cada uno de los contaminantes generados en una fuente de emisión. El objetivo de esta metodología es establecer la frecuencia con la cual realizar la evaluación de las emisiones.

La metodología para la determinación de la frecuencia del estudio de emisiones atmosféricas, deberá desarrollarse para cada uno de los ductos o chimeneas y para cada uno de los contaminantes, es decir, la frecuencia encontrada será independiente para cada ducto o chimenea y para cada contaminante y no se regirá por el máximo o por el mínimo de los periodos encontrados cuando se cuenta con dos o más ductos o chimeneas o se midan dos o más contaminantes.

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/m³ 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/m³

VERSION NO APROBADA

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

Con cada valor obtenido de la ecuación se obtiene la frecuencia de monitoreo, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 15.

Tabla 15 Frecuencia de monitoreo contaminantes de acuerdo a la Unidad de Contaminación Atmosférica

UCA	Grado de significancia del aporte contaminante	Frecuencia de monitoreo (Años)
< 0.25	Muy bajo	3
≥ 0.25	Bajo	2
≥ 0.5	Medio	1
≥ 1.0	Alto	1/2 (6 meses)
≥ 2.0	Muy alto	1/4 (3 meses)

Los establecimientos 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 (para el caso de instalaciones nuevas) o contados a partir de la obligación de evaluar sus emisiones (para instalaciones existentes) de acuerdo a lo establecido en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 o la que la modifique, adicione o sustituya con el fin de establecer dicha frecuencia.

En los casos en los que al realizar el análisis y determinación de la frecuencia con base en las Unidades de Contaminación Atmosférica, 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.

Cuando a una actividad le corresponda realizar monitoreo continuo de sus emisiones, el sistema de monitoreo continuo deberá estar instalado y operando en un tiempo no superior a 90 días calendario, contados a partir de la fecha en la cual se determinó la frecuencia de monitoreo.

Sin embargo, en aplicación del rigor subsidiario, debido a las características especiales de las emisiones atmosféricas o de la calidad del aire de la zona en donde se encuentra ubicado el establecimiento, la autoridad ambiental competente podrá solicitar el desarrollo de estudios de evaluación de emisiones atmosféricas con mayor frecuencia. A manera de ejemplo, se pueden establecer estudios con mayor frecuencia en aquellas zonas que hayan sido declaradas áreas fuentes de contaminación alta o media.

7.3. Otras condiciones

En caso que se demuestre, mediante registros históricos, que la industria genera emisiones por debajo del 60% de la norma de los contaminantes que le corresponde monitorear según lo establecido en la Tabla 3 del presente documento, la Autoridad Ambiental podrá disponer que no se sigan monitoreando dichos contaminantes, siempre y cuando se mantenga la misma capacidad de producción, proceso productivo, volumen de consumo de combustibles y los mismos puntos de emisión, en todo caso, podrá exigir la realización de monitoreos, de acuerdo a la metodología establecida en este protocolo para la determinación de la frecuencia de los Estudios de Evaluación de Emisiones Atmosféricas, mediante las Unidades de Contaminación Ambiental (UCA).

VERSION NO APROBADA

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

8.1. Consideraciones Generales

La aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería corresponde al análisis detallado de las condiciones de la fuente, de la región de influencia o cercana a la misma y de las edificaciones vecinas ubicadas en dicha región, que pueden tener influencia sobre el comportamiento de la pluma en una fuente fija; este análisis de Buenas Prácticas de Ingeniería (BPI)⁴ incluye entre otras cosas el análisis de planos arquitectónicos de planta y de corte de las edificaciones que cuentan con fuentes de emisión, una relación de las dimensiones de las estructuras (alto, ancho y distancia entre chimeneas), identificación de los sistemas de control de emisiones para cada una de las fuentes, coordenadas de las edificaciones y el análisis del impacto del descenso de la pluma y de las interferencias (presencia de edificaciones) que afectan la dispersión de los contaminantes y que puedan generar un riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

El análisis por medio de la aplicación de BPI debe permitir la identificación de todas las edificaciones que se encuentren dentro y fuera de la zona de influencia que puedan causar potencialmente descenso aerodinámico de la pluma. En este mismo sentido, es necesario incluir la siguiente información en dicho análisis:

- Altura de la edificación en la cual se genera la emisión contaminante
- Ancho proyectado y altura de la estructura cercana a la fuente de emisión
- Altura calculada del punto de descarga
- Características de la región vecina, aquella que define las estructuras cercanas y que puede ser influenciada por la descarga del contaminante

Esta información será verificada por la autoridad ambiental competente, por medio del análisis de los planos de la instalación y de la zona vecina.

Adicionalmente, a continuación se describen algunas condiciones del entorno, como los efectos aerodinámicos y la presencia de estructuras cercanas, que deben ser consideradas ya que pueden causar descenso de la pluma aumentando con esto los riesgos sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

8.1.1. Efectos aerodinámicos

Los disturbios de las corrientes atmosféricas, son generados por las fuerzas aerodinámicas en las zonas cercanas a las estructuras o a los obstáculos del terreno. Si la superficie de fricción y los gradientes de presión se combinan lo suficiente pueden producir regiones donde la corriente

⁴ US-EPA Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document Stack Height Regulations) 1985

es turbulenta, generando un área de estancamiento, es decir, de cavitación, la cual no permite la dispersión de los contaminantes.

Esta zona de cavitación tendrá interferencia directa sobre la dirección de la pluma, ya que la mantendrá en zonas bajas, incrementando posiblemente los efectos adversos sobre la salud de las personas.

8.1.2. Efectos de la presencia de edificaciones

La presencia de edificaciones cercanas al punto donde se generan las descargas de contaminantes a la atmósfera, puede generar que la pluma quede atrapada en un nivel bajo y por lo tanto que se incremente el riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente. Por lo anterior es necesario considerar aquellas estructuras y edificaciones presentes en la región vecina, con respecto al lugar donde se encuentra ubicada la fuente para la determinación de la altura de la chimenea.

8.2. Determinación de la altura del punto de descarga

Para determinar la altura del punto de descarga existen diferentes alternativas de acuerdo a las condiciones específicas de la fuente que genera la emisión. Se considera que la altura de una chimenea ó ducto se ha basado en Buenas Prácticas de Ingeniería cuando cumple alguna de las siguientes condiciones:

1. Tiene una altura de 65 metros medidos desde el nivel del suelo en la base de la chimenea.
2. Para el caso de procesos o instalaciones existentes, la altura resultante de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$H_g = 2,5H \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

H_g: Altura del ducto o chimenea de la instalación medida desde el nivel del suelo en la base de la chimenea.

H: Altura de la estructura de la fuente.

3. Para el caso de procesos o instalaciones nuevas la altura resultante de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$H_g = H + 1,5L \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

H_g: Altura del ducto o chimenea de la instalación medida desde el nivel del suelo en la base de la chimenea.

VERSION NO APROBADA

- H:** Altura de la estructura cercana a la fuente de la emisión, medida desde el nivel del suelo en la base de la chimenea.
- L:** Corresponde a la menor de las dimensiones entre el ancho proyectado y la altura de la estructura cercana.

Para la determinación de la altura de la chimenea por medio de la aplicación de Buenas Prácticas de Ingeniería se deben tener en cuenta ciertas consideraciones referentes al entorno en el cual se encuentra ubicada la fuente de emisión. A continuación se describen los pasos que se deben seguir para la determinación de dicha altura.

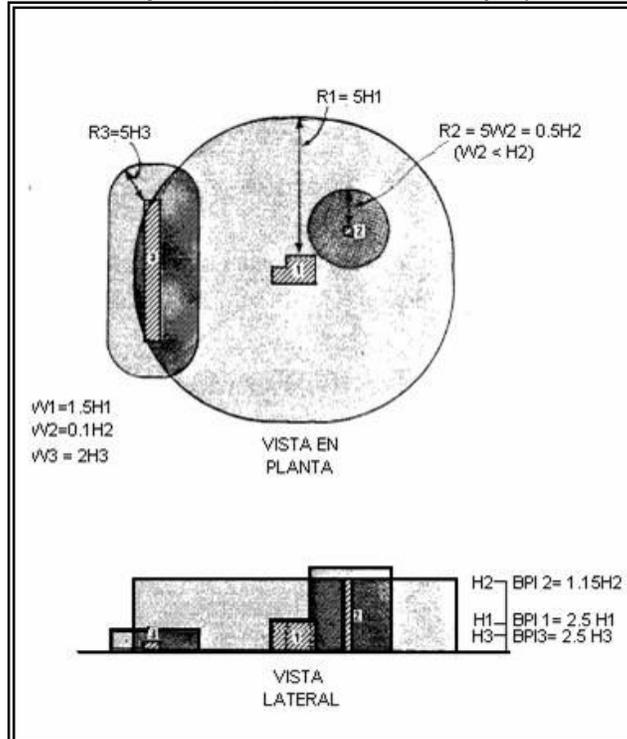
Determinación de la región cercana: Se debe determinar el área de influencia “región cercana” de la fuente que genera las emisiones de contaminantes a la atmósfera. El término “cercana” para la aplicación de las ecuaciones mostradas anteriormente, se refiere a aquellas estructuras ubicadas dentro de la región cercana, es decir, aquella enmarcada por una distancia de máximo 5 veces la altura o el ancho proyectado de la edificación en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión, medida en todas las direcciones, sin embargo, dicha distancia no debe exceder 0.8 Km.

Para la determinación de dicha región, la distancia se debe medir desde el borde de la estructura al nivel del suelo. Adicionalmente se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para el caso de estructuras bajas (aquellas cuyo alto es menor que su ancho) y para aquellas estructuras simples (aquellas que no tienen otra estructura adjunta), la región cercana se debe calcular como se muestra en Figura 5, es decir, cumpliendo la regla de 5 veces la altura de la edificación que define el término cercano.
- Para el caso de estructuras altas, (aquellas cuyo ancho es menor que su alto) el ancho empieza a ser considerado como un factor significativo. La región cercana es 5 veces el ancho proyectado en el sentido de la dirección del viento, este análisis se debe realizar en todas las direcciones tal y como se muestra en la
- Figura 6.
- Para el caso de estructuras más complejas (aquellas que presentan diferentes niveles) el análisis se debe realizar para cada uno de los niveles en el sentido de la dirección del viento. Esto quiere decir, que para la determinación de la región cercana, se debe definir la distancia correspondiente a 5 veces la altura de cada uno de los niveles de la estructura en la dirección del viento. En la Figura 7 se muestra la manera como se debe encontrar la región cercana para este tipo de estructuras.

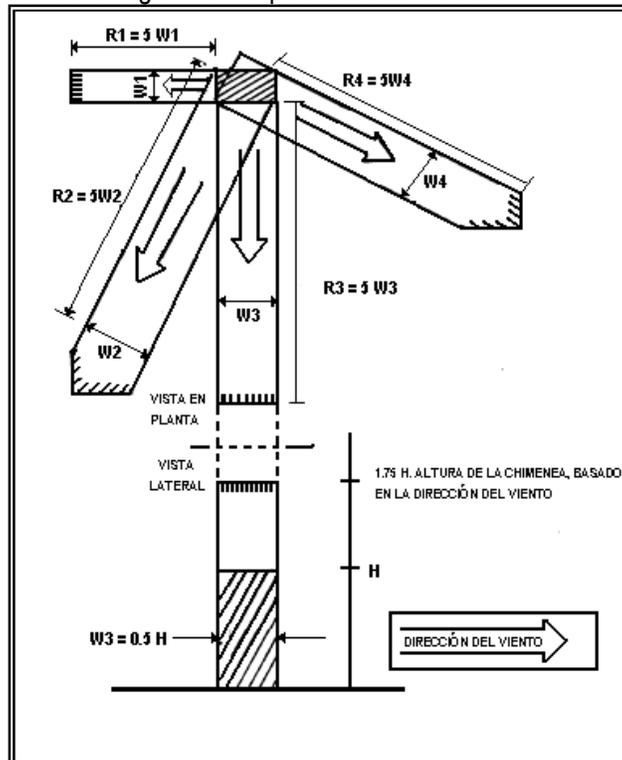
VERSION NO APROBADA

Figura 5. Determinación de la región vecina para estructuras bajas y estructuras simples.



Fuente: EPA. June 1985. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the stack height regulations)

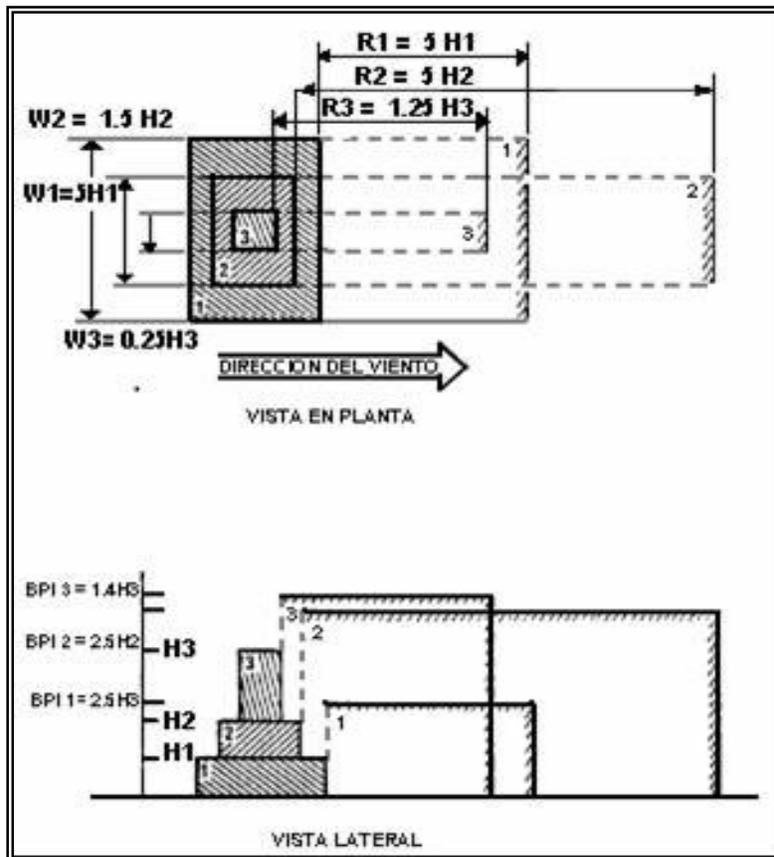
Figura 6. Determinación de la región vecina para estructuras altas.



Fuente: EPA. June 1985. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the stack height regulations)

El caso que se muestra en la Figura 7, se trata de una estructura por niveles. Para esta situación, el primer nivel tiene una región cercana R, con una extensión de la corriente baja de 5 veces su altura. El segundo nivel con una altura igual que el primero, causará una región de influencia con el doble de altura e igualmente mucho más ancha que esta. El área proyectada para la corriente del tercer nivel, ubicado sobre los dos anteriores, tiene una altura de 4 veces más que su propio ancho, sin embargo la región cercana de este nivel se extiende menos que la del nivel anterior. En este sentido la fuente debería estar localizada en el tercer nivel de la estructura para reducir los efectos generados por las emisiones, aunque por otra parte se debe considerar la región cercana que corresponde al nivel 2, ya que es aquel con mayor extensión.

Figura 7. Determinación de la región vecina para estructuras por niveles.



Fuente: EPA. June 1985. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the stack height regulations)

Identificación de la estructura cercana: Una vez identificada el área de influencia o región cercana, se debe determinar la estructura más cercana a la fuente que se encuentre dentro de la región cercana. Es necesario conocer las dimensiones de dicha estructura, que es la que se puede ver influenciada por la descarga de los contaminantes.

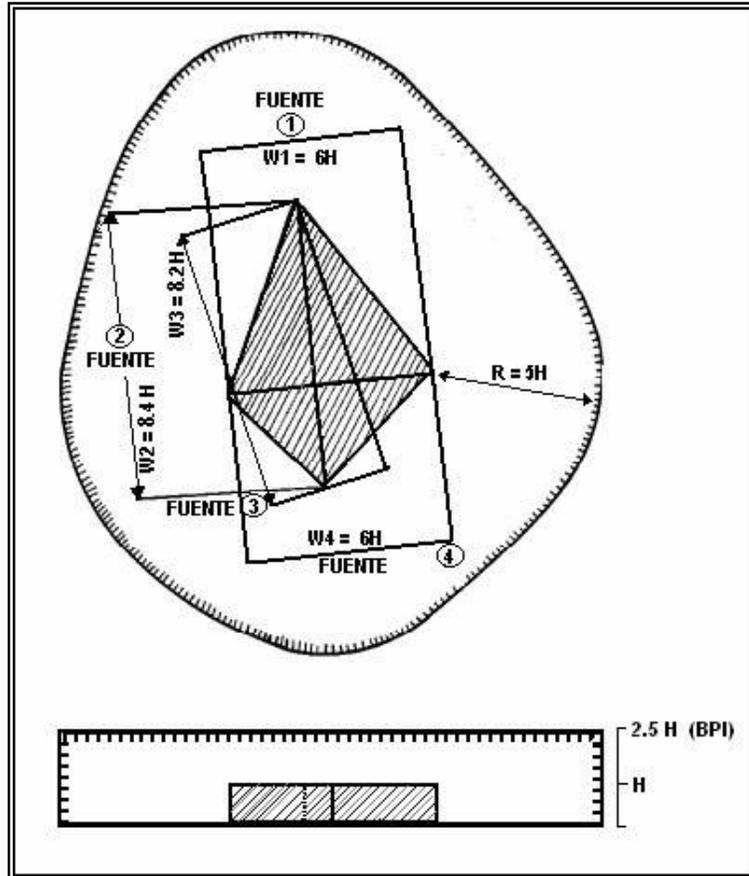
Determinación de las dimensiones de la estructura cercana: Posteriormente y una vez conocidas las dimensiones de la estructura cercana se debe definir el ancho proyectado de la misma, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

VERSION NO APROBADA

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

- El ancho proyectado de la estructura depende directamente de la dirección del viento. En este sentido en la Figura 8 se muestra el ancho proyectado para una misma estructura con cuatro direcciones del viento diferentes.

Figura 8. Determinación del ancho proyectado de las estructuras cercanas

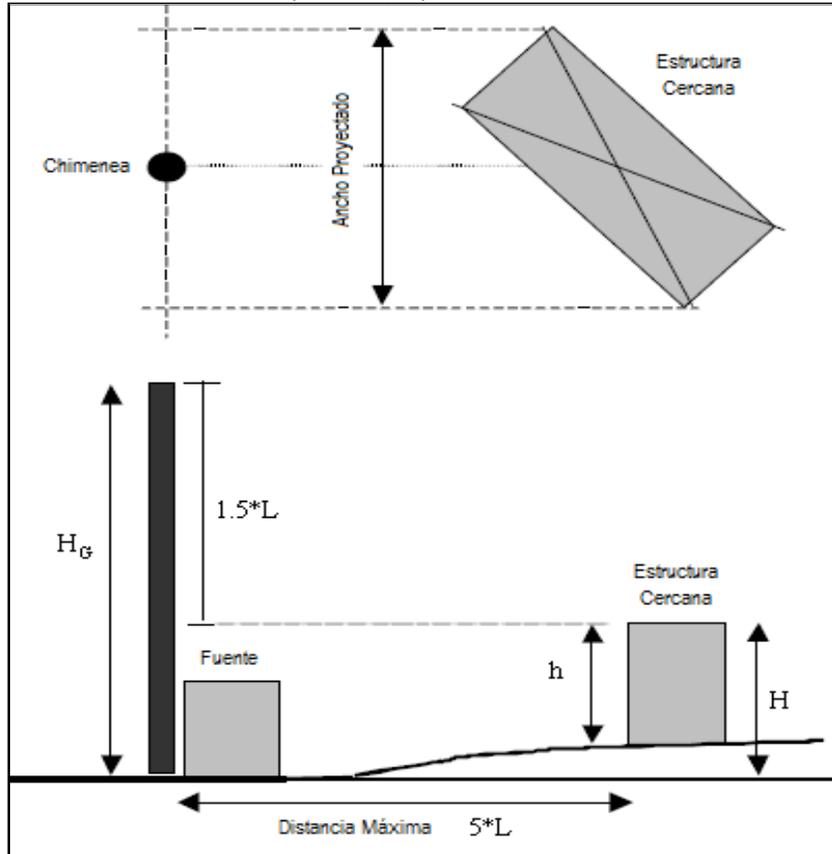


Fuente: EPA. June 1985. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the stack height regulations)

- Para el caso de estructuras que tengan techo inclinado o forma redondeada, se debe tener en cuenta la altura de la parte sólida de la edificación, es decir, que para efectos de la aplicación de las fórmulas se debe conocer y utilizar la altura de la estructura sin tener en cuenta la parte redondeada o inclinada.
- Cuando el cálculo de la altura de la chimenea se realice para estructuras asimétricas existentes, es decir, que presentan una gran variación de las dimensiones correspondientes al alto y al ancho, se debe tomar el valor más alto para el caso de la aplicación de la fórmula.

En la Figura 9 se muestra un ejemplo de la determinación de la altura y el ancho proyectado de la estructura cercana.

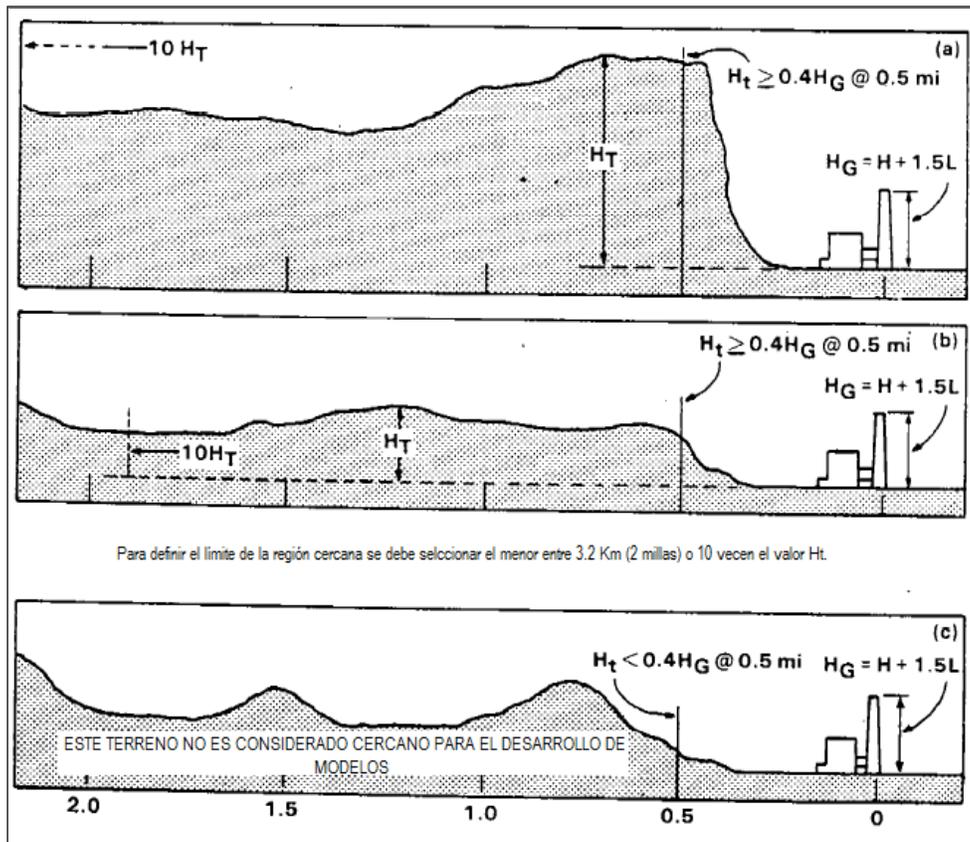
Figura 9. Determinación de la altura y ancho proyectado de la estructura cercana.



Fuente: World Bank Group. Environmental, Health and safety guidelines General EHS guidelines: Environmental air emissions and ambient air quality. April 2007

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 o 26 metros; 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 10).

Figura 10. Determinación de la extensión de la región cercana.



Fuente: EPA. June 1985. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the stack height regulations)

4. 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 concentración de algún contaminante en el aire, 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.

Sin embargo, para definir la aplicación de esta alternativa se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando la concentración de contaminantes en el aire excluyendo el aporte realizado por el establecimiento (concentración de fondo) no sobrepasa los límites establecidos en la
-
- Tabla 16 y el incremento en la concentración de los contaminantes en el aire por causa de los contaminantes emitidos por el establecimiento no sobrepasen los límites establecidos en esta tabla, el aporte realizado por el ducto o chimenea puede ser superior al 40%.

Tabla 16 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.

CONTAMINANTE	PROMEDIO	MÁXIMA CONCENTRACIÓN
Material Particulado MP	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 de contaminantes en el aire excluyendo el aporte realizado por el establecimiento (concentración de fondo) es inferior a los límites establecidos en la Tabla 17 y el incremento en la concentración de los contaminantes en el aire por causa de los contaminantes emitidos por el establecimiento sobrepasen 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 Tabla 17.
- No será aplicable cuando la concentración de contaminantes en el aire excluyendo el aporte realizado por el establecimiento (concentración de fondo) sobrepase los límites de calidad del aire establecidos en la Tabla 17.

Tabla 17 Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire.

CONTAMINANTE	PROMEDIO	MÁXIMA CONCENTRACIÓN
Material Particulado MP	Anual	50 µg/m ³
Dióxido de Nitrógeno NO ₂	Anual	100 µg/m ³
Dióxido de Azufre	Anual	80 µg/m ³
Hidrocarburos totales	4 meses	1,5 µg/m ³
Plomo (Pb)	Anual	0,5 µg/m ³
Cadmio (Cd) y sus compuestos	Anual	5 x 10 ⁻³ µg/m ³

- No podrán aplicar esta alternativa aquellos establecimientos donde uno o más de los contaminantes que genera no tengan establecido nivel máximo de concentración en el aire, caso en el cual deberán calcular la altura de la chimenea mediante la aplicación de las ecuaciones 1 o 2.

VERSION NO APROBADA

9. CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS

A continuación se presenta una descripción de las actividades que están en cabeza de las autoridades ambientales y se trazan algunos lineamientos para realizar las mismas, específicamente en relación con las emisiones generadas por fuentes fijas.

9.1. Actividades de control y vigilancia

Las principales actividades asociadas con la verificación de la realización de los estudios de emisiones atmosféricas incluyen:

- Revisión del procedimiento de estudio de emisiones atmosféricas de fuentes fijas
- Preparación de las actividades de verificación en campo
- Verificación y auditoría del estudio de emisiones en campo
- Informe de actividades de verificación y auditoría
- Revisión del reporte o estudio de emisiones
- Aseguramiento del cumplimiento y seguimiento normativo

9.1.1. Revisión del procedimiento de estudio de emisiones atmosféricas de fuentes fijas

La actividad que planea realizar la evaluación de sus emisiones deberá enviar el procedimiento del estudio de emisiones de fuentes fijas o estudio de emisiones que planea realizar, para su respectiva aprobación, sin embargo, es posible enviar un documento resumido si se indica que se realizará el estudio de emisiones siguiendo lo establecido en el presente protocolo. Cuando el establecimiento deba realizar variaciones al método o los procedimientos establecidos en este protocolo o se presenten situaciones especiales de la fuente, el establecimiento deberá presentar y justificar un documento que explique en detalle los cambios realizados, bajo las condiciones establecidas en el protocolo y en adelante si así lo estima la autoridad ambiental competente, se constituirá en el documento de referencia que utilice la autoridad ambiental para evaluar la representatividad del muestreo y análisis.

Si la autoridad ambiental competente ha realizado el requerimiento de presentar el análisis dentro de un plazo específico, y no se envía el estudio de emisiones con la suficiente anterioridad, la autoridad ambiental podrá tomar acciones administrativas por demora en la presentación de resultados.

Si no existe requerimiento específico en cuanto a la entrega del estudio de emisiones, la autoridad ambiental competente debe determinar si la fecha de envío permite el tiempo suficiente para revisar el documento basado en la carga de trabajo actual, la complejidad del estudio, familiaridad con la fuente o los métodos de muestreo y análisis, la urgencia para obtener los resultados de emisión, entre otros. Si la autoridad ambiental determina que el estudio de emisiones no se puede revisar y aprobar previo a la fecha de realización del estudio, es necesario notificar al establecimiento que la fecha de realización del estudio deberá ser reprogramada para una fecha posterior.

VERSION NO APROBADA

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

El estudio de emisiones debe ser revisado y comparado contra los requerimientos previos (incluyendo los requerimientos de carga operacional de la fuente), los procedimientos establecidos en este protocolo y los métodos permitidos. Para que una evaluación de emisiones sea válida ante la autoridad ambiental, el establecimiento debe tener previamente aprobado el estudio de emisiones. Los comentarios que se realicen al establecimiento durante el acompañamiento de la autoridad ambiental a la realización del estudio de emisiones, en relación con el procedimiento de muestreo y análisis, deben ser constructivos y deberán establecer claramente cualquier petición adicional sobre información suplementaria.

9.1.2. Preparación de las actividades de verificación en campo

La autoridad ambiental debe verificar que los procedimientos de muestreo y análisis sean implementados correctamente. Por ello, la autoridad ambiental debe estar familiarizada con la fuente, los requerimientos establecidos previamente, el documento del estudio de emisiones, los métodos de muestreo y análisis a emplear y demás requerimientos realizados por la autoridad ambiental. El personal que representa la autoridad ambiental competente y que realice la visita debe llevar a campo el documento del estudio de emisiones, copia del requerimiento efectuado al establecimiento (si existe) y formularios apropiados para la verificación del estudio en sitio.

La autoridad ambiental debe conocer previamente los requisitos de seguridad del establecimiento en el cual se realizará el estudio y debe contar con los equipos de seguridad apropiados. Normalmente este equipo incluye:

- Casco rígido
- Gafas de seguridad
- Zapatos de seguridad
- Protección auditiva

Si ha transcurrido una cantidad considerable de tiempo entre la aprobación del documento con el estudio de emisiones y la fecha de realización del estudio, la autoridad ambiental competente deberá contactar al representante para el estudio de emisiones atmosféricas del establecimiento días antes, para verificar que el estudio se realizará como se había planeado inicialmente.

9.1.3. Verificación del estudio de emisiones en campo

La autoridad ambiental competente debe determinar si cada parte del programa de ejecución del estudio es consistente con el documento del estudio de emisiones. Si el procedimiento o alguna pieza del equipo son diferentes con respecto al contenido del documento, la autoridad ambiental debe informar al funcionario que representa al establecimiento. Es de particular interés la verificación del nivel de operación del equipo durante el estudio relativo al nivel de operación normal. Puesto que los estudios buscan normalmente ser realizados a condiciones normales de operación, la autoridad ambiental debe verificar que el equipo está operando a la carga apropiada. Este requerimiento de operación debe estar definido en el documento del estudio de emisiones. El equipo en evaluación debe estar operando cuando menos al 90% de la capacidad de operación promedio de los últimos doce (12) meses.

Cuando surgen interrogantes relacionados con la consistencia de las actividades de campo y el documento del estudio de emisiones, que no pueden ser resueltas durante la visita, se dejará constancia de su análisis posterior por parte de la autoridad ambiental. El establecimiento deberá

VERSION NO APROBADA

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

responder inmediatamente al cumplimiento de lo establecido en el documento del estudio de emisiones presentado previamente. Todos los datos de análisis o muestras recogidas de manera inconsistente con relación al documento del estudio de emisiones serán invalidados por la autoridad ambiental.

Cuando el establecimiento proponga un procedimiento alternativo al que aparece en el documento del estudio de emisiones, la autoridad ambiental determinará si este procedimiento es aceptable antes de permitir continuar con el programa de ejecución del estudio, para lo cual se verificará que sea uno de los métodos aprobados por la US-EPA y que aplique a la actividad en evaluación.

Cuando la autoridad ambiental esté presente y observe el programa de realización del estudio debe permanecer el mayor tiempo que sea posible. Cuando menos, deberá observar una corrida o réplica completa, por cada tipo de muestreo, por la evaluación de cada fuente. El establecimiento podrá iniciar el estudio sin la presencia de la autoridad ambiental, sin embargo, la autoridad ambiental podrá invalidar los datos de análisis y muestras recogidas si encuentra evidencias que sugieren que los datos o las muestras no fueron obtenidos de modo consistente con el documento del estudio de emisiones. Adicionalmente, si la autoridad ambiental ha estado una buena parte del tiempo de realización del estudio y considera que este se realizará de manera consistente con el documento del estudio de emisiones, se puede retirar del sitio y permitir al establecimiento continuar con el estudio.

La autoridad ambiental debe diligenciar los formularios del método instrumental o método de muestreo que sean apropiados para cada corrida o réplica. Los formularios deben estar tan completos y detallados como sea posible, para permitir que el evaluador del estudio de emisiones compare los resultados finales contra los resultados preliminares y datos crudos.

Los datos de análisis o las muestras recogidas en campo, pueden ser invalidadas en el sitio de monitoreo o en la oficina, una vez se evalúe el reporte entregado.

El documento del estudio de emisiones es la guía primaria para determinar la validez del procedimiento de análisis o desarrollo del estudio. Todas las desviaciones del documento o de los métodos de análisis de referencia deben ser aprobadas por la autoridad ambiental antes de ser implementados. El documento del estudio de emisiones tiene mayor prelación sobre otros documentos, una vez ha sido aprobado por la autoridad ambiental competente.

9.1.4. Informes de actividades, conceptos, memorandos internos y otros documentos

Para estudios en los cuales se hayan presentado problemas de incumplimiento o anticipadamente se sabe que no cumplen, el profesional encargado de la visita deberá reportar un memorando dirigido al archivo de expedientes con una copia dirigida al funcionario responsable del seguimiento al establecimiento. El memorando deberá contener un resumen del programa de muestreo y análisis, incluyendo los resultados preliminares, estado de cumplimiento estimado y cualquier problema experimentado. Una vez diligenciados los formatos de observaciones deben ser archivados adecuadamente. El memorando deberá referenciar el formulario donde se realizan las observaciones. Si el estudio revela que el establecimiento se encuentra cumpliendo, es suficiente elaborar un oficio de notificación al establecimiento y un memorando comunicando a la oficina de expedientes sobre el cumplimiento, para que sea archivado en el expediente correspondiente.

VERSION NO APROBADA

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

9.1.5. Revisión del reporte o estudio de emisiones atmosféricas

Si la autoridad ambiental realizó una visita en campo durante la evaluación de las emisiones, el personal que realizó la visita deberá ser el mismo que revisa el estudio de emisiones. En caso de que una persona diferente al funcionario de la autoridad ambiental que hizo el seguimiento al monitoreo revise el reporte, éste deberá tener presente las observaciones realizadas en el informe preliminar sobre el mismo.

La autoridad ambiental deberá verificar que el reporte de análisis del estudio de emisiones se envió dentro de los plazos estipulados por los requerimientos realizados a la fuente. El reporte del análisis debe enviarse dentro de los 60 días posteriores a la realización del estudio.

No es motivo de invalidación de resultados de análisis los errores en la reducción de datos, cálculos o interpretación de datos. La validez de los resultados se determina a partir de los datos crudos contenidos en el reporte. Si el reporte de datos crudos permite a la autoridad ambiental competente realizar correcciones a algunos apartes del reporte, estas correcciones se introducirán al respectivo informe o concepto técnico que se elabore.

Los resultados del análisis pueden invalidarse si el procedimiento de muestreo y análisis no cumple con lo establecido en el presente protocolo o con lo establecido en el documento del estudio de emisiones, aprobado previamente por la autoridad ambiental.

El evaluador del reporte del estudio de emisiones debe tener conocimiento del documento del estudio de emisiones y los requerimientos técnicos y legales realizados al establecimiento y deberá verificar que el procedimiento de muestreo y análisis satisface todos los requerimientos realizados al establecimiento. Deberá además, verificar los datos crudos, el procedimiento de reducción y transformación de datos y cálculos de al menos una corrida o réplica de cada tipo de muestreo y análisis. Cuando el estudio se ha realizado con equipo instrumental se debe incluir la verificación de la lectura adecuada de las cartas o registros de análisis, la desviación aceptable del procedimiento de calibración, el cálculo y promedio correcto de la concentración de los contaminantes y el cálculo correcto de los valores de emisión másica y volumétrica.

El evaluador deberá redactar un oficio dirigido al representante del establecimiento con copias al archivo del expediente y al encargado de realizar el seguimiento al establecimiento. El oficio deberá incluir el estado de cumplimiento de la emisión de cada fuente analizada y los resultados de análisis aprobados por la autoridad ambiental, si difieren de aquellos presentados en el reporte.

9.1.6. Cumplimiento normativo

El estudio de emisiones de fuentes fijas consiste en el análisis de una muestra o réplica, sin embargo, la autoridad ambiental podrá requerir la realización de dos o máximo tres réplicas. Cada una de estas réplicas tiene una duración de cuarenta (40) a sesenta (60) minutos, y en algunos casos más tiempo. El cumplimiento con los límites del permiso, o el cumplimiento normativo, se determina mediante la comparación de la emisión permisible con el resultado del estudio. Si ocurre un cambio en las condiciones de operación de la fuente (lo cual se determina a partir de la información recogida en campo) durante la realización del estudio, se invalidarán los resultados obtenidos a menos que dichos cambios hayan sido aprobados previamente por la autoridad ambiental.

VERSION NO APROBADA

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

Cuando una fuente incumple un valor límite, se deberá remitir un memorando sobre el incumplimiento a la oficina jurídica, quien deberá comunicar en los términos legales que se encuentra incumpliendo, y debe repetir el estudio de emisiones para verificar el cumplimiento. Si después de realizado un estudio posterior, se verifica que el establecimiento aún sigue incumpliendo, cada día de operación posterior al día del hallazgo se puede tomar como una nueva violación a menos que el establecimiento tome acciones pertinentes, con aprobación de la autoridad ambiental, para que la fuente vuelva a su estado de cumplimiento. Si el establecimiento considera que no está o estará en violación, puede tomar acciones de variación de las condiciones de operación de la fuente, los cuales son considerados como esfuerzos de tipo administrativo consistentes con la normatividad ambiental nacional y local, para evitar la contaminación atmosférica.

Si el establecimiento tiene la capacidad de proporcionar evidencia donde se verifique que la causa del incumplimiento ha sido remediada, o que la determinación del mismo fue por una mala interpretación de información, la autoridad ambiental competente podrá conceptuar que no se requieren esfuerzos adicionales durante el periodo comprendido entre la fecha de realización del estudio y la fecha de realización de un nuevo estudio, es decir, dentro de los periodos establecidos por la normatividad nacional o requerimiento expreso de la autoridad. En tal caso es lógico asumir que el cumplimiento se ha alcanzado de nuevo, ya que un nuevo análisis lo confirmaría. En cualquier caso, la repetición de un estudio de emisiones se requiere siempre para verificar el cumplimiento. La repetición del estudio de emisiones deberá ser realizada tan expeditamente como sea posible.

9.1.6.1. Determinación del cumplimiento en sitio durante la visita

Los resultados preliminares obtenidos por la autoridad ambiental en sitio pueden indicar que las emisiones no están cumpliendo con las normas nacionales, condiciones del permiso o requerimientos especiales. Si los resultados preliminares del estudio indican una gran desviación frente al cumplimiento, el procedimiento de muestreo y análisis se debe continuar hasta que se recoja suficiente información (datos) para demostrar el incumplimiento. La autoridad ambiental deberá determinar la cantidad de datos necesarios para demostrar el incumplimiento (como mínimo, se deberá completar una corrida).

Si un ajuste relativamente pequeño o reparación lleva a la fuente al cumplimiento dentro de pocas horas, el establecimiento debe avisar oportunamente para repetir el estudio de emisiones. Si estos ajustes no llevan a la fuente al estado de cumplimiento (basado en un nuevo muestreo), se debe comunicar al establecimiento que cada día de operación puede ser considerada una violación adicional a la normatividad.

En todos los casos, si el estudio de emisiones muestra claramente que la fuente está por fuera del cumplimiento, la autoridad ambiental deberá redactar una nota de incumplimiento en el sitio. Si la autoridad ambiental tiene incertidumbre acerca del estado de cumplimiento de la fuente, podrá resolver sobre la situación de incumplimiento posteriormente.

9.1.6.2. Determinación del cumplimiento durante la revisión del estudio

Si en el proceso de evaluación del reporte de análisis de la fuente se descubre un incumplimiento, la autoridad ambiental deberá verificar dicho incumplimiento. Posteriormente, la autoridad ambiental deberá notificar al establecimiento sobre el estado de incumplimiento y las condiciones de operación futura de la fuente. La nota de incumplimiento se deberá enviar

VERSION NO APROBADA

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

mediante correo certificado y estar acompañada de una resolución expedida mediante las normas internas de la autoridad ambiental.

9.2. Perfil y entrenamiento del personal

Para efectos de realizar la gestión a fuentes fijas de una manera racional y oportuna, se recomienda que el personal de la autoridad ambiental encargada de la parte técnica y ambiental disponga de profesionales técnicos de planta, es decir, que se encuentren laborando y tengan funciones definidas de tiempo atrás, para que se incorporen las funciones que a continuación se mencionan:

- Coordinación de fuentes fijas
- Supervisión de estudios de emisiones atmosféricas
- Auditorías a estudios de emisiones atmosféricas.

A continuación se describen las actividades que realizará el personal:

Coordinador de fuentes fijas. Debe realizar actividades en su mayoría administrativas, relacionadas con el estado de cumplimiento o incumplimiento de los establecimientos, debe tener estrecha comunicación con la subdirección técnica y ambiental, y con la oficina jurídica para coordinar las acciones policivas, cuando estas tengan lugar. La persona que adopte estas actividades puede estar además encargado de administrar las actividades relacionadas con la emisión atmosférica de fuentes fijas a nivel macro, realizando otras actividades, como inventario de fuentes fijas y programas de reducción de la contaminación, entre otras.

Supervisor de estudios de emisiones atmosféricas. Debe realizar actividades en su mayoría técnicas, relacionadas con aseguramiento y control de calidad de los estudios de emisión, razón por la cual debe tener amplio conocimiento de los métodos y procedimientos de muestreo y análisis aprobados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), y ser capaz de resolver conflictos sobre procedimientos o métodos alternativos, cuando se presenten conflictos o inconvenientes en campo, durante el desarrollo del estudio de emisiones. Esta persona también podrá realizar auditorías de campo y además las actividades de control y seguimiento que establece la normatividad nacional.

Auditor de estudios de emisiones atmosféricas. Debe desempeñar funciones técnicas, con buenos conocimientos en los métodos y procedimientos de análisis aprobados por el MAVDT. Es el encargado de realizar las visitas de campo para verificar que el estudio se desarrolla con los equipos, métodos y procedimientos aprobados por el MAVDT, y las que se establecen en este protocolo, además de las actividades de control y seguimiento que establece la normatividad nacional.

9.3. Estrategias y técnicas de vigilancia

Las estrategias y técnicas que se entregan a continuación corresponden a guías de carácter general que pueden ser implementadas por las autoridades ambientales en el contexto regional, en la medida que ellas sean propias o particulares a los fenómenos de contaminación atmosférica local. A continuación se plantean algunas actividades de carácter nacional, regional y local.

VERSION NO APROBADA

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

9.3.1. Actividades de carácter nacional

9.3.1.1. Protocolo de inventario de emisiones

Establecer un protocolo para la elaboración de inventarios de emisiones normalizados donde se registren todas las variables posibles sobre los fenómenos de emisión atmosférica por fuentes fijas, información de calidad del aire y los principales procesos de generación. En este sentido, es importante poner a prueba los formatos de registros existentes y verificar su utilidad.

9.3.1.2. Apoyo a autoridades ambientales

Apoyar a las autoridades ambientales locales en el proceso de realizar el inventario de fuentes fijas y administración de la información, para que esta información sea útil a nivel local y nacional.

9.3.2. Actividades de carácter local o regional

9.3.2.1. Normas locales

A partir de las normas establecidas a nivel nacional, definir normas de emisión locales más restrictivas cuando se presenten escenarios de calidad del aire que puedan afectar la salud de la población.

9.3.2.2. Inventarios de emisiones

La realización del inventario de emisiones y el mantenimiento del mismo se debe incorporar como una actividad diaria para que este proceso se pueda realizar de manera eficaz, razón por la cual se debe crear una base de datos, con ayuda de la autoridad ambiental nacional para unificar criterios de orden nacional.

9.3.2.3. Definición de objetivos

Los objetivos se deben formular como marcos de ordenamiento y no como soluciones, y deben estar enmarcados a cambios operacionales de las actividades industriales, contemplando en última instancia requerimientos sobre especificaciones de diseño y tecnológicos para el control de la emisión.

9.3.2.4. Definición de prioridades

Establecer los contaminantes con mayores impactos en la salud de la población, con el fin de establecer prioridades orientadas a definir los contaminantes objetivos, las diferentes fuentes que causan o son responsables de emitir esos contaminantes y las regiones donde se presentan mayores episodios de contaminación. Las prioridades se pueden ordenar de acuerdo al contaminante, el sector industrial y la región geográfica.

9.3.2.5. Indicadores de gestión

Las estrategias que se implemente deben ser verificables, y esto se logra estableciendo las variables que se elijan para realizar seguimiento. Después de alcanzado un periodo de tiempo, se deben evaluar los alcances logrados con las medidas.

VERSION NO APROBADA

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

9.3.2.6. Análisis de riesgo

Realizar evaluación comparativa del riesgo para una región en particular, en la cual se considere que existen problemas marcados de contaminación atmosférica, para establecer normas más restrictivas. La evaluación comparativa del riesgo proporciona un marco general para evaluar problemas ambientales que afectan la salud humana, a partir de información existente sobre registros de calidad del aire. Este instrumento conceptual permite además definir objetivos, prioridades y reglamentar normas más restrictivas.

9.3.2.7. Participación ciudadana

Tener en cuenta a toda la población en el proceso de gestión de la calidad del aire, a la hora de definir prioridades, presentando al público en general la información generada en la evaluación comparativa del riesgo.

9.3.2.8. Fomento a la investigación

Realizar un proceso de acercamiento a las instituciones educativas proponiendo áreas de investigación que ayuden a las autoridades ambientales a entender y solucionar los problemas de contaminación atmosférica. Considerar aquellos proyectos donde se realicen trabajos multidisciplinarios que integren toda la cadena productiva, incluyendo los aspectos económicos, sociales y tecnológicos, entre otros. Aprovechar la información existente para realizar análisis o proyecciones de posibles escenarios.

ANEXO 1. ACTIVIDADES INDUSTRIALES OBJETO DE CONTROL Y VIGILANCIA

A 1. Industria productora de cemento

La manufactura de cemento involucra actividades de minería; fractura y molienda de materias primas (principalmente caliza y arcilla); calcinación de los materiales en un horno rotatorio; enfriamiento del Clinker (o escoria) resultante; mezcla del Clinker con yeso; molienda, almacenamiento y empaquetado del cemento o producto terminado. El proceso genera una variedad de residuos, incluyendo polvos, el cual se captura y recicla durante el proceso. El proceso consume gran cantidad de energía, por esto los gases de enfriamiento del Clinker se utilizan como aire secundario para realizar la combustión. Existen dos tipos de procesos, húmedos y secos. Los procesos secos emplean precalentadores y precalcinadores, razón por la cual son económica y ambientalmente preferibles a los procesos húmedos, el consumo de energía puede llegar hasta la mitad de los procesos húmedos.

A 2. Industria de producción de ácido nítrico

Se puede producir ácido nítrico como un intermediario en el proceso de manufactura de nitrato de amonio (NH_4NO_3), el cual se utiliza como fertilizante. El ácido nítrico también se utiliza en oxidación orgánica para manufactura de ácido tereftálico y otras sustancias orgánicas. Se emplea en la manufactura de explosivos por nitraciones orgánicas. Esta nitración se emplea para producir nitrobenzeno, dinitrotoluenos, y otros químicos intermedios. Dentro de algunos usos del ácido nítrico figuran la separación del oro y la plata, la elaboración de municiones militares, fotograbado y acidificación de roca fosfórica.

El ácido nítrico se produce por dos métodos; el primero emplea oxidación, condensación, y absorción para producir ácido nítrico débil; pudiéndose concentrar entre el 30 y el 70%. El segundo método combina la deshidratación, blanqueo, condensado y absorción para producir ácido nítrico concentrado a partir del ácido nítrico débil. El ácido nítrico concentrado generalmente contiene más de 90% de ácido nítrico.

A 3. Industria de producción de ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es una materia prima básica, empleada para una amplia variedad de procesos industriales y en operaciones de manufactura. Es ampliamente utilizado en la producción de fertilizantes de fosfatos. También tiene otros usos, como la lixiviación de cobre, producción de pigmentos orgánicos, refinación del petróleo, producción de papel y manufactura de productos orgánicos por parte de la industria química.

Las plantas de procesos de contacto se clasifican de acuerdo a la clase materiales cargados, como son quemado del azufre elemental, de ácido sulfúrico agotado y quemado del H_2S , y mineral metal de azufre y quemado del gas del fundidor.

A 4. Industria de producción de ácido clorhídrico

La obtención de ácido clorhídrico se puede dar por alguno de los siguientes procesos: Síntesis a partir de los elementos H_2 y Cl_2 , reacción de cloruros metálicos, particularmente cloruro de sodio con ácido sulfúrico ó sulfato de hidrógeno, también como un subproducto que resulta de la clorinación en la producción de diclorometano, tricloroetileno, percloroetileno ó cloruro de vinilo. Además se puede obtener por medio de la descomposición térmica de los metales pesados en

VERSION NO APROBADA

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

cloruro hidratado proveniente del licor gastado en el tratamiento de remoción de impurezas o también se puede obtener como producto de la incineración de residuos orgánicos clorinados. Luego del proceso de clorinación, el ácido clorhídrico es pasado a través de una columna de absorción, donde el ácido clorhídrico líquido es producido por la absorción de los vapores contenidos en la solución débil de ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico liberado en los gases de la clorinación es removido posteriormente en el proceso.

A 5. Industria molinera

El movimiento de granos generalmente es realizado por *molinos* u otras instalaciones donde los granos se reciben, almacenan y después distribuyen para uso directo, procesos de manufactura, se exportan o importan. Los molinos generalmente realizan las operaciones de almacenamiento, limpieza, secado y mezclado.

A 6. Fabricación de productos farmacéuticos

En un proceso típico por cochadas, reactivos sólidos y solventes son cargados en un reactor, en donde son sometidos usualmente a temperatura, hasta que se obtiene el producto deseado. El solvente es destilado y el residuo crudo muchas veces es tratado mediante la adición de solventes para purificarlo. El material purificado es separado del solvente remanente mediante centrifugación y finalmente es secado para remover las últimas trazas de solvente. Como una regla, el solvente recuperado se utiliza en los pasos del proceso en donde es conveniente. Algunas operaciones incluyen algunas pérdidas pequeñas de solventes y los vapores son ventilados a la atmósfera.

A 7. Industria productora de llantas y cámaras de caucho natural y sintético

La manufactura de llantas de caucho se realiza a través de once etapas, que incluyen mezcla (pesado y combinación de ingredientes como caucho natural y sintético, aceite, negro de humo, óxido de zinc, azufre, entre otros), molienda, extracción, calandrado, fabricación de la pasta, cementado (adición de adhesivos o solventes), enfriamiento, construcción de carcasas, aplicación de lubricante, vulcanizado, y terminado.

A 8. Producción de caprolactama

La Caprolactama es producida usando como materias primas Ciclohexanona y Sulfato de Hidroxilamina (Hyam). El proceso está dividido en las siguientes etapas: oximación, rearreglo, neutralización, extracción, intercambio iónico, hidrogenación, evaporación y destilación. Durante las etapas de oximación y neutralización se produce como subproducto sulfato de amonio.

La reacción de oximación es llevada a cabo entre la Ciclohexanona y el Hyam a una temperatura de 80°C y presión atmosférica. Durante la reacción se libera ácido sulfúrico el cual es neutralizado utilizando agua amoniacal produciendo como subproducto el Sulfato de Amonio. La oxima produce Caprolactama mediante una reacción conocida como rearreglo de Beckman, la cual se lleva a cabo en un medio ácido mezclando Óleum y oxima en cantidades apropiadas en un reactor continuo y agitado a una temperatura de 125°C. La mezcla resultante es llevada a una etapa de neutralización con agua amoniacal en donde se produce una cantidad adicional de Sulfato de Amonio. La mezcla resultante de Caprolactama, Sulfato de Amonio, agua e impurezas, se lleva a un separador en donde por diferencia de densidades se separan las dos fases. La fase inferior contiene Sulfato de Amonio y una pequeña cantidad de Caprolactama (2%

VERSION NO APROBADA

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

en peso) y la fase superior contiene en su mayoría Caprolactama (70% en peso). Para eliminar las impurezas y separar el Sulfato de Amonio de la Caprolactama se hacen necesarias las etapas de extracción, intercambio iónico e hidrogenación.

Extracción: Debido a que la fase inferior del separador contiene una pequeña cantidad de Caprolactama, ésta es extraída usando Benceno como solvente. El Sulfato de Amonio resultante es enviado al tanque de almacenamiento de la Planta de Fertilizantes. La fase superior que contiene en su mayoría Caprolactama, es extraída también con Benceno y luego nuevamente extraída con agua, para producir una mezcla de caprolactama-agua libre de la mayoría de impurezas. El Benceno con las impurezas removidas es recuperado en un sistema de destilación y almacenado en un tanque interno de la planta para volver a usarlo en el proceso de extracción. Las impurezas que son removidas del Benceno son recuperadas para su posterior incineración.

Sección de Intercambio Iónico: Debido a que pequeñas trazas de Sulfato de Amonio y algunas impurezas persisten en la mezcla de Caprolactama - agua es necesario utilizar la etapa de intercambio para eliminarlas. Esta sección consta de dos sets de tres columnas de intercambio iónico cada uno, uno de ellos en operación y el otro en regeneración o espera. La mezcla de Caprolactama agua se hace pasar a través del set de resinas para remover la mayoría de impurezas y trazas de Sulfato de Amonio. Debido a que durante este proceso las impurezas se adhieren al cuerpo de las resinas, éstas se agotan o se saturan perdiendo su capacidad. Para recuperar las resinas nuevamente se hace necesario iniciar un ciclo conocido como regeneración para utilizarlas nuevamente. La regeneración debe hacerse con HNO₃ y NaOH diluidos los cuales restablecen la capacidad de la resina. Los efluentes producidos en su mayoría soluciones diluidas de HNO₃ y NaOH, son enviados a un sistema de neutralización para su disposición.

Sección de Hidrogenación: Debido a que prácticamente es imposible remover todas las impurezas presentes, algunas de ellas en cantidades menores a 50 ppm son de carácter insaturado y susceptibles a oxidarse a través del tiempo produciendo un color no deseado en el producto final. Por esta razón, se realiza un proceso de hidrogenación catalítico con el propósito de saturar las pequeñas impurezas presentes y evitar su oxidación durante el proceso de almacenamiento.

A 9. Industria de producción de mezclas asfálticas

La industria de cubierta asfáltica elabora rollos saturados con asfalto, los cuales pueden ser hojas de fibra de vidrio o algún material orgánico. Muchos de estos productos se emplean en la construcción de techos, terrenos, paredes y otras aplicaciones.

La producción de cubiertas asfálticas consta de seis operaciones, que incluyen saturación del fieltro, barnizado, aplicación de superficie mineral (superior e inferior), enfriamiento, secado, terminado (cortado, laminado, entre otras) y empaque. Hay también otras seis operaciones importantes accesorias que se realizan para llevar a cabo el proceso e incluyen almacenamiento del asfalto, soplado, almacenamiento de grava diminuta, almacenamiento del relleno, calentamiento del relleno, y mezclado del relleno con el barniz de asfalto. Generalmente se emplean dos sustratos para la cubierta asfáltica, orgánica (papel) y fibra de vidrio. La elaboración de estos productos utilizando los dos sustratos difiere principalmente en la eliminación del proceso de saturación cuando se emplea fibra de vidrio.

VERSION NO APROBADA

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

A 10. Industria de fundición de acero

El acero es una aleación de hierro y carbono. Se produce en un proceso de dos fases. Primero el mineral de hierro es reducido o fundido con coque y piedra caliza, produciendo hierro fundido que es moldeado como arrabio o conducido a la siguiente fase como hierro fundido. En la segunda fase, la de acería, tiene por objeto reducir el alto contenido de carbono que el coque introdujo al fundir el mineral y eliminar, las impurezas tales como azufre, fósforo, etc., al mismo tiempo elementos como manganeso, níquel, cromo o vanadio son añadidos en forma de ferro-aleaciones para producir el tipo de acero requerido.

La producción del acero en una planta integrada de acero y hierro, se realiza mediante varios procesos. Los más importantes son producción de coque, sinterización, preparación del producto, suministro de calor y energía, manejo y transporte de materias primas, productos intermedios, y materiales residuales.

A 11. Industria de fundición de cobre

El cobre se obtiene de fuentes secundarias, a partir de máquinas perforadoras, dobladoras, taladros; elementos defectuosos de manufactura o excedentes; radiadores de automóviles, tuberías, cables, cepillos y cojinetes; y procesos metalúrgicos de desnatado y formación de escoria. Este cobre secundario se puede refinar en un cobre metálico relativamente puro, o utilizar en pequeñas aplicaciones.

La recuperación del cobre se puede dividir en cuatro operaciones separadas que incluyen pretratamiento de la chatarra, fundición, aleación y formación de piezas. El pretratamiento incluye la limpieza y consolidación de la chatarra para fundición. La fundición consiste en el calentamiento y tratamiento de la chatarra por separación y purificación en metales específicos. La aleación se refiere a la adición de uno o más metales al cobre para obtener las características de calidad deseadas por la combinación de los metales, y la formación de piezas o casting que es el vertido del material refinado fundido o la aleación preparada, en moldes como producto final.

A 12. Industria de fundición de bronce y latón

Estas plantas producen aleaciones que contienen cobre como constituyente predominante, y menores cantidades de zinc, estaño, plomo y otros metales. Estas aleaciones generalmente se producen en hornos de reverbero (que pueden ser de los siguientes tipos: estacionarios, rotatorios, balancín, volcado), eléctricos (emplean electricidad) y alto horno.

A 13. Industria de fundición de plomo

Producción primaria de plomo: El plomo se encuentra naturalmente en forma de mineral de azufre, el cual contiene pequeñas cantidades de cobre, hierro, zinc, metales preciosos y trazas de otros elementos. El procesamiento del plomo concentrado a plomo metalúrgico se realiza mediante tres grandes etapas, sinterizado, reducción y refinación. El principal propósito de la sinterización es reducir el contenido de azufre. En la reducción, el material anterior previamente tostado se lleva a un alto horno, el cual se carga con coque, minerales con gran cantidad de minerales preciosos, escorias y materiales subproductos de otras fundiciones y subproductos de otros procesos de la misma industria. La refinación se realiza mediante el calentamiento en crisoles, con gas natural. El mineral de plomo es vertido desde el alto horno a los crisoles, los cuales se dejan enfriar hasta el punto en el que el cobre asciende, y como material sobre nadante es separado, el material del crisol es después transferido a un horno de reverbero.

VERSION NO APROBADA

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

Producción secundaria de plomo: Las fundiciones secundarias de plomo producen plomo y aleaciones de plomo a partir de material de desecho de cojinetes a base de plomo. Sin embargo, la gran mayoría del plomo que se recupera proviene de las baterías de automóviles desechadas. Cada batería contiene aproximadamente 8.2 kg de plomo, siendo el 40% aleaciones de de plomo y el 60% óxido de plomo. También se extrae de otros materiales como balances de las ruedas, tuberías, soldadura y escorias. El procesamiento secundario se realiza mediante tres grandes operaciones: pretratamiento de la chatarra, fundición y refinación.

A 14. Industria de producción de cal

La caliza es el producto de calcinación de la piedra caliza a alta temperatura. La roca de piedra caliza posee varias denominaciones y esto depende del contenido de carbonato de calcio, cuando posee al menos 50% se denomina caliza o cal, cuando contiene 30 – 45% de carbonato de magnesio, se denomina dolomita o piedra dolomítica. La calcinación, es un proceso industrial en el que se calienta un material, sin fundirlo, con el fin de eliminar sus componentes volátiles, esto es importante industrialmente en la obtención de cal a partir de la caliza y en la fabricación de cemento Portland.

A 15. Industria fabricante de fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

Las fibras de vidrio se consiguen fundiendo vidrio en un horno provisto de muchos agujeros minúsculos. El vidrio fundido pasa a través de los orificios y posteriormente se solidifica en finas barras de la longitud deseada.

A 16. Industria fabricante de vidrio

El vidrio producido comercialmente se puede clasificar como cal-soda, sílice fundida, borosilicato, o 96% de sílice. El vidrio basado en cal-soda consta de arena, caliza, ceniza del soda, y retal (vidrio roto). Se pueden introducir agentes de refinación como trióxido de arsénico, óxido de antimonio, nitratos y sulfatos. También se pueden utilizar sulfitos y óxidos metálicos como colorantes o agentes decolorantes. La fabricación del vidrio se realiza en cuatro etapas, que incluyen preparación de material crudo, fundición en horno, formado y terminado.

A 17. Industria productora de papel

La producción de pulpa de papel realiza la extracción de la celulosa de la madera mediante la disolución de la lignina que mantiene unidas las fibras de celulosa. Generalmente se emplean cuatro procesos, y son: kraft, sulfito, sulfito neutro (semi químico) y soda. Los tres primeros causan una gran contaminación del aire.

Además de las fibras y de los productos químicos, la fabricación de la pasta y el papel requiere grandes cantidades de agua y energía para el procesado (como vapor y electricidad).

La fábrica de papel puede utilizar pasta fabricada en otro lugar (fábricas de pasta no integradas) o puede estar integrada con las operaciones de fabricación de pasta en el mismo lugar (fábricas de pasta integradas). Las fábricas de pasta Kraft pueden ser no integradas o integradas,

VERSION NO APROBADA

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

mientras que las fábricas de pasta al sulfito se encuentran normalmente integradas con la producción de papel. El procesamiento mecánico de la pasta y de la fibra reciclada suele formar parte integrante de la fabricación de papel pero en algunos casos ha llegado a ser una actividad independiente.

La producción de pasta es la principal fuente de impactos ambientales que causa la industria de la pasta y el papel. En general, el proceso de fabricación de papel y cartón consiste en tres etapas: fabricación de la pasta, procesamiento de la pasta, y fabricación del papel o cartón.

Durante el proceso de fabricación de pulpa, las fibras de celulosa se separan de la lignina de la madera, operación que se conoce como deslignificación. Para obtener papeles de mejor calidad, la pulpa deberá deslignificarse o blanquearse. Para ello se emplean dos procesos: Proceso al sulfito (Se utiliza un licor ácido de cocción que se basa en una solución acuosa de dióxido de azufre, SO_2 , y una base, como calcio, sodio, magnesio o amonio.), y proceso Kraft o de sulfato (El proceso Kraft utiliza una solución alcalina de base sódica o licor, constituida por sulfuro sódico, Na_2S , e hidróxido sódico, NaOH , en solución al 10 %).

Blanqueo: Para eliminar el color que produce el lignito residual, la pulpa se blanquea siguiendo de tres a cinco etapas en las que se alternan condiciones ácidas y alcalinas. Los productos químicos más frecuentemente utilizados son cloro, hipoclorito, dióxido de cloro, oxígeno, ozono y peróxido. Recientemente se ha lanzado al comercio el ácido peracético como sustancia química blanqueante.

El proceso de recuperación química Kraft no ha variado mucho desde 1884. El licor negro diluido residual se concentra por evaporación para formar un licor negro concentrado, que se quema en una caldera de recuperación para obtener energía, y los productos químicos del procesamiento se extraen de la mezcla fundidos. A las calderas de recuperación se le suman las calderas alimentadas por combustibles fósiles o por desechos de madera (combustibles a base de desperdicios) cubriéndose así la demanda de energía de la planta.

Las principales emisiones al aire producidas por las fábricas de pasta y papel tienen su origen en la generación de energía y no en el proceso fabril propiamente dicho.

A 18. Industria fabricante de fertilizantes

La industria de producción de fertilizante a base de fosfato se divide en tres segmentos: el de ácido fosfórico y ácido superfosfórico; el de superfosfato normal y superfosfato triple; y el de fosfato del amonio granular.

Ácido fosfórico: Se fabrica agregando cualquier ácido a la roca de fosfato previamente pulverizada o molida, si se emplea ácido sulfúrico, se produce fosfato normal, con un contenido de fósforo de 16-21% de fósforo como pentóxido de fósforo (P_2O_5), si se utiliza ácido fosfórico el resultado es superfosfato triple.

Superfosfato triple: Se han empleado normalmente dos procesos para producir el superfosfato triple: el vertido en pila y el granular.

El vertido en pila es similar al de fabricación de ácido fosfórico. El ácido fosfórico (50-55% de P_2O_5) reacciona con la piedra, previamente molida, en un mezclador tipo cono. El lixiviado resultante se empieza a solidificar durante el transporte lento por una banda transportadora hacia

VERSION NO APROBADA

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

la zona de curado. Al final de la banda, el material se pasa por un cortador mecánico rotatorio que separa la masa sólida. Este material se apila y en almacenamiento tarda 3-5 semanas de curado. Después el producto se somete a molienda, separación de fracciones por tamaños y empaque.

Superfosfato normal: Los superfosfatos normales se preparan por reacción de la piedra de fosfato, previamente molida, con ácido sulfúrico al 65 a 75%. Un factor importante en la producción de superfosfato normal es la cantidad de hierro y aluminio presente en la piedra de fosfato. El aluminio (como Al_2O_3) y el hierro (como Fe_2O_3) por encima del cinco por ciento imparten una adherencia extrema a los superfosfatos y hace que sea difícil de manejar. Se utilizan dos tipos de ácido sulfúrico para la fabricación, el ácido virgen y el ácido agotado. El ácido virgen se produce a partir del azufre elemental, pirites y de gases industriales y es relativamente puro. El ácido agotado es un producto residual, reciclado por varias industrias que usan grandes cantidades de ácido sulfúrico. Los problemas que se han encontrado al emplear el ácido agotado, incluyen: el olor inusual poco amigable y la toxicidad.

Fosfato de amonio: El proceso utiliza diferentes tipos de mezcladores para las plantas de granulación. Los gases residuales del proceso, ricos en amoníaco, normalmente se pasan por un lavador de gases húmedo, antes de descargarlos a la atmósfera.

A 19. Refinerías de petróleo

Corresponden a instalaciones que reciben petróleo o crudo, y realizan operaciones de fraccionamiento en gas licuado de petróleo, nafta (utilizado para producir gasolina), kerosén, combustible para turbinas de aviones, aceite diesel, y aceite residual o fuel oil. Para obtener los productos mencionados se emplean: craqueo catalítico, reformado, craqueo térmico y otros procesos secundarios. Algunas refinerías producen también aceites lubricantes y betunes. Las emisiones que ocurren en refinerías proviene de múltiples fuentes, como: calderas, y procesos de calentamiento (CO , NO_x , SO_x , CO_2); catalizadores (partículas); almacenamiento, cargue, sistemas de separación de aceite y agua, emisiones fugitivas de válvulas, sellos, bridas y drenajes.

A 20. Industria de fundición de zinc

La industria de fundición de zinc secundario procesa metales residuales o chatarra para la recuperación del zinc en forma de trozos de zinc, óxido de zinc, o polvo de zinc. La recuperación del zinc involucra tres operaciones generales realizadas sobre la chatarra, que son: pretratamiento, fundición y refinación. En la fundición, el metal residual se funde en hornos de inducción eléctrica, hornos de reverbero, hornos de crisol y marmitas. El material fundido se agita para que las impurezas salgan a flote y eliminadas por desnatado, el zinc fundido remanente se vierte a unos moldes para someterse a un proceso de refinación. La refinación remueve las impurezas restantes, escoria y el zinc evaporado durante el proceso de refinación en hornos de retorta, por calentamiento hasta alcanzar la evaporación y recuperado por condensación en varias formas, dependiendo de la temperatura, tiempo de recuperación, ausencia o presencia de oxígeno y el equipo empleado durante la condensación. Dentro de los productos finales figuran lingotes de zinc, zinc en polvo, óxido de zinc y aleaciones de zinc.

A 21. Proceso de Galvanotecnia

VERSION NO APROBADA

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

El proceso de galvanotecnia consiste en ciertas técnicas de obtención, por vía electrolítica de depósitos metálicos en la superficie de los metales, aleaciones y cuerpos no metálicos, generalmente se utiliza plata, níquel, cromo y cobre para realizar este tipo de recubrimientos. La primera etapa consiste en la desoxidación o decapado y el posterior enjuague para asegurar que no hay presencia de elementos extraños en la superficie. Posteriormente se realiza la limpieza tanto física como química de cada una de las partes que va a ser cubierta. Por último se realiza la electrodeposición, previo a un último enjuague y secado.

A 22. Plantas preparación de carbón

La industria del carbón cubre varios sectores, que incluyen extracción del material de la mina, beneficio del material, y preparación del carbón. Las plantas de beneficio y preparación de carbón pueden involucrar los tres sectores o uno de ellos.

Las actividades de minería pueden incluir, o poseer más de una de las siguientes operaciones: remoción de material vegetal y del subsuelo, apilamiento del material extraído para recuperación del terreno, remoción del carbón de la mina, apilamiento del carbón, fragmentación de rocas, cargado de volquetas, transporte fuera de la mina, apilamiento y movimiento de material y almacenamiento.

A 23. Plantas de producción de aleaciones ferrosas

Una aleación ferrosa es una aleación del hierro con cualquier otro elemento diferente al carbón. Este es utilizado para introducir físicamente o servir de transporte de un elemento al metal fundido, usualmente utilizado en la manufactura del acero. En la práctica el término aleación ferrosa se utiliza para agregar cualquier aleación que introduzca elementos reactivos, como níquel o sistemas en aluminio basados en cobalto.

La industria de la aleación ferrosa está asociada a la producción del hierro y el acero. Las aleaciones ferrosas imparten calidades distintivas al acero y al hierro colado. Las principales aleaciones ferrosas son las de cromo, manganeso y silicio. El cromo proporciona resistencia a la corrosión del acero inoxidable. El manganeso es esencial para contrarrestar los efectos perjudiciales del azufre, en la producción de virtualmente todos los aceros y presentaciones que posee el hierro. El silicio se utiliza para la desoxidación del acero y como un agente de liga en el hierro colado. Para impartir características específicas se agregan otros metales, como boro, cobalto, columbio, cobre, molibdeno, níquel, fósforo, titanio, tungsteno, vanadio, circonio y tierras raras.

Una planta típica de aleación ferrosa posee hornos de arco eléctrico sumergido, hornos de reacción exotérmica y celdas electrolíticas.

A 24. Turbinas a gas

Hace referencia a turbinas de gas estacionarias para generación de energía eléctrica que poseen un calor de entrada igual o superior a 10.7 gigajoules (10 millones de BTU) por hora, basado en el poder calorífico bajo del combustible quemado.

A 25. Plantas de manufactura de sulfato de amonio

VERSION NO APROBADA

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

El sulfato de amonio ($[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$) normalmente se emplea como fertilizante y se puede producir por diferentes procesos tales como subproducto de la producción de caprolactama $[(\text{CH}_2)_5\text{COHN}]$, de la manufactura sintética de las mismas, subproducto de la producción de coque, subproducto de la manufactura de níquel o metil-metacrilato, lavado de gases de escape de plantas de ácido sulfúrico con amoníaco (NH_3), o secado de sulfato de amonio húmedo obtenido del proceso anterior.

A 26. Producción de pigmentos inorgánicos a base de caolín, carbonato de sodio y azufre

El proceso se basa en la calcinación de las materias primas en hornos estacionarios, a una temperatura entre 700 y 800°C. Esta mezcla se coloca en los hornos en crisoles de cerámica cerrados, con lo cual se controla que las condiciones de la atmósfera sean reductoras (pobres en oxígeno) para lograr la formación del pigmento, que inicialmente es de color verdoso. Luego durante el enfriamiento, se hace entrar aire en abundancia al horno, a temperaturas entre 300 y 500 °C, para que el oxígeno oxide la mezcla a través de los poros del recipiente, con lo cual adquiere el color azul deseado.

A 27. Plantas de asfalto y producción de productos de asfalto

La mezcla asfáltica caliente como material de pavimento, es una mezcla de agregados o material pétreo de alta calidad, con tamaños definidos, y cemento líquido de asfalto, que se calienta y mezcla en cantidades proporcionalmente adecuadas. Existen diferentes configuraciones para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, que incluyen plantas de mezcla por lotes o cochadas, plantas de mezclado continuo, plantas de mezclado con tambores rotatorios y flujo paralelo y plantas de mezclado con tambores rotatorios y flujo en contracorriente. El anterior orden es el orden de aparición cronológico y el estado del arte en cuanto al control de las emisiones atmosféricas.

La producción de asfalto involucra operaciones de apilamiento de agregado, movimiento de agregados, cargue de tolvas, secado en tambos rotatorio, almacenamiento en silo, pesado, cargue de volquetas y transporte al sitio de aplicación. La adición de cemento puede ocurrir durante el pesado (en procesos realizados por lotes) o durante el secado (en el proceso realizado en continuo).

A 28. Calcinadores y secadores industriales de minerales

El calcinador hace referencia a un equipo utilizado para remover el agua combinada (químicamente ligada) y/o gases de un material mineral a través del calentamiento directo o indirecto. Esta definición incluye hornos expandidos y hornos de cámara múltiple.

También tiene que ver con instalaciones que procesan o producen cualquiera de los siguientes minerales o la combinación de algunos de ellos en forma de agregado: arcilla, bentonita, diatomita, feldespato, yeso, arena industrial, caolín, agregado ligero, compuestos de magnesio, perlita, talco, dióxido de titanio, vermiculita, y que utilicen un horno secador o calcinador para el proceso de secado.

A 29. Recubrimiento superficial de muebles metálicos

Es idéntico al proceso de recubrimiento superficial de superficies metálicas, pero hace referencia a muebles metálicos.

VERSION NO APROBADA

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

A 30. Operaciones de recubrimiento superficial de automóviles y vehículos livianos

La aplicación de recubrimiento superficial a los automóviles durante su fabricación se realiza por una multitud de operaciones llevadas a cabo sobre una línea de ensamblaje. Aunque el proceso puede variar de una planta a otra, hay algunas características que son comunes, como:

- Limpieza con solvente
- Tratamiento con fosfato
- Aplicación de barniz primario
- Curado del barniz primario
- Aplicación de barniz guía
- Curado del barniz guía
- Aplicación del barniz de terminación
- curado del barniz determinación
- Operaciones de reparación final

A 31. Industria de artes gráficas

La industria de artes gráficas generalmente hace referencia a cuatro tipos de imprentas: litografía, tipografía, rotograbado, y flexo grafía. Las tintas que utilizan estas industrias varían considerablemente en apariencia, composición, método de aplicación y mecanismo de secado. Es un sector que puede realizar la emisión de cantidades representativas de sustancias volátiles a la atmósfera y algunas de ellas pueden ser tóxicas.

A 32. Recubrimiento superficial industrial: grandes aplicaciones

La aplicación de barniz o pintura a grandes superficies, es realizada por aquellas industrias que aplican un barniz decorativo orgánico o protector a partes, previamente formadas. Grandes superficies son aquellas que se encuentran dentro del rango de: hornos, hornos microondas, refrigeradores, congeladores, lavadoras, secadoras, lavaplatos, calentadores de agua y cualquier otra superficie de operaciones de manufactura similar.

En este tipo de industrias se utilizan una amplia variedad de formulaciones, sin embargo, la que más prevalece es la aplicación de resinas epóxicas, epoxi-acrílicos y poliéster. Se pueden utilizar revestimientos líquidos a base de solventes orgánicos o a base de agua como vehículos de transporte de los sólidos de pintura. Los revestimientos a base de agua pueden ser de tres tipos: soluciones de agua, emulsiones de agua y dispersiones de agua. Todos los revestimientos a base de agua contienen una pequeña cantidad de solvente orgánico (inferior al 20%) que actúa como agente estabilizante, dispersante y emulsificante. Los sistemas basados en agua ofrecen algunas ventajas sobre los sistemas basados en solventes orgánicos. La viscosidad no se incrementa ostensiblemente cuando se incrementa el peso molecular de los sólidos, no son inflamables y tienen limitada toxicidad. Sin embargo, debido a la reducida tasa de evaporación del agua, es difícil lograr un terminado liso.

Aunque los solventes orgánicos se utilizan como primera capa, ellos predominan más en el terminado, esto es en gran parte por que se puede controlar el proceso de terminación y la buena respuesta de los materiales a la aplicación por técnicas de rocío electrostático. Los solventes orgánicos más comunes figuran: cetona, ésteres, éteres, aromáticos y alcoholes.

VERSION NO APROBADA

También se utiliza barniz en polvo como revestimiento, la aplicación se realiza en forma de un polvo seco que después se funde en forma de una capa uniforme con ayuda de calor. Las emisiones de este proceso son apenas apreciables.

A 33. Operaciones de recubrimiento superficial a rollos de metal

El barnizado de superficies metálicas enrolladas es un proceso, en el cual se aplica una capa orgánica protectora o decorativa a una hoja de metal plana o enrollada. Aunque las operaciones entre una instalación y otra puede variar, en términos generales son: Limpieza, realizada por tratamiento químico para promover adhesión al metal (también pueden emplear electrogalvanizado); secado; barnizado; secado y curado térmico; enfriado con agua y secado; barnizado y terminación. Los metales procesados puede tener un ancho de pocos centímetros hasta 1.83 metros, y un espesor de 0.018 – 0.229 centímetros. Se pueden emplear una gran variedad de materiales de recubrimiento, dentro de los cuales prevalecen los tipos: poliéster, acrílicos, polifluorocarbones, resina alquídica (glicerol mas ftalato anhídrido), vinilos y plastisoles. Cerca del 85% de los barnices empleados son a base de solventes orgánicos, y su contenido llega a ser hasta del 80% v/v, con un rango típico de 40 – 60%. El remanente 15% son a base de agua, pero contienen solventes orgánicos entre 2 – 15% v/v. También se emplean sólidos, en la forma de plastisol, organosol, y polvos. Los solventes orgánicos que más se emplean son: xilenos, toluenos, metil etil cetona, acetato celusolve®, butanol, diacetona, alcohol, Celosolve®, Butilcelosolve®, Solveso 100 y 150®, isoprone, butil carbinol, etanol, nitropropano, tetrahidrofurano, Panasolve®, metil isobutil cetona, Hisol®, Tennco T-125®, Isopropanol y disoamil cetona.

A 34. Incineración de Residuos

La incineración de residuos hace referencia a la transformación de los residuos en gases de combustión, escorias y cenizas mediante un proceso de combustión controlada. El proceso se realiza en un horno incinerador constituido principalmente por dos cámaras instaladas de tal manera que los gases generados por la combustión parcial de los residuos en la primera cámara pasan a una segunda cámara o de post-combustión dentro de regímenes de tiempo y temperatura controlados permitiendo una combustión total, para lo cual cada cámara debe contar con sus respectivos dispositivos de control de temperatura y quemadores.

Es importante recalcar que las instalaciones donde se incineren residuos deben contar con el emplazamiento y la instalación completa, incluidas todas las líneas de incineración y las instalaciones para la recepción y almacenamiento de los residuos, sistemas de alimentación de residuos, horno incinerador con dos cámaras de combustión, cuando sea necesario para el cumplimiento de los estándares admisibles de contaminantes contar con las instalaciones de tratamiento de los gases de combustión; si se generan residuos de la incineración en el proceso de incineración, en el tratamiento de los gases de combustión o de las aguas residuales, o en otros procesos dentro de la planta de incineración debe contar con instalaciones de tratamiento y almacenamiento *in situ*; la chimenea; así como los dispositivos y sistemas de control de las operaciones de incineración, de registro y de seguimiento de las condiciones de incineración.

Requisitos para la operación y mantenimiento de incineradores. Para efectos de la presente norma, todos los incineradores deben contar con las siguientes características para su operación y mantenimiento:

VERSION NO APROBADA

- El suministro del aire para la combustión de los residuos debe ser graduable e independiente de la entrada del aire para la combustión del combustible.
- No deben presentar salidas de gases o llamas por las puertas de cargue, ni por la puerta de extracción de cenizas.
- No debe presentar salida de llamas o por la chimenea
- El incinerador debe tener una puerta para el cargue de los residuos a incinerar y una o varias puertas para la extracción de las cenizas.
- Las paredes metálicas exteriores no deben llegar a 100°C aún en trabajo continuo.
- El incinerador debe tener un diseño que no permita la generación de malos olores.
- El sistema de control para Partículas Suspendidas Totales (PST) debe hacerse por tratamiento seco y/o húmedo.

Para el mantenimiento del incinerador o cualquiera de sus equipos de control, es necesario establecer el valor de la suma de las Concentraciones de los 17 congéneres seleccionados en la tabla 4 en el polvo seco. Si los valores de concentración exceden el valor de 5 µg/kg de Dioxinas o de 10 µg./kg de 2,3,7,8 TCDD debe tomarse precauciones especiales, a fin de proteger la salud de los trabajadores que realizarán el mantenimiento, tales como: Ropa gruesa que no permita por ningún motivo el contacto de la piel con el polvo seco, Vestidos de protección total del cuerpo reforzado en papel fleece o plástico, Capucha plástica para proteger la cabeza, Mascara de recubrimiento medio de la cara con filtro tipo del grupo P2. Con protector para la cara, textil ó de caucho, Guantes de cuero con braceras en tela gruesa, Botas altas de caucho, Los guantes y el vestido de protección deben ser depositados en contenedores ubicados en sitios de acceso restringido, si se quieren reutilizar. De no ser reutilizados, deben ser incinerados, La protección facial textil debe ser utilizada por una sola vez, La protección facial de caucho de la máscara debe ser limpiada con detergente y suficiente agua para su reuso, Las personas deben pasar por un área de descontaminación sometiéndose a una limpieza por intermedio de una boquilla conectada a la aspiradora tipo G en las partes del cuerpo que no cubre el vestido de protección y posteriormente pasando a través de luz UV fotólisis de longitud de onda menor de 290 nm.

El polvo seco encontrado en el sitio donde se hará el mantenimiento debe ser removido con aspiradoras tipo G.

El polvo seco debe ser neutralizado y encapsulado, al cual debe hacerse un análisis TCLP para verificar su adecuado encapsulamiento, para su posterior disposición en relleno sanitario de seguridad o relleno sanitario cuando el anterior no exista.

El área contaminada y la de descontaminación deben ser de uso restringido. Es decir, solo para personal autorizado.

En caso de emergencia por fuego en el área contaminada y de descontaminación, apagar el fuego con CO₂, para lo cual las áreas deben estar provistas con extintores de este tipo.

Incineradores multicamara (Requisitos de operación y Mantenimiento). Cuando el incinerador sea multicamara además de los anteriores requisitos deberá cumplir los siguientes para su operación:

Mínimo dos cámaras: una primaria de cargue, combustión e ignición de los residuos con una temperatura mínima de 850°C y una secundaria de post-combustión donde se queman los gases

VERSION NO APROBADA

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

de combustión con una temperatura mínima de 1200°C. Los residuos deben alimentar las cámaras únicamente cuando se hayan alcanzado y mantenido estas temperaturas. Si durante la operación, la temperatura disminuye, debe ser suspendida la alimentación hasta alcanzar nuevamente las temperaturas indicadas.

El Tiempo de residencia de los gases en la cámara de post-combustión mínimo de dos 2 segundos.

Cada una de las cámaras debe operar con su propio e independiente quemador y control automático de temperatura.

El incinerador deberá registrar automáticamente la temperatura de operación en ambas cámaras.

El incinerador debe estar equipado con quemadores suplementarios de emergencia a fin de mantener la temperatura necesaria para operar. Estos quemadores pueden usar como combustible gas natural, gas propano, Fuel Oil, carbón o cualquier otro aceptado por la normatividad ambiental, con bajo contenido de azufre de acuerdo a la resolución 898 de 1995 y sus modificatorias.

La alimentación y el paso de una cámara a otra deben poseer equipos automáticos que no permitan la alimentación en caso que las temperaturas desciendan por debajo de las requeridas.

A continuación se presentan los listados que relacionan: sustancias inorgánicas adsorbidas en partículas suspendidas totales (PST), las sustancias orgánicas gaseosas, y las sustancias cancerígenas, y que hacen parte integral del análisis de esta actividad objeto de control y vigilancia.

Tabla A.1. 1. Inorgánicas Adsorbidas En Partículas Suspendidas Totales (PST), y Las Sustancias Cancerígenas

Sustancias Inorgánicas Adsorbidas En Partículas Suspendidas Totales (PST).	Sustancias Cancerígenas
<p>CLASE I Cadmio y sus compuestos dados como Cd Mercurio y sus compuestos dados como Hg Talio y sus compuestos dados como Tl</p> <p>CLASE II Arsénico y sus compuestos dados como As Cobalto y sus compuestos dados como Co Níquel y sus compuestos dados como Ni Selenio y sus compuestos dados como Se Telurio y sus compuestos dados como Te</p> <p>CLASE III Antimonio y sus compuestos dados como Sb Plomo y sus compuestos dados como Pb Cromo y sus compuestos dados como Cr Cianidas (ligeramente solubles en agua) dadas como CN Fluoridos (ligeramente solubles en agua) dados como F Cobre y sus compuestos dados como Cu</p>	<p>CLASE I Asbestos (crisotile, crocidotile, amosite, antofilite, actinolite y tremolite) como una Fracción fina de las Partículas Suspendidas Totales. Benzo(a) Pireno Berilio y sus compuestos respirables dados como Be Dibenzo (a,h) antraceno Naptilamina</p> <p>CLASE II Trióxido y pentóxido de arsénico, ácido arsenioso y sus sales respirables dados como As. Compuestos respirables de cromo hexavalente, cromato de calcio, cromato de cromo trivalente, cromato de estroncio y cromato de zinc, dados como Cr. Partículas suspendidas Totales (PST) respirable, aerosoles del cobalto metálico y sus sales muy poco solubles en agua dados como Co. 3-3 Diclobencidina Dimetilsulfato Etilenimina</p>

VERSION NO APROBADA

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

Manganeso y sus compuestos dados como Mn Platino y sus compuestos dados como Pt Paladio y sus compuestos dados como Pd Rodio y sus compuestos dados como Rh Vanadio y sus compuestos dados como V Estaño y sus compuestos dados como Sn	Partículas suspendidas Totales (PST) respirable, aerosoles del níquel metálico, sulfuro de níquel y minerales, óxido de níquel, carbonato de níquel, carbonilo de níquel dados como Ni. CLASE III Acilonitrilo Benceno 1,3- Butadieno Cloro-2,3- epoxipropano (epiclorohidrin) 1,2- Dibromoetano 1,2- Epoxipropano Hidracina Clorovinilo
--	--

Tabla A.1. 2. Sustancias inorgánicas gaseosas

Sustancias Orgánicas Gaseosas	
CLASE I Acetaldehído C ₂ H ₄ O 2- Propenal C ₃ H ₂ O (Acrolein) Ácido acrílico C ₃ H ₄ O ₂ Ácido acril etil éster C ₅ H ₈ O ₂ (Etil acrilato) Ácido acril metil éster C ₉ H ₆ O ₂ (Metil acrilato) Compuestos alquilados de plomo Ácido fórmico CH ₂ O ₂ Anilina C ₆ H ₇ N Benzoclorados C ₇ H ₇ Cl (□- clorotolueno) Bifenilos C ₁₂ H ₁₀ Cloroacetaldehído C ₂ H ₃ ClO Ácido cloro acético C ₂ H ₃ ClO ₂ Clorometano CH ₃ Cl Cloroformo CHCl ₃ (triclorometano) 1,2 Diclorobenceno C ₆ H ₄ Cl ₂ 1,2 Dicloroetano C ₂ H ₄ Cl ₂ 1,1 Diclortileno C ₂ H ₂ Cl ₂ Diclorofenoles C ₆ H ₄ Cl ₂ O Dietalamina C ₄ H ₁₁ N Dimetilamina C ₂ H ₇ N 1,4 Dioxano C ₄ H ₈ O ₂ Etilamina C ₂ H ₇ N Formaldehído CH ₂ O 2- Furaldehído C ₅ H ₄ O ₂ (furfurol, furfural) Partículas Suspendidas Totales (PST) respirable de madera Cresoles C ₇ H ₈ O Malein ácido anhídrico C ₄ H ₂ O ₃ Mercaptanos (Tioalcoholes) Metil amina CH ₅ N 1,1,2 Tricloroetano C ₂ H ₃ Cl ₃ 4- Metil m-fenileno disocianato C ₉ H ₆ N ₂ O ₂ (2,4-toluen diisocianato) Nitrobenceno C ₆ H ₅ NO ₂ Nitrocresoles C ₇ H ₇ NO ₂ Nitrofenoles C ₆ H ₅ NO ₃ Nitrotolueno C ₇ H ₇ NO ₂	CLASE II Ácido fórmico metil éster C ₂ H ₄ O ₂ (metil formiato) 2- Butoxietanol C ₆ H ₁₄ O ₂ (Butil glicol) Butil aldehído C ₄ H ₈ O Clorobenceno C ₆ H ₅ Cl 2- Cloro – 1,3- butadieno C ₄ H ₅ Cl (2- cloropreno) Isopropilbenceno C ₉ H ₁₂ (Cumol) Ciclohexanona C ₆ H ₁₀ O 4- Diclobenceno C ₆ H ₄ Cl ₂ 1,1- Dicloroetano C ₂ H ₄ Cl ₂ Di- (2- etilhexil)- heptalato C ₂₄ H ₃₈ O ₄ (Diocleptalato) 2,6- Dimetilheptano- 4 no C ₇ H ₁₄ O (Diisobutilcetona) N,N- Dimetilformamida C ₃ H ₇ NO Ácido acético C ₂ H ₄ O ₂ Ácido acético metil éster C ₃ H ₆ O ₂ (metil acetato) Ácido acético vinil éster C ₄ H ₆ O ₂ (vinil acetato) 2- Etoxietanol C ₄ H ₁₀ O ₂ (etilenglicol monoetiler; etilglicol) Etil- benceno C ₈ H ₁₀ 2- Metoxietanol C ₃ H ₈ O ₂ (etilenglicol monometiler; metilglicol) Furfuril alcohol C ₅ H ₆ O ₆ Isopropenil benceno C ₉ H ₁₀ Disulfuro de carbono CS ₂ Ácido metacrilometil éster C ₅ H ₈ O ₂ (metil metacrilato) 1,1,1- Tricloroetano C ₂ H ₃ Cl ₃ (metilcloroformo) Metilciclohexanona C ₇ H ₁₂ O Naftaleno C ₁₀ H ₈ Tetracloroetileno C ₂ Cl ₄ (Percloroetileno) Propionaldehído C ₃ H ₆ O Ácido propiónico C ₃ H ₆ O Estireno C ₈ H ₈ Tetrahidrofurano C ₄ H ₈ O Tolueno C ₇ H ₈ Tricloroetileno C ₂ HCl ₃ Trimetilbencenos C ₉ H ₁₂

VERSION NO APROBADA

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

Fenol C ₆ H ₆ O Piridina C ₅ H ₅ N 1,1,2,2- Tetracloroetano C ₂ H ₂ Cl ₄ Tetraclorometano CCl ₄ Tiooeter o- Tolidina C ₇ H ₉ N Tricloro fenoles C ₆ H ₃ OCl ₃ Trietil amina C ₆ H ₁₅ N Xilenos C ₈ H ₁₀ O (exceptuando 2,4- xilenol)	2,4- Xilenol C ₈ H ₁₀ O Xilenos C ₈ H ₁₀ CLASE III Acetona C ₃ H ₆ O Alquil alcoholes (etanol, metanol, etc.) 2- Butanona C ₄ H ₈ O (etil-metil cetona) Ácido acético butil éster C ₆ H ₁₂ O ₂ (acetato de butilo) Cloroetano C ₂ H ₅ Cl (cloroetilo) 4- Hidroxi-4- metil-2- pentanona C ₆ H ₁₂ O ₂ (diacetona alcohol) Dibutil eter C ₈ H ₁₈ O Dicloro- difluorometano CCl ₂ F ₂ 1,2- Dicloroetileno C ₂ H ₂ Cl ₂ Diclorometano CH ₂ Cl ₂ (clorometileno) 2,2'- Iminodietanol C ₄ H ₁₁ NO ₂ (dietanolamina) Dietileter C ₄ H ₁₀ O Diisopropileter C ₆ H ₁₄ O Dimetileter C ₂ H ₆ O Ácido acético etil éster C ₄ H ₈ O ₂ (etil acetato) Etilenglicol C ₂ H ₆ O ₂ (glicol) 4- Metil-2- pentanona C ₆ H ₁₂ O (isobutil metil cetona) Metil benzoato C ₈ H ₈ O ₂ N- Metil pirolidona C ₅ H ₉ NO Olefina- hidrocarburos (con excepción 1,3 Butadieno) Parafina- hidrocarburos (con excepción metano) Pininas C ₁₀ H ₁₆ Triclorofluorometano CCl ₃ F
---	---

A 35. Tratamiento térmico de subproductos de animales.

Para realizar el proceso para el tratamiento térmico a subproductos de animales, se debe contar con un sistema de tratamiento que permita que los subproductos de animales sean sometidos a una temperatura y a presiones suficientes, durante periodos de tiempo específicos para el proceso, de forma tal que consiga la total destrucción de microorganismo patógenos presentes o potencialmente presentes en los subproductos de animales a tratar. Se debe contar con sistemas de indicadores automáticos de tiempos, temperaturas y presiones del proceso. Para realizar el proceso se debe contar con un área exclusiva para la recepción de los subproductos de animales, esta área debe ser cerrada y con pisos y paredes que se puedan desinfectar fácilmente.

Los subproductos de animales son depositados en una tolva de recepción para triturarlos y luego se evacuarán del fondo del triturador mediante transportadores mecánicos apropiados hasta la boca de carga del fundidor o cooker.

En el fundidor o cooker es donde se realiza el tratamiento térmico de los subproductos de animales. Estos son sometidos a temperaturas superiores a 100 C y a presión suficiente, durante períodos de tiempo específicos para el proceso, de forma que se consiga la total destrucción de los microorganismos patógenos y no patógenos presentes o potencialmente presentes en los subproductos de animales de tratamiento.

No obstante lo señalado anteriormente, podrán utilizarse otros equipos y tratamientos de higienización a tenor de los avances tecnológicos en estos procesos industriales.

VERSION NO APROBADA

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

Se debe contar con instalaciones de filtración, tamizado o precolado que permitan la separación de las fracciones sólidas y líquidas resultantes del proceso de fundido.

Si durante el proceso se obtienen grasas es necesario contar con equipos de extracción de grasas, que podrán incluir uno o varios de los siguientes: prensa hidráulica, expulsor de grasa, extractor centrífugo, instalaciones de extracción mediante solventes autorizados u otros procedimientos técnicamente apropiados. En el caso de adoptar el método de extracción mediante solventes, se adoptarán las medidas de seguridad previstas en la legislación vigente en función del disolvente utilizado.

Se debe contar con un equipo de secado y molienda con colector ciclónico para harinas. Por último contar con Instalación de envasado de harina y Depósitos para almacenamiento de grasas.

Equipos e instalaciones complementarias. Las Industrias que se dediquen al aprovechamiento de sangre cruda, así como las que aprovechan subproductos avícolas, contarán con equipos e instalaciones apropiadas para cocción y secado higiénico del producto fresco, así como de equipos de molienda y envasado del producto final. En su fabricación podrán utilizarse los procedimientos técnicos siguientes: cocción y secado tradicional, coagulación-secado y coagulación-centrifugado-secado y otros técnicamente apropiados. En todo caso deberán asegurarse las máximas condiciones higiénicas en el proceso de fabricación. Para los subproductos avícolas se utilizarán procedimientos de cocción y secado que aseguren la hidrolización de las plumas.

A 36. Otras Actividades Industriales

Incluyen actividades potencialmente contaminantes como las que se mencionan a continuación.

Producción y empleo de sustancias químicas orgánicas sintéticas

Las emisiones provenientes de procesos de manufactura de químicos y productos químicos, en ocasiones son recuperadas por razones económicas. Las emisiones se producen en sistemas cerrados o descargados a dispositivos de combustión, y en el peor de los casos descargados a la atmósfera sin tratamiento alguno. Los puntos de emisión típicos son válvulas, bridas, bombas y compresores; el almacenamiento y transferencia de productos e intermedios; el manejo de aguas residuales; y sistemas de escape de emergencias.

Las sustancias petroquímicas básicas, manufacturadas por rompimiento o formación, y otros procesos, incluyen: olefinas (etileno, propileno, butilenos y butadieno) y aromáticos (bencenos, toluenos, xilenos).

Las bases petroquímicas o productos derivados de ellas, que conjuntamente con otras sustancias se convierten en una amplia variedad de productos, como resinas y plásticos (polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo), fibras sintéticas como el poliéster y acrílico, acrilonitrilo estireno butadieno (en inglés ABS), cauchos, incluyendo caucho butadieno estireno y polibutadieno. Algunas de las emisiones son cancerígenas o tóxicas, como el etileno y el propileno, por que pueden ser precursores de formación de sustancias óxidos extremadamente tóxicos. Dentro de las sustancias volátiles liberadas se incluyen también acetaldéhid, acetona, bencenos, toluenos, tricloroetileno, triclorotolueno, y xilenos. La emisión de estas sustancias es en gran parte de tipo fugitivo y depende de los procesos de producción, manejo de materiales, tratamiento de las emisiones, mantenimiento de equipos, y condiciones climáticas.

VERSION NO APROBADA

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

Manufactura de batería ácida de plomo

La industria de las baterías está dividida en dos sectores: baterías de arranque, luz e ignición (ALI), y baterías industriales o tracción. Las baterías ALI se usan principalmente en automóviles. Las baterías industriales incluyen aquellas utilizadas para el suministro de potencia no interrumpible o fuentes de potencia, y las baterías de tracción utilizadas como potencia eléctrica de los vehículos. Las baterías ácidas se producen a partir de lingotes de aleaciones de plomo y óxido de plomo. El óxido de plomo lo puede preparar el fabricante de la batería, como es el caso de las grandes industrias fabricantes de baterías, o lo puede adquirir de un distribuidor comercial. Las celdas de las baterías se fabrican por operaciones de moldeado o estampado.

Plantas de procesamiento de gas natural

La presente sección aplica a plantas de producción de gas natural, y aplica al sistema de extracción y los equipos en superficie, como son: separadores, calentadores, tanques, deshidratadores, compresores, bombas y tuberías de recolección. No se incluye dentro de este sector el equipo asociado con el venteo, teas, o re inyección de gas natural. Para la obtención de gas natural se obtienen otros productos líquidos que pueden ser: gasolina natural, butano, propano, y en algunos casos etano, que se remueven por compresión y enfriamiento o absorción.

Industria de manufactura de polímeros

Hace referencia a las industrias involucradas en la manufactura de polipropileno, polietileno, poliestireno o polietileno teraftalato. Forman parte de también los equipos empleados para la manufactura de estos polímeros, comenzando con la preparación de las materias primas y finalizando con el almacenamiento de los productos terminados.

Procesos de destilación

La destilación es la operación de separar, mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla. Un equipo de destilación simple consta de las siguientes unidades: un recipiente equipado con un termómetro y un tubo de salida para dejar salir los vapores evaporados; un condensador, con el fin de enfriar los vapores; y un recipiente o depósito donde se almacenan los vapores condensados.

Procesos de producción de fibra sintética

En la actualidad, la mayoría de las fibras sintéticas se fabrican a partir de derivados petroquímicos y están formadas por polímeros muy largos parecidos a los plásticos en su estructura.

La primera fibra plástica de gran aceptación comercial fue el Nylon. Desde su aparición se han desarrollado muchas otras fibras sintéticas, como las acrílicas, las olefinas y los poliéster. Las fibras sintéticas se fabrican, al igual que el rayón y el acetato, dando forma de filamentos a los líquidos dentro de un ambiente que hace que se solidifiquen. Los acetatos y triacetatos, que son sintéticos, se desarrollaron poco después que el rayón. Se trata de plásticos obtenidos de la celulosa a través de un proceso similar al del rayón. En este caso se altera químicamente la celulosa para formar ésteres.

VERSION NO APROBADA

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

Calderas para generación de vapor

A pesar que no es una actividad industrial propiamente dicha, si hace parte de gran cantidad de procesos de actividades industriales, por lo que deben ser tratadas de manera separada. Las calderas se pueden clasificar de tres clases: comerciales, como las empleadas para la calefacción de edificios; industriales, empleadas para procesos de manufactura; y eléctricas, para la generación de electricidad. Todas las calderas poseen cuatro secciones, bien diferenciadas: el quemador, cámara de combustión, el intercambiador de calor, y el método empleado para inyectar el combustible. Las calderas grandes poseen equipos auxiliares, como dispositivos de seguridad de la llama, sopladoras de cenizas, precalentadores de aire, economizadoras, sobre calentadores, calentadores de combustible, o analizadores automáticos de gases.

Termoeléctricas

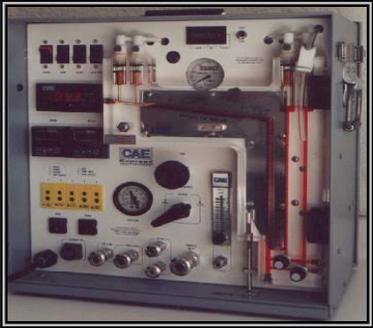
Una central termoeléctrica es una instalación industrial empleada para la generación de electricidad a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de algún combustible fósil como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica. En la actualidad se están construyendo numerosas centrales termoeléctricas de las denominadas de ciclo combinado, que son un tipo de central que utiliza gas natural como combustible para producir el vapor que mueve una turbina de vapor. A continuación, aprovechando de la energía de los gases de escape de la combustión se mueve una turbina de gas. Cada una de estas turbinas está acoplada a su correspondiente alternador para generar la electricidad como en una central termoeléctrica clásica.

VERSION NO APROBADA

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

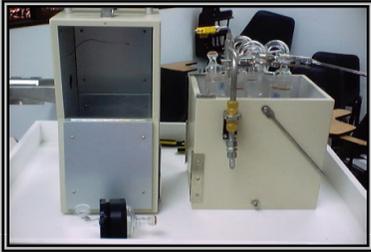
ANEXO 2. EQUIPO DE MONITOREO POR MEDICIÓN DIRECTA Y AJUSTE INICIAL DEL EQUIPO

Tabla A.2. 1. Descripción del Equipo

Equipo / dispositivo	Imagen	Descripción
BOQUILLA		<p>La boquilla es un dispositivo fabricado en acero inoxidable, 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 cm de diámetro interior.</p>
SONDA		<p>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.</p>
CONSOLA		<p>Con esta unidad se controlan las operaciones necesarias para el muestreo. 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, están las tomas de presión y eléctricas.</p>

VERSION NO APROBADA

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

<p>PORTAFILTRO</p>		<p>Fabricado en vidrio de borosilicato, con un soporte para el filtro de fritas de vidrio y un empaque de caucho de silicona. Pueden utilizarse otros materiales de construcción (por ejemplo, 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).</p>
<p>MODULO DE MUESTREO</p>		<p>El módulo de muestreo 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 "impinger" o impactadores en un baño de agua o hielo.</p>
<p>IMPACTADORES</p>		<p>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. Los dos primeros deben contener un volumen conocido de agua, el tercero debe estar vacío y el último debe poseer un peso conocido de sílica gel, esto con el fin de retirar el contenido de humedad de la muestra.</p>
<p>CORDON UMBILICAL</p>		<p>Es el dispositivo que conecta la sonda de muestreo con el módulo de control, por medio del cual se transmiten al módulo de control los datos de presión y temperatura en la sonda de muestreo.</p>

<p>BOMBA DE VACIO</p>		<p>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.</p>
<p>EQUIPO DE MONITOREO</p>	<p style="text-align: center;">EQUIPO DE MONITOREO</p> 	

ANEXO 3. MÉTODOS DE MEDICIÓN DIRECTA

A continuación se presenta un resumen de los métodos directos de evaluación de emisiones contaminantes en fuentes fijas. Los métodos que no se referencian deben ser consultados en la página oficial de la US-EPA (<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>) o en la parte 60 del Título 40 del Código Federal de Regulaciones, del cual se puede obtener una versión electrónica en la dirección <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=%2Findex.tpl>. Las figuras y tablas hacen referencia a las que aparecen en los métodos.

MÉTODO 1 – DETERMINACIÓN DEL PUNTO Y VELOCIDAD DE MUESTREO PARA FUENTES ESTACIONARIAS.

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos.

El propósito de este método es suministrar una guía para la selección de los puntos de muestreo y los puntos transversales en los cuales se debe realizar el muestreo de los contaminantes se debe realizar para cumplir con la normatividad vigente. Se presentan dos procedimientos: un procedimiento simplificado y procedimiento alternativo. La magnitud del flujo ciclónico del gas en la chimenea o ducto es el único parámetro medido cuantitativamente en el procedimiento simplificado.

1.2. Aplicabilidad.

Este método es aplicable a corrientes de gas en ductos, chimeneas y tuberías. El método no puede ser usado cuando: (1) el flujo es ciclónico o turbulento; o (2) el diámetro de la chimenea es menor a 0,30 m (12 pulgadas) o 0,071 m² (113 in²) de área transversal. El procedimiento no puede ser usado cuando el sitio de medición está ubicado a una distancia menor de dos veces el diámetro de chimenea después de la última perturbación o a menos de medio diámetro medidos desde la última perturbación en contracorriente.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente método garantizará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

EQUIPOS Y APARATOS

El aparato que se describe a continuación es requerido únicamente cuando se utilice un procedimiento alternativo para la selección del sitio, tal y como se describe en el presente método.

Sonda Direccional: Cualquier sonda direccional, con sensor tipo tridimensional, con capacidad de medición del ángulo de orientación y de desviación con respecto a la vertical. Antes de utilizar la sonda se debe asignar un número de identificación a la sonda direccional y marcarla permanentemente (colocando el número en el cuerpo de la sonda). Los agujeros de presión de la sonda direccional son susceptibles de taparse cuando esta es usada con un gas particular, en el caso que esto suceda los agujeros deben ser limpiados por medio del uso de aire presurizado.

Medidor de presión diferencial: Manómetros inclinados, manómetros tipo “U”, u otro tipo de medidor de diferencial de presión.

VERSION NO APROBADA

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

Nota: Si el medidor de presión diferencial produce lecturas tanto negativas como positivas, las presiones que se registren en esos puntos, deberán ser calibradas como mínimo en tres puntos tal y como se especifica en el método 2.

2. PROCEDIMIENTO

2.1. Determinación del sitio de muestreo

El sitio de muestreo debe estar localizado al menos a ocho diámetros después de la última perturbación en contracorriente o dos diámetros antes de cualquier perturbación en el mismo sentido del flujo. Dichas perturbaciones pueden ser un codo, una expansión o una contracción en la chimenea. Si es necesario, una localización alternativa puede ser seleccionada en un sitio cuando menos, mayor o igual a dos diámetros equivalentes después o mayor o igual a medio diámetros equivalentes antes de cualquier perturbación del flujo.

2.2. Determinación del número de puntos transversales

Cuando los criterios de ocho y dos diámetros se pueden cumplir, el mínimo número de puntos transversales deberá ser: (a) doce, para chimeneas circulares o rectangulares con diámetros (o diámetros equivalentes) mayores a 61 cm (24 pulgadas); (b) ocho, para chimeneas circulares con diámetros entre 30 y 61 cm (12 y 24 pulgadas); y (c) nueve, para chimeneas rectangulares con diámetros equivalentes entre 30 y 61 cm (12 y 24 pulgadas).

Cuando no se cumple con los criterios de ocho y dos diámetros, el número mínimo de puntos transversales es determinado mediante el uso de la Figura 1. 1. Sin embargo, antes de remitirse a la Figura, se debe determinar la distancia del sitio de muestreo a las perturbaciones posteriores y anteriores más cercanas y dividir cada distancia por el diámetro de la chimenea o diámetro equivalente, para determinar la distancia en términos del número de diámetros de la chimenea. Después determina de la Figura 1. 1 el mínimo número de puntos transversales que corresponde a: (1) el número de diámetros antes, y (2) el número de diámetros después.

Se debe seleccionar el mayor de los dos números mínimos de los puntos transversales o un mayor valor de manera que para chimeneas circulares el número sea múltiplo de cuatro y para chimeneas rectangulares, el número sea uno de los que se muestra en la Tabla 1.1

Se debe elegir el sitio de muestreo de acuerdo a las recomendaciones de la Figura 1. 1 y

Figura 1. 2 que aparecen en el presente método. El sitio de muestreo debe ser, cuando menos, mayor o igual a 2 Diámetros equivalentes abajo (después) y mayor o igual a 0.5 Diámetros equivalentes arriba (antes), de cualquier con respecto al último disturbio (codo, contracción o expansión).

Velocidad en los puntos: Cuando la velocidad o el flujo volumétrico es determinada (Pero no para material particulado) se debe usar el mismo procedimiento usado para partículas mostrado anteriormente, excepto que se debe utilizar la

VERSION NO APROBADA

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

Figura 1. 2 en lugar de la Figura 1. 1.

Figura 1. 1. Estimación del número mínimo de puntos transversales en la chimenea para la medición de Material Particulado.

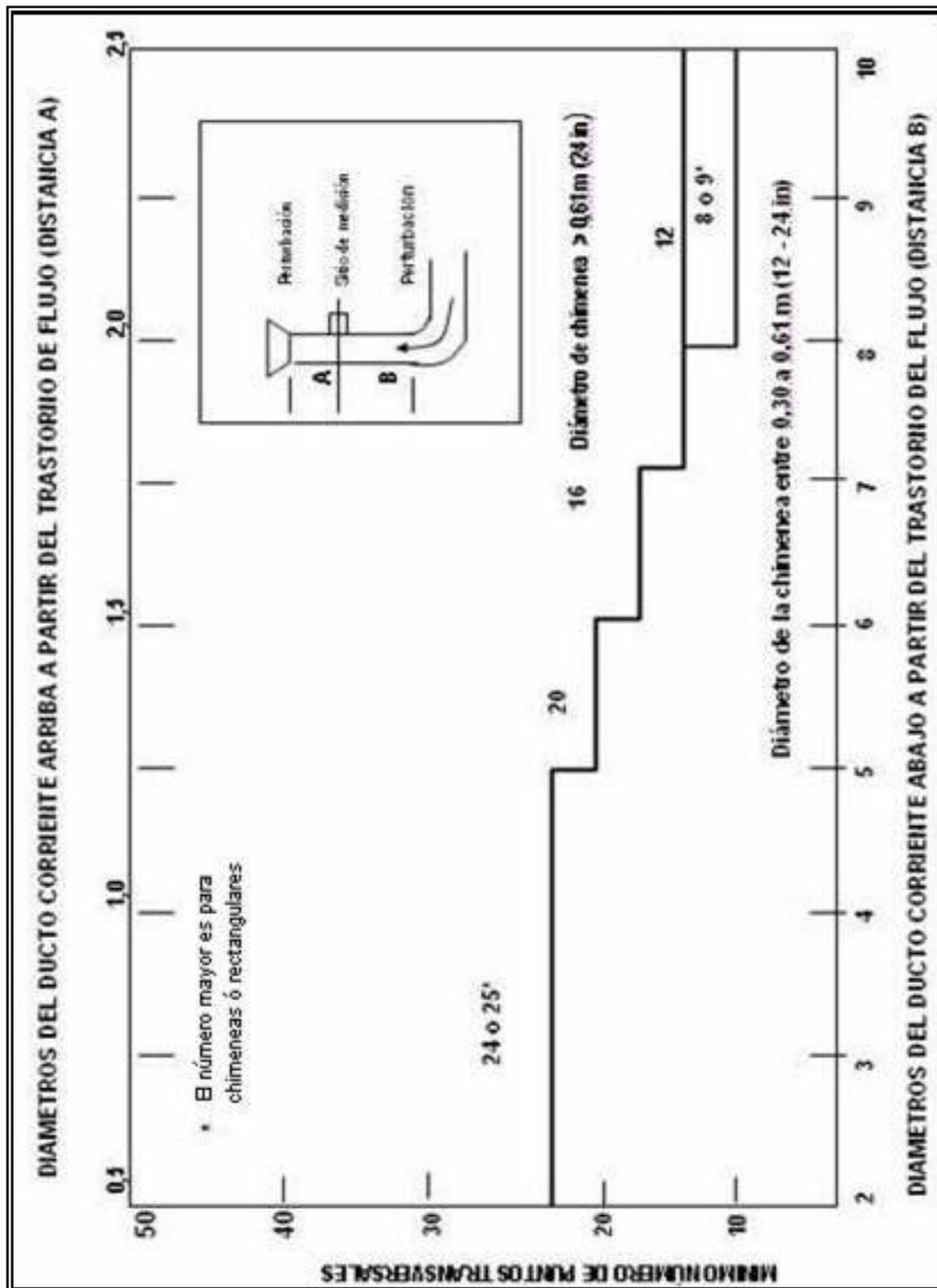


Figura 1. 2. Estimación del número mínimo de puntos transversales en la chimenea para la medición de otros contaminantes.

VERSION NO APROBADA

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

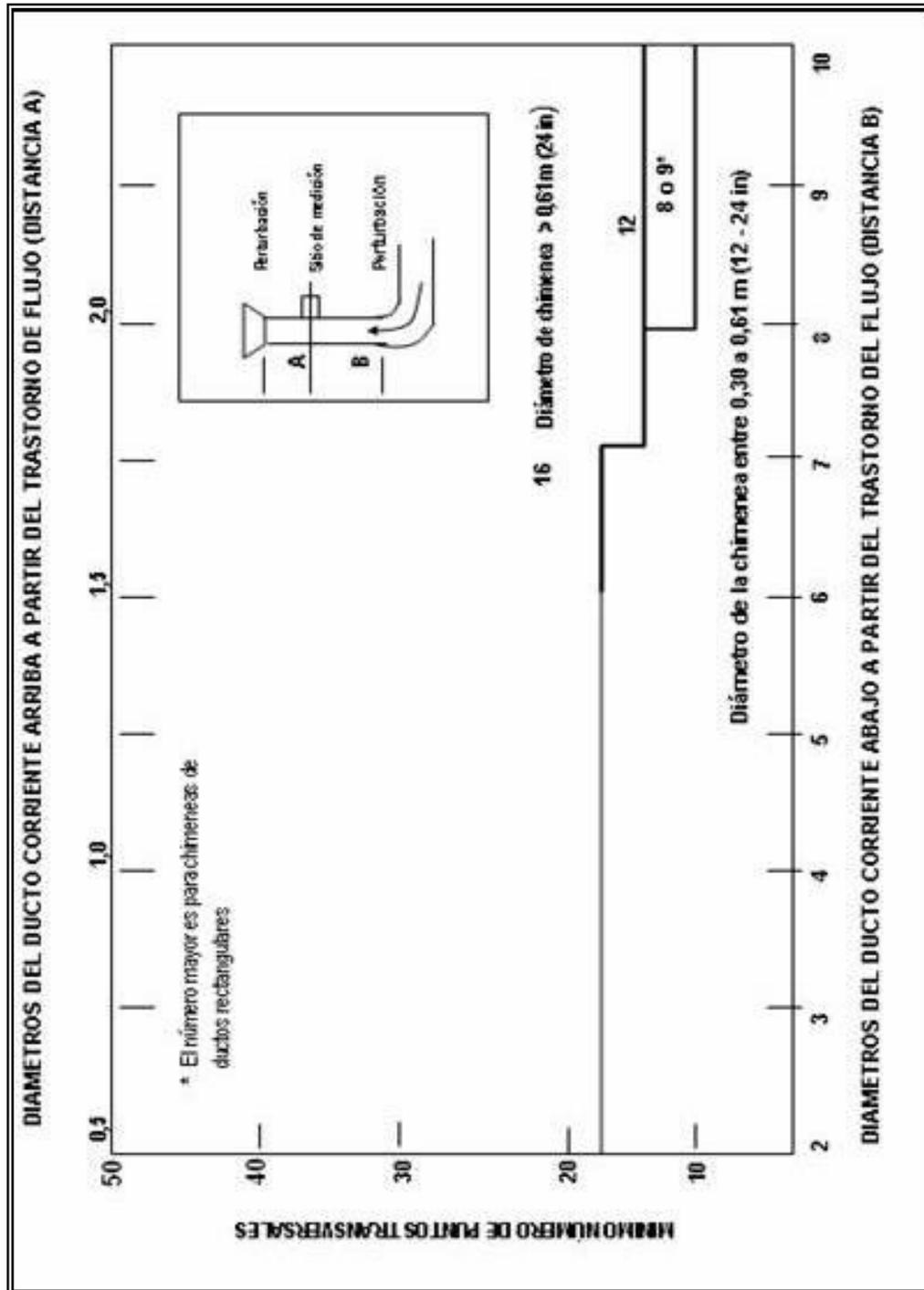


Tabla 1. 1. Matriz de número de punto para chimeneas rectangulares.

Número de puntos trasnversales	Matriz
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7

2.3. Localización de puntos en chimeneas circulares:

Se deben localizar los puntos trasversales sobre dos diámetros perpendiculares, de acuerdo a la Tabla 1. 2 y el ejemplo mostrado en la Figura 1-3. Cualquier ecuación que genere los mismos valores que los de la Tabla 1. 2 podrían ser usados en lugar de la Tabla 1. 2

Para la medición de material particulado, uno de los diámetros debe coincidir con el plano donde se espera obtener la variación más alta de la concentración, por ejemplo después de codos, un diámetro debe ser congruente con la dirección del codo. Este requerimiento se vuelve menos crítico a medida que aumenta la distancia con respecto a las perturbaciones, sin embargo, se pueden emplear otras ubicaciones del diámetro.

Adicionalmente, para chimeneas elípticas con diámetros perpendiculares desiguales, se deben calcular puntos trasversales separados y localizados a lo largo de cada diámetro. Para determinar el área transversal de la chimenea elíptica se debe usar la siguiente ecuación:

$$Area Cuadrada = D_1 * D_2 * 0.7854$$

Donde: D1. Diámetro Chimenea 1. Y D2: Diámetro Chimenea 2.

Para chimeneas con diámetros superiores a 61 cm (24 pulgadas), no se deben ubicar puntos trasversales a menos de 2,5 cm (1 pulgada) de la pared interna de la chimenea; y para chimeneas con diámetros iguales o menores a 61 cm (24 pulgadas) no se deben ubicar puntos a menos de 1,3 cm (0.5 pulgadas) de la pared interna de la chimenea.

Cuando cualquier punto trasversal en una chimenea con diámetro superior a 61 cm (24 pulgadas) esté a menos de 2,5 cm (1 pulgada) de las paredes internas de la chimenea, es necesario reubicar el punto a: (1) una distancia de 2,5 cm (1 pulgada) de la pared de la

chimenea; o (2) una distancia igual al diámetro interno de la boquilla que se utilice, la que sea mayor. Estos puntos transversales deben ser los puntos transversales “ajustados”.

Cuando dos puntos transversales sucesivos se combinen para formar un solo punto transversal ajustado, se debe tratar el punto ajustado como dos puntos transversales separados para todos los efectos del muestreo.

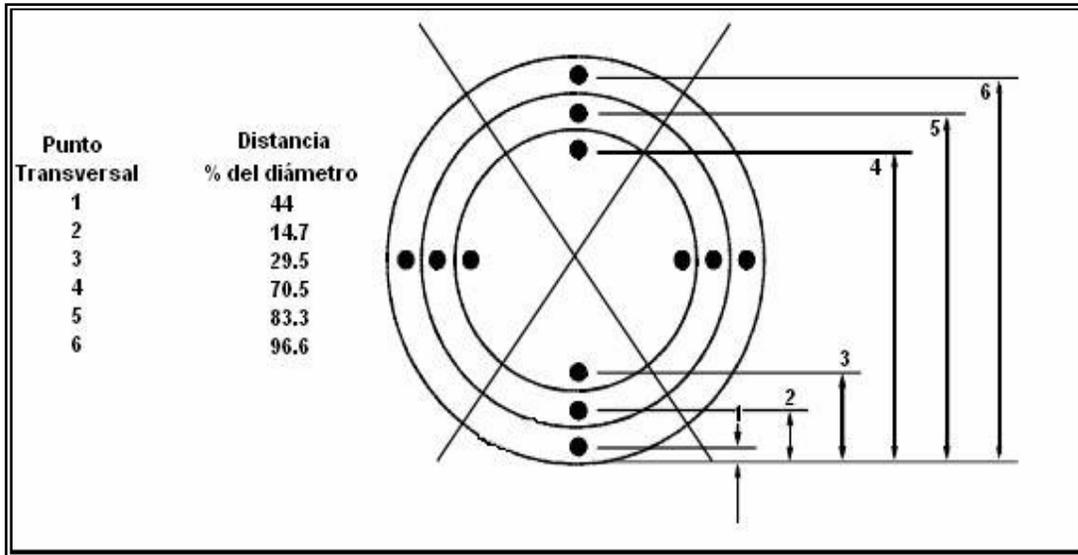
El procedimiento anterior es aplicable a chimeneas con diámetros iguales o inferiores a 61 cm (24 pulgadas), con la diferencia que los puntos transversales “ajustados” deben ser reubicados de la pared de la chimenea a: (1) una distancia de 1,3 cm (0,5 pulgada) de la pared de la chimenea; o (2) una distancia igual al diámetro interno de la boquilla que se utilice, la que sea mayor.

Tabla 1. 2 .Localización de puntos transversales en chimeneas circulares.
Porcentaje del Diámetro de la chimenea, desde las paredes internas hasta cada uno de los puntos.

Número de puntos de recorrido en un diámetro	Número de puntos de recorrido en un diámetro									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	14.6	6.7	4.4	3.3	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3
2	85.4	25.0	14.7	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9
3		75.0	29.5	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7
4		93.3	70.5	32.3	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7
5			85.3	67.7	34.2	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9
6			95.6	80.6	65.8	35.5	26.9	22.0	18.8	16.5
7				89.5	77.4	64.5	36.6	28.3	23.6	20.4
8				96.8	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0
9					91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6
10					97.5	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8
11						93.3	85.4	78.0	70.4	61.2
12						97.4	90.1	83.1	76.4	69.4
13							94.3	87.5	81.2	75.0
14							98.2	91.5	85.4	79.6
15								95.1	89.1	83.5
16								98.4	92.5	87.1
17									95.6	90.3
18									98.6	93.3
19										96.1
20										98.7

Figura 1. 3 Representación de la sección transversal de una chimenea circular, dividida en 12 áreas equivalentes, con la localización de los puntos.

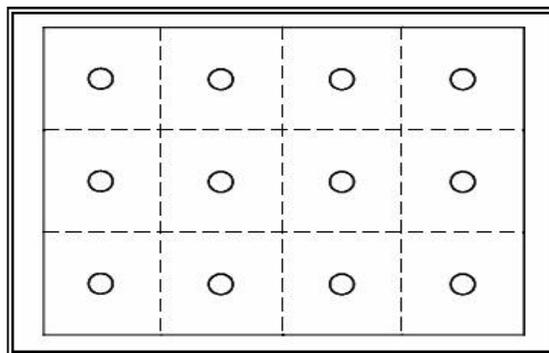
VERSION NO APROBADA



2.4. Localización de puntos en chimeneas rectangulares:

Se debe determinar el número de puntos transversales como se explicó anteriormente. De la Tabla 1.1 determine la configuración de la grilla. Divida la sección transversal de la chimenea en tantas áreas rectangulares elementales iguales como puntos transversales y localizar un punto transversal en el centroide de cada área igual de acuerdo al ejemplo de la Figura 1.4. Si se requiere incrementar el número de puntos transversales, por representatividad de los datos, se debe expandir el “mínimo número de puntos transversales” incrementando una fila o una columna ya que la matriz de puntos no tiene que ser balanceada.

Figura 1.4 . Ejemplo: Representación de la sección transversal de una chimenea rectangular, dividida en 12 áreas equivalentes, con los puntos transversales en el centroide de cada área.



2.5. Verificación de Ausencia de Flujo Ciclónico.

En la mayoría de las fuentes estacionarias, la dirección de flujo del gas, es esencialmente paralela a las paredes de la chimenea, sin embargo, puede existir flujo ciclónico: (1) después de

dispositivos instalados tales como ciclones ó limpiadores inerciales de tipo venturi, (2) ó cuando se tienen dos entradas tangenciales a un ducto, lo cual genera una tendencia a crear remolinos. En estos casos, es indispensable la determinación de la presencia de flujo ciclónico, para lo cual se presentan los siguientes métodos:

Nivelación y puesta en cero de Manómetro: Se conecta el tubo Pitot tipo S al Manómetro, posteriormente el tubo Pitot se ubica en cada uno de los puntos sucesivamente y de manera perpendicular y se debe tomar como referencia cuando la posición de este indique (0°), se debe tomar nota del diferencial de presión en cada uno de los puntos. Cuando en el punto de referencia (0°) la lectura es nula, esto indica que existen unas condiciones de flujo aceptables en ese punto. Si el valor obtenido en el punto de referencia no es cero, entonces se debe realizar una desviación vertical del tubo de Pitot (hasta un ángulo de +/- 90°) hasta que la lectura obtenida sea nula. A continuación se deben identificar tanto el punto que requirió más desviación, como el que requirió menos ó no la requirió, luego se debe hallar el promedio de estos valores, si este valor supera los 20°, entonces no hay unas condiciones aceptables del flujo en la chimenea.

2.6. Procedimiento para selección de sitios de muestreo alternativos.

Esta alternativa aplica a las fuentes cuando los sitios de medición están a menos de dos diámetros de ducto equivalente después o a menos de medio diámetro de ducto equivalente antes de cualquier perturbación del flujo. La alternativa debe estar limitada a ductos con diámetro mayor a 61 cm (24 pulgadas) donde la obstrucción y los efectos de la pared sean mínimos.

3. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Nomenclatura:

L: Longitud.

n : Número total de puntos transversales.

Pi: Grado del ángulo de inclinación en punto transversal i.

R prom : Grado del ángulo promedio.

Ri: Angulo resultante hasta el punto transversal.

Sd. Grado de Desviación Estándar.

W: Ancho

Yi: Angulo de desviación del punto rectangular.

Se debe calcular el diámetro equivalente (De), el cual se halla utilizando la siguiente ecuación, con el fin de determinar las distancias correspondientes:

$$D_e = \frac{2(L)(W)}{L+W}$$

Ecuación 1.

Si se utiliza un procedimiento alternativo, es necesario el desarrollo de las ecuaciones que se presentan a continuación: El ángulo resultante de cada punto transversal, el promedio de ángulos resultantes y la desviación estándar; es necesario aproximar los valores una vez realizados los cálculos:

Cálculo del ángulo resultante para cada punto transversal.

$$Ri = \cos^{-1} [(\cos Yi) (\cos Pi)]$$

Ecuación 2.

Cálculo promedio de los resultados

VERSION NO APROBADA

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

$$R_{prom} = \sum Ri / n$$

Ecuación 3.

Cálculo de la desviación Estándar

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ri - R_{prom.})^2}{(n-1)}}$$

Ecuación 4.

Criterio de Aceptabilidad: La medición es aceptable si: $R_{prom.} \leq 20^\circ$ y $Sd \leq 10^\circ$

MÉTODO 1A – DETERMINACIÓN DEL PUNTO Y VELOCIDAD DE MUESTREO PARA FUENTES ESTACIONARIAS CON DUCTOS O CHIMENEAS PEQUEÑOS

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

Los requerimientos de este método deben ser considerados antes de la instalación de una nueva instalación donde se requiera la medición de emisiones, el no considerarlos puede requerir alteraciones subsecuentes a la chimenea o la desviación del procedimiento estándar, lo cual debe estar sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental competente.

1.1. Parámetros medidos

El propósito de este método es suministrar una guía para la selección de los puntos de muestreo y los puntos transversales en los cuales se debe realizar el muestreo de los contaminantes se debe realizar para cumplir con la normatividad vigente.

1.2. Aplicabilidad.

La aplicabilidad y principio de este método son idénticos a los correspondientes al Método 1, excepto que su aplicabilidad está limitada a ductos o chimeneas. Este método es aplicable a corrientes de gas en ductos, chimeneas y tuberías de menos de 30 cm (12 pulgadas) de diámetro o 710 cm² (113 pulgadas cuadradas) en áreas transversales, pero iguales o mayores a 10 cm (4 pulgadas) de diámetro o 81 cm² (12.57 pulgadas cuadradas) en áreas transversales. Este método no puede ser usado cuando el flujo es ciclónico o en remolino.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

1.4 Resumen del Método.

Este método ha sido diseñado para ayudar el desarrollo de mediciones representativas de emisiones contaminantes y/o el flujo volumétrico total en una fuente estacionaria. Un sitio de medición o un par de sitios de medición donde la corriente de la emisión fluye en una dirección conocida. La sección transversal de la chimenea es dividida en un número de áreas iguales y los puntos transversales son ubicados en cada una de estas áreas.

En estas chimeneas o ductos con diámetros pequeños el uso del método convencional para el ensamble del equipo (Método 5), el cual consiste en un tubo pitot tipo S, adjunto a la sonda de muestreo, equipado con boquilla y termocupla, podría causar mediciones inexactas. Por consiguiente, para material particulado el muestro en ductos o chimeneas de diámetro pequeño, la velocidad del gas es medida ubicando un tubo pitot estándar en el sentido de la emisión en el punto de muestreo. En el tramo recto del ducto entre el punto donde se muestrea el material particulado y los sitios de medición de velocidades se genera temporalmente flujo turbulento por la presencia de la sonda de muestreo.

2. PROCEDIMIENTO

2.1. Determinación del sitio de muestreo

Medición de Partículas – Flujos estables e inestables. El sitio para la medición de material particulado se debería ubicar preferiblemente y al menos a ocho diámetros equivalentes ó diámetros del ducto, antes del extremo final del ducto y 10 diámetros equivalentes por encima de cualquier perturbación del flujo como codos, expansiones o contracciones de la chimenea ó

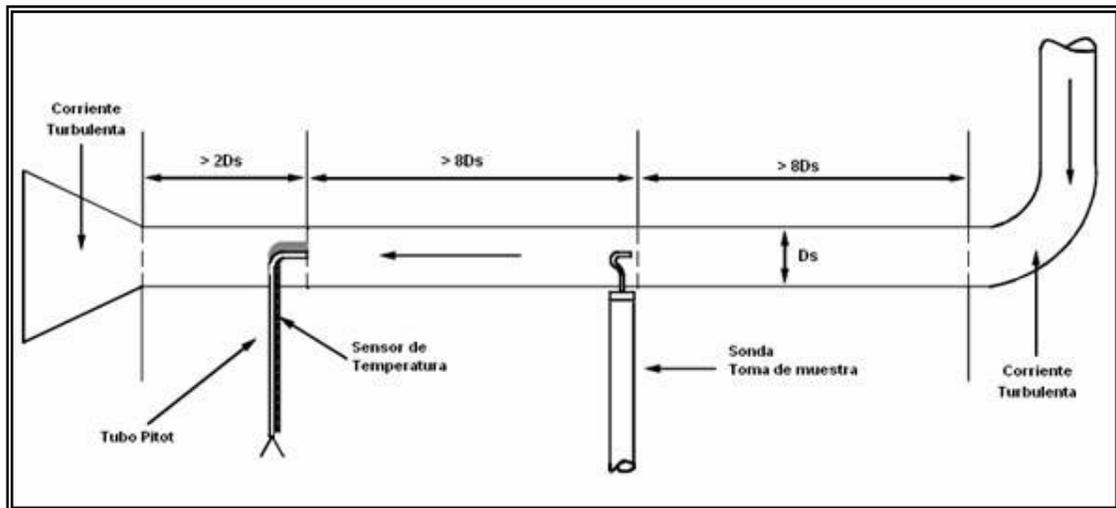
VERSION NO APROBADA

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

desde la llama visible. Posteriormente, se debe localizar el sitio de medición de velocidad a ocho diámetros equivalentes del sitio de muestreo de material particulado (Ver Figura 1A. 1). Si dichos sitios no están disponibles, se debe seleccionar un sitio de muestreo de material particulado alternativo al menos a dos diámetros equivalentes de la chimenea o ducto después y dos y medio diámetros equivalentes de la chimenea o ducto antes de cualquier perturbación del flujo. Posteriormente, se debe localizar el sitio de medición de velocidad a dos diámetros equivalentes abajo del sitio de muestreo de material particulado.

Monitoreo de Material Particulado. Para medir material particulado cuando el flujo volumétrico en un ducto es constante con respecto al tiempo, se debe seguir el Método 1 realizando el muestreo y la medición de velocidad en el mismo sitio. Para demostrar que el flujo es constante (dentro del 10%) cuando se realiza el muestreo de material particulado, se deben realizar mediciones completas de velocidad transversal antes y después del muestreo de material particulado y calcular la desviación del flujo obtenido después del muestreo de material particulado con respecto al obtenido antes del muestreo. El muestreo de material particulado es aceptable si la desviación no excede el 10%.

Figura 1A. 1 . Distribución recomendada para el muestreo de chimeneas pequeñas.



2.2. Determinación del número de puntos transversales

Para la medición de material particulado (flujo estable o inestable), se debe usar la Figura 1.1 del Método 1 para determinar la ubicación del número de puntos transversales para usar tanto en la medición de velocidad como en el muestreo de material particulado. Antes de referirse a la Figura, sin embargo, es necesario determinar las distancias entre los puntos de medición de velocidad y de muestreo de material particulado y las perturbaciones posteriores y anteriores más cercanas. Posteriormente, se debe dividir cada distancia por el diámetro de la chimenea o diámetro equivalente para expresar las distancias en términos del número de diámetros de ducto.

Después, se debe determinar el número de puntos transversales de la Figura 1.1, correspondientes a cada una de estas cuatro distancias. Se selecciona el mayor de los cuatro números de puntos transversales (o un número mayor) de manera que, para ductos circulares el número sea un múltiplo de cuatro y para ductos rectangulares el número sea uno de los mostrados en la Tabla 1.1 en el Método 1 de este documento. Cuando el criterio de localización

VERSION NO APROBADA

del diámetro de ducto óptimo se pueda cumplir, el número mínimo de puntos transversales requeridos es ocho para ductos circulares y nueve para ductos rectangulares.

Para la medición de material particulado (flujo estable) o sólo mediciones de velocidad (para contaminantes diferentes a partículas) se debe usar la Figura 1.2 para determinar el número de puntos transversales, siguiendo el mismo procedimiento usado para el muestreo de material particulado descrito en el Método 1. Cuando se puede cumplir el criterio de localización óptima del punto de muestreo, el número mínimo de puntos transversales requeridos es ocho para ductos circulares y nueve para ductos rectangulares.

MÉTODO 2 – DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD Y TASA DE FLUJO VOLUMÉTRICA DE GASES EN CHIMENEA (TUBO PITOT TIPO S)

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

Este método es aplicable a la determinación de la velocidad promedio y el flujo volumétrico de una corriente de gas. Este método no es aplicable a mediciones que no cumplen con los criterios del Método 1. Aunque el método no puede ser usado para la medición directa de flujo ciclónico o en remolino en corrientes de gas; el Método 1 muestra como determinar las condiciones de flujo ciclónico o en remolino. Cuando existen condiciones inaceptables, procedimientos alternativos, sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional, pueden ser empleados para reproducir valores de flujo precisos. Ejemplos de dichos procedimientos alternativos incluyen: (1) instalar aletas direccionadoras; (2) calcular el flujo volumétrico total estequiométricamente; o (3) moverse a otro sitio de medición donde el flujo sea aceptable.

1.1. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. EQUIPOS Y MATERIALES

La elaboración de una medición directa es un proceso que requiere que los equipos y materiales recomendados se encuentren debidamente calibrados y sean los adecuados para cada uno de los contaminantes que se requieren medir. En este sentido, a continuación se hace una descripción de los equipos y materiales que se requieren el método empleado en la evaluación de contaminantes.

2.1. Tubo de Pitot tipo S.

Tubo de Pitot ensamblado en tubería de metal (por ejemplo, acero inoxidable) como se muestra en la Figura 2-1. Se recomienda que el diámetro externo de la tubería (Dimensión Dt, de la Figura 2-2) esté entre 0,48 y 0,95 cm (3/16 y 3/8 de pulgada). Debe existir una misma distancia desde la base de cada brazo del tubo pitot hasta el plano del lado abierto (dimensiones PA y PB de la Figura 2-2); se recomienda que esta distancia esté entre 1,05 y 1,5 veces el diámetro del tubo externo.

Los lados abiertos del tubo pitot deben, preferiblemente, estar alineadas como se muestra en la Figura 2.2; sin embargo, son permisibles ligeros desalineamientos de los lados abiertos.

El tubo pitot tipo S debe tener un coeficiente conocido, determinado como se menciona en este método. Un número de identificación debe ser asignado al tubo pitot; este número debe ser marcado permanentemente o grabado en el cuerpo del tubo. Un pitot estándar puede ser usado en lugar de uno tipo S, siempre que se cumplan las especificaciones señaladas en este documento. Tenga en cuenta, sin embargo, que los orificios de presión estática y presión total de los tubos pitot estándar son susceptibles de taponarse en corrientes de gas cargadas de partículas.

2.2. Medidor de la Presión Diferencial.

VERSION NO APROBADA

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

Un manómetro inclinado o mecanismo equivalente. La mayoría de los trenes de toma de muestra están equipados con un manómetro vertical inclinado de 10 pulgadas (columna de agua), con divisiones de 0,01 pulgadas de agua en la escala inclinada de 0 a 1 pulgada y divisiones de 0,1 pulgadas de agua en la escala vertical. Este tipo de manómetros (u otros medidores de sensibilidad equivalente) es satisfactorio para la medición de valores de Δp tan bajos como 1,27 mm (0,05 pulgadas) de agua. Sin embargo, un medidor de presión diferencial de mayor sensibilidad debe ser usado (sujeto a aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional), si se presenta alguna de las siguientes consideraciones: (1) el promedio aritmético de todas las lecturas de Δp en los puntos transversales en la chimenea es menor a 1,27 mm (0,05 pulgadas) de agua; (2) para mediciones transversales de 12 o más puntos, más del 10% de las lecturas individuales de Δp están por debajo de 1,27 mm (0,05 pulgadas) de agua; o (3) para mediciones transversales de menos de 12 puntos, más de una lectura de Δp está por debajo de 1,27 mm (0,05 pulgadas) de agua.

Nota: Si el medidor de diferencial de presión usado es diferente al manómetro inclinado, se debe verificar la calibración de estos equipos luego de cada monitoreo. Para verificar la calibración del medidor de diferencial de presión, se deben comparar las lecturas de Δp del medidor con las lecturas del manómetro (aceite) como mínimo de tres puntos, que representen de manera aproximada el rango de valores de Δp en la chimenea. En cada punto los valores de Δp leídos en los dos instrumentos deben estar dentro de rango de diferencia del 5%, en este caso el medidor de diferencial de presión se considera adecuadamente calibrado.

2.3. Sensor de Temperatura.

Un termopar, termómetro de bulbo lleno de líquido, termómetro bimetálico, termómetro de vidrio con mercurio, u otro sensor capaz de medir temperaturas dentro del 1.5% de la temperatura mínima absoluta de la chimenea. El sensor de temperatura debe estar unido al tubo pitot de manera que la punta del sensor no toque ningún metal; el medidor debe estar en un montaje libre de interferencias con respecto a los lados abiertos del tubo pitot.

2.4. Sonda y medidor de presión.

Un tubo piezométrico y un manómetro en U con agua o mercurio capaz de medir la presión de la chimenea dentro de 2,5 mm (0,1 pulgadas de mercurio). El lado estático del tubo pitot estándar o un brazo del tubo pitot tipo S con los planos de los lados abiertos posicionados paralelamente al flujo del gas pueden ser usados como sonda de presión.

2.5. Barómetro.

Barómetro de mercurio, Aneroide u otro cualquier otro que pueda medir presiones atmosféricas dentro de de 2,5 mm (0,1 pulgadas de mercurio). Nota: La presión barométrica puede ser obtenida de la entidad encargada del monitoreo de las variables del clima, en este caso se deberá realizar un ajuste por las diferencias de altura entre la estación de monitoreo y el sitio exacto del desarrollo del muestreo.

Nota: La lectura de la presión barométrica puede ser obtenida de una fuente nacional de información, en este caso se debe hacer un ajuste del valor ya que existen diferencias de altura entre la estación y el punto donde se hace la medición.

Equipo para la determinación de la densidad del gas.

VERSION NO APROBADA

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

Se debe aplicar lo establecido en el método 3 para determinar el peso molecular del gas seco y lo establecido en el método 4 o el método 5 para determinar el contenido de humedad.

2.6. Calibración del tubo pitot.

Cuando sea necesaria la calibración del tubo pitot, se debe utilizar un tubo pitot estándar como referencia. Este deberá preferiblemente, tener un coeficiente conocido. Alternativamente se puede utilizar un tubo pitot diseñado que cumpla con las siguientes especificaciones:

Diseño del tubo pitot.

Hemisférico, Elíptico ó cónico.

Una distancia mínima de seis diámetros, medida entre la punta del tubo pitot y los agujeros de presión estática.

Una distancia mínima medida de ocho diámetros entre los agujeros de presión estática y la línea central del tubo externo, a continuación de la curvatura de 90°.

Agujeros para la medición de la presión estática con igual tamaño (aproximadamente 0,1 Diámetros) con la misma separación, de acuerdo a la configuración del anillo piezométrico.

2.7. Medidor de diferencial de presión para la calibración del tubo pitot tipo S.

Un manómetro inclinado o su equivalente. Si es empleada una técnica de calibración de velocidad simple, el medidor de diferencial de presión de la calibración debería ser leído lo más cercano a 0,127 mm (0,005 in) de agua. Para la calibración de multivelocidades el medidor debería permitir lecturas cercanas a 0,127 mm (0,005 in) de agua para valores de Δp entre 1,27 y 25,4 mm (0,05 y 1,0 in) de agua, y lecturas cercanas a 0,127 mm (0,005 in) de agua para valores de Δp no superiores a 25,4 mm (1,0 in).

3. PROCEDIMIENTO

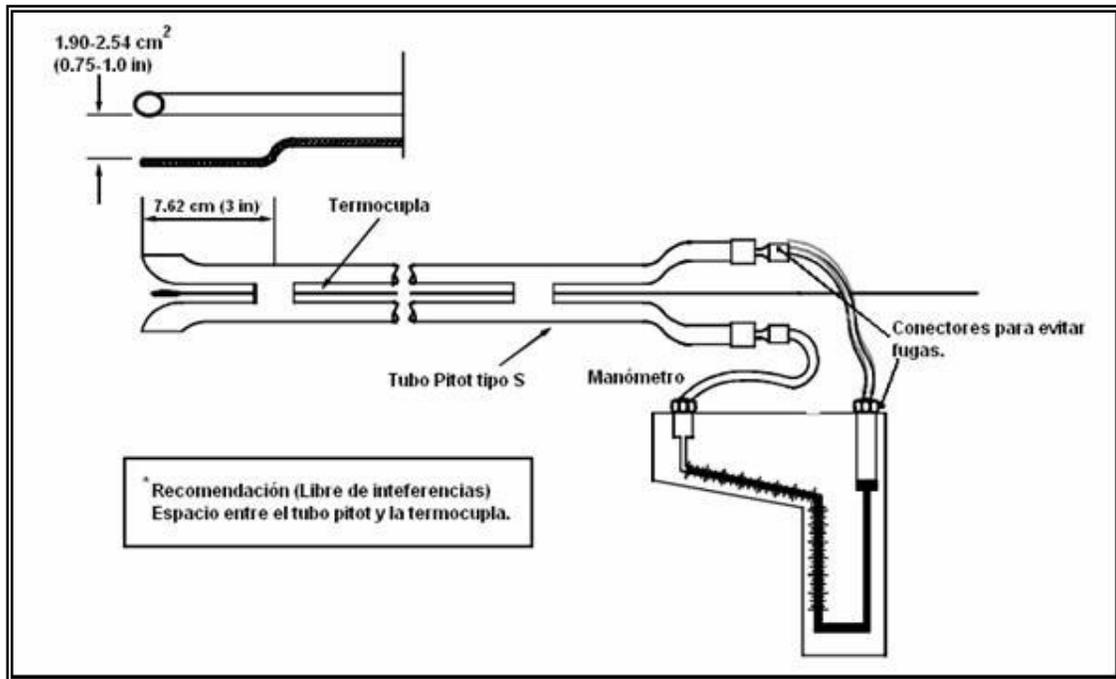
Recolección y Análisis de la muestra.

Se debe configurar el tren de medición como lo indica la Figura 2. 1 Los tubos capilares o tanques instalados entre el manómetro y el tubo pitot pueden ser usados para amortiguar las fluctuaciones de presión. Es recomendable, pero no requerido, efectuar una prueba de fugas previa, de la siguiente manera: (1) Se debe soplar a través del orificio de impacto del pitot hasta que se registre una cabeza de velocidad en el manómetro de por lo menos 7,6 cm (3 pulgadas) de agua, posteriormente, se debe cerrar el orificio de impacto. La presión debe permanecer estable por lo menos durante 15 segundos; (2) se debe realizar lo mismo para el lado de presión estática, con la excepción de que se realiza succión para obtener un mínimo de 7,6 cm (3 pulgadas). Se pueden utilizar otros procedimientos para probar fugas, sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

VERSION NO APROBADA

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

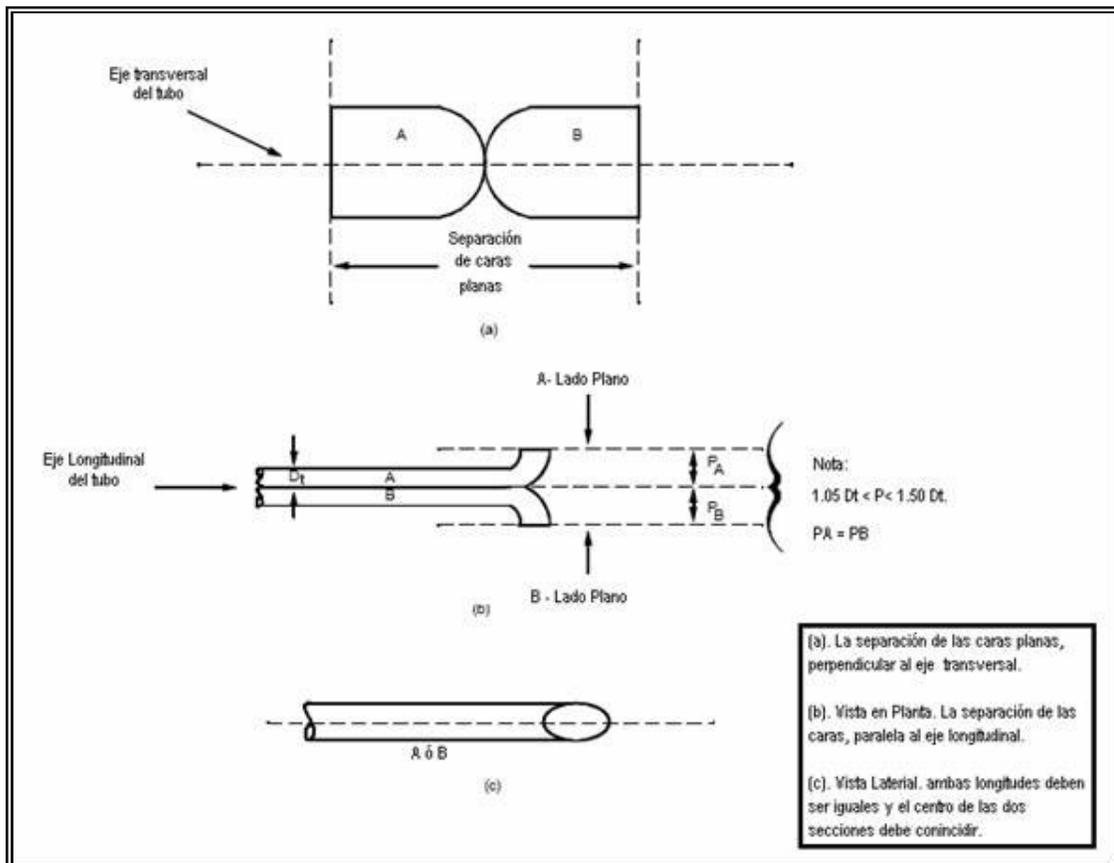
Figura 2. 1. Ensamble del tubo Pitot al manómetro.



Se debe nivelar y poner en cero el manómetro. Teniendo en cuenta que pueden ocurrir cambios en el nivel del manómetro y en el cero debido a vibraciones y cambios en la temperatura, se deben realizar chequeos periódicos durante las mediciones transversales (al menos uno por hora). Se debe registrar toda la información necesaria en un formato similar al mostrado en la Figura 2.6.

Se debe medir la cabeza de velocidad y temperatura en cada punto transversal especificado por el Método 1. Se debe asegurar que se está utilizando la escala adecuada de presión diferencial para los valores de diferencia de presión encontrados. Si es necesario cambiar a una escala más sensible se debe hacer y luego volver a realizar las lecturas de diferencia de presión y temperatura en cada punto transversal. Se debe realizar una prueba de fugas posterior (obligatorio), como se describió anteriormente, para validar el muestreo.

Figura 2. 2. Propiedades de construcción del tubo pitot tipo S.



Se debe medir la presión estática en la chimenea, generalmente una lectura es adecuada y además determinar la presión atmosférica.

Se debe determinar el peso molecular del gas en la chimenea, base seca. Para procesos de combustión o procesos que emiten esencialmente CO_2 , O_2 , CO y N_2 , se debe emplear el Método 3. Para procesos que emiten esencialmente aire, no se requiere realizar un análisis; se debe usar un peso molecular de 29, usando base seca. Para otros procesos, se deben emplear otros métodos, sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

Se debe obtener el contenido de humedad del gas en la chimenea empleando el Método 4 (método de referencia o equivalente) o el Método 5.

Se debe determinar el área transversal de la chimenea o ducto en el sitio de muestreo. Cuando sea posible, se debe medir físicamente las dimensiones de la chimenea, en lugar de usar planos de diseño. No se debe asumir que los diámetros de la chimenea son iguales. Se debe medir cada distancia diametral para verificar sus dimensiones.

VERSION NO APROBADA

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

Figura 2.6. Formato para los datos de velocidad.

PLANTA _____					
FECHA _____ REVISIÓN No. _____					
DIÁMETRO O DIMENS. DE LA CHIMENEA (m)/(in). _____					
PRESIÓN BAROMÉTRICA mm Hg (in Hg) _____					
ÁREA TRANSVERSAL m ² (ft ²) _____					
OPERARIOS _____					
No. TUBO PITOT _____					
COEFICIENTE, Cp _____					
DATO ANTERIOR CALIBRADO _____					
ESQUEMA DE LA CHIMENEA _____					
		SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CHIMENEA			
PUNTO No.	VELOCIDAD Δp mm (in.) H ₂ O	TEMPERATURA DE LA CHIMENEA		Pg mm Hg (in. Hg)	$(\Delta p)^{1/2}$
		Ts, °C (°F)	Ts, °K (°R)		
PROMEDIO					

4. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Tubo Pitot tipo S. Antes del uso inicial, se debe examinar cuidadosamente el cuerpo del tubo pitot, para verificar que las aperturas de la cara del tubo se encuentren alineadas dentro de las especificaciones ilustradas en la Figura 2.2. El tubo Pitot no debe ser utilizado si ni cumple con esta especificación. Luego de esta verificación se deben medir y anotar las siguientes dimensiones del tubo: (a) Diámetro externo, y (b) la distancia entre las bases planas de las aberturas del tubo (Dimensiones Pa y Pb de la Figura 2-2)

Si el Diámetro interno (Dt) está entre 0,48 y 0,95 cm (3/16 y 3/8 in) y si Pa y Pb son iguales y están entre 1.05 y 1.5 veces el Diámetro interno, existen dos posibilidades: (1) El tubo pitot puede ser calibrado de acuerdo a la establecido en este método acerca de calibración y recalibración del tubo pitot, ó (2) puede asignarse un valor de coeficiente de 0.84 al tubo pitot. Es importante que se note como el tubo pitot, siendo parte del ensamble del equipo, puede requerir una calibración, ya que si las medidas Dt, Pa ó Pb están por fuera de los límites especificados este podría necesitar una calibración.

VERSION NO APROBADA

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

4.1. Ensamble del tubo Pitot tipo S.

Durante el muestreo y la determinación de la velocidad en los puntos, el tubo pitot no se usó como un elemento aislado, ya que en muchos casos, este se usa en combinación con otros componentes del tren de muestreo como la termocupla, la boquilla y la sonda) como partes integrales de su ensamble.

La presencia de otros componentes durante el muestreo puede afectar el valor base del coeficiente del tubo de pitot. Por consiguiente un valor asignado para el coeficiente del tubo pitot, puede ó no ser válido para el ensamble. Este valor asignado al coeficiente será válido únicamente cuando las condiciones de los componentes utilizados en el ensamble eliminen los efectos de interferencia aerodinámica.

Nota: No se debe usar el tubo pitot tipo S en cuya construcción y ensamblaje se note que el plano de impacto de presión está por debajo del plano de la boquilla.

Calibración inicial: Si el tubo pitot, debe ser calibrado, Las dos partes del tubo deben permanecer marcadas con las letras A y B. La calibración se deberá desarrollar siguiendo las siguientes especificaciones:

El flujo del gas debe ser confinado en un ducto con un área o sección transversal definida tanto para ducto circular como rectangular. Para el caso de ductos circulares, el diámetro mínimo debe ser de 30,48 cm (12 in); y para secciones transversales rectangulares en ancho debe ser de por lo menos 25.4 cm (10 in).

El área de la sección transversal debe ser verificada igualmente, debe ser constante en una distancia de 10 ó más veces el diámetro del ducto. Para secciones rectangulares, se debe hallar el diámetro equivalente. Para asegurar que hay esencia de flujo estable, el sitio para la toma de muestras debe estar localizado a 8 diámetros por debajo del punto de descarga y 2 diámetros por encima del último disturbio.

Nota: El criterio de los ocho y dos diámetros no son absolutos; Se pueden utilizar otros (sujetos a aprobación por parte de la autoridad ambiental), con el objetivo que se demuestre que el flujo en el sitio donde se realiza la medición es estable y paralelo a las paredes del ducto.

El Sistema deberá tener la capacidad de generar en la sección de la toma de muestras una velocidad cercana a los 910 m/min (3000 ft/min). Esta velocidad debe ser constante en el tiempo, para garantizar que el flujo se mantenga estable durante la calibración. Nótese que el coeficiente obtenido como coeficiente del tubo pitot para una velocidad única de 910 m/min (3000 ft/min) generalmente será válida para +/- 3% de las medidas de velocidad alrededor de 300 m/min (1000 ft/min) y +/- un 6% para la medición de velocidades entre 180 y 300 m/min (600 y 1000 ft/min). Si hay una correlación precisa entre el Coeficiente del tubo de pitot (C_p) y la velocidad que se desea, el sistema debería estar en la capacidad de generar por lo menos cuatro informaciones distintas, tiempo- invariante y velocidades de evolución – sección, cubriendo un rango de velocidad de 180 a 1500 m/min (600 a 5000 ft/min), y los datos de la calibración deberían ser tomados a intervalos de velocidad por encima de este rango.

Dos puertos de estrada, Uno para cada uno de los tubos del tubo pitot estándar. Para facilitar la alineación de los tubos pitot mientras la calibración, es recomendable que la sección sea construida en un material transparente.

VERSION NO APROBADA

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

4.2. Procedimiento de Calibración:

Es importante tener en cuenta que este procedimiento aplica únicamente para velocidades simples de calibración. Para obtener información de calibración de los lados A y B del tubo pitot tipo S se procede de la siguiente manera:

4.2.1. Se debe asegurar que el Manómetro esta apropiadamente lleno con aceite y que está libre de contaminación y además que este tiene una adecuada densidad. Se debe inspeccionar la existencia de fugas en el tubo pitot (reemplazar y reparar si es necesario).

4.2.2. Asegurar que el manómetro se pone en nivel cero. Se enciende el equipo para permitir el flujo hasta que se estabilice, se debe garantizar que no hay fugas en el tubo pitot en este momento.

4.2.3. Una vez asegurado el nivel cero en el manómetro, se debe ubicar el tubo pitot y alinearlos de tal manera que quede directamente sobre el flujo dentro del ducto. Particularmente se debe tener en cuenta que la alineación que ha tomado el tubo evite la presencia de ángulos de inclinación. Asegura además que la entrada en el puerto de muestreo está adecuadamente sellada, mientras que la sonda esta introducida en el ducto.

4.2.4. Lea la presión estándar y tome este dato en un formato similar al que se muestra en la Figura 2-9, mueva el tubo pitot estándar de ducto y desconéctelo del manómetro y selle el puerto en la entrada.

4.2.5. Conecte el tubo pitot tipo S al manómetro y verifique la existencia de fugas. Abra el puerto para ingresar el tubo pitot, verifique que el nivel se encuentra en nivel cero. Inserte y alinee el tubo pitot tipo S en la misma posición en la que se encontraba el tubo pitot estándar y déjelo directamente sobre el flujo. Asegúrese de que la entrada del puerto de muestreo se encuentre completamente cerrado.

4.2.6. Lea la presión en la chimenea e ingrese el valor en el formato de campo. Remueva nuevamente el tubo pitot tipo S y desconéctelo del manómetro.

4.2.7. Repita los pasos de 3 a 6 hasta tener dos pares de datos de la presión con la parte A del tubo pitot estándar y el tipo S.

4.2.8. Repita los pasos de 4.2.3 a 4.2.7 para el lado B del tubo Pitot tipo S.

4.2.9. Desarrolle los cálculos que se desarrollan a continuación. Utilice el tipo pitot tipo S, únicamente se los valores de presión en A y B son menores ó iguales a 0.01 y si el valor absoluto de la diferencia entre $C_{p(A)}$ y $C_{p(B)}$ es 0.01 ó menor.

VERSION NO APROBADA

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

Figura 2-9. Formato para la calibración del tubo pitot.

CALIBRADO POR: _____				
CALIBRACIÓN LADO "A"				
CORRIDA No.	ΔP promedio cm. H ₂ O (in H ₂ O)	ΔP _(s) cm H ₂ O (in. H ₂ O)	C _{p(s)}	DESVIACIÓN C _{p(s)} - C _p (A)
1				
2				
3				
C _{p, promedio} LADO "A"				
CALIBRACIÓN LADO "B"				
CORRIDA No.	ΔP promedio cm. H ₂ O (in H ₂ O)	ΔP _(s) cm H ₂ O (in. H ₂ O)	C _{p(s)}	DESVIACIÓN C _{p(s)} - C _p (B)
1				
2				
3				
C _{p, promedio} LADO "B"				
$\sigma_{A \text{ ó } B} = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{p(s)} - \bar{C}_{p(A \text{ or } B)} }{3}$				

5. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS.

Cálculos para la calibración del tubo pitot tipo s.

Nomenclatura:

A: Área transversal de la chimenea m² (ft²)

Bws: Porción de Volumen de vapor de agua

C_p: Coeficiente del tubo de pitot (Adimensional)

P_{s(s)}: Coeficiente del tubo de pitot tipo S.

C_{p(std)}: Coeficiente del tubo de pitot estándar

D_e: Diámetro equivalente

K: 0.127 mm H₂O

0.005 in H₂O

K_p: Constante de ecuación de velocidad.

VERSION NO APROBADA

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

L: Longitud
 Md: Peso molecular del gas en la chimenea, en base seca g/g mol (lb/lb mol).
 Ms: Peso molecular del gas en base húmeda g/g mol (lb/lb mol).
 n: Número total de puntos transversales
 Pbar: Presión barométrica medida en el sitio. mm Hg (in Hg).
 Pg: Presión estática en la chimenea. mm Hg (in Hg)
 Ps: Presión Absoluta en la chimenea. (Pbar + Pg). mm Hg (in Hg)
 Pstd: Presión absoluta estándar, 760 mm Hg (29.92 in Hg).
 Qsd: Flujo Volumétrico del gas en la chimenea, corregido a condiciones estándar, dscm/h (dscf/h)
 T: Factor de sensibilidad para la medición del diferencial de presión.
 Ts: Temperatura de la chimenea °C
 Ts (std): Temperatura absoluta de la chimenea °K (°R).
 273 + Ts (Para unidades métricas)
 460 + Ts (Para unidades inglesas)
 Tstd: Presión Absoluta estándar. 293 °K (528°R).
 Vs: Velocidad promedio del gas en la chimenea. m/s (ft/s)
 W: Ancho de la chimenea
 Δp: Cabeza de velocidad del gas en la chimenea. Mm H₂O. (in H₂O).
 Δpi: Cabeza de velocidad individual en cada una de los puntos transversales. (i) mm (in) H₂O.
 Δpstd. Cabeza de velocidad medida por medio del tubo de pitot estándar. cm (in) H₂O.
 Δps: Cabeza de velocidad medida por medio del tubo de pitot tipo S. cm (in) H₂O.
 3600: Factor de conversión: seg/h
 18: Peso molecular del agua g/g mol (lb/ lb mol).

El valor T se calcula como se muestra a continuación:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta P_i + K}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta P_i}}$$

Ecuación 1.

Cálculo del diámetro equivalente:

$$De = \frac{2LW}{L + W}$$

Ecuación 2.

Cálculo para la calibración del tubo pitot tipo S.

Para cada uno de los 6 puntos leídos, se debe calcular el valor del coeficiente del tubo pitot tipo S, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_{p(s)} = C_{p(std)} \sqrt{\frac{\Delta P_{std}}{\Delta P}}$$

Ecuación 3.

Donde: C_{p(s)} = Coeficiente del tubo de pitot tipo S.

VERSION NO APROBADA

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

$C_{p(\text{std})}$ = Coeficiente Estándar del tubo de pitot, se debe usar 0.99 si el coeficiente no es conocido y el tubo ha sido diseñado.

P_{std} = Presión Absoluta Estándar, 760 mm hg (29.92 in Hg)

Se debe calcular la diferencia entre los dos valores promedio de $C_{p(A)}$ y $C_{p(B)}$. Así como la desviación de cada uno de los tres valores de $C_{p(s)}$ con respecto a $C_{p(A)}$ y la desviación de $C_{p(s)}$ con respecto a $C_{p(B)}$ utilizando al siguiente ecuación:

$$\text{Desviacion} = C_{p(s)} - C_{p(A \text{ ó } B)}$$

Ecuación 4.

Se debe calcular posteriormente el promedio, para ambos lados (A y B) del tubo pitot, usando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{A \text{ ó } B} = \frac{\sum_{i=1}^3 |C_{p(s)} - \overline{C_{p(A \text{ ó } B})}|}{3}$$

Ecuación 5.

Cálculo del peso molecular del gas en la chimenea

$$M_s = M_d (1 - B_{ws}) + 18.0 B_{ws}$$

Ecuación 6.

Posteriormente se calcula el valor promedio de la velocidad del gas en la chimenea

$$V_s = K_p C_p \sqrt{\Delta P_{\text{promedio}}} \sqrt{\frac{T_{s(\text{abs})}}{P_s M_s}}$$

Ecuación 7.

Finalmente se calcula el flujo volumétrico promedio del gas seco en la chimenea

$$Q = 3600 (1 - B_{ws}) V_s A \left[\frac{T_{\text{std}} P_s}{T_{s(\text{abs})} P_{\text{std}}} \right]$$

Ecuación 8.

6. CONSIDERACIONES ESPECIALES

Es necesario tener en cuenta que cuando se calibre un tubo pitot tipo S, el punto de calibración se debe ubicar ó en el centro del ducto ó cerca de este y se sigue el procedimiento que se especificó anteriormente

Cuando existe una combinación de tubo pitot tipo S – termocupla (Sin la sonda ensamblada) se debe seleccionar el punto de calibración en el centro del ducto ó chimenea y posteriormente seguir el procedimiento descrito en este método. El coeficiente obtenido será válido siempre que se utilice esta combinación y cuando el ensamble esté libre de interferencia.

Si es un ensamble combinado entre el tubo pitot y la sonda completa, el punto debería estar localizado en el centro ó muy cerca del centro del ducto, sin embargo en un ducto pequeño, la

VERSION NO APROBADA

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

ubicación en el centro del ducto podría causar interferencias y crear un obstáculo significativo en el valor del coeficiente. Entonces, para minimizar este efecto de bloqueo, el punto de calibración puede estar a algunas pulgadas del centro si es necesario.

Para aquellos ensambles en los que la unión del tubo pitot y la boquilla genera un factor de interferencia, el valor del coeficiente dependerá de la separación entre estos dos y será función del tamaño de la boquilla. En estos casos, cada calibración generará una clasificación distinta para la boquilla. Es importante notar que la calibración bajo una velocidad simple, es una técnica apropiada para este propósito, sin embargo un tamaño de boquilla entre (0.635 cm ó ¼ in) generalmente no se usa para muestreos isocinéticos con velocidades cercanas a 910 m/min (3000 ft/min), que es la velocidad de calibración. Nótese también que no es necesario hallar isocineticismo durante un muestreo de calibración.

Para aquellos casos en los que el ensamble de la sonda, es usada siempre en la misma orientación, solamente es necesario calibrar uno de los tubos. Sin embargo se debe verificar que el tubo cumpla con los parámetros de alineación establecidos en la

Figura 2. 2, además se debe tener en cuenta que la desviación no debe ser superior a 0,01.

Uso del equipo en campo y recalibración.

Uso en campo.

Cuando es utilizado un tubo pitot tipo S se debe usar un apropiado valor del coeficiente para los cálculos de la velocidad. Para tubos pitot tipo S calibrados, el coeficiente del lado A debería ser usado cuando el lado A del tubo esta de cara al flujo o corriente y se debe usar el coeficiente del lado B cuando sea este lado el que esta de cara al flujo. Como alternativa el promedio aritmético de los valores de los coeficientes A y B podría ser usado, independientemente para cada uno de los lados.

Cuando el ensamble de la sonda es usado para muestreo en ductos pequeños con diámetro entre 30,5 y 91,4 cm (12 a 36 pulgadas), la parte exterior de la sonda algunas veces bloquea una parte significativa de la sección transversal del ducto, causando una reducción significativa en la obtención de un valor efectivo de $C_{p(S)}$

Recalibración.

VERSION NO APROBADA

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

Tubos de Pitot aislados. Después de cada uso del tubo pitot en campo, se debe verificar cuidadosamente el estado de los extremos y de los tubos. Si no se evidencian modificaciones o alteraciones de alguna de las caras del tubo, se puede asumir que los coeficientes no cambian. Si por el contrario el tubo ha sufrido alteraciones y no es posible garantizar que con una reparación se cumple las especificaciones iniciales de alineación, el tubo debería ser desechado.

Ensamble del tubo pitot. Después de cada uso en campo se debe verificar la alineación de cada una de las caras del tubo, y además se debe verificar y medir los demás componentes que hacen parte del ensamble. Si estos componentes no han cambiado y las caras del tubo presentan la adecuada alineación, se asume que el coeficiente no ha cambiado. Si por el contrario las caras de tubo no presentan la adecuada alineación se debe reemplazar el tubo. Si alguno de los componentes del ensamble ha cambiado se debe restaurar a las condiciones originales o recalibrar el ensamble.

MÉTODO 2C – DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD Y TASA DE FLUJO VOLUMÉTRICA DEL GAS EN DUCTOS O CHIMENEAS PEQUEÑAS (TUBO PITOT ESTÁNDAR)

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

Este método es aplicable a la determinación de la velocidad promedio y el flujo volumétrico de una corriente de gas en ductos o chimeneas pequeñas. Los límites en la aplicabilidad de este método son idénticos a los establecidos en el Método 2, excepto que este método está limitado a chimeneas o ductos de fuentes estacionarias menores a 30 cm (12 pulgadas) de diámetro o 710 cm² (113 pulgadas cuadradas) de área transversal, pero mayor que 10 cm (4 pulgadas) de diámetro o 81 cm² (12.57 pulgadas cuadradas) de área transversal.

1.1. Objetivos de la calidad de los datos.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. EQUIPOS Y MATERIALES.

Se utilizan los mismos equipos del método 2, con la siguiente excepción:

Tubo de Pitot Estándar: (En vez del Tipo S), cuyas especificaciones pueden ser conocidas en el método 2. Este utiliza un coeficiente de 0.99 a menos que se utilice otro tipo de tubo con un coeficiente conocido.

Tubo pitot alternativo: Una modificación en el tubo pitot cuyas características que incrementan ó disminuyen la presión estática de los agujeros. (Ver Figura 2C-1).

3. PROCEDIMIENTO

Se deben realizar los procedimientos generales del método 2, excepto que la realización de las mediciones se deben realizar en los puntos transversales especificados en el Método 1A. Los orificios de impacto y presión estática del tubo pitot estándar son susceptibles de taponarse en corrientes de gas con alto contenido de material particulado. Por tal razón, se deben realizar

VERSION NO APROBADA

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

pruebas adecuadas para garantizar que los orificios del tubo pitot no se taponen durante el periodo de realización de los puntos transversales; lo que puede realizarse tomando la cabeza de velocidad en el último punto transversal, limpiando los orificios de impacto y presión estática del tubo pitot mediante una “purga inversa” por inyección de aire a presión y luego tomando otra lectura de presión. Si las lecturas de presión antes y después de la purga de aire son las mismas (dentro de un 5%) las mediciones son aceptables. De lo contrario, se debe rechazar el muestreo.

Se debe tener en cuenta que si la cabeza de velocidad en el último punto es inusualmente bajo, se debe seleccionar otro punto. Si la “purga inversa” a intervalos regulares es parte del procedimiento, se deben tomar lecturas comparativas como se mencionó anteriormente, para las dos últimas “purgas inversas” en las cuales se observen lecturas usualmente altas.

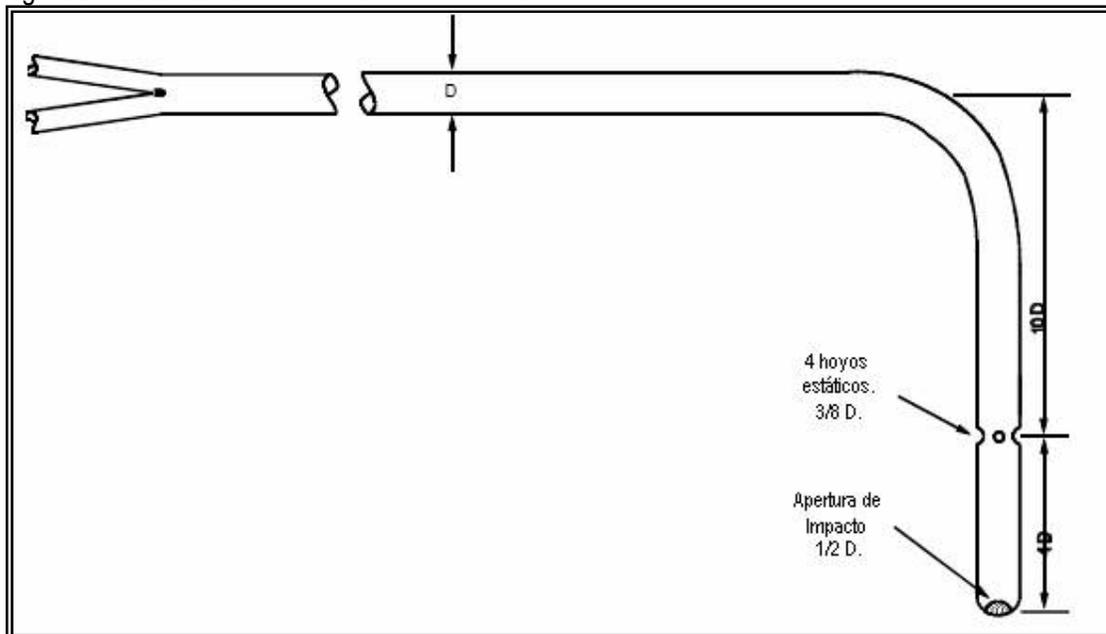
4. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Igual que en el método 2

5. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Igual que en el método 2.

Figura 2C. 1. Modificación del Hemisferio del Tubo Pitot.



MÉTODO 3 – ANÁLISIS DE GASES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR BASE SECA

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

Los parámetros medidos con este método son oxígeno con una sensibilidad de 2000 ppm, nitrógeno, dióxido de carbono con una sensibilidad de 2000 ppm y monóxido de carbono.

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de concentraciones de CO₂ y O₂ y el peso molecular base seca de una muestra de una corriente de gas proveniente de la combustión de combustibles fósiles u otros procesos.

Otros métodos, así como modificaciones al procedimiento descrito, son también aplicables para todas las determinaciones anteriores. Ejemplos de métodos específicos y modificaciones incluyen: (1) un método de muestreo multipunto usando un analizador Orsat para analizar las muestras obtenidas en cada punto; (2) un método para medir O₂ o CO₂ y usar cálculos estequiométricos para determinar el peso molecular con base seca; y (3) asignar un valor de 30 al peso molecular base seca, en lugar de mediciones reales, para procesos que quemen gas natural, carbón o aceite. Estos métodos y modificaciones pueden ser utilizados, pero están sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional. El método puede ser aplicable también a otros procesos donde se haya determinado que los compuestos diferentes a CO₂, O₂, CO y N₂ no se presentan en concentraciones suficientes para afectar los resultados.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. RESUMEN DEL METODO

Una muestra es extraída de la chimenea, por medio de uno de los siguientes métodos: (1) Punto simple, muestreo gravimétrico, Punto simple (Muestreo Integrado) ó (3) Multipunto, Muestra

VERSION NO APROBADA

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

Integrado. La muestra del gas es analizada para determinar porcentaje de CO₂ y de O₂. Para la determinación del peso molecular seco, Los equipos Orsat ó Fyrite pueden ser utilizados para este análisis.

3. INTERFERENCIAS

Existen algunos compuestos que pueden generar interferencia, variando los resultados, cuando se utilizan los analizadores Orsat ó Fyrite. Los compuestos que interfieren con la medición de CO₂ incluye algunos ácidos como Dióxido de Azufre y Cloruro de Hidrogeno. Para el caso del O₂ los compuestos que interfieren algunos Hidrocarburos no Saturados como Acetona, Acetileno, Oxido Nitroso y Amonio. Las reacciones químicas que se presentan entre el amonio y el Oxígeno absorben la solución y cuando se presentan durante la descarga del gas, pueden ser removidos antes del análisis.

4. SEGURIDAD

Este método puede involucrar el uso de materiales, operaciones y equipos peligrosos. Es responsabilidad de quienes usen este método garantizar condiciones seguras para uso de estos elementos, aplicando las regulaciones y normatividad relacionada.

Agentes Corrosivos: Una análisis con analizadores Orsat requiere cuatro reactivos: Una solución de confinación del gas, Absorbente de CO₂, absorbente de O₂, y absorbente de CO. Estos reactivos puede contener Hidróxido de Potasio, Hidróxido de Sodio, Cloruro de Cobre, Sulfato de Cobre, Acido Alcalino y / ó Cloruro de Cromo.

El típico analizador Fyrite contiene cloruro de zinc, ácido clorhídrico, hidróxido de potasio y cloruro de cromo. Es necesario observar las instrucciones de uso y riesgos asociados con cada una de las sustancias utilizadas.

5. EQUIPOS Y MATERIALES

Nota: Como alternativa para los aparatos de muestreo y los sistemas descritos en este método, se pueden utilizar otros equipos siempre y cuando estos garanticen que se mantiene un flujo de muestreo constante y que son capaces de arrojar resultados confiables y aceptables. Estos sistemas estarán sujetos a la aprobación por parte de la autoridad ambiental.

A continuación se presenta una descripción de los equipos y materiales que se requieren para cada uno de los procedimientos empleados.

- 5.1. Sonda de muestreo. Material en acero inoxidable o vidrio borosilicato equipado con un filtro dentro o fuera de la chimenea para remover el material particulado (un tapón de lana de vidrio es suficiente para este propósito).
- 5.2. Bomba. Una pera de extracción, o equivalente para transportar la muestra de gas al analizador.
- 5.3. Sonda de muestreo. Material en acero inoxidable o vidrio borosilicato equipado con un filtro dentro o fuera de la chimenea para remover el material particulado (un tapón de lana de vidrio es suficiente para este propósito).

VERSION NO APROBADA

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

- 5.4. Condensador. Un condensador enfriado con agua o aire, u otro condensador que no sea superior a 250 ml que no remueva el O₂, CO₂, CO o N₂
- 5.5. Válvula. Una válvula de aguja para ajustar la tasa de flujo del gas
- 5.6. Bomba. Libre de fugas, bomba de diafragma, o equivalente para transportar la muestra de gas a una bolsa flexible. Se debe instalar un pequeño tanque de alivio entre la bomba y el medidor de flujo para eliminar el efecto de pulsación de la bomba de diafragma sobre el rotámetro
- 5.7. Medidor de Flujo. Un rotámetro o medidor de flujo equivalente, capaz de medir tasas de flujo dentro del 2 por ciento de la tasa de flujo seleccionada. Se sugiere un rango de succión entre 500 a 1000 cc/min.
- 5.8. Bolsa Flexible. Cualquier bolsa de plástico libre de fugas (ejemplo, Tedlar, Mylar, Teflón) o plástico cubierto de aluminio (ejemplo Mylar aluminizado) o equivalente, que tenga una capacidad consistente con la tasa de flujo seleccionada y la longitud de tiempo de la corrida del análisis. Se sugiere una capacidad en el rango de 55 a 90 litros
- 5.9. Medidor de Presión. Un manómetro de agua en U, u otro equivalente, de alrededor de 30 cm (12 pulgadas.), para el chequeo de fugas de la bolsa flexible
- 5.10. Medidor de Vacío. Un manómetro de mercurio, u otro equivalente de al menos 760 mm (30 pulgadas) Hg, para el chequeo de fugas del tren de muestreo
- 5.11. Analizador Orsat. Orsat o tipo Fyrite. Para el mantenimiento y procedimientos de operación del analizador Orsat o tipo Fyrite, seguir las instrucciones recomendadas por el fabricante a menos que se especifique otra cosa distinta en este documento

6. REACTIVOS Y ESTÁNDARES

Reactivos. Tal y como se establece por el fabricante del equipo Orsat.

Estándares: Dos mezclas de gases estándar como se muestra a continuación:

- a. Un cilindro que contenga de 2 a 4 % de O₂ y 14 a 18 % de CO₂
- b. Un cilindro que contenga de 2 a 4 % de O₂ y alrededor de 15 % de CO₂

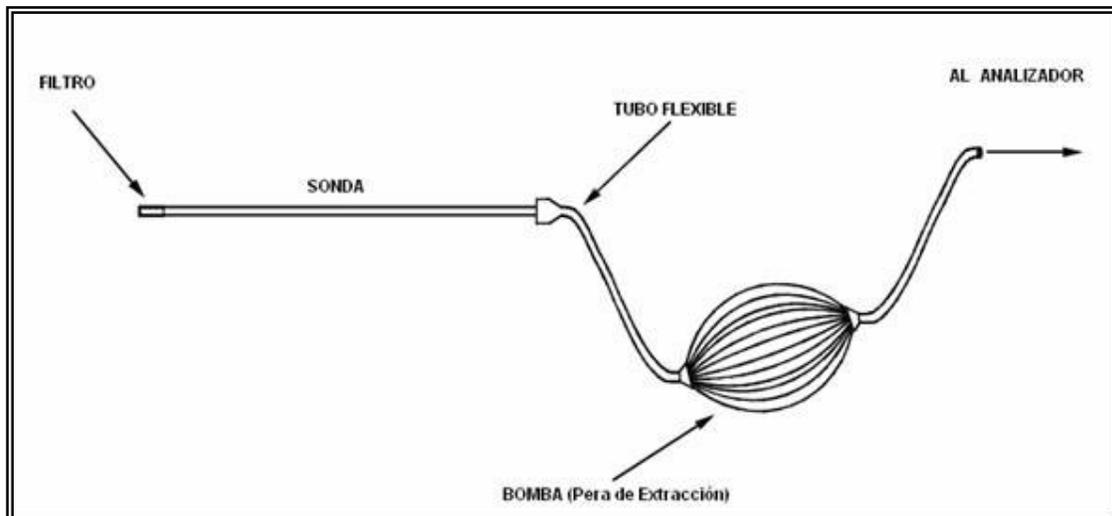
6. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

6.1. Único punto, procedimiento de muestreo puntual

El punto de muestreo en el ducto debe estar o en el centroide del área transversal o en un punto a no menos de un metro de las paredes, a menos que se especifique otra cosa por parte de la autoridad ambiental de orden nacional.

Se debe configurar el tren de muestreo como lo indica la Figura 3.1, asegurándose que todas las conexiones delante del analizador estén ajustadas. Si se utiliza un analizador Orsat, se recomienda realizar una prueba de fugas, sin embargo, esta prueba es opcional.

Figura 3. 1. Esquema del tren de muestreo



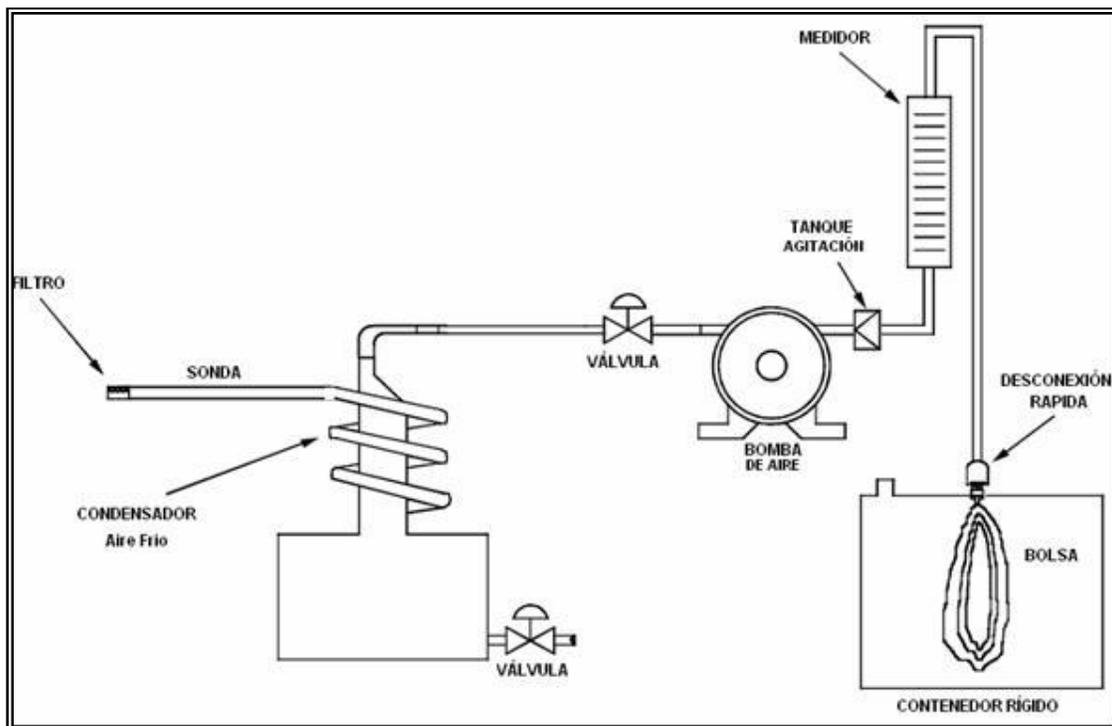
Se debe ubicar la sonda en la chimenea, con la punta de la sonda posicionada en el punto de muestreo. Se debe purgar la línea de muestreo lo suficiente como para permitir cinco intercambios. Se debe tomar una muestra y llevarla al analizador y analizarla inmediatamente para determinar el porcentaje de CO₂ y el porcentaje de O₂.

6.2. Único punto, procedimiento de muestreo integrado

El punto de muestreo en el ducto debe estar localizado como en el procedimiento anterior. Se debe realizar prueba de fugas (opcional) a la bolsa flexible. Se debe configurar el tren de muestreo como lo indica la Figura 3.2. Justo antes de realizar el muestreo, realice una prueba de fugas (opcional) al tren de muestreo, colocando un manómetro de vacío en la entrada del condensador, generando un vacío de al menos 250 mm Hg (10 pulgadas de Hg), taponando la salida al desconectar rápidamente y apagando la bomba posteriormente. El vacío debe permanecer estable por al menos medio minuto. Luego se debe evacuar la bolsa flexible.

Se debe conectar la sonda y ubicar en la chimenea, con la punta de la sonda posicionada en el punto de muestreo. Se debe purgar la línea de muestreo, posteriormente, se debe conectar la bolsa y asegurarse que todas las conexiones estén ajustadas.

Figura 3. 2. Diagrama del tren de muestreo del gas integrado.



Recolección de la muestra: Se debe muestrear a flujo constante ($\pm 10\%$). El muestreo debe ser simultáneo y durante el mismo tiempo que la determinación del flujo de la emisión del contaminante. Se recomienda una recolección de al menos 28 litros (1 pie cúbico) de gas de muestra; sin embargo, volúmenes inferiores se pueden recolectar, si desea.

Se debe obtener una muestra de gas integrado durante cada determinación del flujo de la emisión del contaminante. Dentro de las ocho horas posteriores a la toma de la muestra, se debe analizar para encontrar el porcentaje de CO_2 y O_2 usando un analizador Orsat o un analizador de gas de combustión tipo Fyrite. Se debe tener en cuenta que cuando se use un analizador Orsat, se deben tomar lecturas periódicas de Fyrite para verificar y confirmar los resultados obtenidos con el Orsat.

6.3. Múltiples puntos, procedimiento de muestreo integrado

A menos que se especifique lo contrario por parte de la autoridad ambiental de orden nacional, un mínimo de ocho puntos transversales debe ser usado para chimeneas circulares con diámetros menores a 61 cm (24 pulgadas), un mínimo de nueve puntos debe ser usado para chimeneas rectangulares con diámetros equivalentes menores a 61 cm (24 pulgadas), y un mínimo de 12 puntos transversales deben ser usados en otros casos. Los puntos transversales se deben localizar de acuerdo al Método 1.

Se debe seguir el procedimiento de único punto y procedimiento de muestreo integrado, excepto por lo siguiente: se debe ubicar la sonda en todos los puntos transversales y muestrear en cada punto por igual extensión de tiempo. Se debe diligenciar el formato de muestreo como se muestra en la

Figura 3. 3

Figura 3. 3. Formato para el registro del flujo de muestreo

TIEMPO	PUNTO DE MUESTREO	CAUDAL (Lt/min).	% DE DESVIACIÓN ^a
PROMEDIO			

^a %DESVIACIÓN = $((Q - Q \text{ promedio}) / Q \text{ promedio}) \times 100$ (debe ser </- +/- 10%)

7. CONTROL DE CALIDAD

Se debe utilizar el equipo Fyrite para confirmar las mediciones realizadas referentes a CO y CO₂ con el Orsat.

Se debe realizar una Auditoria periódica al analizador y a la técnica de operación, con el objetivo de asegurar que el analizador está operando apropiadamente y que el desempeño de la operación utilizada en el muestreo es correcta y adecuada.

Se debe realizar replicas del análisis de muestreo, con el fin de minimizar el error experimental.

8. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN.

8.1. Analizador: El analizador y la técnica de operación del mismo debería ser auditada periódicamente como se muestra a continuación: se debe tomar una muestra de la mezcla conocida de CO₂ y CO y se analiza de acuerdo al procedimiento de análisis de muestreo integrado que se presenta más adelante en este documento. Se debe repetir este procedimiento hasta que la concentración medida de tres muestras consecutivas estén con una valor declarado de +/- 5%. Si es necesario se debe tomar acciones correctivas que estén especificadas en el Manual del Usuario del analizador.

8.2. Rotámetro: EL rotámetro no necesita ser calibrado, pero se le debe realizar mantenimiento y limpieza de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

9. ANÁLISIS

Análisis de Muestreo Integrado: Si se utiliza ya sea el analizador Orsat ó el analizador tipo combustión Fyrite para la hallar la concentración de O₂ y CO₂ por medio de la determinación del peso molecular seco, se debe repetir el procedimiento de muestreo, análisis y cálculo hasta que los pesos moleculares secos individuales de cualquiera de los tres análisis difiera del valor promedio por no más de 0,30 g/g-mol (0,3 lb/lb-mol). Se deben promediar estos pesos moleculares y reportar los resultados con ± 0,1 g/g-mol (0,1 lb/lb-mol).

10. ESTANDARIZACIÓN

VERSION NO APROBADA

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

Es recomendable realizar una revisión de los reactivos y de las técnicas de operación como mínimo una vez cada tres corridas ó series de evaluación.

Procedimiento para la verificación del analizador Orsat: El movimiento al que es sometido un analizador Orsat podría ser la causa de la presencia de fugas, por consiguiente el analizador debería ser sometido a verificación de fugas en el sitio de muestreo, antes de que la muestra de gas sea introducida en él. El procedimiento que se debe seguir para la verificación de fugas es el siguiente:

Se debe verificar que en la pipeta el nivel del líquido coincida con la marca del tubo capilar, y luego se debe cerrar la llave de paso de esta. Se debe tomar el dato de la medición inicial del menisco del líquido en la pipeta y en la bureta se debe verificar que el nivel del líquido coincida con el nivel graduado, posteriormente este nivel debe ser registrado. Observe el nivel del menisco en la bureta y el nivel del líquido en la pipeta por los siguientes 4 minutos.

Para el paso de un analizador Orsat la verificación deberá permitir conocer dos condiciones: (1) el líquido en cada pipeta no deberá estar por debajo del fondo del capilar durante este periodo de 4 minutos. (2) El menisco en la bureta no debería cambiar por más de 0.2 ml durante el intervalo de 4 minutos.

Si el analizador no pasa la prueba de fugas, se debe verificar el estado de todas las conexiones y llaves de paso, para poder determinar las causas de la fuga. Se recomienda desmontar, limpiar y volver a instalar las llaves de paso, cambiando los conectores del caucho. Luego de que el analizador sea nuevamente ensamblado se debe repetir el procedimiento de verificación de fugas.

11. ANÁLISIS Y CÁLCULOS

A continuación se presenta la nomenclatura y las ecuaciones necesarias para el cálculo del peso molecular en base seca:

Md: Peso Molécula seco (g/g-mol) (lb/lb-mol)

%CO₂: Porcentaje de Volumen de CO₂, en base seca.

% O: Porcentaje de Volumen de O, en base seca.

%CO: Porcentaje de Volumen de CO, en base seca.

%N₂: Porcentaje de Volumen de N₂, en base seca.

0.280: Peso molecular de N₂ ó CO, dividido por 100

0.320: Peso molecular de O₂, dividido por 100.

0.440: Peso molecular de CO₂, dividido por 100.

Se debe determinar el porcentaje de N₂ y O₂ en el gas y la sustracción de CO₂ del 100%. Posteriormente se utiliza la siguiente ecuación para la determinación del peso molecular del gas en la chimenea:

$$Md = 0.440(\%CO_2) + 0.320(\%O_2) + 0.280(\%N_2 + \%CO)$$

Ecuación 1.

VERSION NO APROBADA

MÉTODO 3A – DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE OXÍGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS (PROCEDIMIENTO DEL ANALIZADOR INSTRUMENTAL)

1. ALCANCE Y APLICACIÓN.

Este método presenta un procedimiento para la medición de Oxígeno y Dióxido de Carbono en fuentes estacionarias utilizando un analizador instrumental continuo. El aseguramiento de la calidad y el control de la misma están incluidos en la evaluación y recolección de la información. Este método se utiliza para la Determinación de las concentraciones de Oxígeno y Dióxido de Carbono.

Este método no describe totalmente todos los equipos, aparatos, suministros y procedimientos analíticos para el muestreo que se necesitarán, pero remite a otros métodos para algunos

VERSION NO APROBADA

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

detalles. Por consiguiente para obtener resultados confiables, se debe tener conocimientos relacionados con los métodos 1, 3, 4 y 7E.

2. REACTIVOS Y ESTÁNDARES.

Gases de Calibración: A continuación se presenta la lista de las mezclas de gases que pueden ser requeridas en el método:

CO₂ en nitrógeno (N₂).

CO₂ en aire.

Mezcla de CO₂/SO₂ en N₂.

Mezcla de O₂/SO₂ en N₂.

Mezcla de O₂/CO₂/SO₂ en N₂.

Mezcla de CO₂/NO_x en N₂

Mezcla de CO₂/SO₂ / NO_x en N₂

La evaluación para la calibración del analizador requiere, altos, medios y bajos niveles de gases.

3. EQUIPOS Y MATERIALES

- 3.1. Sonda de muestreo. Material acero inoxidable o teflón calentado lo suficiente para prevenir condensación
- 3.2. Línea de muestreo. Tubo en acero inoxidable o teflón calentado lo suficiente para prevenir condensación
- 3.3. Válvula de calibración. Es una válvula de ensamble de 3 vías o equivalente para bloquear el flujo de gas (muestra) e introducir los gases de calibración al sistema de medición, por la salida de la sonda de muestreo, cuando está en modo calibración
- 3.4. Sistema de remoción de humedad. Se puede usar un condensador de tipo refrigerador o dispositivo similar (ej. secador permeable) para remover los condensados de la muestra mientras se mantiene el contacto mínimo entre el condensado y el gas. El sistema de remoción de humedad no es esencial para los analizadores que pueden medir concentraciones de gas en base húmeda.
- 3.5. Filtro para retener partículas. Puede ser un filtro instalado dentro de la chimenea o fuera de la chimenea calentando (lo suficiente para prevenir la humedad). El filtro deberá ser de borosilicato o lana de vidrio de cuarzo, o fibra de vidrio.
- 3.6. Bomba de muestreo. Libre de fugas, debe ser fabricada de un material que no reaccione con el gas
- 3.7. Controlador de la tasa de flujo de muestreo. Puede ser una válvula de control de flujo o rotámetro o equivalente, para mantener una tasa de flujo constante en más o menos 10%.
- 3.8. Múltiple. Para desviar una porción de la muestra gaseosa al analizador y la remanente descargarlo por un by-pass de venteo. El múltiple debe incluir la posibilidad de introducir los gases de calibración directamente al analizador
- 3.9. Registrador de datos. Carta registradora, registrador analógico o registrador digital. La resolución del registrador debe ser 0,5% del span. Alternativamente se puede utilizar un medidor digital o analógico con una resolución del 0.5% del span y las lecturas se registrarán manualmente.
- 3.10. Analizador. Un analizador para determinar continuamente la emisión de O₂ o CO₂ en el gas muestreado
- 3.11. Error de calibración del analizador. Inferior a más o menos 2% del span para el valor cero, rango medio y rango alto de los gases de calibración.

VERSION NO APROBADA

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

- 3.12. Sesgo del sistema de muestreo. Inferior más o menos 5% del span para el valor cero, rango medio y rango alto de los gases de calibración.
- 3.13. Tendencia cero. Inferior más o menos 3% del span sobre el periodo de cada corrida.
- 3.14. Tendencia de calibración. Inferior más o menos 3% del span sobre el periodo de cada corrida.
- 3.15. Gases de Calibración. Los gases de calibración para CO₂ deberán ser de CO₂ en N₂ o CO₂ en aire. Alternativamente, mezclas de CO₂/SO₂, O₂/SO₂ o O₂/CO₂/SO₂ en N₂
- 3.16. Gas rango alto. Concentración equivalente a 80% - 100% del span.
- 3.17. Gas rango medio. Concentración equivalente a 40% - 60% del span.
- 3.18. Gas cero. Concentración inferior del 0,25% del span
- 3.19. Verificación de la concentración del gas de calibración. Existen dos alternativas para establecer las concentraciones de los gases de calibración
- 3.20. Error de calibración del analizador. Realizar el chequeo del error de calibración del analizador introduciendo los gases de calibración al sistema de medición en cualquier punto corriente arriba del analizador
- 3.21. Chequeo del sesgo del sistema de muestreo. Desarrollar el chequeo del sesgo del sistema de muestreo introduciendo los gases de calibración en la válvula de calibración instalada a la salida de la sonda de muestreo.

4. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

Determinación del sitio y de los puntos de muestreo. Se debe seguir el procedimiento establecido en el método 7E para determinar los puntos apropiados para realizar el muestreo, a menos que se esté utilizando en método 3A únicamente para determinar el meso molecular del gas y no para otro propósito. En ese caso, se debería usar un tren de muestreo integrado tal y como se describe en el método 3.

Medición inicial y evaluación del desempeño del sistema. Se debería seguir el procedimiento establecido en el método 7E, si es utilizado un sistema de medición tipo dilución, aplican las consideraciones especiales establecidas en el método 7E.

Verificación de interferencias. Se debe registrar y documentar que el analizador de O₂ y CO₂ no excede el 2.5% de rango permitido de interferencia, en cuanto a la calibración. Para determinar esta interferencia se debe usar la metodología establecida en el método 7E. Los efectos potenciales encontrados de las interferencias presentes deben ser documentados y registrados. La revisión de esta documentación debería ser realizada por el fabricante del instrumento.

Recolección de la muestra. Se debe seguir el procedimiento establecido en el método 7E.

Procedimiento analítico. Debido a que la recolección de la muestra y el análisis son conjuntamente desarrollados, no son necesarias anotaciones adicionales para el procedimiento analítico.

Desempeño del método. Las especificaciones para la verificación del desempeño del método, son las mismas establecidas en el método 7E, excepto para las especificaciones alternativas de tendencias y errores de calibración. En estas especificaciones alternativas se reemplaza el término "0,5 ppmv" con el término "0,5% de O₂" o por el término "0,5% de CO₂".

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO 4 – DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN GASES DE CHIMENEA

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es vapor de agua.

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación del contenido de humedad en el gas de la chimenea.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

VERSION NO APROBADA

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

2. RESUMEN DEL MÉTODO.

Una muestra de gas con flujo contante es extraída desde la fuente de emisión; se remueve la humedad y se determina gravimétrica ó volumétricamente. El método contiene dos posibles procedimientos: uno de referencia y uno de aproximación. El método de referencia es usado para determinar con exactitud el contenido de humedad. El método de aproximación permite estimar el porcentaje aproximado de humedad para alcanzar el isocinetismo para la medición de la emisión de contaminantes. El método alternativo al cual se hace referencia s únicamente una recomendación; esta alternativa significa que para hallar una aproximación al contenido de humedad (técnicas de condensación, cálculos estequiométricos, experiencia previa, etc.) son igualmente aceptables.

El método de referencia es a menudo conducido simultáneamente con la medición de emisión de contaminantes. Cuando este es el caso, se debe calcular el porcentaje de isocinetismo y la proporción con la cual se emiten los contaminantes. Entonces, los resultados se deben basar en el método de referencia ó en su equivalente.

3. INTERFERENCIAS.

El contenido de humedad de un gas saturado que haya sido determinado por medio del método de referencia, puede presentar desviaciones positivas. Por consiguiente, cuando existan ó se sospeche que existen estas condiciones, una segunda determinación podría hacerse simultáneamente con el método de referencia, como se muestra a continuación: Se asume que el gas es saturado. Se relaciona el dato del sensor de temperatura (con una medición de +/- 1°C (2°F)) para el método de referencia. Se debe realizar la medición de la temperatura del gas en la chimenea en cada uno de los puntos transversales, esto durante el método de referencia, y se debe calcular el promedio de la temperatura del gas en la chimenea. Posteriormente se debe determinar el porcentaje de humedad, y también por: (1) Usando un mapa psicométrico y realizando las correcciones apropiadas si la presión en la chimenea es diferente a la del mapa, o (2) usando tablas de presión de saturación del vapor. En los casos en donde el mapa psicométrico ó las tablas de presión de saturación del vapor no sean aplicables (Basados en la evaluación del proceso) se podrían utilizar los métodos alternativos, lo cual estará sujeto a la aprobación de la Autoridad Ambiental.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

Sonda. Construida en acero inoxidable o tubo de vidrio, calentado suficientemente para prevenir las condensación del agua, y equipado con un filtro, ya sea dentro de la chimenea (es decir, un tapón de lana de vidrio insertado en la punta de la sonda) o calentado fuera de la chimenea (es decir, como en el Método 5)

- 4.1. Caja Caliente. Cualquier sistema de calentamiento capaz de mantener una temperatura alrededor del porta-filtro, durante el muestreo, de $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($248\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{F}$). Se debe instalar un medidor de temperatura, capaz de medir temperaturas entre $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($5,4\text{ }^{\circ}\text{F}$)

VERSION NO APROBADA

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

- 4.2. Condensador. Cuatro impactadores. Se deberá instalar un termómetro para medir la temperatura dentro de 1 °C (2 °F), para monitorear el proceso de condensación.
- 4.3. Sistema de Medición. Debe poseer: Medidor de vacío, bomba libre de fugas, termómetros capaces de medir temperaturas dentro de 3 °C (5,4 °F), medidor de gas seco (DGM) capaz de medir volúmenes dentro del 2%. Se pueden utilizar otros sistemas de medición capaces de mantener una tasa de muestreo dentro del 10% de isocinetismo y determinar los volúmenes de muestreo dentro del 2%
- 4.4. Barómetro. Se aceptan de mercurio, aneroide, o cualquier otro capaz de medir la presión atmosférica dentro de 2,5 mm (0,1 pulgadas.) de Hg.
- 4.5. Silica Gel. Tipo indicador, de malla 6 a 16
- 4.6. Agua. Cuando se requiere realizar el análisis del material recogido en los impactadores, se utilizará agua destilada des-ionizada.
- 4.7. Probeta graduada o Balanza analítica. Para medir el agua condensada dentro de 1 ml o 1 g. La probeta graduada tendrá subdivisiones no superiores a 2 ml. Muchas balanzas son capaces de medir pesos cercanos a 0,5 g o menos.
- 4.8. Contenedores de Plástico. Contenedores con sellos de aire para almacenar silica gel.
- 4.9. Medidor de volumen. Medidor de gas seco, con exactitud para medir un volumen de muestra dentro de 2%.
- 4.10. Medidor de Caudal. Rotámetro, o su equivalente que tengo un rango de medición entre 0 y 3 lt/min (0 a 0,11 cfm).
- 4.11. Cilindro graduado. 25 ml.
- 4.12. Medidor de vacío. Como mínimo de 760 mm Hg para ser usado en la verificación de fugas.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Método de referencia

El siguiente procedimiento es preparado para un sistema condensador (como el sistema de impactadores descrito en el Método 5) incorporando análisis volumétrico de la medida de humedad condensada y silica gel y análisis gravimétrico para medir la humedad dejada en el condensador.

Determinaciones preliminares: A menos que se especifique otra cosa por la autoridad ambiental de orden nacional, un mínimo de ocho puntos transversales debe usarse para chimeneas circulares con diámetro menor a 61 cm (24 pulgadas), un mínimo de nueve puntos debe usarse para chimeneas rectangulares con diámetros equivalentes menores a 61 cm (24 pulgadas) y un mínimo de doce puntos transversales debe usarse en todos los demás casos. Los puntos transversales deben localizarse de acuerdo al Método 1. El uso de un menor número de puntos está sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional. Se deben seleccionar sondas y longitudes de sonda adecuadas de manera que todos los puntos transversales puedan ser muestreados. Se debe considerar el muestreo de lados opuestos de la chimenea (cuatro puertos de muestreo en total) en chimeneas grandes, para permitir el uso de longitudes de sonda más cortas. Se debe marcar la sonda con cinta resistente al calor o por cualquier otro método para demarcar la distancia apropiada dentro del ducto o chimenea para cada punto de muestreo.

Seleccione un tiempo de muestreo total de manera que se pueda recolectar un volumen mínimo de gas total de 0,60 scm (21 scf), con un flujo no mayor a 0,021 m³/min (0,75 cfm). Cuando se necesite determinar el flujo tanto del contenido de humedad como de la emisión del contaminante, la determinación de la humedad debe ser simultánea, con el mismo flujo y por el

VERSION NO APROBADA

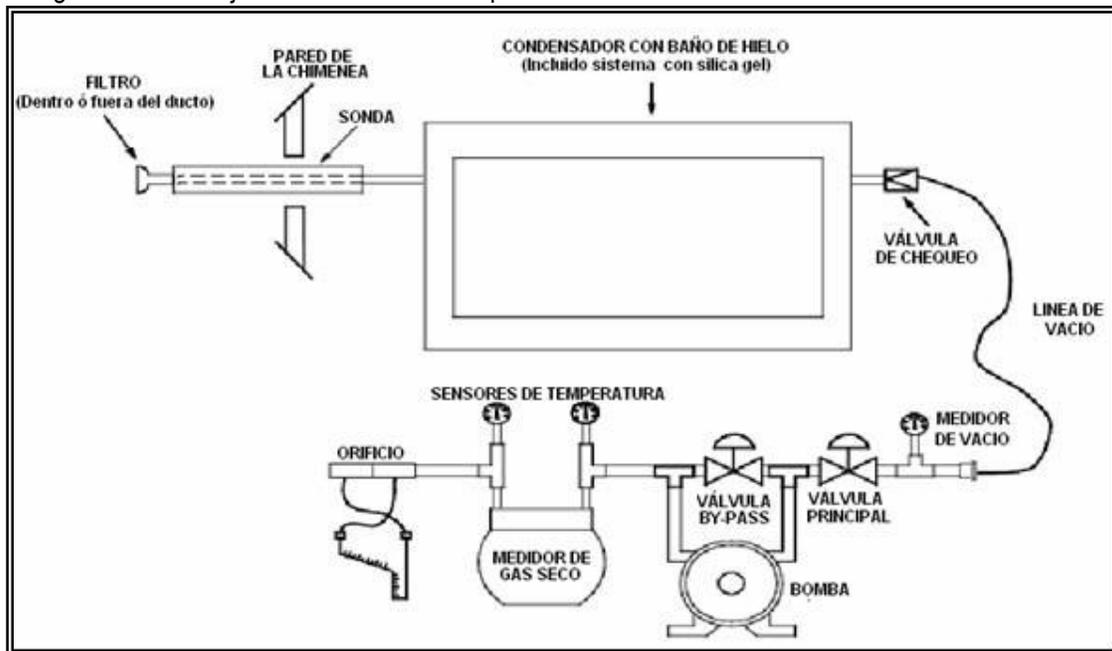
PROTOCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS

mismo tiempo total que la emisión del contaminante, a menos que se especifique otra cosa en alguna sección aplicable de los estándares.

Preparación del tren de muestreo: Se deben colocar volúmenes conocidos de agua en los dos primeros impactadores; alternatively, se puede transferir agua en los dos primeros impactadores y registrar el peso de cada impactador (con el agua) al 0,5 gramo más cercano. Se debe pesar y registrar el peso de la sílica gel al 0,5 gramo más cercano y transferirla al cuarto impactador; alternatively, la sílica gel se puede transferir primero al impactador y después pesar y registrar la sílica gel con el impactador.

Se debe configurar el tren de muestreo como lo indica la Figura 4. 1. Encienda el calentador de la sonda y (si aplica) el sistema de calentamiento de filtros a una temperatura aproximada de 120 °C (248 °F), para prevenir la condensación del agua adelante del condensador. Se debe permitir tiempo suficiente para estabilizar la temperatura. Se debe ubicar hielo picado en el contenedor del baño de hielo.

Figura 4. 1. Montaje del tren de muestreo para la determinación de humedad.



Procedimientos de prueba de fugas: Se recomienda, pero no se requiere, que el sistema de medición de volumen y el tren de muestreo se pruebe por fugas como sigue:

El sistema de medición es el que se establece en el Método 5

Para el tren de muestreo desconecte la sonda del primer impactador o (si aplica) del porta-filtro. Se debe taponar la entrada del primer impactador (o del porta-filtro) y generar un vacío de 380 mm Hg (15 pulgadas). Un vacío menor puede ser usado, si se garantiza que este vacío no se excede durante la prueba. Una fuga superior al 4% del flujo promedio de muestreo o 0,00057 m³/min (0,020 cfm), el que sea menor, es inaceptable. Siguiendo a la prueba de fugas, se debe reconectar la sonda al tren de muestreo.

Operación del tren de muestreo: Durante el muestreo, se debe mantener un flujo de muestreo dentro del 10% de flujo constante, o como lo especifique la autoridad ambiental de orden nacional. Para cada corrida, se debe recolectar la información requerida en una hoja de datos similar a la que se muestra en la Figura 4-3. Es necesario asegurarse de registrar la lectura del medidor de gas seco al inicio y al final de cada incremento en el tiempo de muestreo y cuando el muestreo esté detenido. Se deben tomar las lecturas apropiadas en cada punto de muestreo al menos una vez durante cada incremento de tiempo.

Cuando el Método 4 es usado concurrentemente con un método isocinético (por ejemplo el Método 5) el flujo de muestreo debe mantenerse en las condiciones isocinéticas, en lugar del 10% de flujo constante.

Para iniciar el muestreo, se debe ubicar la punta de la sonda en el primer punto transversal. Inmediatamente, se debe encender la bomba y ajustar el flujo a la tasa deseada. Se debe recorrer toda la sección transversal, muestreando en cada punto transversal una igual cantidad de tiempo. Se debe agregar más hielo, y si es necesario, sal para mantener una temperatura de menos de 20 °C (68 °F) en la salida de la sílica gel.

Figura 4.3. Formato para la determinación de la Humedad

EMPRESA _____		UBICACIÓN _____						
OPERARIO _____		FECHA _____						
CORRIDA No. _____		TEMPERATURA AMBIENTE _____						
PRESIÓN BAROMÉTRICA _____		LONGITUD DE LA Sonda _____						
ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CHIMENEA								
PUNTO No.	TIEMPO DE MONITOREO (8)	TEMP. DE LA CHIMENEA °C (°F)	DIFERENCIAL DE PRESIÓN A TRAVÉS DEL ORIFICIO ΔH mm Hg (in) H ₂ O	LECTURA DE LA MEDIDA DEL VOLUMEN DEL GAS m ³ (ft ³)	ΔV m ³ (ft ³)	TEMPERATURA DEL GAS EN EL MEDIDOR DE GAS SECO		TEMPERATURA DEL GAS A LA SALIDA DEL CONDENSADOR O EN EL ÚLTIMO IMPINGER °C (°F)
						ENTRADA T _{in} °C (°F)	SALIDA T _{out} °C (°F)	
PROMEDIO								

Después de recolectar la muestra, se debe desconectar la sonda del primer impactador (o del porta-filtro) y realizar una prueba de fugas (obligatoria) del tren de muestreo como se describió anteriormente.

Se debe registrar el flujo de fuga. Si el flujo de fuga excede el flujo permisible, se deben rechazar los resultados de la prueba o corregir el volumen de la muestra de acuerdo al Método 5.

5.2. Método de aproximación

VERSION NO APROBADA

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

Este método de aproximación se presenta sólo como un método sugerido.

Se deben verter exactamente 5 ml de agua en cada impactador. Se debe realizar una prueba de fugas al tren de muestreo de la siguiente manera: Temporalmente se debe insertar un medidor de vacío en o cerca de la entrada de la sonda. Posteriormente, se debe taponar la entrada de la sonda y generar un vacío de al menos 250 mm Hg (10 pulgadas). Se debe tener en cuenta el tiempo de la tasa de cambio del dial del medidor de gas seco; alternativamente, un rotámetro (0 a 40 ml/min) puede ser adjuntado a la salida del medidor de gas seco para determinar el flujo de fuga. Un flujo de fuga inferior a 2% del flujo de muestreo promedio es aceptable. Se debe retirar el tapón de la entrada de la sonda lentamente antes de apagar la bomba.

Se debe conectar la sonda, insertarla en la chimenea y muestrear a una tasa constante de 2 l/min (0,071 cfm). Se debe continuar muestreando hasta que el medidor de gas seco registre cerca de 30 litros (1,1 pies cúbicos) o hasta que gotas visibles de líquido se lleven del primer impactador al segundo. Se debe registrar la temperatura, la presión y las lecturas del medidor de gas seco como se indica en la Figura 4.4

6. CONTROL DE CALIDAD.

La proporción de la fuga de un sistema de muestreo, no puede exceder el 4% del promedio del flujo muestreado ó 0.00057 m³/min (0.20 cfm), con lo cual se asegura la exactitud del volumen del gas muestreado (para el método de referencia).

La proporción de la fuga de un sistema de muestreo, no puede exceder el 2% del promedio del flujo muestreado, con el objetivo de asegurar la exactitud del volumen del gas muestreado. (Para el método de aproximación).

7. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Método de Referencia: se debe medir la humedad condensada de los impactadores (ml). Alternativamente si los impactadores fueron pesados antes del muestreo, se debe hallar el dato del peso luego del muestreo, para determinar la diferencia de pesos lo más cercano a 0.5 gr. Se determina el incremento del peso en la silica gel, lo más cercano a 0.5 gr. Obtenida esta información se puede calcular el contenido de humedad, como se describe en los cálculos contenidos en este método.

Método de Aproximación: Se combina el contenido de los impactadores y se mide el volumen más cercano a 0.5 ml.

8. CÁLCULOS Y ANALISIS DE DATOS

A continuación se presenta la nomenclatura y los cálculos necesarios para la determinación de la humedad:

8.1. Método de Referencia.

Nomenclatura:

VERSION NO APROBADA

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

Bws: Proporción de vapor de agua, en volumen, en el gas.
 Mw: Peso molecular del agua, 18.0 g/g-mol (18.0 lb/ lb-mol).
 Pm: Presión Absoluta (Para este método es la misma presión barométrica) (mm Hg).
 Pstd: Presión Absoluta estándar, 760 mm Hg. (29.92 pulgadas Hg).
 R: Constante del gas ideal. 0.06236 (mm Hg) / (g-mol) (°K) unidades métricas y
 21.85 (pulgadas Hg) (ft³) / (lb-mol) (°R) para unidades inglesas.
 Tm: Temperatura Absoluta °K (°R).
 Tstd: Temperatura absoluta estándar. 293 °K (528°R).
 Vf: Volumen final de agua condensada. (ml)
 Vi: Volumen inicial de agua condensada (ml).
 Vm: Volumen medido en el medidor de gas seco (dcm).
 Vm (std): Volumen medido en el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar (dscm).
 Vwc (std): Volumen del vapor de agua condensado, corregido a condiciones estándar. scm (scf)
 Vwsg (std): Volumen de vapor de agua colectado en la silica gel, corregido a condiciones estándar, scm (scf).
 Wf: Peso final de la silica gel en el impactador. (gr)
 Wi: Peso inicial de la silica gel (gr)
 Y: Factor de calibración del medidor de gas seco.
 ΔVm: Incremento del volumen de gas seco, medidor en el medidor de gas seco en cada uno de los puntos. dcm (dcf)

σw: Densidad del agua: 0.09982 g/ml (0.002201 lb/ml).

Primero se determina el volumen del vapor de agua condensado.

$$\begin{aligned}
 V_{wc}(std) &= \frac{(V_f - V_i)\rho_w RT_{std}}{P_{std} M_w} \\
 &= K_1 (V_f - V_i)
 \end{aligned}$$

Ecuación 1.

Donde:

K1 = 0.001333 m³/ml (unidades métricas).
 = 0.04706 ft³/ml (unidades inglesas).

Posteriormente se determina al volumen de vapor de agua condensado.

$$\begin{aligned}
 V_{wsg}(std) &= \frac{(W_f - W_i)RT_{std}}{P_{std} M_w K_2} \\
 &= K_3 (W_f - W_i)
 \end{aligned}$$

Ecuación 2.

Donde:

K2 = 1.0 g/g (unidades métricas).
 = 453.6 g/lb (unidades inglesas)

K3 = 0.001335 m³/g (unidades métricas).
 = 0.04715 ft³/g (unidades inglesas)

Posteriormente se halla el volumen del gas muestreado.

VERSION NO APROBADA

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

$$Vm(std) = \frac{VmY Pm Tstd}{Pstd Tm}$$

$$= K4 Y \frac{WmPm}{Tm}$$

Ecuación 3.

Donde:

K4 = 0.3855 °K/mm Hg

= 17.64 °R/in Hg

Determinación del contenido de humedad.

$$Bws = \frac{Vwc(std) + Vwsg(std)}{Vwc(std) + Vwsg(std) + Vm(std)}$$

Ecuación 4.

8.1.1. Verificación de la constante del muestreo:

Para cada incremento del tiempo, se debe determinar el valor ΔVm , calculando el promedio. Si alguno de los valores de incremento del tiempo, difiere con respecto al promedio por más del 10%, se deben extraer los resultados y repetir el proceso.

El valor de Bws puede ser calculado utilizando valores basados en las condiciones de saturación o también basado en los resultados del análisis de los impactadores. El más bajo de estos dos valores de Bws, debería ser considerado como el correcto.

8.2. Método de aproximación:

Este método ha sido presentado para estimar la humedad en el gas en la chimenea. A continuación se presenta la nomenclatura y los cálculos que corresponden:

Nomenclatura:

Bwm: Proporción aproximada del volumen de vapor de agua en el gas, saliendo del segundo impactador, 0.025.

Bws: Vapor de agua en el gas, proporción en volumen.

Mw: Peso Molecular del agua 18.0 g/g-mol (18.0 lb/lb-mol)

Pm: Presión absoluta (Para este método se utiliza la misma presión barométrica) en el medidor de gas seco (mm Hg).

Pstd: Presión Absoluta Estándar: 760 mm Hg.

R: Constante del gas ideal. 0.06236 ((mm Hg)(m³)) / ((g-mol) (K)). ó
21.85 ((in Hg) (ft³)) / ((lb-mol) (°R)).

Tm: Temperatura Absoluta °K. (°R).

Tstd: Temperatura absoluta estándar. 293°K. (528°R).

Vf: Volumen final contenido en el impactador (ml).

Vi: Volumen inicial contenido en el impactador (ml)

Vm: Volumen del gas seco medido en el medidor de gas seco. dcm (dcf)

Vm (std): Volumen medido con el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar. dscm

Vwc (std): Volumen del vapor de agua condensado, corregido a condiciones estándar, scm (scf).

Y: Factor de calibración del medidor de gas seco.

σ_w : Densidad del agua: 0.09982 g/ml (0.002201 lb/ml).

Determinación del vapor de agua colectado:

VERSION NO APROBADA

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

$$V_{wc}(std) = \frac{(V_f - V_i) \rho_w R T_{std}}{P_{std} M_w}$$

$$= K_5 (V_f - V_i)$$

Ecuación 5.

Donde:

$K_5 = 0.001333 \text{ m}^3/\text{ml}$ (unidades métricas).

$= 0.04706 \text{ ft}^3/\text{ml}$ (unidades inglesas).

Determinación del volumen de gas muestreado

$$V_m(std) = \frac{V_m Y P_m T_{std}}{P_{std} T_m}$$

$$= K_6 Y \frac{W_m P_m}{T_m}$$

Ecuación 6.

Donde:

$K_6 = 0.3855 \text{ }^\circ\text{K}/\text{mm Hg}$

$= 17.64 \text{ }^\circ\text{R}/\text{in Hg}$

Entonces, el contenido aproximado de humedad es:

$$B_{ws} = \frac{V_{wc}(std)}{V_{wc}(std) + V_m(std)} + B_{wm}$$

$$B_{ws} = \frac{V_{wc}(std)}{V_{wc}(std) + V_m(std)} + 0.025$$

Ecuación 7.

Figura 4.4. Hoja de datos de campo del método de aproximación para la determinación de la humedad.

VERSION NO APROBADA

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

UBICACIÓN _____ PRUEBA _____ FECHA _____ OPERARIO _____ PRESION BAROMÉTRICA _____	COMENTARIOS : 		
HORA	VOLUMEN DEL GAS A TRAVES DEL MEDIDOR (Vm) m ³ (ft ³)	CAUDAL m ³ /min (ft ³ /min)	TEMPERATURA °C (°F)

MÉTODO 5 – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO EN FUENTES ESTACIONARIAS

VERSION NO APROBADA

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

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es material particulado.

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de material particulado en fuentes fijas.

1.3. Objetivos de la calidad de los datos

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. REACTIVOS Y ESTANDARES.

2.1. Filtros: Filtros de fibra de vidrio, sin contenido orgánico, con un porcentaje de eficiencia de mínimo el 99.95%. En fuentes donde exista un contenido de SO₂ ó SO₃, el filtro deberá ser de un material que no reaccione con alguna de estas sustancias.

2.2. Silica gel: debe tener una malla de 6 a 16. Si ha sido previamente usada, se debe secar a 175 °C (350°F) por dos horas; en cambio si la silica es nueva puede ser usada tal como se recibe. Se puede utilizar otro tipo de desecantes (equivalentes ó mejores) los cuales estarán sujetos a la aprobación de la Autoridad Ambiental.

2.3. Agua: Cuando se requiera recolectar agua en los impactadores para el análisis, debe ser agua destilada y desionizada.

2.4. Hielo Triturado.

2.5. Grasa para la llave de paso: Acetona insoluble. Debe ser resistente y estable al calor. Esta no es necesaria si los conectores e unen con teflón ó un material similar.

2.5.1. Recuperación de la muestra: Acetona (Calidad: ≤ 0.001) referente a porcentaje de residuos, debe estar en botellas de vidrio. Si la acetona es almacenada en un contenedor metálico, puede resultar con un alto contenido de residuos, por lo cual no debería usarse. Algunas veces, los proveedores transfieren la acetona a botellas de vidrio desde contenedores de metal, de igual manera debe garantizar que el contenido de residuos presente en la sustancias es inferior a 0.0001% del peso de la acetona

3. EQUIPOS Y SUMINISTROS

3.1. Sonda. Borosilicato o Cuarzo. Alternativamente, existen sondas de metal (ejemplo, Acero Inoxidable 316, Incoloy 825 u otro metal resistente a la corrosión) sin costuras.

3.2. Boquilla. En acero inoxidable (316) o vidrio con extremo cónico afilado. El ángulo del cono deberá ser menor o igual a 30° y en el borde exterior para preservar un diámetro interno constante.

3.3. Tubo de Pitot. Del tipo S (STAUSSCHEIBE). El tubo pitot deberá ir adherido a la sonda.

3.4. Manómetro Diferencial de Presión. Dos manómetros inclinados o dispositivo equivalente

3.5. Porta-Filtro. Vidrio en Borosilicato, con un soporte de frita de vidrio y una empaquetadura de caucho y silicona. Se pueden utilizar otros materiales de construcción (ejemplo: Acero inoxidable, Teflón, Viton)

VERSION NO APROBADA

- 3.6. Caja Caliente. Cualquier sistema de calentamiento capaz de mantener una temperatura de 120 ± 14 °C (248 ± 25 °F), alrededor del porta filtro durante el muestreo. Se debe instalar un medidor de temperatura, capaz de medir temperaturas entre 3 °C (5,4 °F).
- 3.7. Condensador. Cuatro impactadores. Se deberá instalar un termómetro para medir la temperatura dentro de 1 °C (2 °F), para monitorear el proceso de condensación
- 3.8. Sistema de Medición. Debe poseer medidor de vacío, bomba libre de fugas, termómetros capaces de medir temperaturas dentro de 3 °C (5,4 °F), medidor de gas seco (DGM) capaz de medir volúmenes dentro del 2%. Se pueden utilizar otros sistemas de medición capaces de mantener una rata de muestreo dentro del 10% de isocinetismo y determinar los volúmenes de muestreo dentro del 2%
- 3.9. Barómetro. Se aceptan de mercurio, aneroides, o cualquier otro capaz de medir la presión atmosférica dentro de 2,5 mm (0,1 pulgadas) de Hg
- 3.10. Equipo para determinar la densidad del gas. El medidor de temperatura y presión como se describe en el Método 2, y el analizador del gas, si es necesario, como se describe en el Método 3.
- 3.11. Filtros. Filtros de fibra de vidrio, con una eficiencia de al menos 99.95% (<0,05 por ciento de penetración) en partículas de humo de dioctil ftalato de 0,3 micras
- 3.12. Silica Gel. Tipo indicador, de malla 6 a 16
- 3.13. Agua. Cuando se requiere realizar el análisis del material recogido en los impactadores, se utilizará agua destilada des-ionizada.
- 3.14. Acetona. Grado reactivo, con menos de 0,001% de residuos.
- 3.15. Frascos lavadores. En vidrio o polietileno de capacidad de 500 ml, 2 unidades.
- 3.16. Cepillos para la sonda y boquilla. Cepillos de cerdas de Nylon con el cable central en acero inoxidable
- 3.17. Probeta graduada o Balanza analítica. Para medir el agua condensada dentro de 1-ml o 0,5 g. La probeta graduada tendrá subdivisiones no superiores a 2-ml. Muchas balanzas son capaces de medir pesos cercanos a 0.5 g o menos.
- 3.18. Contenedores de Plástico. Contenedores con sellos de aire para almacenar silica gel.
- 3.19. Caja Petri. (Contenedor No. 1). Vidrio o borosilicato. Recuperar el filtro.
- 3.20. Botellas de vidrio, tapa Teflón. Acetona de Lavado (Contenedor No. 2). Lavado sonda con 100-ml acetona o agua. Lavar la parte frontal portafiltro con solvente adicional. Capacidad 500 a 1000 ml.
- 3.21. Silica Gel. (Contenedor No. 3). Silica Gel tipo indicador.
- 3.22. Botellas de vidrio, tapa Teflón. (Contenedor No. 4). Guardar 100 ml Acetona (Blanco)
- 3.23. Caja petri. (Contenedor No. 5). 3 filtros limpios (Blanco)

4. REACTIVOS Y ESTÁNDARES

Recolección de la muestra. Se requieren los siguientes reactivos:

Filtros. Filtros de fibra de vidrio, sin contenido orgánico, deben tener como mínimo una eficiencia del 99,995% (< 0,05% de penetración).

Silica gel. Tipo indicador, si ha sido previamente usado, se debe secar a 175°C por 2 horas. Si es nueva no es necesario secarla, se puede usar con las condiciones bajo las cuales se recibe. Se puede utilizar otro tipo de desecantes, sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental.

Agua. Se debe utilizar agua destilada y desionizada cuando es atrapado material en los impactadores.

VERSION NO APROBADA

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

Recuperación de la muestra. Acetona, $\leq 0,001$ % de residuos, en botellas de cristal. Se recomienda no utilizar acetona que provenga de contenedores metálicos ya que usualmente tiene un alto grado de residuos.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Preparación antes de la prueba

Se sugiere que el equipo de muestreo se mantenga de acuerdo a los procedimientos descritos en el APTD-0576. Se deben guardar entre 200 y 300 gramos de silica gel en varios contenedores cerrados al aire. Se debe pesar cada contenedor, incluyendo la silica gel al 0,5 g más cercano y registrar el peso. Como alternativa, la silica gel no necesita ser pre-pesada pero debe ser pesada directamente en su impactador o porta muestra justo antes de ensamblar el tren.

Se debe realizar una inspección visual a los filtros a contraluz para detectar irregularidades, grietas o agujeros. Se deben marcar los filtros del diámetro adecuado en el lado posterior cerca del borde, usando tinta de maquina numeradora. Como alternativa, se pueden marcar los contenedores de transporte (cajas petri de vidrio o polietileno) y mantener cada filtro en su contenedor identificado en toda ocasión, excepto durante el muestreo.

Se deben desecar los filtros a $20 \pm 5,6$ °C (68 ± 10 °F) y presión ambiente por al menos 24 horas. Se debe pesar cada filtro (o el filtro y el contenedor de transporte) en intervalos de al menos 6 horas hasta obtener un peso constante (por ejemplo diferencia \leq a 0,5 mg, con respecto al peso anterior). Se debe registrar el resultado al 0,1 mg más cercano. Durante cada pesaje, el periodo en el cual el filtro está expuesto a la atmósfera del laboratorio debe ser menor a dos minutos. Alternativamente (a menos que se especifique otra cosa por parte de la autoridad ambiental de orden nacional), los filtros pueden ser secados en hornos a 105 °C (220 °F) por dos a tres horas, desecados por dos horas y pesados. Procedimientos diferentes a los descritos, que se usen para efectos de humedad relativa, pueden ser usados sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

5.2. Determinaciones preliminares

Se debe seleccionar el sitio de muestreo y el número mínimo de puntos transversales de acuerdo al Método 1 o como lo especifique la autoridad ambiental de orden nacional. Se debe determinar la presión de la chimenea, la temperatura y los rangos de cabeza de velocidad, utilizando el Método 2; se recomienda realizar prueba de fugas a las líneas del pitot (Ver Método 2). Se debe determinar el contenido de humedad en la chimenea, usando el procedimiento aproximado del Método 4 o sus alternativas con el propósito de hacer arreglos para el muestro isocinético. Se debe determinar el peso molecular base seca de los gases en la chimenea, como se describe en el Método 2; si se utiliza el muestreo integrado del Método 3 para determinar el peso molecular, la muestra en la bolsa integrada debe ser tomada simultáneamente y con la misma longitud de tiempo que la muestra de material particulado.

Se debe seleccionar el tamaño de la boquilla basado en el rango de las cabezas de velocidad, de manera que no sea necesario cambiar el tamaño de la boquilla para mantener flujos de muestreo isocinéticos. Durante la corrida, no se puede cambiar el tamaño de la boquilla. Se debe asegurar que se ha seleccionado el sensor de presión diferencial adecuado para el rango de cabezas de velocidad encontrado (Ver Método 2)

VERSION NO APROBADA

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

Se debe seleccionar el material y longitud de la sonda apropiada para muestrear todos los puntos transversales. Para chimeneas grandes, se debe considerar el muestreo desde lados opuestos de la chimenea para reducir la longitud de la sonda.

Se debe seleccionar el tiempo de muestreo total mayor o igual al tiempo de muestreo total mínimo especificado en los procedimientos de prueba para la actividad específica de manera que (1) el tiempo de muestro por punto no sea menor a dos minutos (o algún intervalo de tiempo mayor especificado por la autoridad ambiental de orden nacional) y (2) el volumen de muestra tomado (corregido a las condiciones estándar) exceda el requerimiento mínimo de volumen de muestra total de gas. Lo último está basado en un flujo de muestreo promedio aproximado.

El tiempo de muestreo en cada punto debe ser el mismo. Se recomienda que el número de minutos muestreado en cada punto sea un entero o un entero más medio minuto, con el fin de evitar errores al tomar el tiempo.

En algunas circunstancias (por ejemplo ciclos por lotes) puede ser necesario muestrear tiempos más cortos en los puntos transversales y obtener menores volúmenes de gas de muestra. En estos casos, se debe conseguir primero la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

5.3. Preparación del tren de muestreo

Durante la preparación y el ensamble del tren de muestreo, se deben mantener cubiertos todos los orificios donde pueda ocurrir contaminación hasta justo antes de ensamblar o hasta que inicie el muestreo. Se deben poner 100 ml de agua en cada uno de los dos primeros impactadores, dejar vacío el tercer impactador y transferir aproximadamente 200 a 300 g de silica gel previamente pesada de su contenedor al cuarto impactador. Se puede emplear más silica gel, pero se debe tener cuidado en asegurar que no es sacada fuera del impactador durante el muestreo. Se debe ubicar el contenedor en un lugar limpio para ser usado posteriormente durante la recuperación de la muestra. Alternativamente, el peso de la silica gel más el impactador puede ser determinado con un valor cercano a 10,5 g, el cual debe ser registrado.

Utilizando pinzas o guantes quirúrgicos, se debe poner un filtro marcado (identificado) en el porta filtro y se debe pesar el filtro en el porta filtro. Se debe asegurar que el filtro esté adecuadamente centrado y que la junta esté adecuadamente situada para prevenir que la corriente de gas eluda el filtro. Se deben chequear posibles fracturas en el filtro después del ensamble.

Cuando se usan sondas de vidrio, se deben instalar las boquillas usando un empaque Viton A cuando las temperaturas en la chimenea son menores a 260 °C (500 °F) o un empaque de cordón resistente al calor cuando se tienen temperaturas más altas. Se pueden ver los detalles en el APTD-0576. Otros sistemas de conexión usando acero inoxidable 316 o férulas de teflón pueden ser usadas. Cuando se usan sondas metálicas, se deben instalar las boquillas como se mencionó anteriormente o con mecanismos de conexión directa libres de fugas. Se debe marcar la sonda con cinta resistente al calor u otro método similar indicando la distancia adecuada dentro de la chimenea o ducto para cada punto de muestreo.

Se debe preparar el tren de muestreo como lo indica la Figura 5-1, usando (si es necesario) una capa ligera de grasa de silicona alrededor de todas las uniones de vidrio, engrasando solo la porción exterior (Ver APTD-0576) para evitar la posibilidad de contaminación por la grasa de silicona. Sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional, se puede emplear un ciclón de vidrio entre la sonda y el porta filtro cuando se espere que el material particulado

VERSION NO APROBADA

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

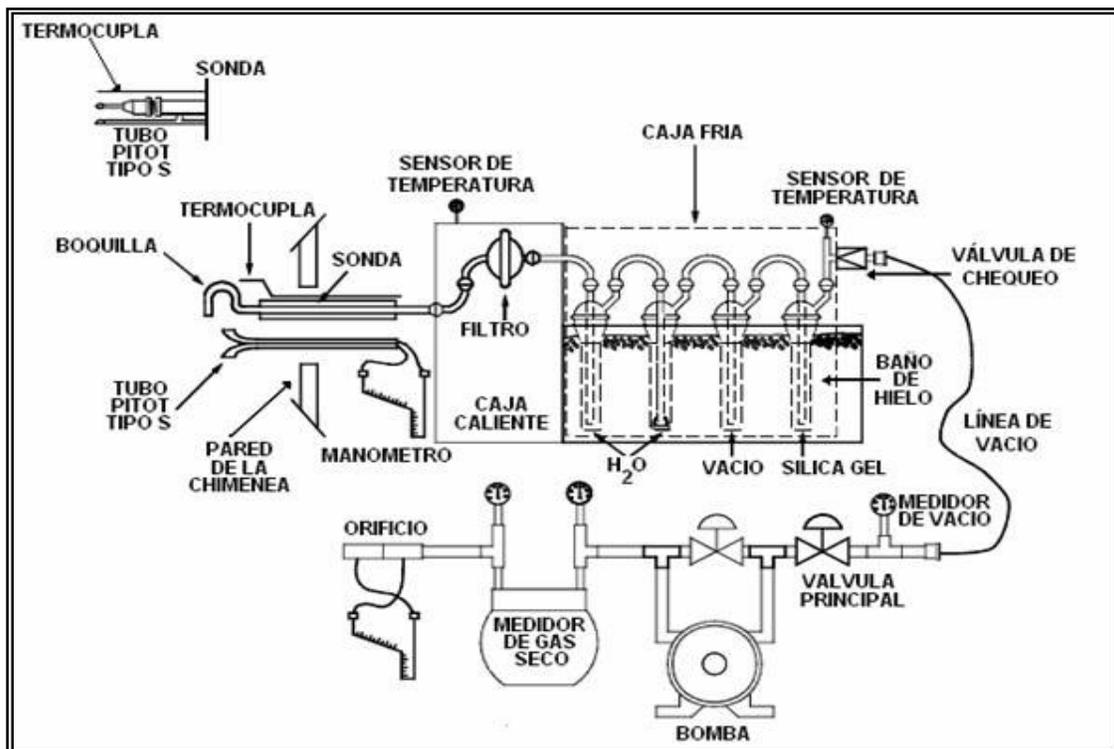
recolectado sea superior a 100 mg o cuando se presenten gotas de agua en el gas de la chimenea. Agregue hielo picado alrededor de los impactadores.

5.4. Procedimientos de prueba de fugas

Prueba de fugas al sistema de medición (mostrado en la Figura 5. 1) La porción del tren de muestreo de la bomba al medidor de orificio debe ser probado para fugas antes del uso inicial y después de cada traslado. Las fugas después de la bomba darán como resultado el registro de un volumen menor al que se muestrea realmente. Se recomienda el siguiente procedimiento (Ver

Figura 5. 2) Se debe cerrar la válvula principal en la caja de medición. Se debe insertar un tapón de caucho con tubería de caucho unida a la tubería del orificio de salida. Se debe desconectar y ventilar el lado más bajo del manómetro de orificio. Se debe cerrar la llave del orificio de la parte inferior. Se debe presurizar el sistema entre 13 y 18 cm de columna de agua (5 a 7 pulgadas) soplando a través de la tubería de caucho. Se debe desapretar la tubería y observar el manómetro por un minuto. Una pérdida de presión en el manómetro indica una fuga en la caja de medición; si se presenta fuga, debe ser corregida.

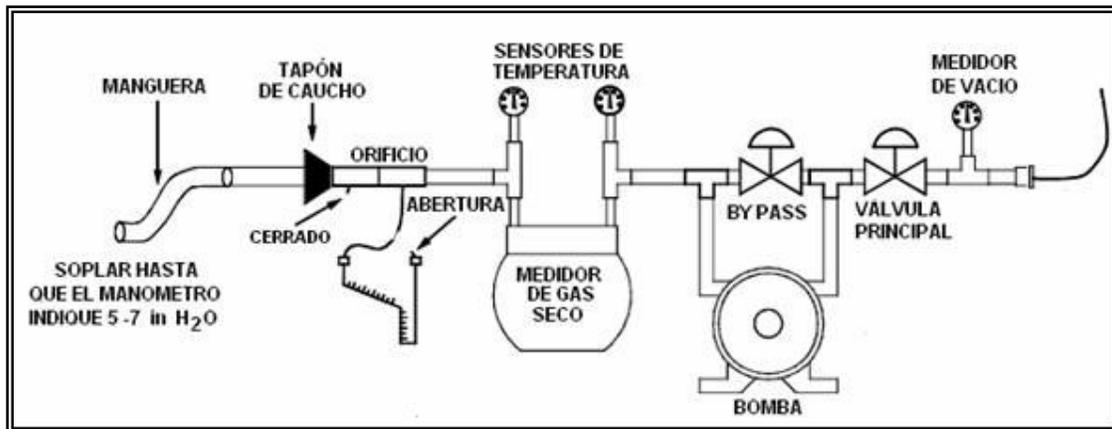
Figura 5. 1. Tren de muestreo para la medición de material particulado



VERSION NO APROBADA

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

Figura 5. 2. Prueba de fugas en el Sistema de Medición



Prueba de fugas antes del muestreo: Una prueba de fugas antes del muestreo es recomendable pero no requerida. Si se realiza una prueba de fugas antes del muestreo, se debe seguir el siguiente procedimiento: Después de que el tren de muestreo haya sido ensamblado, se deben encender y preparar los sistemas del filtro y de calentamiento a las temperaturas deseadas de operación. Se debe permitir tiempo suficiente para estabilizar la temperatura. Si se utiliza un empaque Viton A u otra conexión libre de fugas en el ensamble de la boquilla de la sonda a la sonda, se debe realizar la prueba de fugas al tren en el sitio de muestreo taponando la boquilla y generando un vacío de 380 mm Hg (15 pulgadas). Se debe tener en cuenta que se puede utilizar un menor vacío si no se excede durante el muestreo. Si se usa un empaque de cordón resistente al calor, no se debe conectar la sonda al tren durante la prueba de fugas. En su lugar, se debe realizar la prueba de fugas al tren, taponando la entrada del porta filtro (cyclón si aplica) y generando un vacío de 380 mm Hg (15 pulgadas). Posteriormente, se debe conectar la sonda al tren, y probar la fuga con un vacío aproximadamente de 25 mm Hg (1 pulgada); alternativamente, se puede probar la sonda con el resto del tren de muestreo, en un solo paso, con un vacío de 380 mm Hg (15 pulgadas). Tasas de fuga superiores al 4% de la tasa de muestreo promedio o 0,00057 m³/min (0,020 cfm), la que sea menor, son inaceptables. Las siguientes instrucciones para prueba de fugas del tren de muestreo descrito en el APTD-0576 y APTD-0581 pueden ser útiles. Inicie la bomba con la válvula de by-pass completamente abierta y el ajuste grueso de la válvula completamente cerrado. Abra parcialmente el ajuste grueso de la válvula y cierre lentamente la válvula de by-pass hasta que se alcance el vacío deseado. No se debe invertir la dirección de la válvula de by-pass, ya que causaría que el agua ingrese al porta filtro. Si se sobrepasa el vacío deseado, se debe realizar la prueba de fugas con este vacío o terminar el proceso de prueba de fugas e iniciar de nuevo. Cuando la prueba de fugas esté completa, se debe remover primero el tapón lentamente de la entrada de la sonda, el porta filtro o el cyclón (si aplica), e inmediatamente apagar la bomba de vacío. Esto previene que el agua de los impactadores se devuelva hacia el porta filtro y que la sílica gel ingrese al tercer impactador.

VERSION NO APROBADA

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

Pruebas de fugas durante el muestreo: Si durante el muestreo, se hace necesario el cambio de un componente (por ejemplo el ensamble del filtro o del impactador), se debe realizar una prueba de fugas inmediatamente antes de realizar el cambio. La prueba de fugas se debe realizar de acuerdo al procedimiento de prueba de fugas antes del muestreo, excepto que debe realizarse a una presión de vacío igual o mayor que el máximo valor registrado hasta ese punto de la prueba. Si la tasa de fuga se encuentra menor a $0,00057 \text{ m}^3/\text{min}$ o 4% de la tasa de muestreo promedio (la que sea menor), los resultados son aceptables, y no se requiere aplicar ninguna corrección al volumen total de gas seco medido; sin embargo, si se obtiene una tasa de fuga superior, se debe registrar la tasa de fuga y planear una corrección al volumen de l muestra o descartar el muestreo realizado. Se debe tener en cuenta que inmediatamente después de realizar el cambio de componentes, las pruebas de fugas son opcionales. Si se realizan las pruebas de fugas, se debe seguir el procedimiento de pruebas de fugas antes del muestreo.

Pruebas de fugas después del muestreo: Es obligatorio realizar una prueba de fugas del tren de muestreo al finalizar cada muestreo. La prueba de fugas se debe realizar de acuerdo al procedimiento de pruebas de fugas antes del muestreo, excepto que debe ser realizado con un vacío igual o mayor al máximo valor alcanzado durante el muestreo. Si la tasa de fuga no es mayor a $0,00057 \text{ m}^3/\text{min}$ o 4% de la tasa de muestreo promedio (la que sea menor), los resultados son aceptables, y no se requiere aplicar ninguna corrección al volumen total de gas seco medido; sin embargo, si se obtiene una tasa de fuga superior, se debe registrar la tasa de fuga y planear una corrección al volumen de l muestra o descartar el muestreo realizado.

5.5. Operación del tren de muestreo

Durante el muestreo se debe mantener una tasa de muestreo isocinética (dentro del 10% del isocineticismo real, a menos que se especifique otra cosa por la autoridad ambiental de orden nacional) y una temperatura alrededor del filtro de $120 \pm 14 \text{ }^\circ\text{C}$ ($248 \pm 25 \text{ }^\circ\text{F}$), o cualquier otra temperatura especificada por una sección de los estándares aprobados por la autoridad ambiental de orden nacional. Para cada corrida se debe diligenciar la información solicitado en un formulario como el de la Figura 5. 3. Se debe asegurar registrar la lectura inicial del medidor de gas seco. Se deben registrar las lecturas del medidor de gas seco al inicio y finalización de cada incremento en el tiempo de muestreo, cuando se hagan cambios en el flujo de muestreo, antes y después de cada prueba de fugas y cuando el muestreo esté detenido. Se deben tomar las otras lecturas indicadas en la Figura 5. 3 al menos una vez por cada punto de muestreo durante cada incremento de tiempo y lecturas adicionales cuando se presenten cambios significativos (20% de variación en las lecturas de cabeza de velocidad) requieran ajustes adicionales en la tasa de flujo. Se debe nivelar y poner en cero el manómetro. Debido a que el nivel y el cero del manómetro pueden cambiar debido a las vibraciones y los cambios de temperatura, se deben realizar revisiones periódicas durante la medición en los puntos transversales.

Se deben limpiar los puertos de muestreo, antes de realizar el muestreo para minimizar la posibilidad de recolectar material depositado. Para iniciar el muestreo, se debe verificar que los sistemas de calentamiento del filtro y de la sonda se encuentren a la temperatura indicada, se debe remover el tapón puesto en la boquilla, verificar que el tubo pitot y la sonda se encuentren adecuadamente posicionados. Se debe posicionar la boquilla en el primer punto transversal con la punta apuntando directamente en la corriente de gas. Inmediatamente, se debe encender la bomba y ajustar el flujo a las condiciones de isocineticismo. Se pueden conseguir nomogramas que ayudan al ajuste rápido de la tasa de muestreo isocinética sin cálculos excesivos. Los nomogramas están diseñados para ser usados cuando el coeficiente del tubo pitot tipo S es de

VERSION NO APROBADA

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

0.85 ± 0.02 y la densidad equivalente del gas de chimenea es igual a 29 ± 4. El APTD-0576 detalla el procedimiento para usar los nomogramas. Si el coeficiente del tubo pitot y la densidad equivalente del gas están por fuera de los rangos mencionados, no se deben usar los nomogramas a menos que se tomen los pasos adecuados para compensar las desviaciones.

Figura 5.3 . Datos de campo de la medición de partículas.

EMPRESA	TEMPERATURA AMBIENTE	ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CHIMENEA	CAUDAL DEL GAS ft ³	TEMPERATURA DE GAS EN EL MEDIDOR DE GAS SECO	TEMPERATURA DEL GAS A LA SALIDA DEL ULTIMO IMPINGER (°F)	TEMPERATURA DEL FILTRO (°F)						
UBICACION	PRESION BAROMETRICA						ENTRADA (°F)	SALIDA (°F)				
OPERARIO	PORCENTAJE DE HUMEDAD											
FECHA	LONGITUD DE LA Sonda						DIFERENCIAL DE PRESION A TRAVES DEL ORIFICIO (in H2O)	CABEZA DE VELOCIDAD (in H2O)	TEMPERATURA DE LA CHIMENEA T ₂ (°F)	PRESION DE VACIO (in Hg)	TIEMPO DE MUESTREO (min)	PUNTO No.
CORRIDA No.	No. IDENTIFICACION DE LA BOQUILLA											
CAJA DE MUESTREO No.	PROMEDIO DEL DIAMETRO DE LA BOQUILLA						TOTAL	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO		
MEDIDOR No.	CALENTAMIENTO DE LA Sonda											
VALOR Δh _g	CAUDAL DE FUGAS (cfm)						PROMEDIO	PROMEDIO				
FACTOR C	PRESION ESTÁTICA (in Hg)											
COEFICIENTE TUBO PITOT	FILTRO No.						PROMEDIO	PROMEDIO				

Cuando la chimenea está bajo significativa presión negativa, se debe tener cuidado de cerrar la válvula de ajuste grueso antes de insertar la sonda en la chimenea para prevenir que el agua se devuelva al porta filtro. Si es necesario, la bomba debe ser encendida con la válvula de ajuste grueso cerrada.

Cuando la sonda esté en posición, se deben cerrar las salidas alrededor de la sonda y el puerto de muestreo para prevenir dilución no representativa del gas de la chimenea.

Se debe realizar la medición en el área transversal de la chimenea, como se requiere en el Método 1, siendo cuidadosos de no golpear la boquilla de la sonda contra las paredes de la chimenea cuando se muestrea cerca de las paredes o cuando se retira o se introduce la sonda a través de los puertos de muestreo; esto minimiza la posibilidad de extraer material depositado.

Durante el muestreo, se deben realizar ajustes periódicos para mantener la temperatura alrededor de la porta filtro a un nivel apropiado; se debe agregar más hielo, y si es necesario, sal para mantener una temperatura menor a 20 °C (68 °F) en la salida del condensador y la sílica gel. También, se debe revisar periódicamente el nivel y el cero del manómetro.

Si la caída de presión a través del filtro se vuelve demasiado alta, haciendo difícil mantener el muestreo isocinético, el filtro debe ser reemplazado en la mitad del muestreo. Se recomienda utilizar otro montaje de filtro completo en lugar de intentar cambiar el filtro propiamente dicho. Antes de instalar un nuevo montaje de filtro, se debe realizar un procedimiento de prueba de fugas. El peso del material particulado total debe incluir la suma de lo capturado en los montajes del filtro.

Un solo tren de muestreo se debe usar para el muestreo completo, excepto en casos donde se requiera muestreo simultáneo en dos o más ductos separados o en dos o más sitios diferentes dentro del mismo ducto, o en casos donde fallas en el equipo requieran un cambio de tren. En las demás situaciones, el uso de dos o más trenes está sujeto a aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

Cuando se empleen dos o más trenes, se deben realizar análisis separados de lo capturado en la mitad frontal de cada tren y (si aplica) de lo capturado en los impactadores, a menos que se hayan utilizado tamaños de boquillas idénticas en todos los trenes, caso en el que, lo capturado en la mitad frontal de los trenes individuales debe ser combinado (así como lo capturado en los impactadores) y debe realizarse un análisis de lo capturado en la mitad frontal y un análisis de lo capturado en los impactadores. Se debe consultar con la autoridad ambiental de orden nacional los detalles concernientes con los resultados de los cálculos cuando dos o más trenes se usen.

Al finalizar cada muestreo, se debe cerrar la válvula de ajuste grueso, remover la sonda y la boquilla de la chimenea, apagar la bomba, registrar la lectura final del medidor de gas seco y realizar una prueba de fugas posterior al muestreo. De igual manera, se debe realizar prueba de

VERSION NO APROBADA

fugas a las líneas del pitot, como se describe en el Método 2. Las líneas deben pasar esta prueba de fugas, con el fin de validar la información sobre cabeza de velocidad.

5.6. Cálculo del porcentaje isocinético

Se debe calcular el porcentaje isocinético para determinar si el muestreo fue válido o se debe realizar otro muestreo (siguiendo los cálculos que se presentan en este método). Si se presentaron dificultades en mantener las tasas isocinéticas debido a condiciones de la fuente, se debe consultar con la autoridad ambiental de orden nacional la posibilidad de variar las tasas isocinéticas.

5.7. Recuperación de la muestra

Un adecuado procedimiento de limpieza debe empezar tan pronto como se remueva la sonda de la chimenea al finalizar el periodo de muestreo. Se debe esperar a que la sonda se enfríe.

Cuando la sonda pueda ser manejada con seguridad, se debe limpiar todo el material particulado externo cerca de la punta de la boquilla de la sonda y colocar la tapa sobre la boquilla para prevenir pérdidas o ganancias de material particulado. No se debe tapar la punta de la sonda ajustadamente cuando el tren de muestreo se esté enfriando. Esto puede crear un vacío en el porta filtro, ocasionando arrastre de agua de los impactadores al porta filtro.

Antes de mover el tren de muestreo al sitio de limpieza, se debe remover la sonda del tren de muestro, limpiar la grasa de silicona y tapar el lado abierto de la sonda. Se debe tener cuidado de no perder cualquier condensado que pueda estar presente. Se debe limpiar la grasa de silicona de la entrada del filtro donde se sujetó la sonda y se debe tapar. Se debe remover el cordón umbilical del último impactador y tapar el impactador. Si se usa una línea flexible entre el primer impactador o condensador y el porta filtro, se debe desconectar en el porta filtro y permitir que cualquier agua condensada o líquido drene hasta los impactadores o condensador. Después de limpiar la grasa de silicona, se debe tapar la salida del porta filtro y la entrada del impactador. Se pueden utilizar tapones de vidrio esmerilados, tapas plásticas o de cera para cerrar los agujeros.

Se debe transferir la sonda y el montaje de filtro e impactador al área de limpieza. Esta área debe estar limpia y protegida del viento, de manera que se minimice la posibilidad de contaminación o pérdida de la muestra.

Se debe guardar una porción de la acetona usada para la limpieza como blanco. Se deben tomar 200 ml de esta acetona directamente de la botella de lavado que se esté utilizando y colocarla en un contenedor de muestra de vidrio marcado como "blanco de acetona".

Se debe inspeccionar el tren antes y durante el desmontaje y anotar cualquier condición anormal. Se deben tratar las muestras como sigue:

Contenedor No. 1: Se debe remover cuidadosamente el filtro del porta filtro y colocarlo en su caja petri identificada. Se deben usar un par de pinzas o guantes de cirugía desechables limpios para manejar el filtro. Si es necesario doblar el filtro, se debe hacer de manera que el material particulado quede dentro del doblar. Utilizando un cepillo seco con cerdas de Nylon o una paleta de borde afilado, se debe transferir cuidadosamente a la caja petri cualquier material particulado o fibras del filtro que se hayan adherido al porta filtro. Se debe sellar el contenedor.

VERSION NO APROBADA

Contenedor No. 2: Teniendo cuidado de observar que el polvo en la parte exterior de la sonda o de otras superficies exteriores no queden en la muestra, se debe recuperar cuantitativamente el material particulado o cualquier condensado de la boquilla de la sonda, las uniones de la sonda, la sonda y la mitad frontal del porta filtro, lavando dichos componentes con acetona y colocando el lavado en el contenedor de vidrio. Se puede utilizar agua destilada desionizada en lugar de acetona cuando sea aprobado por la autoridad ambiental de orden nacional y se debe utilizar cuando lo especifique la autoridad ambiental de orden nacional. En estos casos, se debe guardar un blanco de agua y seguir los lineamientos de la autoridad ambiental de orden nacional en el análisis. Se deben realizar el lavado con acetona como sigue:

Cuidadosamente se debe remover la boquilla de la sonda, limpiar la superficie interior lavando con acetona de la botella de lavado y limpiarla con un cepillo con cerdas de Nylon. Se debe limpiar hasta que la acetona no muestre partículas visibles, después de lo cual se debe hacer un lavado final de la superficie interior con acetona.

Se debe limpiar y lavar las partes internas de las uniones con acetona de manera similar hasta que no aparezcan partículas visibles.

Se debe lavar la sonda con acetona inclinando y rotando la sonda mientras se echa acetona desde su parte superior de manera que todas las superficies internas se mojen con acetona. Se debe permitir el drenaje de la acetona por la parte inferior hacia el contenedor de la muestra. Un embudo (vidrio o polietileno) puede ser utilizado para facilitar la transferencia de los líquidos del lavado al contenedor. Se debe continuar el lavado de acetona con un cepillo para la sonda. Se debe sostener la sonda en una posición inclinada, echar acetona en la parte superior a medida que se empuja el cepillo con un movimiento giratorio a través de la sonda; se debe mantener un contenedor por debajo de la parte inferior de la sonda y atrapar cualquier acetona y material particulado que se limpie de la sonda. Se debe limpiar con el cepillo tres veces o más hasta que no se extraiga material particulado visible con la acetona o hasta que no quede nada en la sonda por inspección visual. Con sondas de acero inoxidable u otros metales, se debe hacer la limpieza con el cepillo de la manera descrita por lo menos seis veces ya que las sondas metálicas tienen pequeñas grietas en las que se puede quedar atrapado el material particulado. Se debe limpiar el cepillo con acetona y recolectar cuantitativamente esos lavados en el contenedor de la muestra. Después del cepillado, se debe realizar un lavado final de la sonda con acetona.

Se recomienda que dos personas limpien la sonda para minimizar las pérdidas de muestra. Entre los muestreos se deben mantener los cepillos limpios y protegidos de contaminación.

Después de asegurarse que todas las uniones han sido limpiadas de grasa de silicona, se debe limpiar el interior de la mitad frontal del porta filtro frotando las superficies con un cepillo con cerdas de Nylon y lavándolo con acetona. Se debe lavar cada superficie tres veces o más si se necesita para remover el material particulado visible. Se debe realizar un lavado final del cepillo y el porta filtro. Cuidadosamente también se debe lavar el ciclón de vidrio (si aplica). Después de haber realizado todos los lavados con acetona y recogido el material particulado en el contenedor, se debe ajustar la tapa del contenedor de manera que no se produzcan fugas de acetona cuando se transporta al laboratorio. Se debe marcar la altura del nivel de fluido para poder determinar si ocurren fugas durante el transporte. Se debe marca el contenedor para identificar claramente su contenido.

Contenedor No. 3: Se debe tener en cuenta el color de la silica gel indicadora para determinar si se ha gastado completamente y se debe hacer una anotación sobre su condición. Se debe

VERSION NO APROBADA

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

transferir la silica gel del cuarto impactador a su contenedor original y se debe sellar. Un embudo puede facilitar el vertimiento de la silica gel sin salpicaduras. Un agitador de caucho puede ser usado como ayuda para remover la silica gel del impactador. No es necesario remover la pequeña cantidad de partículas de polvo que se puedan adherir a la pared del impactador y son difíciles de remover. Teniendo en cuenta que la ganancia de peso se utilizará para realizar cálculos de humedad, no se debe usar agua u otros líquidos para transferir la silica gel. Si se puede conseguir una balanza en campo, se debe seguir el procedimiento para el contenedor No. 3 descrito en el método.

Agua de los impactadores: Se deben tratar los impactadores como sigue: Se deben realizar anotaciones sobre cualquier color o capa en el líquido capturado. Se debe medir el líquido que está en los tres primeros impactadores dentro del mililitro más cercano, usando un cilindro graduado o pesándolos dentro del 0,5 g usando una balanza. Se debe registrar el volumen o el peso del líquido presente. Esta información se requiere para calcular el contenido de humedad de la corriente de gas. Se debe desechar el líquido después de la medición y registrar el volumen o peso, a menos que se requiera un análisis del líquido capturado. Si se utiliza un tipo de condensador diferente, se debe medir la cantidad de humedad condensada ya sea volumétricamente o gravimétricamente.

5.8. Transporte de la muestra

Cuando sea posible, los contenedores deben ser transportados de tal manera que permanezcan derechos todo el tiempo.

6. CONTROL DE CALIDAD

6.1. Sistema de control de la medición de volumen: Los siguientes procedimientos se recomiendan para calibrar el sistema de chequeo de medición de volumen, por lo tanto son opcionales:

6.2. Verificación del orificio: utilizando el dato de calibración obtenido durante el procedimiento de calibración que se describe posteriormente en este método, se determina el valor de $\Delta H @$ por medio del sistema de medición del orificio. El $\Delta H @$ en el orificio de diferencial de presión en in de H₂O y se correlaciona a 0.75 cfm de aire a 528°R y 29.92 in Hg y se calcula como sigue:

$$\Delta H @ = 0.0319 \Delta H \frac{T_m \theta^2}{P_{bar} Y^2 V_m^2}$$

Donde:

ΔH : Presión diferencial promedio medida a través del orificio. in H₂O.

T_m : Temperatura absoluta promedio. °R.

P_{bar} : Presión Barométrica. In Hg.

θ : Tiempo total de monitoreo, (min)

Y : Factor de calibración. Adimensional.

V_m : Volumen del gas de la muestra medido con el medidor de gas seco. dcf

0.0319: (0.0567 in Hg/°R) (0.75 cfm).

Antes de comenzar la prueba de campo (generalmente tres corridas constituyen una prueba de campo), se debe verificar el sistema de medición (Bomba, medidor de volumen y orificio), por un periodo de 10 minutos con el diferencial de presión $\Delta H @$. Registre el volumen colectado, la

VERSION NO APROBADA

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

temperatura del medidor de gas seco y la presión barométrica. Se debe calcular el valor de Y_c , como se muestra a continuación.

$$Y_c = \frac{10}{V_m} \left[\frac{0.0319 T_m}{P_{bar}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Y_c : Valor de calibración del medidor de gas seco. Adimensional.

10: Tiempo de la corrida. (min).

Se compara el valor de Y_c con el factor de calibración del medidor de gas seco Y para determinar si: $0.97Y < Y_c < 1.03Y$. Si el valor Y_c no está dentro de este rango, el sistema de medición del volumen, deberá ser verificado antes de comenzar la evaluación.

6.3. Calibración del orificio crítico:

Se puede emplear un orificio crítico, calibrado contra un medidor de prueba húmeda o espirómetro, diseñado para ser insertado en la entrada de la caja de medición de muestreo, para hacer una revisión de acuerdo al procedimiento establecido.

7. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

7.1. Calibración y estandarización

Se debe mantener un registro de todas las calibraciones.

7.1.1. Boquilla de la sonda. Las boquillas de la sonda deben ser calibradas antes de su uso inicial en campo. Utilizando un micrómetro, mida el diámetro interior de la boquilla al 0,025 mm más cercano. Haga tres mediciones separadas utilizando diferente diámetro cada vez, y obtenga el promedio de las mediciones. La diferencia entre el mayor y el menor número no debe exceder 0,1 mm. Cuando las boquillas se cortan, se abollan o se corroen, deben ser reformadas, afiladas y recalibradas antes de su uso. Cada boquilla debe tener una identificación única y permanente.

7.1.2. Ensamblaje del tubo pitot. El ensamblaje del tubo pitot tipo S debe ser calibrado de acuerdo al procedimiento indicado en el método 2 de la EPA.

7.1.3. Sistema de medición

7.1.3.1. Calibración previa al uso. El sistema de medición debe ser calibrado antes de su uso inicial en campo, de la siguiente manera: Conecte la entrada del sistema de medición a la salida del medidor de prueba húmeda cuya exactitud esté dentro del 1%. (Véase la Figura 5. 4). El medidor de prueba húmeda debe tener una capacidad de 30 litros/rev. Para esta calibración puede emplearse un espirómetro de 400 litros o más, o su equivalente, aunque el medidor de prueba húmeda es usualmente más práctico. El medidor de prueba húmeda debe ser periódicamente calibrado con un espirómetro o un medidor de desplazamiento líquido para asegurar la exactitud del medidor. Pueden usarse espirómetros o medidores de prueba húmeda de otros tamaños, siempre y cuando se mantengan las exactitudes especificadas del procedimiento. Encienda la bomba del sistema de medición por unos quince minutos con el manómetro de orificio indicando una lectura mediana según lo esperado en campo, para permitir que la bomba se caliente y la superficie interior del medidor de prueba húmeda se humedezca

VERSION NO APROBADA

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

completamente. Luego, y como mínimo en tres ajustes del manómetro de orificio, pase una cantidad exacta de gas a través del medidor de prueba húmeda y anote el volumen de gas indicado por el medidor de gas seco. Anote también la presión barométrica y las temperaturas del medidor de prueba húmeda, de la entrada y de la salida del medidor de gas seco. Seleccione el mayor y el menor ajuste de orificio para determinar el rango de operación esperado del orificio en campo. Utilice un volumen mínimo de 0,14 m³ para todos los ajustes del orificio. Registre toda la información en una forma similar a la mostrada anteriormente.

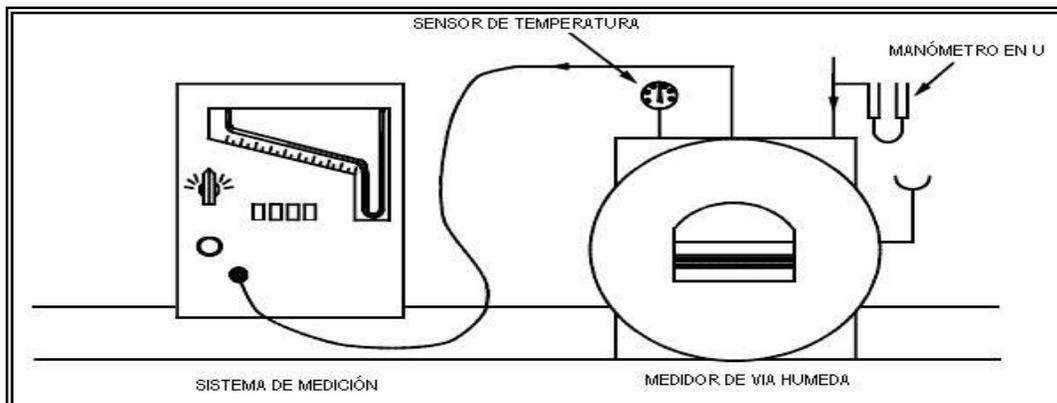
7.1.3.2. Antes de calibrar el sistema de medición es conveniente que se efectúe una verificación de fugas. Para los sistemas de medición que tienen bomba de diafragma, el procedimiento normal de revisión de fugas no detecta fugas dentro de la bomba. Para estos casos se sugiere el siguiente procedimiento: haga una calibración durante 10 minutos a 0,00057 m³/min. Al final de la corrida, tome la diferencia de los volúmenes medidos por el medidor de prueba húmeda y el medidor de gas seco. Divida la diferencia entre 10 para obtener la velocidad de fuga, la cual no debe exceder 0,00057 m³/min.

7.1.3.3. Figura 5. 5 y calcule el factor de calibración del medidor de gas seco (Y) y el factor de calibración del orificio ($\Delta H_{@}$), para cada ajuste del orificio como se muestra en la

7.1.3.4. Antes de calibrar el sistema de medición es conveniente que se efectúe una verificación de fugas. Para los sistemas de medición que tienen bomba de diafragma, el procedimiento normal de revisión de fugas no detecta fugas dentro de la bomba. Para estos casos se sugiere el siguiente procedimiento: haga una calibración durante 10 minutos a 0,00057 m³/min. Al final de la corrida, tome la diferencia de los volúmenes medidos por el medidor de prueba húmeda y el medidor de gas seco. Divida la diferencia entre 10 para obtener la velocidad de fuga, la cual no debe exceder 0,00057 m³/min.

7.1.3.5. Figura 5. 5 en esta figura se presentan valores de tolerancias aceptables para Y y $\Delta H_{@}$ individuales. Use el promedio de los valores de Y en los cálculos del numeral 9.0.

Figura 5. 4. Montaje del equipo de calibración del Sistema de Medición.



Antes de calibrar el sistema de medición es conveniente que se efectúe una verificación de fugas. Para los sistemas de medición que tienen bomba de diafragma, el procedimiento normal de revisión de fugas no detecta fugas dentro de la bomba. Para estos casos se sugiere el siguiente procedimiento: haga una calibración durante 10 minutos a 0,00057 m³/min. Al final de la corrida, tome la diferencia de los volúmenes medidos por el medidor de prueba húmeda y el medidor de gas seco. Divida la diferencia entre 10 para obtener la velocidad de fuga, la cual no debe exceder 0,00057 m³/min.

Figura 5. 5. Ejemplo de Hoja de campo para la calibración del sistema de medición

Fecha: _____ Identificación del sistema de medición: _____
 Presión barométrica, Pb = _____ mm Hg

Ajuste del manómetro del orificio ΔH mm H ₂ O	Volumen del gas espirómetro (medidor húmedo), Vw m ³	Volumen del medidor de gas seco, Vm m ³	TEMPERATURAS				Tiempo, min
			Espirómetro (medidor húmedo), Tw °C	Medidor de gas seco			
				Entrada Ti °C	Salida To °C	Promedio Tm °C	

CALCULOS

ΔH mm H ₂ O	Y	$\Delta H@$					
Promedio							

Y = Relación entre la lectura del medidor de prueba húmeda y el medidor de prueba seca; la tolerancia para los valores individuales es de $\pm 0,02$ a partir del promedio.

$\Delta H@$ = Presión diferencial del orificio que equivale a 0,75 cfm de aire a 68°F y 29,92 pulgadas de mercurio, pulgadas de H₂O; la tolerancia para los valores individuales es de $\pm 0,20$ a partir del promedio.

7.1.3.6. Calibración después del uso. Después de cada uso en campo, la calibración del sistema de medición debe ser revisada realizando tres calibraciones en el ajuste de orificio intermedio (basado en la prueba de campo anterior), con el vacío ajustado en el máximo valor alcanzado durante las series de pruebas. Para ajustar el vacío, inserte una válvula entre el medidor de prueba húmeda y la entrada del sistema de medición. Calcule el valor promedio del factor de calibración del medidor de gas seco. Si el valor ha cambiado en más del 5%, recalibre el medidor sobre el rango completo de los ajustes de orificios, como se detalló en el numeral 7.3.1.

NOTA. Se pueden usar procedimientos alternativos (por ejemplo, revisar nuevamente el coeficiente del medidor del orificio), pero sujetos a la aprobación de la autoridad competente.

VERSION NO APROBADA

- 7.1.4. Variación aceptable en la calibración. Si los valores del coeficiente del medidor de gas seco obtenidos antes y después de una serie de pruebas difieren en más del 5%, la serie de pruebas debe ser invalidada, o los cálculos para la serie de pruebas deben ser realizados utilizando el valor del coeficiente del medidor (por ejemplo, antes o después), que dé el menor valor del volumen total de muestra.
- 7.2. Calibración del calentador de la sonda. Utilice una fuente de calor para generar aire caliente para las temperaturas seleccionadas que se aproximen a aquellas esperadas en las fuentes que serán muestreadas. Pase este aire a través de la sonda a una velocidad de flujo típica de la muestra, mientras se miden las temperaturas de entrada y salida de la sonda a varios ajustes del calentador de la sonda. Para cada temperatura de aire generada, haga una gráfica del ajuste del sistema de calentamiento de la sonda versus la temperatura de salida de la sonda. También puede usarse el procedimiento descrito en APTD-0576. Las sondas construidas de acuerdo al APTD-0581 no necesitan calibrarse si se usan las curvas de calibración de APTD-0576. Así mismo, las sondas con capacidad de monitoreo de la temperatura de salida no requieren calibración.

Nota. El sistema de calentamiento de la sonda debe calibrarse antes de su uso inicial en campo.

- 7.3. Sensores de temperatura. Utilice el procedimiento de la sección 10.3 del método 2 de la EPA para calibrar sensores de temperatura de chimenea. Los termómetros de dial, tales como los utilizados para los medidores de gas seco y las salidas del condensador, deben calibrarse contra termómetros de mercurio en vidrio.
- 7.4. Barómetro. Debe calibrarse contra un barómetro de mercurio.

8. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Registre los datos requeridos en una hoja, tal como la que se muestra en la Figura 5. 6

8.1. Maneje cada recipiente de muestra de la siguiente manera:

Recipiente No. 1. Deje el contenido en el recipiente de envío o transfiera el filtro y cualquier pérdida de material particulado desde el recipiente de muestra hasta un vidrio de reloj tarado. Deseque por 24 horas en un desecador que contenga sulfato de calcio anhidro. Pese a un peso constante, y reporte los resultados al 0,1 mg más cercano. El término “peso constante” representa una diferencia de no más de 0,5 mg o 1% del peso total menos el peso tarado, cualquiera que sea mayor, entre dos pesadas consecutivas, con no menos de 6 horas de tiempo de desecado entre pesadas. Alternativamente, las muestras pueden ser secadas en horno a 104°C por 2 o 3 horas, enfriadas en el desecador y pesadas hasta peso constante. Una vez enfriada la muestra, pésela y use este peso como el peso final.

Recipiente No. 2. Anote el nivel de líquido en el recipiente y confirme en la hoja de análisis cualquier fuga ocurrida durante el transporte. Si hay una cantidad considerable de fuga, se puede desechar la muestra o usar métodos aprobados por la autoridad competente, para corregir los resultados finales. Mida el líquido in este recipiente, ya sea volumétricamente a ± 1 ml o gravimétricamente a $\pm 0,5$ g. Transfiera el contenido a un beaker de 250 ml tarado, y evapore hasta sequedad a temperatura y presión del ambiente. Deseque por 24 horas, y pese hasta peso constante. Reporte los resultados al 0,1 mg más cercano.

Recipiente No. 3. Pese la sílica gel gastada (o la sílica gel más el impactador) al 0,5 g más cercano usando una balanza. Esta etapa puede desarrollarse en campo.

VERSION NO APROBADA

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

Recipiente del blanco de acetona. Mida la acetona en su recipiente ya sea volumétrica o gravimétricamente. Transfiera la acetona a un beaker de 250 ml tarado, y evapore hasta sequedad a temperatura y presión del ambiente. Deseque por 24 horas, y pese hasta peso constante. Reporte los resultados al 0,1 mg más cercano.

Figura 5. 6. Hoja de Datos Analíticos.

Planta _____		Fecha _____	
Corrida No. _____		Filtro No. _____	
Cantidad de líquido perdido durante el transporte _____			
Volumen del blanco de Acetona, ml _____			
Concentración del blanco de Acetona, mg/mg (Ecuación 4) _____			
Blanco del lavado de Acetona, mg (Ecuación 5) _____			
Número de recipiente	Peso de partículas recolectadas, mg		
	Peso final	Peso de la tara	Peso ganado
1.			
2.			
Total			
Menos blanco de acetona			
Peso de material particulado			
		Volumen de agua recolectada	
		Volumen del impactador, ml	Peso de sílica gel, g
Final			g* ml
Inicial			
Volumen total de líquido recolectado			

* Convertir el peso de agua a volumen, dividiendo el incremento total de peso entre la densidad del agua (1 g/ml)
Incremento, g / (1 g/ml) = Volumen de agua, ml

Nota: Los contenidos del Recipiente No. 2 y del recipiente del blanco de acetona pueden ser evaporados a temperaturas mayores que el ambiente. Si la evaporación es realizada a una temperatura elevada, la temperatura debe estar por debajo del punto de ebullición del solvente; así mismo, para prevenir choques, el proceso de evaporación debe ser supervisado de cerca, y el contenido del beaker debe ser agitado ocasionalmente para mantener una temperatura homogénea. Tenga extremo cuidado, ya que la acetona es altamente inflamable y tiene un bajo punto de ebullición.

9. ANALISIS DE DATOS Y CÁLCULOS

Realice los cálculos, manteniendo al menos una cifra significativa adicional más allá de los datos adquiridos. Redondee las cifras después del cálculo final. Otras formas de ecuaciones pueden ser usadas, siempre y cuando se obtengan resultados equivalentes.

Nomenclatura

A_n	= Area transversal de la boquilla, m^2
B_{ws}	= Vapor de agua en la corriente de gas, proporción por volumen
C_a	= Concentración de residuo del blanco de acetona, mg/mg
C_s	= Concentración de material particulado en el gas de chimenea, en base seca, corregida a condiciones estándar, g/dscm
I	= Porcentaje de muestra isocinética
L_1	= Velocidad de fuga individual observada durante la revisión de fuga realizada antes del primer cambio de componentes, m^3/min
L_a	= Velocidad de fuga máxima aceptable para una revisión de fugas antes de la prueba o una revisión de fugas realizada después de un cambio de componentes; igual a $0,00057 m^3/min$ o 4% de la velocidad de muestreo promedio, la que sea menor
L_i	= Velocidad de fuga individual observada durante la revisión de fugas realizada antes del cambio del componente "i" ($i = 1, 2, 3...n$), m^3/min
L_p	= Velocidad de fuga observada durante la revisión de fugas posterior a la prueba, m^3/min
m_a	= Masa de residuo de acetona después de la evaporación, mg
m_n	= Cantidad total de material particulado recolectado, mg
M_w	= Peso molecular del agua, $18,0 g/g\text{-mol}$
P_{bar}	= Presión barométrica en el sitio de muestreo, mm Hg
P_s	= Presión absoluta del gas de chimenea, mm Hg
P_{std}	= Presión absoluta estándar, $760 mm Hg$
R	= Constante del gas ideal, $0,06236 (mm Hg) (m^3) / (^{\circ}K) (g\text{-mol})$
T_m	= Temperatura absoluta promedio del medidor de gas seco (ver Figura 3), $^{\circ}K$
T_s	= Temperatura absoluta promedio del gas de chimenea (ver Figura 3), $^{\circ}K$
T_{std}	= Temperatura absoluta estándar, $293^{\circ} K$
V_a	= Volumen del blanco de acetona, ml
V_{aw}	= Volumen de acetona usada en el lavado, ml
V_{ic}	= Volumen total de líquido recolectado en los impactadores y la sílica gel, ml
V_m	= Volumen de muestra de gas medido por el medidor de gas seco, dcm
$V_{m(std)}$	= Volumen de muestra de gas medido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar, dscm
$V_{w(std)}$	= Volumen de vapor de agua en la muestra de gas, corregido a condiciones estándar, scm
v_s	= Velocidad del gas de chimenea, calculada usando el Método 2 de la EPA, usando los datos obtenidos del Método 5 de la EPA, m/s
W_a	= Peso del residuo en el lavado de acetona, mg
Y	= Factor de calibración del medidor de gas seco
ΔH	= Promedio de presión diferencial en el medidor de orificio (ver Figura 5.4), mm H_2O
ρ_a	= Densidad de la acetona, mg/ml (ver etiqueta de la botella)
ρ_w	= Densidad del agua, $0,9982 g/ml$
θ	= Tiempo total de muestreo, min
θ_1	= Intervalo de tiempo de muestreo, desde el principio de una prueba hasta el primer cambio de componentes, min
θ_i	= Intervalo de tiempo de muestreo, entre dos cambios de componentes sucesivos, comenzando con el intervalo entre el primer y el segundo cambio, min
θ_p	= Intervalo de tiempo de muestreo, desde el cambio final de componente (n°) hasta el final de la prueba de muestreo, min
13.6	= Gravedad específica del mercurio
60	= s/min
100	= Conversión a porcentaje

VERSION NO APROBADA

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

Temperatura promedio del medidor de gas seco y caída de presión promedio del orificio. Ver hoja de datos (Figura 5.3).

Volumen del gas seco. Corregir el volumen de muestra medido por el medidor de gas seco a condiciones estándar (20° C, 760 mm Hg) usando la Ecuación que sigue:

$$V_m(std) = V_m Y \frac{T_{std}(P_{bar}) + \frac{\Delta H}{13.6}}{T_m P_{std}}$$

$$= K_1 V_m Y \frac{P_{bar} + \left(\frac{\Delta H}{13.6}\right)}{T_m}$$

Ecuación 1.

Donde:

$$K_1 = 0,3858 \text{ } ^\circ\text{K/mm Hg} \quad \text{ó} \quad 17.64 \text{ } ^\circ\text{R/in}$$

Nota: Esta ecuación puede usarse tal como está escrita a menos que la velocidad de fuga observada durante cualquiera de las revisiones de fuga obligatorias (por ejemplo, la verificación de fuga posterior a la prueba o las verificaciones de fuga realizadas antes de los cambios de componentes) exceda L_a . Si L_p o L_i exceden L_a , la Ecuación debe ser modificada de la siguiente manera:

a) Caso I. No se han hecho cambios de componentes durante el muestreo. En este caso, se debe sustituir V_m en la Ecuación 1 con la expresión:

$$[V_m - (L_p - L_a)\theta]$$

b) Caso II. Durante el muestreo se hicieron uno o más cambios de componentes. En este caso, se debe sustituir V_m en la Ecuación 1 con la expresión:

$$\left[V_m - (L_1 - L_a)\theta_1 - \sum_{i=2}^n ((L_i - L_a)\theta_i - (L_p - L_a)\theta_p) \right]$$

Y sustituir sólo aquellas velocidades de fuga (L_i o L_p) que excedan L_a .

Volumen del vapor de agua condensado

$$V_w(std) = V_{lc} \frac{\rho_w R T_{std}}{M_w P_{std}}$$

$$= K_2 V_{lc}$$

Ecuación 2.

Donde:

$$K_2 = 0,001333 \text{ m}^3/\text{ml} \quad \text{ó} \quad 0.04706 \text{ ft}^3/\text{ml}$$

VERSION NO APROBADA

Contenido de humedad

$$B_{ws} = \frac{Vw(std)}{Vm(std) + Vw(std)}$$

Ecuación 3

Nota: En corrientes de gas saturadas, deben hacerse dos cálculos del contenido de humedad del gas de chimenea: una a partir del análisis del impactador (Ecuación 3) y otra a partir de la suposición de condiciones saturadas. El menor de los dos valores de B_{ws} se considerará correcto. El procedimiento para determinar el contenido de humedad suponiendo condiciones saturadas se presenta en la Sección 4 del Método 4 de la EPA. Para los propósitos de este método, la temperatura promedio del gas de chimenea de la Figura 5-3 puede usarse para hacer esta determinación, siempre y cuando la exactitud del sensor de temperatura del interior de la chimenea sea $\pm 1^\circ \text{C}$.

Concentración del blanco de acetona

$$C_a = \frac{m_a}{V_a \rho_a}$$

Ecuación 4

Blanco de lavado de acetona

$$W_a = C_a V_a w \rho_a$$

Ecuación 5

Peso de partículas totales. Determine el material particulado total recolectado, a partir de la suma de los pesos obtenidos de los recipientes 1 y 2 menos el blanco de acetona (ver Figura 6).

NOTA: En ningún caso, un valor del blanco que sea mayor a 0,001% del peso de acetona usada, se debe restar del peso de muestra. Consulte el numeral 5.5.8 como ayuda para calcular los resultados que involucran dos o más montajes de filtro o dos o más trenes de muestreo.

Concentración de partículas

$$C_s = \frac{K_3 m_n}{Vm(std)}$$

Ecuación 6

Donde:

$K_3 = 0,001 \text{ g/mg}$ ó 0.0154 gr/mg

Factores de conversión

De

A

Multiplicar por

VERSION NO APROBADA

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

ft ³	m ³	0,02832
g	mg	64,80004
g/ft ³	mg/m ³	2288,4
mg	g	0,001
g	lb	1,429 x 10 ⁻⁴

Variación isocinética

Cálculo a partir de los datos brutos

$$I = \frac{100T_s \left[K_4 V_{lc} + \frac{(VmY)}{T_m} \left(P_{bar} + \frac{\Delta H}{13.6} \right) \right]}{60 \theta V_s P_s A_n}$$

Ecuación 7

Donde:

$K_4 = 0,003454 \text{ mm Hg m}^3/\text{ml } ^\circ\text{K}$

Cálculos a partir de los valores intermedios

$$I = \frac{T_s V_{m(std)} P_{(std)} 100}{T_{std} V_s A_n \theta (1 - B_{ws})}$$

Ecuación 8

Donde:

$K_5 = 4,320$ para unidades métricas ó
 $= 0.09450$ para unidades inglesas.

Resultados aceptables. Si $90\% \leq I \leq 110\%$, los resultados son aceptables. Si los resultados del material particulado son bajos en comparación con el estándar, e "I" está por encima del 110% o por debajo del 90%, la autoridad competente puede optar por aceptar los resultados. Si se considera que "I" es inaceptable, rechace los resultados y repita el muestreo.

Velocidad del gas de chimenea y velocidad de flujo volumétrico. Calcule la velocidad promedio del gas de chimenea y la velocidad promedio de flujo volumétrico, si es necesario, usando los datos obtenidos en este método y las ecuaciones establecidas en el Método 2 de la EPA.

10. PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS

10.1. Medidor de gas seco como un calibrador estándar:

Un medidor de gas seco puede ser usado para una calibración estándar para mediciones de volúmenes en lugar del método que se especifico en el numeral de calibración y estandarización en este método. Esto con el fin de que sea calibrado inicialmente y recalibrado periódicamente como sigue:

10.2. Calibración del Medidor de gas seco estándar:

VERSION NO APROBADA

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

El medidor de gas seco es calibrado y usado como una referencia secundaria de medición que debe proveer una alta calidad y tener una capacidad de medición apropiada. (3 lt/rev) ó (0.1 ft³/rev). Un espirómetro (400 lt (14 ft³) ó una mayor capacidad) ó su equivalente debería ser usado para esta calibración, aunque una prueba húmeda es usualmente más práctica. Una medición en base húmeda debería tener una capacidad de 30 lt/rev (1 ft³/min) y con una capacidad de medición de volumen dentro del 1%. Una evaluación húmeda debería ser verificada contra un espirómetro ó un medidor de líquido de desplazamiento para asegurar la exactitud de los datos encontrados.

Se deben instalar los dispositivos como se muestra en la figura 5-7. Un espirómetro ó se equivalente, puede ser usado en lugar de un medidor húmedo en el sistema. Se debe accionar la bomba mínimo por un tiempo de 5 minutos a una razón de flujo de 10 lt/min. (0.35 cm) con el fin de acondicionar la superficie interior del medidor húmedo. La presión indicada por el manómetro a la entrada del medidor de gas seco, debería ser reducida. (No debe ser mayor a 100 mm H₂O (4 in H₂O a una razón de flujo de 30 lt/min (1 cfm). Esto se puede lograr con una diámetro amplio y asegurando adecuadamente las conexiones del sistema.

10.3. Cálculo de la razón de flujo

Para cada uno de las corridas se debe usar el medidor de volumen húmedo. V_w y se debe registrar el tiempo. θ. Se debe calcular el coeficiente del medidor de gas seco, Y_{ds} para cada corrida, por medio de los siguientes cálculos:

$$Q = K_1 \frac{Pbar V_w}{(T_w + T_{std}) \theta}$$

Ecuación 9.

$$Y_{ds} = \frac{V_w(T_{ds} + T_{std}) Pbar}{V_{ds} (T_w + T_{std}) \left(Pbar + \frac{\Delta P}{13.6} \right)}$$

Ecuación 10.

Donde:

K₁: 0.3858 °C/mm Hg por unidades métricas. Ó 17.64 °F/in para unidades inglesas.

V_w: Volumen en el medidor de humedad. lt (ft³)

V_{ds}: Volumen en el medidor de gas seco. lt (ft³)

T_{ds}: Temperatura promedio en el medidor de gas seco °C.

T_{adj}: 273°C para unidades métricas.

460 °F para unidades inglesas.

T_w: Temperatura promedio en el medidor de humedad. °C (°F).

P_{bar}: Presión barométrico. mm Hg (in Hg).

Δp: Diferencia de presión a la entrada del medidor de gas seco. mm H₂O.

θ: Duración de la corrida. (min)

Se deben comparar los tres valores de Y_{ds} para cada una de las razones de flujo y determinar el máximo y mínimo valor. La diferencia entre el máximo y el mínimo valor de las razones de flujo, deberá no ser superior a 0.030. Se podrá triplicar la cantidad de corridas para cumplir con este requisito. Adicionalmente, los coeficientes de medición deberían estar entre 0.95 y 1.05. Si estas especificaciones no se pueden conocer luego de triplicar las corridas, la medición no se debe

VERSION NO APROBADA

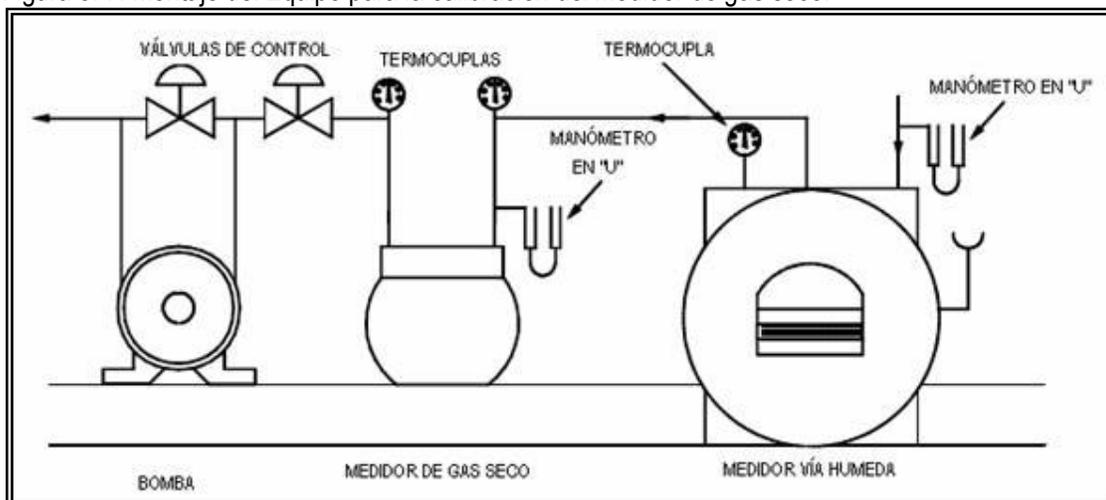
PROTOCOLO PARA EL CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA GENERADA POR FUENTES FIJAS

considerar como una calibración estándar y no debería ser usada. Si estas especificaciones se reúnen, se deben promediar los tres valores de Yds resultantes en cada razón de flujo.

Se debe preparar la curva del coeficiente del medidor Yds, con respecto al caudal ó razón de flujo para el medidor de gas seco. Esta curva debería ser usada como referencia cuando el medidor se sea utilizado para calibrar otro medidor de gas seco y para determinar cuándo es requerida una recalibración.

Recalibración del medidor de gas seco estándar. La recalibración del medidor de gas seco estándar a diferencia del medidor de humedad ó del espirómetro se debe realizar después de cada 200 horas de operación. Esto anterior es válido siempre que el medidor de gas seco este guardado en un laboratorio y en el caso que sea transportado con el mismo cuidado que un instrumento de laboratorio.

Figura 5. 7. Montaje del Equipo para la calibración del medidor de gas seco.



10.4. Orificio crítico como calibración estándar

El orificio crítico puede ser usado como calibración estándar del procedimiento especificado para el medidor por vía húmeda anteriormente, cuyo procedimiento se muestra a continuación:

10.5. Selección del orificio crítico:

El siguiente procedimiento describe el uso de boquillas hipodérmicas ó en acero inoxidable para ser usadas como orificios críticos. Se seleccionan cinco orificios críticos que han sido adecuadamente medidos para cubrir un rango de caudal entre 10 y 34 lt/min ó el rango de operación esperado. Un mínimo de tres orificios críticos son necesarios para la calibración del medidor de gas seco en este método; los otros dos orificios críticos pueden ser utilizados como suplentes y proporcionar una mejor selección para señalar los flujos de operación.

10.6. Calibración del orificio crítico.

Se debe realizar la calibración de la caja de medición ó control bajo la misma configuración bajo la cual va a ser utilizada.

Antes de realizar la calibración del medidor, se debe verificar la existencia de fugas como se muestra a continuación: Se debe la válvula de estrangulación y cerrar totalmente la válvula by-pass, paso seguido accionar la bomba, y determinar de este modo si existen fugas en el sistema.

VERSION NO APROBADA

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

El nivel registrado debería ser cero. (No se debe detectar movimiento en el marcador del medidor de gas seco por cerca de un minuto).

Se deben además verificar las fugas en el tren de muestreo, entre la bomba y el medidor del orificio. Si este procedimiento requiere correcciones ó reparaciones en las conexiones, los empaques u otros elementos, se deben realizar.

Luego de la determinación de fugas en el medidor, este debe ser calibrado como ya se mostró anteriormente en este método.

Se debe dar un tiempo de precalentamiento de alrededor de 15 minutos. Este es un paso importante para equilibrar las condiciones de temperatura del medidor de gas seco.

Antes de realizar la calibración del orificio crítico, se debe determinar las condiciones de operación como sigue: Se debe abrir totalmente la válvula de estrangulamiento y posteriormente ajustar la válvula by-pass hasta conseguir una lectura de vacío correspondiente a la mitad de la presión atmosférica. Observando la medición del manómetro en la caja de control. Se debe registrar el valor de vacío para cada uno de los orificios. Aquellos orificios en los que no se pueda determinar un valor crítico, no deberá utilizarse. Posteriormente se deben realizar los siguientes cálculos:

$$K' = \frac{K1 Vm Y \left(Pbar + \frac{\Delta H}{13.6} \right) Tamb^{1/2}}{Pbar Tm \theta}$$

Ecuación 11.

Donde:

K': Coeficiente del Orificio Crítico, [m³ (°K)^{1/2}] / [mm Hg (min)]

Tamb: Temperatura Absoluta Ambiental, °K (°R).

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO 17 – DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN FUENTES ESTACIONARIAS

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es material particulado. El material particulado no es una cantidad absoluta, es una función de la temperatura y la presión. Sin embargo, para prevenir la variabilidad en la regulación sobre emisiones de material particulado y los métodos de prueba asociados, la temperatura y la presión a las cuales se mide el material particulado deben ser definidos cuidadosamente. De las dos variables, la temperatura tiene el mayor efecto sobre la cantidad de material particulado en una corriente de gas; en la mayoría de las categorías de fuentes fijas, el efecto de la presión parece despreciable. En el Método 5, 120 °C (248 °F) se establece como la temperatura nominal. De esta manera, cuando el Método 5 se especifica en alguna sección de la regulación, el material particulado está definido con respecto a la temperatura. Con el fin de mantener una temperatura de recolección de 120 °C (248 °F), el Método 5 emplea una sonda de muestreo de vidrio calentada y un porta filtro calentado. Este equipo es voluminoso y requiere cuidado en su operación. Por tal razón, cuando las concentraciones de material particulado (en el rango normal de temperatura asociado con una categoría de fuente específica) son independientes de la temperatura, es deseable eliminar la sonda de vidrio y los sistemas de calentamiento y muestrear a la temperatura de la chimenea.

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de material particulado, cuando las concentraciones de material particulado son independientes de la temperatura, en el rango normal de la temperatura característica de las emisiones de una categoría de fuente específica. Se debe usar solamente cuando se especifique en una sección aplicable de la regulación y sólo dentro de los límites de temperatura aplicable (si se especifica), o cuando sea aprobado por la autoridad ambiental de orden nacional. Este método no es aplicable a las chimeneas que contienen gotas de líquido o están saturadas con vapor de agua. Adicionalmente, este método no deberá usarse como está escrito si el área transversal proyectada del montaje del porta filtro y la extensión de la sonda cubre más del 5% del área transversal de la chimenea.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. PROCEDIMIENTO

2.1. Preparación antes de la prueba

Igual que en el Método 5.

2.2. Determinaciones preliminares

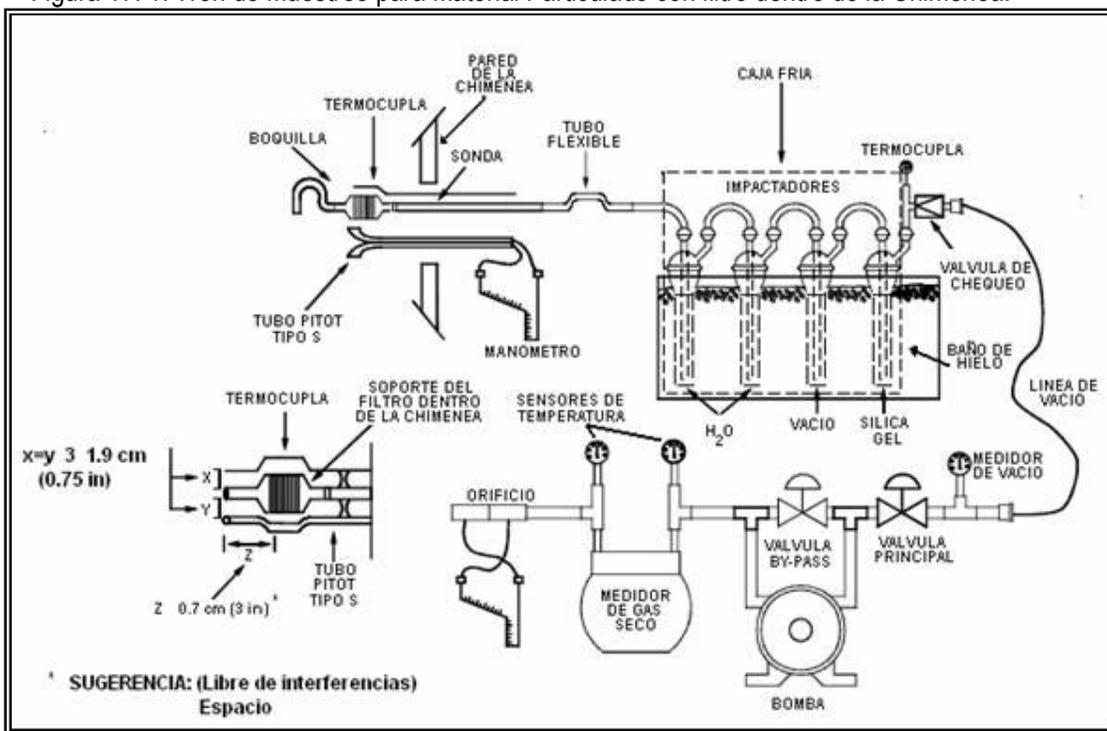
Igual que en el Método 5, excepto por lo siguiente: Se debe realizar un modelo del área proyectada del montaje de la extensión de la sonda y el porta filtro, con los orificios del tubo pitot

VERSION NO APROBADA

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

posicionados a lo largo de la línea central de la chimenea, como se muestra en la Figura 17-2. Se debe calcular área transversal de bloqueo estimada, como se muestra en la Figura 17-2. Si el bloqueo excede el 5% del área transversal del ducto, existen las siguientes opciones: (1) se puede utilizar un método de filtración adecuado fuera de la chimenea en lugar del método de filtración dentro de la chimenea; o (2) se puede utilizar un arreglo especial dentro de la chimenea en el cual los sitios de muestreo y medición de velocidad estén separados. Para los detalles relacionados con este acercamiento, se debe consultar la autoridad ambiental de orden nacional. Se debe seleccionar la extensión de la sonda de tal manera que se puedan muestrear todos los puntos transversales. Para chimeneas grandes, se debe considerar el muestreo desde lados opuestos de la chimenea para reducir la extensión de las sondas.

Figura 17. 1. Tren de Muestreo para Material Particulado con filtro dentro de la Chimenea.



2.3. Preparación del tren de muestreo

Igual que en el Método 5, excepto lo siguiente: La utilización de pinzas o guantes quirúrgicos desechables limpios y la ubicación de un filtro en el porta filtro identificado y pesado. Se debe asegurar que el filtro está adecuadamente centrado y el porta filtro adecuadamente posicionado de manera que no se permita el desvío de la corriente de gas de muestra por fuera del filtro. Se deben revisar los filtros por grietas después de completar el montaje. Se debe marcar la extensión de la sonda con cinta resistente al calor o cualquier otro método para indicar la distancia adecuada dentro de la chimenea o ducto para cada punto de muestreo. Se debe ensamblar el tren como se indica en la Figura 17.1, usando una capa muy delgada de grasa de silicona en todas las uniones de vidrio esmerilado y engrasar sólo la porción exterior (Ver APTD-0576) para evitar la posibilidad de contaminación por grasa de silicona. Se debe poner hielo picado alrededor de los impactadores.

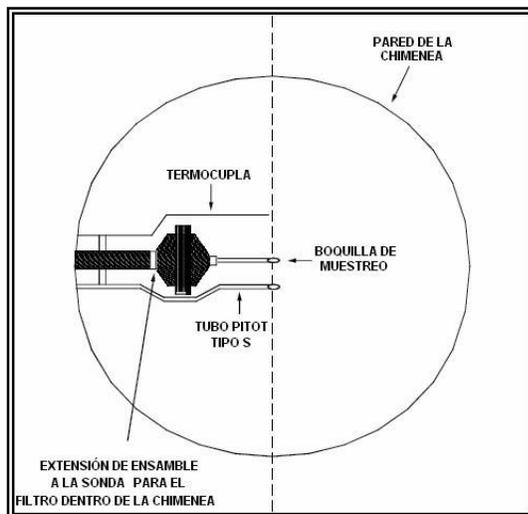
2.4. Procedimientos de prueba de fugas

VERSION NO APROBADA

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

Igual que en el Método 5, excepto que el porta filtro se inserta en la chimenea durante la prueba de fugas del tren de muestreo. Para realizar esto, se debe taponar la entrada de la boquilla con un material que pueda soportar la temperatura de la chimenea. Se debe insertar el porta filtro dentro de la chimenea y se debe esperar aproximadamente cinco (5) minutos (o más si es necesario) para permitir que el sistema se encuentre en equilibrio con la temperatura de la corriente de gas en la chimenea.

Figura 17. 2. Área proyectada de la obstrucción en la sección transversal (Aproximación del muestreo de los puntos) Causado por el ensamble de la extensión del filtro dentro de la chimenea.



2.5. Operación del tren de muestreo

La operación es igual que en el Método 5. Se debe utilizar un formato como el que se muestra en la Figura 5-3 del Método 5, excepto que la temperatura del porta filtro no se registra.

2.6. Cálculo del porcentaje isocinético

Igual que en el Método 5.

2.7. Recuperación de la muestra

El procedimiento de limpieza adecuado inicia tan pronto como el montaje de la extensión de la sonda es removido de la chimenea al finalizar el periodo de muestreo. Se debe esperar hasta que se enfríe el montaje. Cuando el montaje pueda ser manipulado con seguridad, se debe limpiar todo el material particulado externo cerca de la punta de la boquilla de la sonda y taponarla para evitar perder o ganar material particulado. No se debe tapar ajustadamente la punta de la sonda mientras el tren de muestreo se enfría ya que se podría crear un vacío en el porta filtro, que devuelva el agua condensada.

Antes de mover el tren de muestreo al sitio de limpieza, se debe desconectar el montaje del porta filtro y la boquilla de la sonda de la extensión de la sonda y taponar el lado abierto de la extensión de la sonda. Se debe tener cuidado de no perder cualquier condensado si se presenta. Se debe remover el cordón umbilical de la salida del condensador y taponar la salida. Si se usa una línea flexible entre el primer impactador o condensador y la extensión de la sonda, se debe desconectar en la extensión de la sonda y permitir que cualquier agua condensada o líquido

VERSION NO APROBADA

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

drene hasta los impactadores o condensador. Se debe desconectar la extensión de la sonda del condensador y tapar la salida de la extensión de la sonda. Después de limpiar la grasa de silicona, se debe tapar la entrada del condensador. Se pueden utilizar tapones de vidrio esmerilados, tapas plásticas o de cera (la que sea apropiada) para cerrar los agujeros.

Se debe transferir el montaje del porta filtro, la boquilla de la sonda y el condensador al área de limpieza. Esta área debe estar limpia y protegida del viento, de manera que se minimice la posibilidad de contaminación o pérdida de la muestra.

Se debe guardar una porción de la acetona usada para la limpieza como blanco. Se deben tomar 200 ml de esta acetona directamente de la botella de lavado que se esté utilizando y colocarla en un contenedor de muestra de vidrio marcado como "blanco de acetona". Se debe inspeccionar el tren antes y durante el desmontaje y anotar cualquier condición anormal. Se debe tratar la muestra como se mencionó en el Método 5.

MÉTODO 6 – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN FUENTES ESTACIONARIAS

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es dióxido de azufre con una sensibilidad de 3,4 miligramos de SO₂/m³ (2,12 x 10⁻⁷ lb/ft³)

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) en fuentes estacionarias.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. RESUMEN DEL MÉTODO.

Una muestra de gas es extraída del punto de muestreo en la chimenea. El SO₂ y el SO₃, incluyendo aquellas fracciones en cualquier vapor ácido de azufre, son separados. La fracción de SO₂ es medida por el método de titulación con torina de bario.

3. INTERFERENCIAS

3.1. Amoníaco libre.

El amoníaco libre interfiere con este método al reaccionar con el SO₂ para formar sulfito particulado y al reaccionar con el indicador. Si hay amoníaco libre presente, se requieren métodos alternativos sujetos a la aprobación de la autoridad competente.

3.2. Cationes y fluoruros solubles en agua.

Los cationes y fluoruros son removidos por un filtro de lana de vidrio y un burbujeador de isopropanol; de este modo, estos no afectan el análisis de SO₂. Cuando las muestras se recolectan a partir de una corriente de gas con altas concentraciones de vapores metálicos (p. ej. aerosoles con cationes muy finos), se debe usar un filtro de fibra de vidrio de alta eficiencia en lugar del taco de lana de vidrio para remover la interferencia de cationes.

3.3 Reactivos corrosivos. Los siguientes reactivos son peligrosos. Se debe utilizar equipo de protección personal para prevenir el contacto directo con la sustancia. Si ocurre contacto se debe lavar con suficiente agua durante un tiempo aproximado de 15 minutos. Los reactivos son: Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂) 30%, Hidróxido de sodio (NaOH), Acido Sulfúrico (H₂SO₄).

4. APARATOS Y EQUIPOS

Toma de muestras. Se requieren los siguientes elementos para la toma de muestras:

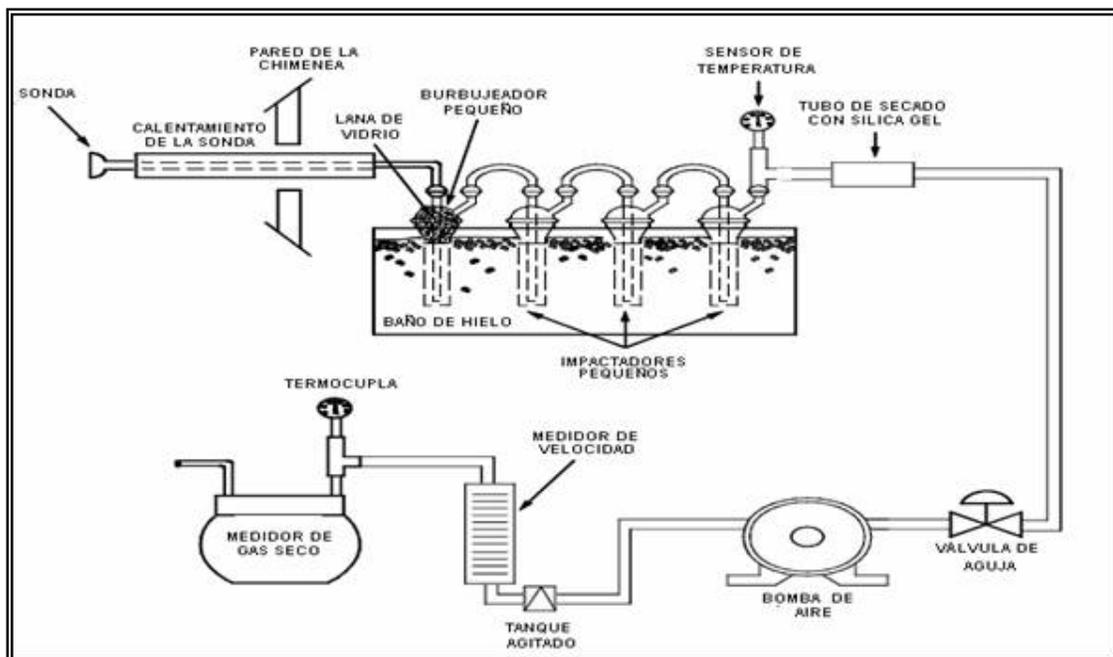
VERSION NO APROBADA

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

4.1. Tren de muestreo. En la Figura 6. 1 se presenta un esquema del tren de muestreo, el cual consta de los siguientes componentes:

4.1.1. Sonda. De vidrio de borosilicato o acero inoxidable (se pueden usar otros materiales de construcción, sujetos a la aprobación de la autoridad competente), con diámetro interno aproximado de 6 mm, sistema de calentamiento para prevenir la condensación del agua y un filtro (bien sea dentro de la chimenea o calentado fuera de la chimenea) para remover material particulado, incluyendo vapor de ácido sulfúrico. Un tapón de lana de vidrio puede ser un filtro adecuado.

Figura 6. 1. Tren de Muestreo para Dióxido de Azufre.



4.1.2. Burbujeador e impactadores. Se requiere un burbujeador pequeño con frita de vidrio de grosor mediano, y lana de vidrio de borosilicato o cuarzo empacada en la parte superior (ver Figura 1) para prevenir el transporte de vapor de ácido sulfúrico; también se requieren tres impactadores pequeños de 30 ml. El burbujeador y los impactadores deben estar conectados en serie con conectores de vidrio libres de fugas. Si es necesario se puede usar grasa de silicona para prevenir fugas. El impactador podría ser reemplazado por un burbujeador.

Nota. Se pueden usar otros absorbentes para recolección y velocidades de flujo, sujetos a la aprobación de la autoridad competente, pero la eficiencia de recolección debe ser al menos del 99 por ciento para cada corrida y debe estar documentada en el informe. Si después de una serie de tres pruebas se encuentra que la eficiencia es aceptable, no hace falta seguir documentándola. Para realizar la prueba de eficiencia, se debe añadir otro absorbente y se debe analizar por separado. Este absorbente adicional no debe contener más de un 1 por ciento de SO₂ total.

- 4.1.3. Lana de vidrio. Borosilicato o cuarzo.
- 4.1.4. Grasa de llave de paso. Si es necesario, se puede usar grasa de silicona estable al calor e insoluble en acetona.
- 4.1.5. Sensor de temperatura. Termómetro de dial o equivalente, para medir la temperatura del gas que sale del tren de impactadores, con un margen de 1°C.
- 4.1.6. Tubo de secado. Tubo empacado con sílica gel tipo indicador de malla 6-16, o equivalente, para secar la muestra de gas y proteger el medidor y la bomba. Si la sílica gel ha sido usada previamente, seque a 177°C durante 2 horas. La sílica gel nueva puede ser usada tan pronto se reciba. Como alternativa, se pueden usar otros tipos de desecantes (equivalentes o mejores), sujetos a la aprobación de la autoridad competente.
- 4.1.7. Válvula. Válvula de aguja, para regular la velocidad de flujo del gas de muestra.
- 4.1.8. Bomba. Bomba de diafragma libre de fugas, o equivalente, para mover el gas a través del tren. Instale un pequeño tanque estabilizador de presión entre la bomba y el medidor de velocidad para eliminar el efecto de pulsación de la bomba de diafragma sobre el medidor de velocidad.
- 4.1.9. Medidor de velocidad. Rotámetro o equivalente, capaz de medir la velocidad de flujo con un margen del 2 por ciento de la velocidad de flujo seleccionada que es aproximadamente 1 L/min.
- 4.1.10. Medidor de volumen. Medidor de gas seco, suficientemente exacto como para medir el volumen de muestra con un margen de 2 por ciento, calibrado a la velocidad de flujo seleccionada y a las condiciones reales encontradas durante el muestreo, y equipado con un sensor de temperatura (termómetro de dial, o equivalente) capaz de medir la temperatura con un margen de 3°C. En lugar del medidor de gas seco se puede usar un orificio crítico siempre y cuando esté calibrado y empleado como se especifica en el numeral 11.
- 4.1.11. Barómetro. De mercurio, aneroides u otro barómetro capaz de medir la presión atmosférica con un margen de 2,5 mm Hg.
- 4.1.12. Medidor de vacío y rotámetro. Se requiere un medidor de vacío de al menos 760 mm Hg y un rotámetro de 0 a 40 ml/min, para usarse en la comprobación de fugas del tren de muestreo.

4.2. Recuperación de la muestra. Se requieren los siguientes elementos para la recuperación de la muestra:

4.2.1. Botellas de lavado. Dos botellas de polietileno o vidrio, de 500 ml.

4.2.2. Botellas de almacenamiento. Botellas de polietileno de 100 ml, para almacenar muestras de los impactadores (una por muestra).

4.3. Análisis de muestras. Se requiere el siguiente equipo para análisis de muestras:

4.3.1. Pipetas. Tipo volumétrico, de 5 ml, 20 ml (una por muestra) y 25 ml.

4.3.2. Matraces volumétricos. De 100 ml (uno por muestra) y 1000 ml.

4.3.3. Buretas. De 5 y 50 ml.

4.3.4. Erlenmeyers. De 250 ml (uno para cada muestra, blanco y estándar).

4.3.5. Botella goteadora. De 125 ml, para adicionar el indicador.

4.3.6. Cilindro graduado. De 100 ml.

4.3.7. Espectrofotómetro. Para medir absorbancia a 352 nm.

5. REACTIVOS

VERSION NO APROBADA

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

5.1. Toma de muestras. Se requieren los siguientes reactivos para la toma de muestras:

Agua. Destilada desionizada. La prueba de KmnO_4 para materia orgánica oxidable se puede omitir cuando no se esperen altas concentraciones de materia orgánica.

Isopropanol al 80% en volumen. Mezcle 80 ml de isopropanol con 20 ml de agua.

Verifique todos los lotes de isopropanol por impurezas de peróxido de la siguiente manera: agite 10 ml de isopropanol con 10 ml de solución de yoduro de potasio al 10% recién preparada. Prepare un blanco tratando de forma similar 10 ml de agua. Después de 1 minuto, lea la absorbancia a 352 nm con un espectrofotómetro, usando una longitud de trayectoria de 1 cm. Si la absorción excede 0,1, se debe rechazar el alcohol.

Los peróxidos se pueden eliminar del isopropanol destilándolo nuevamente o haciéndolo pasar por una columna de alúmina activada; sin embargo, el isopropanol grado reactivo con niveles de peróxido bajos se puede obtener de fuentes comerciales. El rechazo de lotes contaminados puede ser un procedimiento más eficiente.

Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 3% en volumen. Agregue 10 ml de H_2O_2 al 30%, a 90 ml de agua. Este se debe preparar diariamente.

Solución de yoduro de potasio (KI) al 10% peso a volumen. Disuelva 10,0 g de KI en agua y diluya a 100 ml. Preparar cuando se necesite.

5.2. Recuperación de la muestra. Se requieren los siguientes reactivos para la recuperación de la muestra:

5.2.1. Agua.

5.2.2. Isopropanol al 80% en volumen.

5.3. Análisis de la muestra. Se requieren los siguientes reactivos para el análisis de la muestra:

5.3.1. Agua.

5.3.2. Isopropanol al 100%

5.3.3. Indicador de torina. Ácido 1-(o-aronofenilazo)-2-naftol-3,6-disulfónico, sal disódica o equivalente. Disuelva 0,20 g en 100 ml de agua.

5.3.4. Solución estándar de bario, 0,0100 N. Disuelva 1,95 g de perclorato de bario trihidratado [$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$] en 200 ml de agua y diluya a 1 L con isopropanol. Como alternativa, se puede usar 1,22 g de cloruro de bario dihidratado [$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] en lugar del perclorato.

5.3.5. Estándar de ácido sulfúrico, 0,0100 N. Compre o estandarice a $\pm 0,0002$ N contra NaOH 0,0100 N que haya sido previamente estandarizado contra ftalato ácido de potasio (grado estándar primario).

VERSION NO APROBADA

Muestras para auditoría de aseguramiento de calidad. Cuando se realicen determinaciones de cumplimiento, las muestras de auditoría, si están disponibles, deben ser obtenidas de parte de la autoridad competente y analizadas junto a las muestras de campo.

Nota. La autoridad competente debe ser notificada al menos 30 días antes de la fecha de la prueba para que haya tiempo suficiente para el envío de la muestra.

6. TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Preparación del tren de muestreo. Mida 15 ml de isopropanol al 80% en un burbujeador y 15 ml de peróxido de hidrógeno al 3% en cada uno de los dos primeros impactadores. Deje seco el último impactador. Ensamble el tren como se muestra en la Figura 1. Ajuste el calentador de la sonda hasta una temperatura suficiente para prevenir la condensación del agua. Ponga hielo triturado y agua alrededor de los impactadores.

Procedimiento de revisión de fugas del tren de muestreo. Se recomienda hacer una revisión de fugas antes de la corrida, aunque no es obligatorio. No obstante, la revisión de fugas después de la corrida sí es obligatoria. El procedimiento de revisión de fugas es el siguiente:

Conecte temporalmente un rotámetro adecuado (p. ej., 0 - 40 ml/min) a la salida del medidor de gas seco y ponga un medidor de vacío cerca de la entrada de la sonda. Tape la entrada de la sonda, genere un vacío de al menos 250 mm Hg, y observe la velocidad de flujo que indica el rotámetro. La velocidad de fuga que exceda en 2% el promedio de la velocidad de muestreo no es aceptable.

Nota. Retire cuidadosamente el tapón de la entrada de la sonda antes de apagar la bomba.

Se sugiere que la bomba sea verificada por fugas en forma separada, ya sea antes o después de la corrida. Para verificar la bomba, se debe proceder de la siguiente forma: desconecte el tubo de secado del montaje sonda - impactador. Ponga un medidor de vacío a la entrada bien sea del tubo de secado o de la bomba; genere un vacío de 250 mm Hg, tape la salida del medidor de flujo y luego apague la bomba. El vacío debería permanecer estable durante al menos 30 segundos.

Si se lleva a cabo antes de la corrida, la verificación de fuga de la bomba debe preceder la verificación de fuga del tren de muestreo descrito anteriormente; si se lleva a cabo después de la corrida, la verificación de fuga de la bomba debe hacerse después de la verificación de fuga del tren de muestreo.

Se pueden usar otros procedimientos para verificación de fugas, sujetos a la aprobación de la autoridad competente.

6.1. Toma de la muestra

Registre la lectura inicial del medidor de gas seco y la presión barométrica. Para comenzar el muestreo, ponga el extremo de la sonda en el punto de muestreo, conecte la sonda al burbujeador y encienda la bomba. Ajuste el flujo de muestra hasta una velocidad constante de aproximadamente 1,0 L/min según indicación del medidor de velocidad. Mantenga esta velocidad constante ($\pm 10\%$) durante toda la corrida.

VERSION NO APROBADA

Tome lecturas (volumen del medidor de gas seco, temperaturas en el medidor de gas seco y en la salida de los impactadores, y velocidad de flujo) al menos cada 5 minutos. Agregue más hielo durante la corrida para mantener la temperatura de los gases que salen por el último impactador a 20°C o menos.

Al final de cada corrida, apague la bomba, quite la sonda de la chimenea y registre las lecturas finales. Realice la verificación de fugas como se indicó anteriormente. (Esta verificación es obligatoria.). Si se detecta una fuga, invalide la corrida o use procedimientos aceptables por la autoridad competente para ajustar el volumen de muestra debido a la fuga.

Drene el baño de hielo y purgue lo que queda del tren haciendo pasar aire ambiente limpio a través del sistema durante 15 minutos a la velocidad de muestreo. El aire ambiente limpio se puede conseguir haciendo pasar el aire a través de un filtro de carbón o a través de un impactador adicional que contenga 15 ml de H₂O₂ al 3%. Como alternativa, se puede usar aire ambiente sin purificar.

6.2. Recuperación de la muestra. Desconecte los impactadores después de la purga. Deseche el contenido del burbujeador. Vierta el contenido de los impactadores en una botella de polietileno libre de fugas para su envío. Enjuague con agua los tres impactadores y los tubos conectores, y agregue los lavados al mismo recipiente de almacenamiento. Marque el nivel del líquido. Selle e identifique el recipiente de la muestra.

7. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

7.1. Sistema de medición de volumen

7.1.1. Calibración inicial

Antes de su uso inicial en campo, verifique el sistema de medición (tubo de secado, válvula de aguja, bomba, medidor de velocidad y medidor de gas seco) de la siguiente forma: Ponga un medidor de vacío a la entrada del tubo de secado y genere un vacío de 250 mm Hg. Tape la salida del medidor de flujo, y luego apague la bomba. El vacío debe permanecer estable al menos 30 segundos. Libere cuidadosamente el medidor de vacío antes de soltar el extremo del medidor de flujo.

Retire el tubo de secado y calibre el sistema de medición (a la velocidad de flujo de muestreo especificada por el método) de la siguiente manera: conecte un medidor de prueba húmeda de tamaño apropiado (p. ej., 1 litro por revolución) a la entrada de la válvula de aguja. Haga tres pruebas de calibración independientes, usando al menos cinco revoluciones del medidor de gas seco por prueba. Calcule el factor de calibración Y , (volumen de calibración del medidor de prueba húmeda dividido por el volumen del medidor de gas seco, ambos volúmenes ajustados a la misma presión y temperatura de referencia) para cada prueba, y promedie los resultados Y_i . Si algún valor de Y se desvía en más de un 2% del promedio, el sistema de medición es inaceptable. Si el sistema de medición es aceptable, se debe usar el promedio como el factor de calibración para pruebas posteriores.

Verificación de la calibración posterior a la prueba. Después de cada serie de pruebas en campo, realice una verificación de la calibración usando el procedimiento descrito en la calibración inicial, salvo que se pueden usar tres o más revoluciones del medidor de gas seco y solo se necesitan

VERSION NO APROBADA

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

dos pruebas independientes. Si el promedio de los dos factores de calibración posteriores a la prueba no se desvía en más del 5% de Y_i , entonces este promedio se acepta como el factor de calibración (Y) del medidor de gas seco, el cual es usado en la ecuación 1 para calcular el volumen de muestra recolectado. Si la desviación es mayor al 5%, se debe recalibrar el sistema de medición como se indico en la calibración inicial. Y determine el factor de calibración posterior a la prueba Y_f . Compare Y_i y Y_f ; el menor de los dos factores se acepta como el factor de calibración del medidor de gas seco. Si la recalibración indica que el sistema de medición es inaceptable para su uso, se puede invalidar la corrida o se pueden usar métodos, sujetos a la aprobación de la autoridad competente, para determinar un valor aceptable del volumen de muestra recolectada.

Medidor de gas seco como estándar de calibración. Un medidor de gas seco puede ser usado como estándar de calibración para mediciones de volumen en lugar del medidor de prueba húmeda especificado en la calibración inicial, siempre y cuando este se calibre inicialmente y se recalibre periódicamente.

- 7.2. Sensores de temperatura. Se deben calibrar contra termómetros de mercurio en vidrio.
- 7.3. Medidor de velocidad. No necesita calibrarse, pero debería limpiarse y mantenerse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- 7.4. Barómetro. Se debe calibrar contra un barómetro de mercurio.
- 7.5. Solución estándar de bario. Estandarice la solución de perclorato o cloruro de bario contra 25 ml de ácido sulfúrico estándar al que se le hayan agregado 100 ml de isopropanol al 100%. Corra los análisis por duplicado. Calcule la normalidad usando el promedio de análisis duplicados donde las titulaciones no difieran en más de 1% o 0,2 ml, el que sea mayor.

8. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Verificación de pérdidas de la muestra. Observe el nivel de líquido en el recipiente, y confirme si se ha perdido algo de muestra durante el transporte; registre esta información en la hoja de datos de análisis. Si ha ocurrido una fuga considerable, se puede invalidar la muestra o usar métodos, sujetos a la aprobación de la autoridad competente, para corregir los resultados finales.

8.1. Análisis de la muestra

Transfiera el contenido del recipiente de almacenamiento a un matraz volumétrico de 100 ml, diluya exactamente hasta 100 ml con agua y mezcle la muestra diluida.

Con una pipeta, transfiera una alícuota de 20 ml de la muestra diluida a un erlenmeyer de 250 ml, agregue 80 ml de isopropanol al 100% y adicione de dos a cuatro gotas de indicador de torina. Mientras se agita la solución, titule hasta un punto final rosa usando solución estándar de bario 0,0100 N.

Repita el procedimiento del segundo paso del análisis de la muestra y promedie los volúmenes de titulación. Corra un blanco con cada serie de muestras. Las réplicas de las titulaciones no deben diferir en más del 1% o 0,2 ml, el que sea mayor.

VERSION NO APROBADA

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

Nota: La solución estándar de bario 0,0100 N se debe proteger en todo momento de la evaporación.

8.2. Análisis de la muestra de auditoría

Cuando el método se usa para analizar muestras con el fin de demostrar cumplimiento con una regulación de emisiones, se debe analizar una muestra de auditoría, si está disponible.

Las muestras de auditoría y las muestras de cumplimiento se deben analizar de la misma forma para evaluar la técnica del analista y la preparación de los estándares.

Se deben usar el mismo analista, reactivos analíticos y sistema analítico, tanto para las muestras de auditoría como para las muestras de cumplimiento.

8.3. Resultados de la muestra de auditoría

Calcule las concentraciones de la muestra de auditoría y reporte los resultados usando las instrucciones suministradas con las muestras de auditoría.

Reporte los resultados de las muestras de auditoría y de determinación de cumplimiento junto con sus números de identificación y el nombre del analista a la autoridad responsable.

Las concentraciones de las muestras de auditoría obtenidas por el analista no deben diferir en más del 5% de la concentración real. Si no se cumple la especificación del 5%, se deben volver a analizar las muestras de auditoría y cumplimiento e incluir en el informe los valores iniciales y los obtenidos después de repetir el análisis.

Si no se cumple la especificación del 5%, se pueden requerir nuevos ensayos hasta que los problemas de auditoría sean resueltos. Sin embargo, si los resultados de auditoría no afectan el cumplimiento de la instalación afectada, la autoridad competente puede eliminar los requisitos de repetir el análisis o hacer más revisiones, y aceptar los resultados de la prueba de cumplimiento. Mientras se tomen medidas para resolver los problemas de auditoría, la autoridad competente puede decidir usar los datos para determinar el cumplimiento de la instalación afectada.

9. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS

Realice los cálculos, conservando al menos una cifra significativa adicional más allá de los datos adquiridos. Redondee las cifras después del cálculo final.

Nomenclatura

- C_a = Concentración real de SO₂ en la muestra de auditoría, mg/dscm
- C_d = Concentración determinada de SO₂ en la muestra de auditoría, mg/dscm
- C_{SO_2} = Concentración de SO₂, en base seca, corregida a condiciones estándar, mg/dscm
- N = Normalidad del titulante estándar de bario, meq/ml
- P_{bar} = Presión barométrica, mm Hg
- P_{std} = Presión absoluta estándar, 760 mm Hg
- ER = Error relativo del análisis de la muestra de auditoría, %

VERSION NO APROBADA

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

T_m = Temperatura absoluta promedio del medidor de gas seco, °K
 T_{std} = Temperatura absoluta estándar, 293 °K
 V_a = Volumen de alícuota de muestra titulada, ml
 V_m = Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, dcm
 $V_{m(std)}$ = Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar, dscm
 V_{soln} = Volumen total de solución en el que está contenida la muestra de SO₂, 100 ml
 V_t = Volumen del titulante estándar de bario usado para la muestra (promedio de titulaciones replicadas), ml
 V_{tb} = Volumen del titulante estándar de bario usado para el blanco, ml
 Y = Factor de calibración del medidor de gas seco.

Se calcula el Volumen del gas de muestra seco, corregido a condiciones estándar.

$$\begin{aligned}
 Vm(std) &= \frac{(Vm Y Tstd Pbar)}{(Tm Pstd)} \\
 &= \frac{K1 Y Vm Pbar}{Tm}
 \end{aligned}$$

Ecuación 1.

Donde:

$K_1 = 0,3855 \text{ } ^\circ\text{K/mm Hg}$

Concentración de SO₂

$$C_{SO_2} = \frac{K2 N(Vt - Vtb)(Vsol / Va)}{Vm(std)}$$

Ecuación 2

Donde:

$K_2 = 32,03 \text{ mg SO}_2/\text{meq}$

Error relativo para muestras de auditoría

$$RE = \frac{100(Cd - Ca)}{Ca}$$

Ecuación 3

9.1. Desempeño del método

Rango. El mínimo límite de detección del método se ha determinado en 3,4 mg SO₂/m³. Si bien no se ha establecido un límite superior, las pruebas han mostrado que se pueden recolectar eficientemente concentraciones tan altas como 80.000 mg SO₂/m³, a una velocidad de 1,0 L/min durante 20 minutos en dos impactadores pequeños, que contengan cada uno 15 ml de H₂O₂ al 3%. Con base en cálculos teóricos, el límite de concentración superior en una muestra de 20 L es alrededor de 93.300 mg/m³.

9.2. Procedimientos alternativos

Nomenclatura: Las anteriores, con las siguientes adiciones:

VERSION NO APROBADA

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

B_{wa} = Vapor de agua en el aire ambiente, proporción por volumen
 M_a = Peso molecular del aire ambiente saturado a la temperatura del impactador, g/g-mol
 M_s = Peso molecular del gas de muestra saturado a la temperatura del impactador, g/g-mol
 P_c = Lectura de la entrada de vacío obtenida durante la corrida de calibración, mm Hg
 P_{sr} = Lectura de la entrada de vacío obtenida durante la corrida de muestreo, mm Hg
 Q_{std} = Velocidad de flujo volumétrico a través del orificio crítico, scm/min
 \bar{Q}_{std} = Velocidad de flujo promedio de las corridas de calibración de la pre-prueba y la post-prueba, scm/min
 T_{amb} = Temperatura absoluta ambiente del aire, °K
 V_{sb} = Volumen de gas medido por el medidor de burbujas de jabón, m³
 $V_{sb(std)}$ = Volumen de gas medido por el medidor de burbujas de jabón, corregido a condiciones estándar, scm
 θ = Tiempo de recorrido de la burbuja de jabón, min
 θ_s = Tiempo, min

Orificios críticos para mediciones de volumen y velocidad. Se puede usar un orificio crítico en lugar del medidor de gas seco, siempre y cuando sea seleccionado, calibrado y usado de la siguiente manera:

Preparación del tren de muestreo. Ensamble el tren de, teniendo en cuenta que el medidor de velocidad y el tanque estabilizador de presión son opcionales, pero se recomiendan para detectar cambios en la velocidad de flujo.

NOTA: Los orificios críticos se pueden adaptar al tren de muestreo que se describe en el presente método, de la siguiente manera: inserte tapones de botellas de suero tipo manga dentro de dos uniones reductoras. Inserte la aguja en los tapones como se muestra en la Figura 6-3.

9.3. Selección de orificios críticos

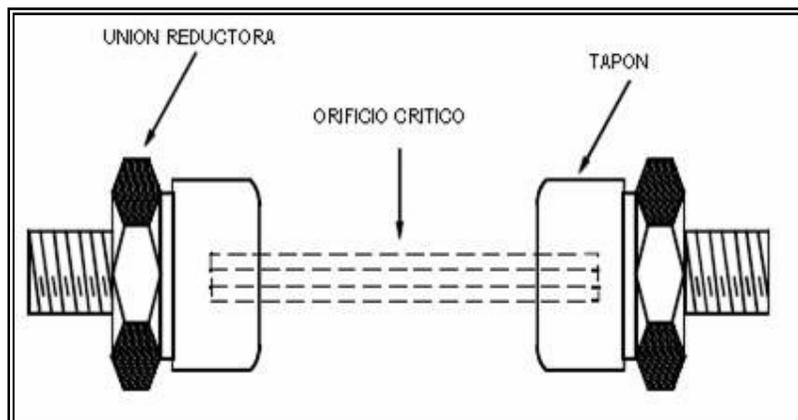
El procedimiento que sigue describe el uso de agujas hipodérmicas y tubos de agujas de acero inoxidable, que se han encontrado apropiados para ser usado como orificios críticos. Se pueden usar otros materiales y diseños de orificios críticos siempre y cuando los orificios actúen como verdaderos orificios críticos, por ejemplo, que se pueda obtener un vacío crítico. Seleccione un orificio crítico que tenga el tamaño necesario para operar a la velocidad de flujo deseada. Los tamaños de las agujas y las longitudes de los tubos que se presentan en la tabla 1 dan las velocidades de flujo aproximadas.

Determine el vacío operacional adecuado del orificio crítico de la siguiente manera: si es aplicable, conecte temporalmente un medidor de velocidad y un tanque estabilizador de presión a la salida del tren de muestreo, en caso de que el equipo indicado no está presente. Prenda la bomba y ajuste la válvula para que de una lectura de vacío en la salida cercana a la mitad de la presión atmosférica. Observe la lectura del medidor de velocidad. Aumente lentamente el vacío hasta que se obtenga una lectura estable en el medidor de velocidad. Registre el vacío crítico, que es el vacío a la salida cuando el medidor de velocidad alcanza un valor estable por primera vez. Los orificios que no alcancen un valor crítico no deben ser usados.

VERSION NO APROBADA

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

Figura 6.3. Adaptación del Orificio crítico la tren de muestreo



9.4. Procedimiento en campo

Procedimiento para verificación de fugas. Se recomienda realizar una verificación de fugas antes del muestreo, aunque esto es opcional. El procedimiento de verificación de fugas es el siguiente: Conecte temporalmente un rotámetro adecuado (p. ej., 0 - 40 ml/min) y un tanque estabilizador de presión, o un medidor de burbuja de jabón y un tanque estabilizador de presión a la salida de la bomba. Tape la entrada de la sonda, genere un vacío de salida de al menos 250 mm Hg, y observe la velocidad de flujo indicada por el rotámetro o el medidor de burbuja. Una velocidad de fuga que supere el 2% de la velocidad de muestreo promedio no es aceptable. Libere cuidadosamente el tapón de la entrada de la sonda antes de apagar la bomba.

9.4.1. Determinación de la humedad. En el lugar del muestreo y antes de las pruebas, determine el porcentaje de humedad del aire ambiente usando las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo o, si es apropiado, un medidor de humedad relativa.

9.4.2. Calibración del orificio crítico. En el lugar del muestreo y antes de las pruebas, calibre el tren de muestreo. Conecte un medidor de burbuja de jabón de 500 ml a la entrada de la sonda y opere el tren de muestreo a un vacío de salida de 25 a 50 mm Hg por encima del vacío crítico. Registre la información indicada en la Figura 4. Calcule el volumen estándar de aire medido por el medidor de burbuja de jabón y la velocidad de flujo volumétrico, usando las siguientes ecuaciones:

$$V_{sb(std)} = V_{sb} \left(\frac{T_{std}}{T_{amb}} \right) \left(\frac{P_{bar}}{P_{std}} \right)$$

Ecuación 4

$$Q_{std} = \frac{V_{sb(std)}}{\theta}$$

Ecuación 5

9.5. Muestreo

Opere el tren de muestreo para la toma de muestra al mismo vacío usado durante la calibración. Encienda el reloj y la bomba simultáneamente. Tome lecturas (temperatura, medidor de

velocidad, vacío de entrada y vacío de salida) al menos cada 5 minutos. Al final de la corrida de muestreo, detenga el reloj y la bomba simultáneamente.

Realice una calibración posterior a la prueba usando el procedimiento de calibración indicado en el numeral 11.2.3.3. Si los Q_{std} obtenidos antes y después de la prueba difieren en más del 5%, invalide la prueba; en caso contrario, calcule el volumen de gas medido con el orificio crítico usando la Ecuación 6, de la siguiente manera:

$$V_{m(std)} = \frac{\overline{Q}_{std} \theta_s (1 - B_{wa}) (P_{bar} - P_{sr})}{(P_{bar} + P_c)}$$

Ecuación 6

Si la diferencia porcentual entre el peso molecular del aire ambiente en condiciones saturadas y el gas de la muestra es mayor a $\pm 3\%$, entonces el peso molecular del gas de la muestra debe ser considerado en los cálculos usando la siguiente ecuación:

$$V_{m(std)} = \frac{\overline{Q}_{std} \theta_s (1 - B_{wa}) (P_{bar} + P_{sr}) (M_a / M_s)}{(P_{bar} + P_c)}$$

Ecuación 7

Nota. No es necesario realizar una verificación de fugas posterior a la prueba porque los resultados de la calibración posterior a la prueba indicarán si hay alguna fuga.

Drene el baño de hielo y purgue el tren de muestreo

9.5.1. Eliminación de interferencia de amonio. Los siguientes procedimientos alternativos serán usados además de los especificados en el método cuando se tomen muestras en fuentes que tengan emisiones de amonio.

9.5.2. Muestreo. La sonda debe mantenerse a 275°C y equiparse con un filtro interno de alta eficiencia (fibra de vidrio) para remover el material particulado. El material del filtro no debe ser reactivo al SO_2 . Cuando se encuentre material particulado alcalino y humedad condensada en la corriente de gas, el filtro debe calentarse por encima del punto de rocío de la humedad, pero por debajo de 225°C .

9.5.3. Recuperación de la muestra. Recupere la muestra según lo descrito anteriormente en este método, excepto que no se debe desechar el contenido del burbujeador. Agregue el contenido del burbujeador, incluyendo los enjuagues del burbujeador con agua, a una botella de polietileno separada del resto de la muestra. Bajo condiciones normales de ensayo, donde no haya presencia significativa de trióxido de azufre, se puede optar por eliminar el burbujeador del tren de muestreo. Si se desea una aproximación de la concentración de trióxido de azufre, transfiera el contenido del burbujeador a otra botella de polietileno separada.

9.5.4. Análisis de la muestra. Siga los procedimientos descritos en el procedimiento analítico, salvo que se deben adicionar 0,5 ml de HCl 0,1 N al erlenmeyer y mezclar antes de agregar el indicador. El siguiente procedimiento de análisis se puede usar para obtener una aproximación

VERSION NO APROBADA

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

de la concentración de trióxido de azufre. La exactitud de la concentración calculada dependerá de la relación amonio - SO_2 y del nivel de oxígeno presente en la corriente de gas. Una fracción de SO_2 será contada como trióxido de azufre a medida que aumente la proporción amonio - SO_2 y aumente el contenido de oxígeno de la muestra. Por lo general, cuando esta proporción es 1 o menos y el contenido de oxígeno está en el rango del 5%, menos del 10% de SO_2 será contado como trióxido de azufre. Analice las porciones de muestra de peróxido e isopropanol por separado. Analice la porción de peróxido como se describió anteriormente. El trióxido de azufre se determina por diferencia usando titulación secuencial de la porción de isopropanol de la muestra. Transfiera el isopropanol contenido en el recipiente de almacenamiento a un matraz volumétrico de 100 ml y diluya con agua hasta 100 ml exactamente. Con una pipeta transfiera una alícuota de 20 ml de esta solución a un erlenmeyer de 250 ml, añada 0,5 ml de HCl 0,1 N, 80 ml de isopropanol al 100% y de dos a cuatro gotas de indicador de torina. Titule hasta un punto final rosa usando perclorato de bario 0,0100 N. Repita y promedie los volúmenes de titulación que no difieran más del 1% o 0,2 ml, el que se mayor. Use este volumen en la Ecuación 2 para determinar la concentración de trióxido de azufre. Del matraz que contiene el resto de la muestra de isopropanol, determine la fracción de SO_2 recolectado en el burbujeador, transfiriendo con pipeta alícuotas de 20 ml en erlenmeyers de 250 ml. Añada 5 ml de peróxido de hidrógeno al 3%, 100 ml de isopropanol al 100%, y de dos a cuatro gotas de indicador de torina, y titule como se explicó anteriormente. De este volumen de titulación, reste el volumen de titulación determinado para el trióxido de azufre y sume el volumen de titulación determinado para la porción de peróxido. Este volumen final constituye V_t , el volumen de perclorato de bario usado para la muestra de SO_2 .

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO 6C – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE EN FUENTES ESTACIONARIAS (PROCEDIMIENTO DEL ANALIZADOR INSTRUMENTAL).

1. APLICABILIDAD

Este método es un procedimiento para la medición de Dióxido de Azufre in fuentes estacionarias utilizando un analizador instrumental continuo. Este método no incluye una descripción detallada de las actividades, pero referencia a otros métodos para algunos detalles. Estos métodos son: 1,4,6, y 7E.

2. INTERFERENCIAS.

Las mismas del método 6.

3. REACTIVOS Y AGENTES

Gases de calibración. Se requieren gases e calibración tales como:

SO₂ en nitrógeno (N₂),
SO₂ en aire.
SO₂ y CO₂ en N₂
SO₂ y O₂ en N₂
SO₂ / CO₂ / O₂ mezclado en N₂.
CO₂ / NO_x mezclados en N₂
CO₂ / SO₂ / NO_x mezclados en N₂

4. EQUIPOS

A continuación de presentan las especificaciones de los elementos requeridos en el método.

4.1. Sonda de muestreo. Tubo en acero inoxidable o teflón calentado lo suficiente para prevenir condensación.

4.2. Línea de muestreo. Tubo en acero inoxidable o teflón calentado lo suficiente para prevenir condensación.

4.3. Válvula de calibración. Válvula de ensamble de 3 vías o equivalente para bloquear el flujo de gas (muestra) e introducir los gases de calibración al sistema de medición, por la salida de la sonda de muestreo, cuando está en modo calibración.

4.4. Sistema de remoción de humedad. Se puede usar un condensador de tipo refrigerador o dispositivo similar (ej. secador permeable) para remover los condensados de la muestra continuamente mientras se mantiene el contacto mínimo entre el condensado y el gas. El sistema de remoción de humedad no es esencial para los analizadores que pueden medir concentraciones de gas en base húmeda.

4.5. Filtro para retener partículas. Puede ser un filtro instalado dentro de la chimenea o fuera de la chimenea calentando (lo suficiente para prevenir la humedad). El filtro deberá ser de borosilicato o lana de vidrio de cuarzo, o fibra de vidrio.

VERSION NO APROBADA

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

- 4.6. Bomba de muestreo. Libre de fugas, debe ser fabricada de un material que no reaccione con el gas.
- 4.7. Controlador de la tasa de flujo de muestreo. Puede ser una válvula de control de flujo o rotámetro o equivalente, para mantener una rata de flujo constante en $\pm 10\%$.
- 4.8. Múltiple. Para desviar una porción de la muestra gaseosa al analizador y la remanente descargarlo por un by-pass de venteo. El múltiple debe incluir la posibilidad de introducir los gases de calibración directamente al analizador.
- 4.9. Registrador de datos. Carta registradora, registrador analógico o registrador digital. La resolución del registrador debe ser 0,5% del span. Alternativamente se puede utilizar un medidor digital o analógico con una resolución del 0,5% del span y las lecturas se registrarán manualmente.
- 4.10. Analizador de SO₂. Analizador UV o absorción IRND o fluorescente, para determinar la emisión continua de SO₂ en el gas muestreado. Error de calibración del analizador inferior a $\pm 2\%$ del span para el valor cero, rango medio y rango alto de los gases de calibración. Sesgo del sistema de muestreo inferior a $\pm 5\%$ del span para el valor cero, rango medio y rango alto de los gases de calibración. Tendencia cero inferior a $\pm 3\%$ del span sobre el periodo de cada corrida. Tendencia de calibración inferior a $\pm 3\%$ del span sobre el periodo de cada corrida.
- 4.11. Gases de calibración. SO₂ en N₂ o SO₂ en aire. Alternativamente, se pueden utilizar mezclas de SO₂/CO₂, SO₂/O₂, o SO₂/CO₂/O₂ en N₂. Gas rango alto. Concentración equivalente a 80% - 100% del span. Gas rango medio. Concentración equivalente a 40% - 60% del span. Gas cero. Concentración inferior del 0,25% del span.
- 4.12. Verificación de la concentración del gas de calibración. Existen dos alternativas para establecer las concentraciones de los gases de calibración.
- 4.13. Error de calibración del analizador. Realizar el chequeo del error de calibración del analizador introduciendo los gases de calibración al sistema de medición en cualquier punto corriente arriba del analizador.
- 4.14. Chequeo del sesgo del sistema de muestreo. Desarrollar el chequeo del sesgo del sistema de muestreo introduciendo los gases de calibración en la válvula de calibración instalada a la salida de la sonda de muestreo. Se debe utilizar el gas cero, rango medio o alto, el que se encuentre más cerca a la concentración del efluente.

VERSION NO APROBADA

MÉTODO 7 – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO EN FUENTES ESTACIONARIAS

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1. Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es óxidos de nitrógeno (NO_x) con una sensibilidad de 2 a 400 miligramos de NO_x como NO₂/m³, incluyendo NO y NO₂

1.2. Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en fuentes estacionarias.

1.3. Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2. INTERFERENCIAS

Basados en algunos resultados, ha sido observado que cuando se realiza un muestreo, se debe verificar que exista una concentración inferior a 2000 ppm de dióxido de azufre.

3. SEGURIDAD

Este método involucra el uso de material, equipos y operaciones peligrosas. Es responsabilidad de quien ejecuta el método establecer medidas de seguridad y saludables y además se deben cumplir los requerimientos y normatividad relacionada.

Reactivos corrosivos. Los siguientes reactivos son peligrosos. Se debe utilizar equipo de protección personal para evitar el contacto directo con la sustancia. Si llega a presentarse contacto con la sustancia se debe lavar la parte del cuerpo con abundante agua aproximadamente por 15 minutos. Los reactivos son: Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂), Ácido fenoldisulfónico, Hidróxido de Sodio (NaOH), Ácido sulfúrico (H₂SO₄) y Fenol.

4. EQUIPOS Y APARATOS

4.1. Recolección de la Muestra.

El esquema del tren de muestreo para este método, se muestra en la figura 7-1. Existen otros sistemas, que estarán sujetos a la Aprobación de la Autoridad Ambiental siempre y cuando permitan una recolección de volumen con la cual se pueda desarrollar una reproducibilidad analítica de los resultados. A continuación se presentan los equipos requeridos para la recolección de la muestra.

4.1.1. Sonda: Tubo de vidrio con borosilicato, suficientemente calentado para prevenir la condensación de agua y equipado con filtros en las sección que queda dentro de la chimenea para remover material particulado. Acero Inoxidable ó tubo de teflón también pueden ser utilizados como materiales para la sonda. El calentamiento de la sonda no es necesario si esta permanece seca durante el periodo de purga.

VERSION NO APROBADA

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

- 4.1.2. Recipiente de recolección: Debe tener una capacidad de 2 litros, con fondo redondo, cuello angosto, tapa roscada para el cierre y estar protegido contra implosiones y rotura.
- 4.1.3. Termómetro: Termómetro con capaz de realizar mediciones con escala de 1°C y con intervalos entre -5°C y 50°C.
- 4.1.4. Línea de Vacío: Debe ser un conducto con capacidad de resistir un vacío de 75 mm de presión absoluta, con una conexión en T y una llave de paso tipo T.
- 4.1.5. Medidor de Vacío: Manómetro en U, de 1 m (39 in), con divisiones de 1 mm u otro con capacidad de medir en intervalos de 2.5 mm.
- 4.1.6. Bomba: Una con capacidad de evacuar la muestra al recipiente de recolección con una presión absoluta igual ó menor a 75 mm Hg.
- 4.1.7. Pipeta volumétrica: Capacidad de 25 mm.
- 4.1.8. Grasa para la llave de paso: Debe soportar altas presiones y temperaturas elevadas. Se requiere que sea grasa clorofluorocarbonada.
- 4.1.9. Barómetro: Mercurio u otro material con capacidad de medir presiones de 2.5 mm Hg.

4.2. Recolección de la Muestra

A continuación se presentan los equipos necesarios para la recolección de la muestra.

- 4.2.1. Cilindro Graduado: Con capacidad de 50 ml y con divisiones de 1 ml.
- 4.2.2. Recipientes de Almacenamiento: Botellas de polietileno, libres de fugas y goteras.
- 4.2.3. Botellas de lavado: De polietileno ó vidrio.
- 4.2.4. Papel Indicador pH: debe cubrir un rango de medición entre 7 y 14.

4.3. Análisis.

A continuación se presentan los requisitos para el desarrollo del análisis.

- 4.3.1. Pipetas Volumétricas: dos de 1ml, 2 de 2 ml, una de 3 ml, una de 4 ml, y una de 25 ml para cada muestra y para el estándar.
- 4.3.2. Platos de porcelana para evaporación: Con capacidad de 175 a 250 ml y vertedero, uno para cada muestra y para cada estándar. Como alternativa se puede utilizar Beakers de vidrio ó de polímero. Cuando se utilicen beakers de vidrio, el grabado puede producir la generación de material sólido presente en los procedimientos analíticos; Estos sólidos deberían ser removidos por filtración.
- 4.3.3. Cilindro Graduado: de capacidad de 100 ml con divisiones de 1 ml.
- 4.3.4. Recipientes Volumétricos: con capacidad de 50 ml (uno para cada muestra y para cada estándar), de 100 ml (uno para cada muestra, cada estándar y para la solución estándar de trabajo de KNO_3) y uno de 1000 ml.
- 4.3.5. Espectrofotómetro: Con medición de 410 nm.
- 4.3.6. Pipeta graduada: de 10 ml con divisiones de 0.1 ml.
- 4.3.7. Papel indicador de pH: debe cubrir un rango de medición entre 7 y 14.
- 4.3.8. Balanza Analítica: Para realizar mediciones de 0.1 mg.

5. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

5.1. Recolección de la Muestra:

Volumen de los recipientes. El volumen del recipiente de recolección de la muestra debe ser conocido al comienzo del muestreo, se debe ensamblar el recipiente, con la válvula del mismo y

VERSION NO APROBADA

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

llenar con agua por medio de la llave de paso. El volumen de agua medidor debe ser de +/- 10 ml. Este valor debe ser registrado en el recipiente.

En la pipeta se deben colocar 25 ml de la solución de absorción, se debe garantizar que se tiene un volumen suficiente para la preparación de las calibraciones estándar. Se debe insertar el tapón de la válvula del recipiente dentro de este, con la válvula en posición de purga. Se debe ensamblar el tren de muestreo como se muestra en la figura 7-1 ubicando la sonda en el punto del muestro. Se debe asegurar que el montaje quede libre de fugas y que las conexiones de vidrio estén debidamente engrasadas con la línea de vacío. Se debe mover la válvula del recipiente y la de la bomba en la posición de evacuación. Se debe vaciar el recipiente a una presión absoluta de 75 mm ó menor. La presión de vacío debe acercarse a la presión de vapor de agua cuando el sistema se encuentre a la temperatura deseable. Se debe accionar al bomba en la posición de ventilación y luego se debe apagar. Es importante verificar la existencia de fugas por medio de las fluctuaciones que presente el manómetro (ninguna variación debe ser superior a 10 mm de Hg) durante un periodo aceptable de 1 minuto. La presión absoluta en el recipiente no debe exceder de 75 mm de Hg. Se debe registrar el volumen en el recipiente, la temperatura del mismo y la presión barométrica. Se debe mover la válvula del recipiente en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta la posición de purga y hacer lo mismo con la válvula de la bomba, Se debe purgar la sonda y la línea de vacío utilizando la pera de succión.

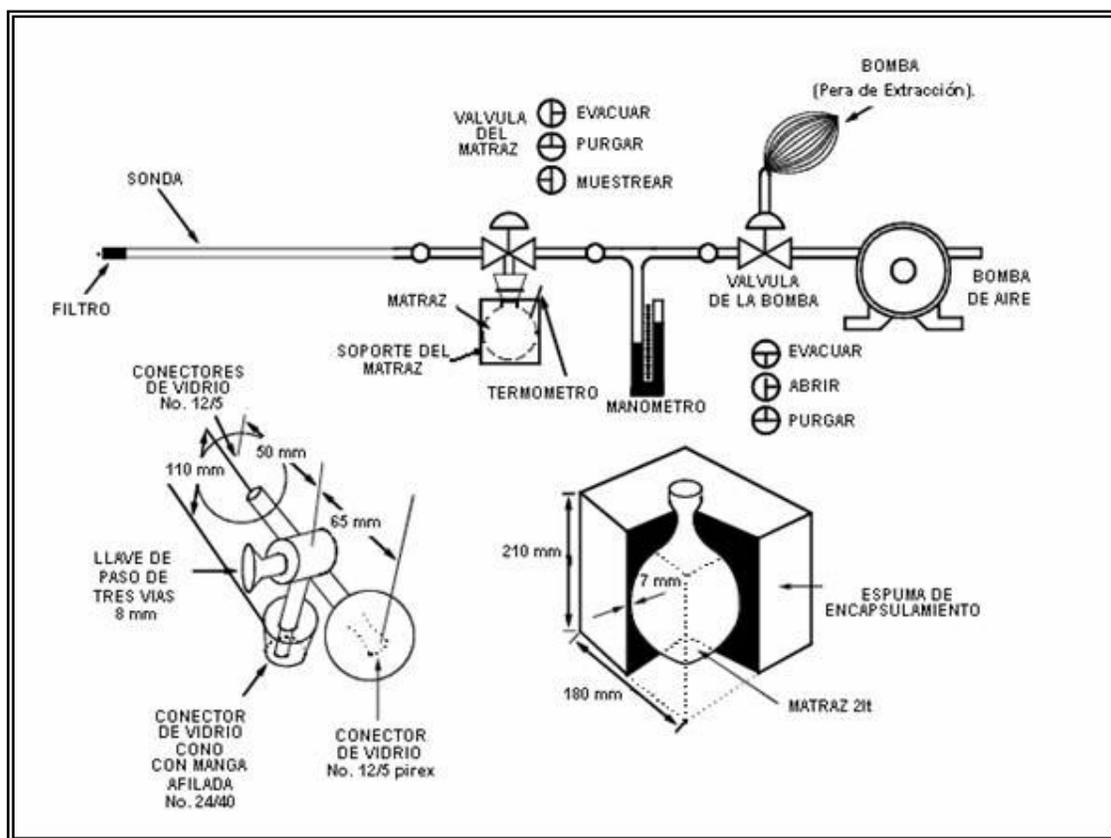
Si se llega a presentar condensación en la sonda y en el área de la válvula del recipiente, caliente la sonda y purgue hasta la desaparezca la condensación. Posteriormente mueva la válvula hasta la posición de Ventilación. Luego mueva la válvula del recipiente en el sentido de las manecillas del reloj a la posición de evacuación y registre el dato de la diferencia de la altura del mercurio en el manómetro. La presión absoluta interna en el recipiente (P_i) es igual a la presión barométrica menos la presión leída. Inmediatamente después de esto lleve la válvula a la posición de muestra y permita que el gas entre al recipiente hasta que la presión en este y en la línea de muestreo sea igual. Esto usualmente requerirá cerca de 15 segundos, un periodo más prolongado indicara un taponamiento en la sonda y deberá ser corregido antes de continuar con el muestreo. Luego de la recolección de la muestra, se debe poner la válvula del recipiente en posición de purga y desconectar el recipiente del tren de muestreo.

Se debe agitar el recipiente por un tiempo no menor a 5 minutos.

Si el gas de la muestra contiene insuficiente oxígeno para permitir la conversión de NO a NO₂, se debe introducir oxígeno para permitir esta conversión. El oxígeno puede ser introducido en el recipiente por alguno de los siguiente métodos: (1) antes de vaciar el recipiente de la muestra, se puede rociar con oxígeno puro proveniente de un cilindro y luego se evacua el recipiente a una presión absoluta de 75 mm ó menor. (2) Inyección de oxígeno dentro del recipiente, luego del muestreo ó (3) Terminar el muestreo con un mínimo de 50 mm Hg de vacío como remanente en el recipiente, registrar la presión final y luego ventilar el recipiente en la atmósfera hasta que la presión en el recipiente sea igual a la presión atmosférica.

VERSION NO APROBADA

Figura 7.1. Tren de muestreo con la instalación del Matraz y su respectiva válvula.



5.2. Recuperación de la Muestra

Se debe dejar reposar la muestra por un tiempo mínimo de 16 horas, y luego agitar su contenido por 2 minutos.

Se debe conectar el recipiente a un manómetro de tubo en U. Abrir la válvula que conduce del recipiente al manómetro y registrar la temperatura del recipiente (T_f), la presión barométrica y la diferencia entre los niveles de mercurio del manómetro. La presión al interior del recipiente (P_f) es la Presión barométrica menos la presión leída. Se debe transferir el contenido del recipiente a una botella de Polietileno libre de fugas. Enjuagar el recipiente dos veces con porciones de agua de 5 ml y agregar el resultado de este enjuague a la botella. Ajustar el pH entre 9 y 12 adicionando NaOH 1N, por goteo (alrededor de 25 a 35 gotas), verificar el nivel de pH sumergiendo el indicador en la solución. Se debe remover el material pequeño como sea posible en este paso. Marcar la altura del nivel del líquido para verificar el mismo contenido en el recipiente después del transporte. Se debe etiquetar el contenedor identificando claramente su contenido.

6. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

6.1. Espectrofotómetro:

Determinación de la Longitud de onda óptima: La calibración de la longitud de onda se debe realizar cada 6 meses. Esta calibración se debe lograr usando una fuente de energía con una

línea intensa de emisión como una lámpara de mercurio, o mediante el uso de una serie de filtros de vidrio que permite medir el rango del espectrofotómetro.

Un procedimiento alternativo puede ser por medio de escaneo, para determinar las propiedades de la longitud de onda, si el instrumento es un espectrofotómetro de doble viga, el espectro de escaneo debe ser entre 400 y 415 nm usando una solución estándar de NO_2 en la celda de la muestra y una solución de blanco en la celda de referencia. Si el fenómeno de la cresta no ocurre, probablemente el espectrofotómetro este mal funcionando y sea necesaria una reparación. Cuando al cresta se obtiene entre los valores de 400 y 415 nm, la longitud de onda, en la que ocurre el fenómeno de la cresta, deberá ser la longitud de onda máxima para las mediciones de absorbancia de ambos, las muestras y los estándar.

Determinación del Factor de Calibración del Espectrofotómetro Kc. Adicione 0 ml, 2.0 ml, 4.0 ml, 6.0 ml y 8.0 ml de KNO_3 la cual se la solución estándar (1 ml = 100 μg NO_2). Para series volumétricas de 50 ml en los recipientes. Para cada recipiente, se deben adicionar 25 ml de solución absorbente y 10 ml de agua. Adicionar NaOH 1 N hasta que el pH este entre 9 y 12. Luego diluir en agua. Mezcle completamente y prepare en la pipeta una alícuota de 25 ml para cada una de las soluciones y sepárelas en los platos de porcelana para evaporación al comienzo de este procedimiento de evaporación, siga el procedimiento que se muestra más adelante de preparación de la muestra, hasta que la solución se haya transferido al recipiente volumétrico de 100 ml. Se debe medir la absorbancia en cada solución y determinar la longitud de onda optima de cada una, como se mostró anteriormente. Este procedimiento de calibración se debe repetir para cada una de las muestras que serán analizadas. El factor de calibración se debe ser hallado como se muestra a continuación:

Control de la calidad de la calibración del espectrofotómetro. Multiplique el valor de la absorbancia obtenido para cada estándar por el factor Kc, para determinar la distancia en cada punto de calibración falso con respecto a la línea de calibración teórica. La diferencia entre el valor de concentración calculado y la concentración actual (100, 200, 300 Y 400 μg NO_2) debería ser inferior al 7% de todos los valores estándar.

- 6.2. Barómetro: Calibrado con respecto al barómetro de mercurio.
- 6.3. Termómetro: Calibrado con respecto a termómetros de vidrio y con mercurio.
- 6.4. Medidor de Vacío: Calibración por medio de medidores mecánicos, si son usados, con respecto a un manómetro de mercurio como se especifico anteriormente.
- 6.5. Balanza Analítica: Se calibra con respecto a pesos estándar.

7. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

7.1. Verificación de pérdida de muestra: Tome nota del nivel del líquido en el recipiente, y confirme que no hubo perdida de muestra durante en transporte en la hoja de campo.

7.2. Preparación de la Muestra. Antes de terminar el análisis, transfiera el contenido a un recipiente volumétrico de 50 ml, y enjuague el recipiente dos veces con porciones de 5 ml. Adicione el enjuague resultante al recipiente y dilúyalo con agua. Mezcle completamente y prepare alícuotas en la pipeta de 25 ml para ponerlas en los platos de evaporación, retorne las porciones de la muestra que no se utilizaron a la botella de almacenamiento de polietileno. Evapore la alícuota de 25 ml para secar el vapor presente y permitir que quede fresca. Adicione 2 ml de solución de Acido Fenoldisulfónico al residuo seco y triture completamente con un guardián de polietileno. Este seguro que la solución entra en contacto con todo el residuo. Adicione 1 ml de agua y 4 gotas de Acido Sulfúrico concentrado. Caliente la solución en un baño de vapor por 3 minutos, revolviendo ocasionalmente.

VERSION NO APROBADA

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

Permita que la solución se enfríe y adicione 20 ml de agua, mezcle muy bien la solución y adicione Hidróxido de Amonio concentrado, por goteo, con constante agitación, hasta que el pH alcanzado sea 10. Si la muestra contiene sólidos, estos deberían ser removidos por filtración (la centrifugación en una alternativa aceptable, pero estará sujeta a la autorización de la Autoridad Ambiental)

- 7.3. Análisis de la Muestra. Se mezcla en contenido del recipiente completamente, y se mide la absorbancia a la longitud de onda óptima, usando los estándares, y la solución de blanco como referencia cero. Diluir la muestra en el blanco con igual volumen de agua si la absorbancia excede A_4 , la absorbancia estándar de 400 $\mu\text{g NO}_2$
- 7.4. Auditoria al Análisis de la Muestra. Cuando el método es usado para analizar muestras y demostrar la coincidencia con normas de regulación de emisiones, se debería realizar una Auditoria al análisis. Adicionalmente se debe analizar la técnica utilizada durante el análisis y la preparación de la muestra y de las actividades realizadas. El mismo analista, sustancias analíticas y Sistema analítico, deberían ser usados en la Auditoria de las muestras.

8. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Lleve a cabo los siguientes cálculos:

Nomenclatura:

A: Absorbancia de la Muestra

A_1 : Absorbancia del estándar de 100 $\mu\text{g NO}_2$

A_2 : Absorbancia del estándar de 200 $\mu\text{g NO}_2$

A_3 : Absorbancia del estándar de 300 $\mu\text{g NO}_2$

A_4 : Absorbancia del estándar de 400 $\mu\text{g NO}_2$

C: Concentración de NO_x , como NO_2 , en base seca, corregido a condiciones estándar, mg/dsm^3

C_d : Concentración de la muestra determinada en la Auditoria. mg/dscm

C_a : Concentración actual de la muestra auditada, mg/dscm

F: Factor de dilución. (Requerido únicamente si fue necesaria una dilución de la muestra para reducir la absorbancia dentro del rango de calibración).

K_c : Factor de calibración del espectrofotómetro.

M: Masa de NO_x , como NO_2 , en la muestra de gas, μg

P_f : Presión Absoluta final en el recipiente, mm Hg.

P_i : Presión Absoluta inicial en el recipiente. Mm Hg.

P_{std} : Presión Absoluta Estándar, 760 mm Hg.

RE: Error relativo por la Auditoria de la Muestra, %.

T_f : Temperatura Absoluta Final en el recipiente $^\circ\text{K}$.

T_i : Temperatura Absoluta inicial en el recipiente $^\circ\text{K}$.

T_{std} : Temperatura Absoluta Estándar. 293 $^\circ\text{K}$.

V_{sc} : Volumen de la muestra a condiciones estándar (Base seca).

V_f : Volumen del recipiente y la válvula, ml.

V_a : Volumen de la solución de absorción, 25 ml.

Cálculo para el Factor de calibración del espectrofotómetro:

$$K_c = \frac{A_1 + 2A_2 + 3A_3 + 4A_4}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2}$$

Ecuación 1.

VERSION NO APROBADA

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

Volumen de la muestra, en base seca, corregido a condiciones estándar.

$$V_{sc} = (V_f - V_a) \frac{T_{std}}{P_{std}} \left[\frac{P_f}{T_f} - \frac{P_i}{T_i} \right]$$
$$= K_1 (V_f - 25) \left[\frac{P_f}{T_f} - \frac{P_i}{T_i} \right]$$

Ecuación 2.

Donde:

K_1 : 0.3858 °K/mm unidades métricas
17.65 °R/in unidades inglesas.

Total $\mu\text{g NO}_2$ por muestra:

$$m = 2 K_c A F$$

Ecuación 3.

Donde:

2 = 50/25, El factor de la alícuota.

Si se utiliza una alícuota distinta a 25 ml, el Factor 2 debe ser reemplazado por el correspondiente factor.

Concentración de la muestra, en base seca, corregido a condiciones estándar.

$$C = K_2 (m / V_{sc})$$

Ecuación 4.

Donde:

K_2 : 10^3 (mg/m³) / (μg/ml) para unidades métricas.

Error relativo por Auditoria de la muestras.

$$RE = 100(C_d - C_a) / C_a$$

Ecuación 5.

Desempeño del Método:

Rango: El rango analítico del método ha sido determinado para ser de 2 a 400 mg de NO_x (como NO₂), por metro cúbico estándar, sin tener que diluir la muestra.

MÉTODO 7C – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO EN FUENTES ESTACIONARIAS (MÉTODO COLORIMÉTRICO DE PERMANGANATO ALCALINO)

1 ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1 Analitos

Analito	Sensibilidad
Óxidos de Nitrógeno (NOx), como NO ₂ , incluyendo: óxido Nítrico (NO) y dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	7 mg/L por volumen

1.2 Aplicación. Este método es aplicable para la medición de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) producidas a partir de combustibles fósiles usados en generadores de vapor, plantas eléctricas, plantas de ácido nítrico u otras fuentes especificadas en las regulaciones.

1.3 Objetivos de calidad de los datos. El cumplimiento de los requisitos de este método permitirá mejorar la calidad de los datos obtenidos a partir de los métodos de medición de contaminantes del aire.

1.4 Resumen del Método

Una muestra integrada de gas es extraída de la chimenea y se pasa a través de impactadores que contienen una solución alcalina de permanganato de potasio; las emisiones de NOx (NO + NO₂) se oxidan a NO₂⁻ y NO₃⁻. Luego el NO₃⁻ es reducido a NO₂⁻ con cadmio, y el NO₂⁻ es analizado colorimétricamente.

2 INTERFERENCIAS

Los posibles interferentes son el dióxido de azufre (SO₂) y el amoníaco (NH₃).

Altas concentraciones de SO₂ pueden interferir porque el SO₂ consume MnO₄⁻ (tal como lo hace el NOx) y por tanto, podría reducir la eficiencia de recolección del NOx. Sin embargo, al tomar muestras de emisiones de una planta eléctrica alimentada por carbón que quemaba 2,1% de carbón de azufre sin control de las emisiones de SO₂, la eficiencia de la toma de muestras no se vio reducida. De hecho, los cálculos demuestran que el muestreo de 3000 mg/L de SO₂ reducirá la concentración de MnO₄⁻ sólo en un 5 por ciento si todo el SO₂ se consume en el primer impactador.

El amoníaco (NH₃) es lentamente oxidado a NO₃⁻ por la solución de absorción. A 100 mg/L de NH₃ en la corriente de gas, se observó una interferencia de 6 mg/L de NOx (11 mg NO₂/m³) cuando la muestra fue analizada 10 días después de la recolección. Por lo tanto, el método puede no ser aplicable a plantas que usan inyección de NH₃ para controlar emisiones de NOx a menos que se tomen acciones para corregir los resultados.

VERSION NO APROBADA

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

3 SEGURIDAD

Este método involucra el uso de material, equipos y operaciones peligrosas. Es responsabilidad de quien ejecuta el método establecer medidas de seguridad y saludables y además se deben cumplir los requerimientos y normatividad relacionada.

Reactivos corrosivos. Los siguientes reactivos son peligrosos. Se debe utilizar equipo de protección personal para evitar el contacto directo con la sustancia. Si llega a presentarse contacto con la sustancia se debe lavar la parte del cuerpo con abundante agua aproximadamente por 15 minutos. Los reactivos son: Ácido clorhídrico (HCl), Ácido Oxálico, Hidróxido de Sodio (NaOH), Permanganato de Potasio (KMnO₄).

4 APARATOS Y EQUIPOS

4.1 Toma de muestra y recuperación de la muestra.

En la figura 7C-1 se presenta un esquema del tren de muestreo y a continuación se describen sus partes componentes. Se pueden usar aparatos y procedimientos alternativos siempre y cuando tengan exactitud y precisión aceptables.

4.1.1 Sonda. Tubo de vidrio de borosilicato, calentado lo suficiente para prevenir la condensación del agua y equipado con un filtro interno o externo para remover material particulado (un tapón de lana de vidrio es adecuado para este propósito). Para la sonda también se pueden usar tubos de acero inoxidable o teflón.

4.1.2 Impactadores. Para cada tren de muestreo se requieren tres impactadores de vidrio de orificio restringido. Los impactadores deben estar conectados en serie mediante conectores de vidrio libres de fugas. Si es necesario, se puede usar grasa de llave de paso para evitar fugas. (Los impactadores pueden ser fabricados por un soplador de vidrio si no están disponibles comercialmente.)

4.1.3 Lana de vidrio, grasa de llave de paso, tubo de secado, válvula, bomba, barómetro, medidor de vacío y rotámetro. Igual que en el Método 6 de la EPA para determinación de emisiones de dióxido de azufre de fuentes fijas.

4.1.4 Medidor de velocidad. Rotámetro o equivalente, con exactitud del 2 por ciento a la velocidad de flujo seleccionada entre 400 y 500 ml/min. Para rotámetros se recomienda un rango de 0 a 1 L/min.

4.1.5 Medidor de volumen. Medidor de gas seco capaz de medir el volumen de muestra, bajo condiciones de muestreo de 400 a 500 ml/min durante 60 minutos con una exactitud del 2 por ciento.

4.1.6 Filtro. Para eliminar el NO_x del aire ambiente, preparado añadiendo 20 g de tamiz molecular de 5 a un tubo cilíndrico, por ejemplo, un tubo de secado de polietileno.

4.1.7 Botellas de polietileno. De 1 litro, para recuperación de la muestra.

4.1.8 Embudo y varillas para agitar. Para recuperación de la muestra.

4.2 Preparación y análisis de la muestra

4.2.1 Plancha calefactora. Tipo agitación, con agitadores recubiertos de teflón de 50 X 10 mm.

4.2.2 Beakers. Con capacidades 400, 600 y 1000 ml.

4.2.3 Matraz de filtración. Con capacidad de 500 ml y desprendimiento lateral.

VERSION NO APROBADA

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

- 4.2.4 Embudo Buchner. De 75 mm de diámetro interno, con un pico equipado por un tubo de teflón de 13 mm de diámetro interno por 90 mm de longitud, para minimizar la posibilidad de que la solución de muestra sea aspirada durante la filtración.
- 4.2.5 Papel filtro. Whatman GF/C, de 7,0 cm de diámetro
- 4.2.6 Varillas para agitar
- 4.2.7 Matraces volumétricos. De 100, 200, 250, 500 y 1000 ml de capacidad
- 4.2.8 Vidrios de reloj. Para cubrir los beakers de 600 y 1000 ml
- 4.2.9 Cilindros graduados. De 50 y 250 ml de capacidad
- 4.2.10 Pipetas. Clase A
- 4.2.11 Medidor de pH. Para medir pH de 0,5 a 12,0.
- 4.2.12 Bureta. De 50 ml, con una llave de paso tipo micrómetro. Ponga un tapón de lana de vidrio en el fondo de la bureta. Cierre la bureta a una altura de 43 cm contados desde la parte superior del tapón, y tenga un soplador conectado a un embudo de vidrio hasta la parte superior de la bureta, de tal forma que el diámetro de la bureta no cambie. También son aceptables otras formas de conectar el embudo.
- 4.2.13 Embudo de vidrio. De 75 mm de diámetro interno en la parte superior.
- 4.2.14 Espectrofotómetro. Capaz de medir absorbancia a 540 nm; las celdas de 1 cm son adecuadas.
- 4.2.15 Termómetros de metal. Termómetros bimetálicos, rango de 0 a 150°C
- 4.2.16 Tubos de cultivo. De 20 por 150 mm
- 4.2.17 Parafilm "M"
- 4.2.18 Equipo de medición de CO₂. Igual que para Método 3 de la EPA.

5 REACTIVOS

5.1 Toma de muestras

- 5.1.1 Agua. Destilada desionizada, conforme a la especificación ASTM D1193-74.
- 5.1.2 Solución de permanganato de potasio 4,0% (p/p) hidróxido de sodio 2,0% (p/p) (solución KMnO₄/NaOH). Disuelva 40,0 g de KmnO₄ y 20,0 g de NaOH en 940 ml de agua.

5.2 Preparación y análisis de la muestra

- 5.2.1 Agua.
- 5.2.2 Solución de ácido oxálico. Disuelva 48 g de ácido oxálico [(COOH)₂•2H₂O] en agua, y diluya hasta 500 ml. No caliente la solución.
- 5.2.3 Hidróxido de sodio 0,5 N. Disuelva 20 g de NaOH en agua, y diluya hasta 1 litro.
- 5.2.4 Hidróxido de sodio 10 N. Disuelva 40 g de NaOH en agua, y diluya hasta 100 ml.
- 5.2.5 Solución de ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) 6,5 % (w/v). Disuelva 6,5 g de EDTA (sal disódica) en agua, y diluya hasta 100 ml. La solución se realiza mejor usando un agitador magnético.
- 5.2.6 Solución de enjuague de columna. Añada 20 ml de solución de EDTA 6,5% a 960 ml de agua, y ajuste el pH entre 11,7 y 12,0 con NaOH 0,5 N.
- 5.2.7 Ácido clorhídrico (HCl), 2 N. Añada 86 ml de HCl concentrado a un matraz volumétrico de 500 ml que contenga agua, diluya a volumen y mezcle bien. Almacene en una botella con tapón de vidrio.

VERSION NO APROBADA

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

- 5.2.8 Solución de sulfanilamida. Añada 20 g de sulfanilamida (punto de fusión 165 a 167°C) a 700 ml de agua. Añada, mientras se agita, 50 ml de ácido fosfórico concentrado (85%) y diluya hasta 1000 ml. Esta solución es estable al menos 1 mes, si se refrigera.
- 5.2.9 Solución de dihidrocloruro N-(1-Naftil)-etilendiamina (NEDA). Disuelva 0,5 g de NEDA en 500 ml de agua. Una solución acuosa debería tener un pico de absorción a 320 nm sobre el rango de 260 a 400 nm. La solución NEDA que muestre más de un pico de absorción sobre este rango, es impura y no debe usarse. Esta solución es estable al menos 1 mes si se protege de la luz y se mantiene refrigerada.
- 5.2.10 Cadmio. Prepare enjuagando en HCl 2 N durante 5 minutos hasta que el color sea gris plateado. Luego enjuague el cadmio con agua hasta que los enjuagues sean neutros al ser medidos con papel indicador de pH. PRECAUCIÓN: Durante la preparación se libera H₂. Preparar en una campana de extracción, lejos de cualquier llama o fuente de combustión.
- 5.2.11 Solución estándar de sulfito de sodio (NaNO₂), concentración nominal 1000 µg NO₂/ml. Deseque el NaNO₂ durante toda una noche. Pese exactamente entre 1,4 y 1,6 g de NaNO₂ (97% NaNO₂ o mayor), disuelva en agua y diluya hasta 1 litro. Calcule la concentración exacta de NO₂⁻ con la ecuación 1 del numeral. Esta solución es estable al menos 6 meses bajo condiciones de laboratorio.
- 5.2.12 Solución estándar de nitrato de potasio (KNO₃). Seque KNO₃ a 110°C durante 2 horas y enfríe en un desecador. Pese exactamente de 9 a 10 g de KNO₃ con un margen de 0,1 mg, disuelva en agua y diluya hasta un litro. Calcule la concentración exacta de NO₃⁻ usando la ecuación 2. Esta solución es estable durante 2 meses sin preservación bajo condiciones de laboratorio.
- 5.2.13 Solución adicionada. Transfiera con pipeta 7 ml del estándar de KNO₃ a un matraz volumétrico de 100 ml, y diluya hasta volumen.
- 5.2.14 Solución blanco. Disuelva 2,4 g de KMnO₄ y 1,2 g de NaOH en 96 ml de agua. Como alternativa, diluya 60 ml de solución de KMnO₄/NaOH hasta 100 ml.
- 5.2.15 Muestras de auditoría de aseguramiento de calidad. Cuando se realicen determinaciones de cumplimiento, y si están disponibles, se deben obtener muestras para auditoría suministradas por la autoridad competente, las cuales deben estar en el rango de concentración apropiado para este método.

6 TOMA DE MUESTRA, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

6.1 Preparación del tren de muestreo.

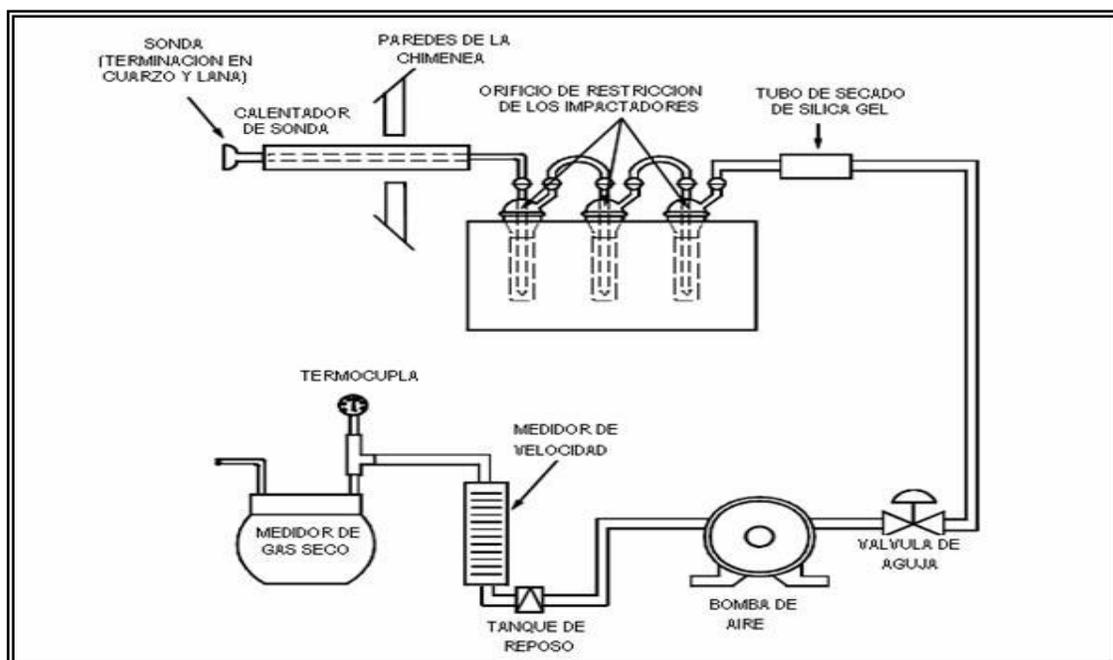
Añada 200 ml de solución KMnO₄/NaOH a cada uno de los tres impactadores y ensamble el tren como se muestra en la Figura 7C-1. Ajuste el calentador de la sonda a una temperatura suficiente para prevenir la condensación del agua.

6.2 Revisión de fugas.

Debería realizarse una comprobación de fugas anterior a la prueba. La comprobación de fugas posterior a la prueba es obligatoria. Realice las comprobaciones de fugas de acuerdo con el Método 6 de la EPA.

VERSION NO APROBADA

Figura 7C-1 Tren de Muestreo para NOx



6.3 Toma de la muestra.

Registre la lectura inicial del medidor de gas seco y la presión barométrica. Determine el punto o puntos de muestreo de acuerdo con las normativas apropiadas. Ponga el extremo de la sonda en el punto de muestreo, conecte la sonda al primer impactador, y prenda la bomba. Ajuste el flujo de la muestra a un valor entre 400 y 500 ml/min. **PRECAUCIÓN: NO EXCEDA ESTAS VELOCIDADES DE FLUJO.** Una vez ajustada, mantenga una velocidad de flujo constante durante toda la corrida de muestreo. Muestree durante 60 minutos. Para una exactitud relativa (ER) de las pruebas de monitores de emisiones continuas, el tiempo mínimo de muestreo es de 1 hora, muestreando 20 minutos en cada punto transversal.

Nota. Cuando la concentración de SO₂ es mayor de 1200 mg/L, es posible que se tenga que reducir el tiempo de muestreo a 30 minutos para evitar que el orificio del impactador se tapone con MnO₂. Para exactitud relativa de pruebas con SO₂ mayor de 1200 mg/L, muestree durante 30 minutos (10 minutos en cada punto).

Registre la temperatura del medidor de gas seco y revise la velocidad de flujo al menos cada 5 minutos. Al final de cada corrida apague la bomba, quite la sonda de la chimenea y registre las lecturas finales. Divida el volumen de la muestra por el tiempo de muestreo para determinar la velocidad de flujo promedio. Realice una revisión obligatoria de fugas después de la prueba. Si encuentra una fuga, anule la corrida o use procedimientos aceptados por la autoridad competente para ajustar el volumen de la muestra teniendo en cuenta la fuga.

Medición del CO₂. Durante el muestreo, mida el contenido de CO₂ del gas de la chimenea cerca del punto de muestreo usando el Método 3 de la EPA. El procedimiento de muestreo de puntos simples es adecuado, siempre y cuando las mediciones sean hechas al menos tres veces (cerca del inicio, en la mitad y antes de terminar la corrida), y se calcula la concentración promedio de CO₂. Para este análisis se puede usar un analizador Orsat o Fyrite.

VERSION NO APROBADA

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

6.4 Recuperación de la muestra.

Desconecte los impactadores y vierta su contenido en una botella de polietileno de 1 litro, usando un embudo y una varilla de agitación (u otro medio) para prevenir derrames. Complete la transferencia cuantitativa enjuagando los impactadores y tubos de conexión con agua hasta que los enjuagues sean de color rosado claro, y añada los enjuagues a la botella. Mezcle la muestra, y marque el nivel de solución. Selle e identifique el recipiente de la muestra.

7 CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Sistema de medición de volumen. Igual que en el Método 6 de la EPA.

Sensores de temperatura y barómetro. Igual que en el Método 6 de la EPA.

Espectrofotómetro

Diluya 5,0 ml de la solución estándar de NaNO_2 hasta 200 ml con agua. Esta solución contiene nominalmente $25 \mu\text{g NO}_2/\text{ml}$. Use esta solución para preparar estándares de calibración que cubran el rango de $0,25$ a $3,00 \mu\text{g NO}_2/\text{ml}$. Prepare un mínimo de tres estándares para el rango lineal de la curva y tres para el rango ligeramente no lineal (descrito abajo) de la curva. Use pipetas para todas las adiciones.

Mida la absorbancia de los estándares y el blanco de agua como se indica en el numeral 8.5. Grafique la absorbancia neta versus $\mu\text{g NO}_2/\text{ml}$. Dibuje una curva suave a través de los puntos. La curva debería ser lineal hasta una absorción de aproximadamente 1,2 con una pendiente de aproximadamente $0,53$ unidades de absorbancia/ $\mu\text{g NO}_2/\text{ml}$. La curva debería pasar por el origen y es ligeramente no lineal desde una absorbancia de 1,2 a 1,6.

8 PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Estabilidad de la muestra. Las muestras recolectadas son estables por lo menos durante cuatro semanas; así, el análisis debe hacerse dentro de las cuatro semanas siguientes a la recolección.

8.1 Preparación de la muestra

Prepare una columna de reducción de cadmio de la siguiente manera: Llene la bureta con agua. Añada lentamente con golpecitos, cadmio recién preparado, hasta que no haya más sedimentación. La altura de la columna de cadmio debería ser de 39 cm. Cuando no se use, almacene la columna bajo solución de enjuague.

Nota. La columna no debería contener ninguna franja de cadmio fino. Esto puede suceder si se usa cadmio regenerado lo cual reducirá mucho la vida de la columna.

Observe el nivel de líquido en el recipiente de la muestra, y determine si se ha perdido muestra durante el transporte. Si ha habido pérdidas considerables, el volumen perdido puede ser determinado a partir de la diferencia entre los niveles inicial y final de la solución, y este valor puede ser usado para corregir el resultado analítico. Transfiera cuantitativamente el contenido a un matraz volumétrico de 1 litro, y diluya a volumen.

VERSION NO APROBADA

Tome una alícuota de 100 ml de las soluciones de muestra y blanco ($\text{KMnO}_4/\text{NaOH}$ sin exponer), y transfiera a beakers de 400 ml que contengan agitadores magnéticos. Usando un medidor de pH, añada H_2SO_4 concentrado agitando hasta que se obtenga un pH de 0,7. Permita que las soluciones reposen durante 15 minutos. Cubra los beakers con vidrios de reloj y lleve la temperatura de las soluciones a 50°C . Mantenga la temperatura por debajo de 60°C . Disuelva 4.8 g de ácido oxálico en un volumen mínimo de agua, aproximadamente 50 ml, a temperatura ambiente. No caliente la solución. Añada esta solución lentamente, en incrementos, hasta que la solución de KMnO_4 se vuelva incolora. Si el color no se elimina por completo, prepare un poco más de solución de ácido oxálico como se indicó anteriormente, y añada hasta que se obtenga una solución incolora. Agregue un exceso de ácido oxálico disolviendo 1,6 g de ácido oxálico en 50 ml de agua, y agregue 6 ml de esta solución a la solución incolora. Si hay materia en suspensión, agregue H_2SO_4 concentrado hasta que se obtenga una solución clara.

Permita que las muestras se enfríen hasta la temperatura ambiente, asegurándose de que las muestras aún estén claras. Ajuste el pH entre 11,7-12,0 con NaOH 10 N. Transfiera cuantitativamente la mezcla a un embudo Buchner que contenga papel filtro GF/C, y filtre el precipitado. Filtre la mezcla en un matraz de filtración de 500 ml. Lave el material sólido cuatro veces con agua. Cuando la filtración se complete, lave el tubo de teflón, transfiera cuantitativamente el filtrado a un matraz volumétrico de 500 ml y diluya a volumen. Las muestras están ahora listas para la reducción de cadmio. Transfiera con pipeta una alícuota de 50 ml de la muestra a un beaker de 150 ml y coloque un agitador magnético. Transfiera con pipeta 1,0 ml de solución EDTA 6,5%, y mezcle.

Determine la posición correcta de la llave de paso para establecer una velocidad de flujo de 7 a 9 ml/min de solución de enjuague de la columna a través de la columna de reducción de cadmio. Use un cilindro graduado de 50 ml para recoger y medir el volumen de la solución. Después de que toda la solución de enjuague haya pasado del embudo a la bureta, pero antes de que puede quedar aire atrapado, comience a adicionar la muestra, y recójala en un cilindro graduado de 250 ml. Complete la transferencia cuantitativa de la muestra a la columna a medida que la muestra pasa a través de la columna. Después de que toda la muestra haya pasado del embudo a la bureta, comience a añadir 60 ml de la solución de enjuague de la columna, y recoja la solución de enjuague hasta que la solución desaparezca del embudo. Transfiera cuantitativamente la muestra a un matraz volumétrico de 200 ml (puede requerirse un matraz de 250 ml) y diluya a volumen. Ahora las muestras están listas para el análisis de NO_2^- .

Nota: Deberían correrse dos muestras adicionadas con cada grupo de muestras que pasan a través de la columna. Para hacer esto prepare dos alícuotas adicionales de 50 ml de la muestra que se sospeche tenga la mayor concentración de NO_2^- , y añada 1 ml de la solución adicionada, a estas alícuotas. Si la recuperación del adiciónado o la eficiencia de la columna están por debajo del 95%, prepare una nueva columna y repita la reducción de cadmio.

Repita el procedimiento descrito para la preparación de la muestra para cada muestra y cada blanco.

Análisis de la muestra. Transfiera con una pipeta 10 ml de la muestra en un tubo de cultivo. Con una pipeta transfiera 10 ml de solución de sulfanilamida y 1,4 ml de solución NEDA. Cubra el tubo de cultivo con parafilm, y mezcle la solución. Prepare un blanco de la misma manera usando la muestra del tratamiento de la solución de $\text{KMnO}_4/\text{NaOH}$ sin exponer. Además, prepare un estándar de calibración para comprobar la pendiente de la curva de calibración. Después de

VERSION NO APROBADA

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

10 minutos de desarrollo de color, mida la absorbancia a 540 nm contra agua. Lea los $\mu\text{g NO}_2^-/\text{ml}$ de la curva de calibración. Si la absorbancia es mayor que la del estándar de calibración más alto, use menos de 10 ml de muestra y repita el análisis. Determine la concentración de NO_2^- usando la curva de calibración obtenida previamente en este método.

Nota. Algunos tubos de ensayo arrojan un valor alto del blanco de NO_2^- pero los tubos de cultivo no.

8.2 Análisis de las muestras de auditoría

Cuando el método se usa para analizar muestras con el fin de demostrar cumplimiento con una regulación de emisiones, se debe analizar una muestra de auditoría, si está disponible.

Las muestras de auditoría y las muestras de cumplimiento se deben analizar de la misma forma para evaluar la técnica del analista y la preparación de los estándares.

Se deben usar el mismo analista, reactivos analíticos y sistema analítico, tanto para las muestras de auditoría como para las muestras de cumplimiento.

8.3 Resultados de la muestra de auditoría

Calcule las concentraciones de la muestra de auditoría y reporte los resultados usando las instrucciones suministradas con las muestras de auditoría.

Reporte los resultados de las muestras de auditoría y de determinación de cumplimiento junto con sus números de identificación y el nombre del analista a la autoridad responsable.

Las concentraciones de las muestras de auditoría obtenidas por el analista no deben diferir en más del 5% de la concentración real. Si no se cumple la especificación del 5%, se deben volver a analizar las muestras de auditoría y cumplimiento e incluir en el informe los valores iniciales y los obtenidos después de repetir el análisis.

Si no se cumple la especificación del 5%, se pueden requerir nuevos ensayos hasta que los problemas de auditoría sean resueltos. Sin embargo, si los resultados de auditoría no afectan el cumplimiento de la instalación afectada, la autoridad competente puede eliminar los requisitos de repetir el análisis o hacer más revisiones, y aceptar los resultados de la prueba de cumplimiento. Mientras se tomen medidas para resolver los problemas de auditoría, la autoridad competente puede decidir usar los datos para determinar el cumplimiento de la instalación afectada.

9 ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS

Realice los cálculos, conservando al menos una cifra significativa adicional más allá de los datos adquiridos. Redondee las cifras después del cálculo final.

Nomenclatura

- B = Análisis del blanco, $\mu\text{g NO}_2^-/\text{ml}$
- C = Concentración de NO_x como NO_2 , en base seca, mg/dsm^3
- E = Eficiencia de la columna, Adimensional

VERSION NO APROBADA

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

$K_2 = 10^{-3} \text{ mg}/\mu\text{g}$
 $m = \text{Masa de NO}_x, \text{ como NO}_2 \text{ en la muestra, } \mu\text{g}$
 $P_{bar} = \text{Presión barométrica, mm Hg}$
 $P_{std} = \text{Presión absoluta estándar, 760 mm Hg}$
 $s = \text{Concentración de la solución adicionada, } \mu\text{g NO}_3/\text{ml}$
 $S = \text{Análisis de muestra, } \mu\text{g NO}_2/\text{ml}$
 $T_m = \text{Temperatura promedio absoluta del medidor de gas seco, } ^\circ\text{K}$
 $T_{std} = \text{Temperatura absoluta estándar, } 293^\circ\text{K}$
 $V_m(\text{std}) = \text{Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, corregido a condiciones estándar, dscm (dry standar cubic meter)}$
 $V_m = \text{Volumen de gas seco medido por el medidor de gas seco, scm (standar cubic meter)}$
 $x = \text{Análisis de la muestra adicionada, } \mu\text{g NO}_2/\text{ml}$
 $X = \text{Factor de corrección para recolección de CO}_2 = 100 / [100 - \% \text{CO}_2 (\text{V/V})]$
 $y = \text{Análisis de muestra sin adición, } \mu\text{g NO}_2/\text{ml}$
 $Y = \text{Factor de calibración del medidor de gas seco}$
 $1,0 \text{ mg/L NO} = 1,247 \text{ mg NO}/\text{m}^3 \text{ a condiciones estándar de T y P}$
 $1,0 \text{ mg/L NO}_2 = 1,912 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3 \text{ a condiciones estándar de T y P}$

Concentración de NO₂. Calcule la concentración de NO₂ de la solución usando la siguiente ecuación:

$$\frac{\mu\text{gNO}_2}{\text{ml}} = g\text{NaNO}_2 * \frac{\% \text{ de pureza}}{100} * 10^3 * \frac{46.01}{69.01}$$

Ecuación 1

Concentración de NO₃. Calcule la concentración de NO₃ de la solución de KNO₃ usando la siguiente ecuación:

$$\frac{\mu\text{gNO}_3}{\text{ml}} = g\text{KON}_3 * (10^3) * \frac{62.10}{101.10}$$

Ecuación 2

Volumen de la muestra, base seca, corregida a condiciones estándar

$$\begin{aligned}
 V_{m_{std}} &= V_m X Y \frac{T_{std} P_{bar}}{T_m P_{std}} \\
 &= K_1 X Y V_m \frac{P_{bar}}{T_m}
 \end{aligned}$$

Ecuación 3

Donde:

$K_1 = 0,3855^\circ\text{K}/\text{mm Hg}$

Eficiencia de la columna de reducción de cadmio. Calcule este valor de la siguiente manera:

VERSION NO APROBADA

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

$$E = \frac{200(x - y)}{1.0s \frac{46.01}{62.01}} = \frac{269.6(x - y)}{s}$$

Ecuación 4

Donde:

- 200 = Volumen final de muestra y el blanco después de pasar por la columna, ml
- 1,0 = Volumen agregado de la solución adicionada, ml
- 46,01 = $\mu\text{g NO}_2/\mu\text{mol}$
- 62,01 = $\mu\text{g NO}_3/\mu\text{mol}$

Total de $\mu\text{g NO}_2$

$$= 200 \left(\frac{500}{50} \right) \left(\frac{1000}{100} \right) \left(\frac{S - B}{E} \right) = \frac{(2 \times 10^4)(S - B)}{E}$$

Ecuación 5

Donde:

- 500 = Volumen total de muestra preparada, ml
- 50 = Alícuota de muestra preparada procesada a través de la columna de cadmio, ml
- 100 = Alícuota de solución de $\text{KMnO}_4/\text{NaOH}$, ml
- 1000 = Volumen total de solución de $\text{KMnO}_4/\text{NaOH}$, ml

Concentración de la muestra

$$C = K 2 \frac{m}{Vm_{std}}$$

Ecuación 6

Desempeño del método

Precisión. La desviación estándar relativa del intralaboratorio para una medida individual es 2.8 y 2.9% a 201 y 268 mg/L NOx, respectivamente

Sesgo. El método no exhibe ningún sesgo relativo al método 7 de la EPA.

Rango. El menor límite detectable es 13 mg NOx/m³, como NO₂ (7 mg/L NOx) cuando se muestrea a 500 ml/min durante 1 hora. Aun no se ha establecido un límite superior, sin embargo, cuando se usan las condiciones de muestreo recomendadas, se ha encontrado que el método recolecta emisiones de NOx cuantitativamente hasta 1782 mg NOx/m³, as NO₂ (932 mg/L NOx).

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO 8 – DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE ÁCIDO SULFÚRICO Y DIÓXIDO DE AZUFRE EN FUENTES ESTACIONARIAS

1 ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1 Parámetros medidos

Los parámetros medidos con este método son ácido sulfúrico con una sensibilidad de 0,05 mg/m³ (0,03 × 10⁻⁷ lb/ft³) incluyendo neblina ácida (H₂SO₄) y trióxido de azufre (SO₃) y dióxido de azufre con una sensibilidad de 1,2 mg/m³ (3 × 10⁻⁹ lb/ft³).

1.2 Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de H₂SO₄ (incluyendo neblina ácida y SO₃) y SO₂ gaseoso en fuentes estacionarias.

Nota: Material particulado filtrable se puede determinar junto con H₂SO₄ y SO₂ (sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional) insertando un filtro de fibra de vidrio calentado entre la sonda y el impactador de isopropanol (Ver Método 6). Si se selecciona esta opción, el análisis de material particulado es únicamente gravimétrico; el ácido sulfúrico no se puede determinar separadamente.

1.3 Objetivos de la calidad de los datos

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2 INTERFERENCIAS

Posibles agentes de interferencia en este método son fluoruros, amonio libre y dimetil anilina. Si alguno de estos agentes está presente (Lo cual se puede saber por conocimiento del proceso), deberán ser utilizados métodos alternativos aprobados por la Autoridad Ambiental.

3 EQUIPOS Y MATERIALES

3.1 Recolección de la muestra.

Igual que en el método 5. Con las siguientes adiciones y excepciones:

3.1.1 Tren de Muestreo: El esquema que se debe usar para este método es el mostrado en la figura 8-1, este es similar al del método 5, excepto que la posición del filtro es diferente y el portafiltro no debe ser precalentado.

3.1.2 Sonda: De borosilicado ó cristal de cuarzo, con un sistema de calentamiento, para prevenir la condensación durante el muestreo. No se deben usar líneas de sondas metálicas.

3.1.3 Portafiltro: Cristal de borosilicato, con un soporte de vidrio para el filtro y empaque de caucho.

3.1.4 Impactadores: Cuatro, como se muestra en la figura 8-1. El primero y tercero con las especificaciones estándar, el segundo y cuarto se deben modificar, ya que se debe insertar aproximadamente 13 mm desde el fondo del impactador.

3.1.4.1 Sensor de Temperatura: Termómetro, o su equivalente, para medir la temperatura del gas cuando está dejando los imputadores, con un rango de 1°C.

VERSION NO APROBADA

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

3.2 Recuperación de la Muestra

- 3.2.1 Botellas de lavado: Dos botellas de cristal ó polietileno con capacidad de 500 ml.
- 3.2.2 Cilindros graduados: Dos cilindros graduados de 250 y 1000 ml.
- 3.2.3 Botellas de almacenamiento: En polietileno, con capacidad de 1000 ml y libre de fugas.
- 3.2.4 Análisis: A continuación se presentan los requisitos para realizar el análisis.
- 3.2.5 Pipetas: Volumétrica, 10 ml, 100 ml.
- 3.2.6 Bureta: 50 ml.
- 3.2.7 Erlenmeyer: 250 ml (uno para cada muestra, blanco y estándar)
- 3.2.8 Cilindro graduado: 100 ml.
- 3.2.9 Botella de goteo: Para la adición de la solución indicadora.

4 EQUIPOS Y MATERIALES

Para la recolección de la muestra se requiere lo siguiente:

Filtros y silica gel. Igual que en el método 5.

Agua. Igual que lo especificado en el método 6.

Isopropanol. 80% en volumen. Mezclando 800 ml de isopropanol con 200 ml de agua.

Peróxido de Hidrógeno. 3% en volumen. Se debe diluir 100 ml de peróxido (30%v) en un (1) litro de agua.

Hielo.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Preparación antes de la prueba

Igual que el Método 5, excepto que los filtros deben ser inspeccionados pero no necesitan secarse, pesarse o identificarse. Si la corriente del gas puede considerarse seca (por ejemplo libre de humedad), la silica gel no necesita pesarse.

5.2 Determinaciones preliminares

Igual que el Método 5.

5.3 Preparación del tren de muestreo

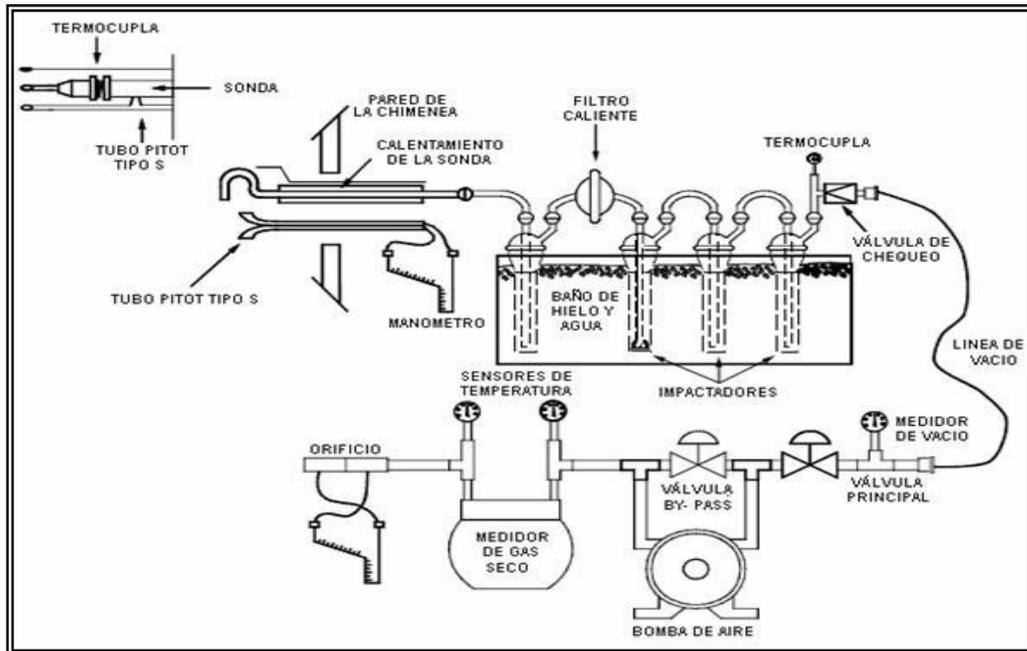
Igual que el método 5, con las siguientes excepciones: se debe usar la Figura 8-1 en lugar de la Figura 5-1. Se debe reemplazar la segunda frase del Método 5 con: se debe colocar 100 ml de isopropanol al 80% en el primer impactador, 100 ml de H₂O₂ al 3% en el segundo y tercer impactador y se debe retener una porción de cada reactivo para usar como solución blanco. Se debe colocar alrededor de 200 gramos de silica gel en el cuarto impactador.

Se debe ignorar cualquier otra frase del Método 5 que es obviamente no aplicable durante la realización del Método 8.

Si el contenido de humedad se va a determinar por el análisis de los impactadores, se debe pesar cada uno de los tres primeros impactadores (incluyendo la solución absorbente) al 0,5 gramo más cercano y registrar estos pesos. Se debe pesar también la silica gel (o la silica gel más el contenedor) al 0,5 gramo más cercano y registrarlo.

VERSION NO APROBADA

Figura 8-1. Tren de Muestreo para la medición de Ácido Sulfúrico.



5.4 Procedimiento de prueba de fugas del sistema de medición: Igual que el Método 5.

5.5 Procedimiento de prueba de fugas antes del muestreo

Se debe seguir el procedimiento básico del Método 5, teniendo en cuenta que el calentador de la sonda debe estar ajustado a la temperatura mínima requerida para evitar la condensación, y también se debe tener en cuenta que expresiones como “taponando la entrada del porta filtro” encontradas en el Método 5 deben ser reemplazadas por “taponando la entrada del primer impactador”. La prueba de fugas antes del muestreo es recomendable pero no requerida.

5.6 Operación del tren de muestreo

Se deben seguir los procedimientos básicos del Método 5, en conjunto con las siguientes instrucciones especiales: Se debe registrar la información en un formato similar al mostrado en Figura 8-2. (Alternativamente, se puede utilizar la Figura 5-2 del método 5). La tasa de muestreo no debe exceder 0,030 m³/min (1,0 cfm) durante la corrida. Periódicamente durante la prueba, se deben observar signos de condensación en la línea de conexión entre la sonda y el primer impactador. Si ocurre condensación, se debe ajustar el calentador de la sonda hasta obtener la mínima temperatura requerida para evitar condensación. Si se hace necesario realizar cambio de componentes durante el muestreo, un prueba de fugas deberá realizarse inmediatamente antes de cada cambio, de acuerdo al procedimiento descrito en el Método 5 (con las modificaciones apropiadas, mencionadas anteriormente); se deben registrar todas las tasa de fuga. Si las tasas de fugas exceden la tasa especificada, se debe evaluar si se descarta el muestreo o se planea una corrección del volumen de muestra como se especifica en el Método 5. Una prueba de fugas inmediatamente después del cambio de los componentes es recomendable pero no requerida. Si se realizan estas pruebas de fuga, se debe usar el procedimiento del Método 5 (con las modificaciones apropiadas).

VERSION NO APROBADA

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

Después de apagar la bomba y registrar las lecturas finales al finalizar cada muestreo, se debe remover la sonda de la chimenea. Se debe realizar una prueba de fugas después del muestreo (obligatorio) como se describe en el Método 5 (con las modificaciones apropiadas) y registrar la tasa de fuga. Si la tasa de fuga después del muestreo excede la tasa aceptable, se debe corregir el volumen de la muestra, como se describe en el Método 5 o descartar el muestreo.

Se debe drenar el baño de agua y, con la sonda desconectada, purgar la parte restante del tren con aire ambiente limpio a través del sistema por 15 minutos al flujo promedio usado para el muestreo. Se debe tener en cuenta que el aire ambiente limpio se puede obtener haciendo pasar aire a través de un filtro de carbón. Alternativamente, se puede usar aire ambiente (sin limpiar).

5.7 Cálculo del porcentaje isocinético
Igual que el Método 5.

5.8 Recuperación de la muestra

El procedimiento de limpieza adecuado debe comenzar tan pronto se retire la sonda de la chimenea al finalizar el periodo de muestreo. Se debe dejar enfriar la sonda. Se debe tratar la muestra como sigue.

Contenedor No. 1: Si se va a realizar el análisis del contenido de humedad, se debe limpiar y pesar el primer impactador (más su contenido) al 0,5 g más cercano y registrar su peso. Se debe transferir el contenido del primer impactador a un cilindro graduado de 250 ml. Se debe lavar la sonda, el primer impactador, todas las conexiones de vidrio antes del filtro y la mitad frontal del portafiltro con isopropanol al 80%. Se debe agregar la solución del lavado de isopropanol al cilindro. Se debe diluir el contenido del cilindro a 225 ml con isopropanol al 80% y transferir el contenido del cilindro al contenedor de almacenamiento. Se debe lavar el cilindro con 25 ml de isopropanol al 80% y transferir el lavado al contenedor de almacenamiento. Se debe agregar el filtro a la solución en el contenedor de almacenamiento y mezclar. Se debe sellar el contenedor para proteger la solución de la evaporación. Se debe marcar el nivel del líquido en el contenedor e identificar el contenedor de la muestra.

Contenedor No. 2: Si se va a realizar el análisis del contenido de humedad, se deben limpiar y pesar el segundo y tercer impactadores (más su contenido) al 0,5 g más cercano y registrar los pesos. De igual manera, se debe pesar la silica gel gastada (o la silica gel más el impactador) al 0,5 g más cercano y registrar el peso.

Se deben transferir las soluciones del segundo y tercer impactador a un cilindro graduado de un litro. Se deben lavar todas las conexiones de vidrio (incluyendo la mitad posterior del porta filtro) entre el filtro y el impactador de la silica gel con agua, se debe agregar el agua de este lavado al cilindro. Se debe diluir el contenido del cilindro a 950 ml con agua. Se debe transferir la solución a un contenedor de almacenamiento. Se debe lavar el cilindro con 50 ml de agua y transferir el lavado al contenedor de almacenamiento. Se debe marcar el nivel del líquido en el contenedor. Se debe sellar e identificar el contenedor de la muestra.

6 PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Análisis de la muestra.

Contenedor 1. Agite el contenedor que contiene la solución de isopropanol y filtre. Si el filtro deja de funcionar deje que los fragmentos se estabilicen por unos minutos antes de remover la

VERSION NO APROBADA

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

alícuota. Mida en al pipeta 100 ml de alícuota de esta solución y deposítela en un Erlenmeyer de 250 ml y adicione 2 a 4 gotas del indicador. Posteriormente se debe realizar la titulación usando 0,0100 N de solución estándar de bario hasta alcanzar un punto rosa. Repita la titulación con una segunda alícuota de la muestra y promedie los valores de la titulación.

Figura 8.2. Hoja de Datos de Campo.

EMPRESA _____		TEMPERATURA AMBIENTE _____							
UBICACIÓN _____		PRESIÓN BAROMÉTRICA _____							
OPERARIO _____		PORCENTAJE DE HUMEDAD _____							
FECHA _____		LONGITUD DE LA Sonda _____							
CORRIDA No. _____		No. IDENTIFICACIÓN DE LA BOBUILLA _____							
CAJA DE MUESTRO No. _____		PROMEDIO DEL DIÁMETRO DE LA BOBUILLA _____							
MEDIDOR No. _____		CALENTAMIENTO DE LA Sonda _____							
VALOR Δh ₀ _____		CAUDAL DE FUGAS (cfm) _____							
FACTOR C _____		PRESIÓN ESTÁTICA (in Hg) _____							
COEFICIENTE TUBO PITOT _____		FILTRO No. _____							
ESQUEMA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CHIMENEA									
PUNTO No.	TIEMPO DE MUESTREO (min)	PRESIÓN DE VACÍO (in Hg)	TEMPERATURA DE LA CHIMENEA T _s (°F)	CABEZA DE VELOCIDAD (in H ₂ O)	DIFERENCIAL DE PRESIÓN A TRAVÉS DEL ORIFICIO (in H ₂ O)	CAUDAL DEL GAS ft ³	TEMPERATURA DE GAS EN EL MEDIDOR DE GAS SECO		TEMPERATURA DEL GAS A LA SALIDA DEL ÚLTIMO IMPINGER (°F)
							ENTRADA (°F)	SALIDA (°F)	
TOTAL							PROMEDIO	PROMEDIO	
							PROMEDIO	PROMEDIO	

Contenedor 2. Mezcle completamente las soluciones que están contenidas en el segundo y tercer impactador. Mida en la pipeta 10 ml de alícuota de la muestra y deposite en un Erlenmeyer de 250 ml, adicione 40 ml de isopropano, 2 a 4 gotas de indicador y titulee con solución estándar

VERSION NO APROBADA

de bario de 0,0100N. Repita la titulación con una segunda alícuota de la muestra y promedie los valores obtenidos

Blancos. Prepare los blancos adicionando de 2 a 4 gotas del indicador en 100 ml de isopropanol al 80% titulee con el mismo procedimiento que a las muestras.

7 ANALISIS DE DATOS Y CÁLCULOS

Nomenclatura. La misma del método 5, con las siguientes adiciones y excepciones:

Ca: Concentración actual de SO₂ en la auditoria de la muestra, mg/dscm

Cd: Concentración determinada de SO₂ en la Auditoria de la Muestra. mg/dscm

C_{H₂SO₄}: Concentración de Acido Sulfúrico (incluyendo SO₃) g/dscm.

C_{SO₂}: Concentración de Dióxido de Azufre g/dscm.

N: Normalidad del perclorato de bario. meq/ml

RE: Error relativo de la auditoria del análisis de la muestra. %

V_a: Volumen de la alícuota de la muestra, 100 ml para H₂SO₄ y 10 ml para SO₂.

V_{soln}: Volumen total de la solución de la muestra en cada contenedor, 250 ml de muestra para SO₂ y 1000 ml de muestra para H₂SO₄.

Vt: Volumen de la solución estándar de Bario, usada para la muestra, ml.

Vtb: Volumen de la solución estándar de bario, usada para el blanco, ml.

Se deben utilizar los promedios de temperatura del medidor de gas seco y de la presión del orificio.

Cálculo de la concentración de Ácido sulfúrico (incluyendo SO₃).

$$C_{H_2SO_4} = K_3 [N(Vt - Vtb)(V_{soln}/V_a)] / Vm_{std}$$

Ecuación 1.

Donde:

K₃: 0.04904 g/meq para unidades métricas

1.081 * 10⁻⁴ lb/meq unidades inglesas.

Concentración de Dióxido de Azufre.

$$C_{SO_2} = K_4 [N(Vt - Vtb)(V_{soln}/V_a)] / Vm_{std}$$

Ecuación 2.

Donde:

K₄: 0.03203 g/meq para unidades métricas

7.061 * 10⁻⁵ lb/meq para unidades inglesas

Variación isocinética: Igual que en el método 5.

Se debe determinar la velocidad de flujo promedio en la chimenea, si es necesario, utilizando los datos obtenidos en este método y en las ecuaciones del método 2.

VERSION NO APROBADA

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

MÉTODO 10 – DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN FUENTES ESTACIONARIAS (PROCEDIMIENTO DE ANALIZADOR INSTRUMENTAL)

1 ALCANCE Y APLICACIÓN

El Método 10 es un procedimiento para medir monóxido de carbono (CO) en las emisiones de fuentes estacionarias usando un analizador instrumental continuo. Los requerimientos de control y aseguramiento de calidad están incluidos para asegurar que se recolecte la información con una calidad conocida. Se debe considerar el cumplimiento de estos requerimientos específicos para equipos, suministros, recolección de la muestra y análisis, cálculos y análisis de la información.

1.1 Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es monóxido de carbono (CO) con una sensibilidad típica de menos del 2% de la calibración de span.

1.2 Aplicabilidad

Este método permite determinar el cumplimiento normativo de las emisiones de CO en fuentes fijas donde se requiera su medición o realizar pruebas de desempeño a los sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS).

1.3 Calidad de la información. El método está diseñado para suministrar información de alta calidad para determinar el cumplimiento normativo y para suministrar exactitud relativa a la prueba de los CEMS. En estas y otras aplicaciones, el objetivo principal es asegurar la exactitud de los datos en los niveles de emisión reales encontrados. Para cumplir con estos objetivos, se requiere el uso de las pruebas de desempeño de los sistemas de medición y el protocolo de trazabilidad de los gases de calibración de la US-EPA, que aparece en los apéndices de la Parte 60 del Título 40 del Código Federal de Regulaciones o en el documento "EPA Traceability Protocol"⁵.

2 EQUIPOS Y SUMINISTROS

- 2.1 Sonda. Acero inoxidable o vidrio Pyrex, equipado con un filtro para remover el material particulado
- 2.2 Condensador de aire o equivalente. Para remover cualquier exceso de humedad
- 2.3 Válvula. Válvula de aguja o equivalente para ajustar la tasa de succión
- 2.4 Medidor de Flujo. Rotámetro o equivalente, para medir el flujo en un rango de 0 a 1.0 lpm (0,035-cfm)
- 2.5 Bolsa Flexible (En muestreo integrado). Tedlar, o equivalente, con una capacidad de 66 a 90 litros (2 a 3 ft³). Realizar una prueba de fugas en el laboratorio antes de su uso,

⁵ Traceability Protocol for Establishing True Concentrations of Gases Used for Calibration and Audits of Continuous Source Emission Monitors (Protocol Number 1)" June 1978. Section 3.0.4 of the Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods. EPA- 600/4-77-027b. August 1977. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development Publications, 26 West St. Clair Street, Cincinnati, OH 45268.

VERSION NO APROBADA

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

- evacuando el aire de la bolsa con una bomba y medidor de gas seco. Cuando la evacuación se ha completado, no deberá existir flujo en el medidor.
- 2.6 Tubo de Pitot. (En muestreo integrado). Tipo S, o equivalente, adosado a la sonda de forma que la tasa de succión se pueda regular de forma proporcional a la velocidad de salida del gas cuando la velocidad está variando con el tiempo o se efectúa un muestreo transversal.
 - 2.7 Bomba. Tipo de diafragma o equivalente, libre de fugas, para transportar el gas. De flujo controlado, flujo constante, con un set de orificios (sónicos) que proporcionen tasa de bombeo de aproximadamente 10 a 100 cc/min.
 - 2.8 Analizador de Monóxido de Carbono. Espectrómetro Infrarrojo No Dispersivo, o equivalente. Este instrumento debe demostrar, preferiblemente por el fabricante, que cumple o excede las especificaciones del fabricante y aquellas citadas por el método.
 - 2.9 Tubo de Secado. Contener aproximadamente 200-g de Silica Gel.
 - 2.10 Gases de Calibración. De concentración conocida de CO en N₂ para el span del instrumento, grado purificado de N₂ para cero, y dos concentraciones adicionales correspondiente a aproximadamente el 60% y 30% del span. Las concentraciones del span no deberán exceder 1.5 veces la norma de emisión de la fuente. Los gases de calibración deben ser certificados por el fabricante con más o menos 2% de la concentración especificada.
 - 2.11 Silica Gel. Tipo indicador, malla 6 a 16, secado a 175° C (347°F) por 2-h.
 - 2.12 Ascarita. Disponible comercialmente.
 - 2.13 Recuperación para humedad. No requiere de la medición para este análisis
 - 2.14 Silica Gel. No requiere de la medición para este análisis

3 PROCEDIMIENTO.

3.1 Sitio de muestreo y puntos de muestreo.

A menos que se especifique otra cosa en la regulación aplicable o por parte de la autoridad ambiental de orden nacional, cuando se utilice este método para determinar el cumplimiento de un estándar de emisión, se debe realizar una prueba de estratificación como se describe a continuación, para determinar los puntos transversales que deben ser usados. Para la realización de pruebas a sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se deben seguir los procedimientos para la selección de puntos de muestreo y configuración de puntos transversales descritos en la especificación de desempeño adecuada o en la regulación aplicable.

Para determinar la estratificación, se debe usar una sonda de longitud adecuada para medir la concentración del contaminante de interés en doce puntos transversales localizados de acuerdo a la Tabla 1.1 o Tabla 1.2 del Método 1. Alternativamente, se puede medir en tres puntos de una línea que pasa a través del centroide del área. Los puntos deben estar espaciados al 16,7; 50,0 y 83,3 % de la línea de medición. Se debe muestrear mínimo el doble del tiempo de respuesta del sistema en cada punto transversal. Se deben calcular las concentraciones del contaminante para cada punto individual y el promedio. Si la concentración en cada punto transversal difiere de la concentración promedio para todos los puntos transversales por no más de (a) $\pm 5,0\%$ de la concentración del promedio; o (b) $\pm 0,5$ ppm (la que sea menos restrictiva), la corriente del gas se considera no estratificada y se pueden recolectar las muestras del punto que más se acerque al promedio. Si los criterios de 5% o 0,5 ppm no se cumplen, pero la concentración en cada punto transversal difiere de la consternación promedio por no más de: (a) $\pm 10\%$ del promedio; o (b) $\pm 1,0$ ppm (la que sea menos restrictiva), la corriente de gas se considera mínimamente estratificada y se pueden tomar muestras de tres puntos. Los tres puntos se deben espaciar al 16,7; 50,0 y 83,3 % de la línea de medición. Alternativamente, si se realizó una prueba de

VERSION NO APROBADA

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

estratificación con doce puntos y las emisiones muestran estar mínimamente estratificadas (todos los puntos dentro del $\pm 10\%$ de su promedio o dentro de ± 1 ppm), y si el diámetro de la chimenea (o diámetro equivalente para chimeneas o ductos rectangulares) es mayor a 2,4 metros (7,8 pies), se pueden usar tres puntos de muestreo y localizar los puntos a lo largo de la línea que muestre el máximo promedio de concentración durante la prueba de estratificación, a 0,4; 1 y 2 metros de la pared del ducto o chimenea. Si se encuentra que la corriente del gas está estratificada porque no se cumplen los criterios de 10% o 1 ppm para la prueba de los tres puntos, se deben localizar doce puntos transversales para la prueba, de acuerdo con la Tabla 1-1 y la Tabla 1-2 del Método 1.

3.2 Pruebas iniciales de desempeño del sistema de medición

Antes de medir las emisiones, se deben realizar los siguientes procedimientos, de acuerdo a lo establecido en el Método 7E: (a) verificación del gas de calibración, (b) preparación del sistema de medición, (c) prueba del error de calibración, (d) revisión del sistema de sesgo, (e) prueba del tiempo de respuesta del sistema y (f) revisión de interferencias. Si se utiliza un sistema de medición tipo dilución, también aplican las consideraciones especiales del Método 7E.

3.3 Recolección de la muestra.

Muestreo continuo: Se debe posicionar la sonda en el primer punto de muestreo. Se debe purgar el sistema por al menos dos veces el tiempo de respuesta antes de registrar cualquier información. Posteriormente, se debe muestrear en cada uno de los puntos transversales durante el mismo tiempo, manteniendo el flujo de muestreo adecuado o la relación de dilución (si aplica). Se debe registrar al menos un dato válido por punto por minuto durante el muestreo. El tiempo mínimo que se debe muestrear en cada punto es el doble del tiempo de respuesta del sistema. Usualmente, la prueba está diseñada para muestrear más tiempo para caracterizar de mejor manera la variación temporal de la fuente. Después de registrar la información para el periodo adecuado de tiempo en el primer punto transversal, se pasar al siguiente punto y continuar registrando la información, omitiendo el requerimiento de esperar dos veces el tiempo de respuesta del sistema para registrar la información en los puntos transversales siguientes.

Por ejemplo, si se usa un sistema de muestreo con un tiempo de respuesta de dos minutos, inicialmente se debe purgar el sistema por lo menos durante cuatro minutos, luego registrar un mínimo de cuatro promedios de un minuto en cada punto de muestreo. Sin embargo, si se retira la sonda de la chimenea, se debe reacondicionar el sistema de muestreo por lo menos durante dos veces el tiempo de respuesta del sistema antes del siguiente registro. Si en cualquier momento la concentración del gas de los promedios medidos de un minuto excede el valor del span de calibración, se debe por lo menos identificar y reportar este valor como una desviación del método. Dependiendo de los objetivos de calidad de la información durante la prueba, este evento puede requerir acciones correctivas antes de continuar. Si el promedio de cualquiera de las corridas excede el valor del span de calibración, el muestreo se debe invalidar. Se puede satisfacer el requerimiento de múltiples puntos muestreando secuencialmente con una sonda de un solo orificio o con una sonda de múltiples orificios diseñada para muestrear en los puntos preestablecidos con un flujo dentro del 10% del promedio del flujo. El uso de la sonda con múltiples orificios está sujeto a la aprobación de la autoridad ambiental de orden nacional.

Muestreo integrado: Se debe evacuar la bolsa flexible. Se debe organizar el equipo como se muestra en la Figura 10-1 con la bolsa desconectada. Se debe ubicar la sonda en la chimenea y purgar la línea de muestreo. Se debe conectar la bolsa, asegurándose que todas las conexiones estén libres de fugas. Se debe muestrear a una tasa proporcional a la velocidad de la chimenea. Si se requiere, el contenido de CO₂ del gas debe ser determinado usando los procedimientos de muestreo integrados del Método 3 o pesando un tubo de de remoción de CO₂ de ascarita usado

VERSION NO APROBADA

y calculando la concentración de CO₂ del volumen de gas muestreado y el peso ganado en el tubo. La información puede ser registrada en un formato similar al de la Tabla 10.1.

Figura 10.1. Tren Integrado de muestreo.

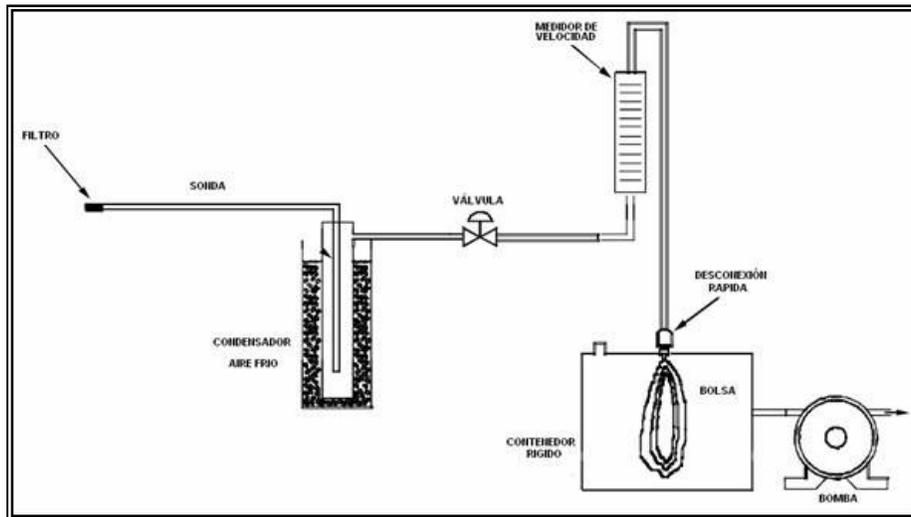


Tabla 10.1. Formato de Datos de Campo para Muestreo Integrado

DATOS DE CAMPO Muestreo Integrado		
Ubicación:		Fecha:
Prueba:		Operario:
Hora	Lectura del Rotámetro lt / min (cfm)	Comentarios

MÉTODO 10A – DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE MEDICIÓN CONTINUA DE EMISIONES EN REFINERÍAS DE PETRÓLEO

1 ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1 Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es monóxido de carbono (CO) con una sensibilidad de 3 ppm.

1.2 Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de CO en refinerías de petróleo. Este método sirve como método de referencia en la prueba de precisión relativa para sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) de CO por infrarrojo no dispersivo (NDIR) que se requieran instalar en las unidades regeneradores de catalítico de las unidades de craqueo de fluido catalítico.

1.3 Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2 INTERFERENCIAS

Óxidos de Azufre, Óxidos de Nitrógeno y otros gases ácidos pueden producir interferencia con la reacción colorimétrica. El dióxido de Carbono no genera interferencia, pero por que esta sustancia es removida por la agitación de la solución, la concentración debe ser medida independientemente y se debe realizar una corrección del volumen de la muestra del gas.

3 EQUIPOS Y SUMINISTROS

3.1 Recolección de la Muestra:

El tren de muestreo se debe ensamblar como se muestra en la figura 10A-1. A continuación se presentan las partes que lo componen.

3.1.1 Sonda: En acero inoxidable, pirex de vidrio ó su equivalente, equipada con lana de vidrio para remover material particulado.

3.1.2 Bomba: Libre de fugas, en acero inoxidable y partes de teflón para transportar la muestra a una razón de flujo de 300 ml/min a la bolsa flexible.

3.1.3 Medidor de caudal: Un rotámetro ó su equivalente, para medir la razón de flujo a 300 ml/min. y debidamente calibrado.

3.1.4 Bolsa Flexible: Debe tener una capacidad de 10 litros y equipado con una sistema de sellado de rápida conexión, esta debe estar libre de fugas, es recomendable que la bolsa este en un contenedor rígido.

3.1.5 Válvulas: En acero inoxidable, con llave de ajuste del caudal y una llave de tres vías ó su equivalente.

VERSION NO APROBADA

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

- 3.1.6 Analizador de CO₂: Equipo Fyrite ó su equivalente para la medición de concentración de CO₂ con n rango de medición de 0.5%.
- 3.1.7 Medidor de Volumen: Medidor de gas seco, con una capacidad de medición de volumen inferior a las condiciones de calibración de 300 ml/min por 10 minutos.
- 3.1.8 Medidor de Presión: Un manómetro de U, lleno de agua ó su equivalente.
- 3.2 Análisis de la muestra:
 - 3.2.1 Espectrofotómetro: Simple ó de doble viga para le medición de absorbancia entre 425 y 600 nm.
 - 3.2.2 Medidor de vació: Manómetro de mercurio en U, de 1 metro, con divisiones de 1 mm.
 - 3.2.3 Bomba: Con capacidad de evacuar el gas a una presión absoluta igual ó inferior que 40 mm Hg. Equipado con válvulas para el control de flujo fino y grueso.
 - 3.2.4 Barómetro: De mercurio ó alguno con capacidad de medir presión atmosférica con precisión de 1 mm Hg.
 - 3.2.5 Bombillas de reacción. En cristal, 100 ml con llave de paso y libre de fugas a 40 mm de hg de presión. Diseñado para que 10 ml del reactivo colorimétrico puedan ser adicionados y removidos fácilmente y precisamente.
 - 3.2.6 Pipetas: Clase A, con capacidad de 10 ml-
 - 3.2.7 Tabla de agitación: Debe tener dimensiones suficientes, para poder acomodar como mínimo.

4 REACTIVOS Y ESTANDARES

Recolección de la muestra.

Agua. Desionizada y destilada.

Solución alcalina de permanganato. 0,25M KMnO₄/1.5M de Hidróxido de sodio. Se disuelven 40 g de KMnO₄ y 60 g de NaOH en aproximadamente 900 ml de agua y diluir a un litro.

Análisis de muestra.

Agua. Desionizada y destilada.

1M de solución de hidróxido de sodio. Se disuelven 40 g de NaOH en aproximadamente 900 ml de agua y se diluye a un litro.

Solución de NaOH 0,1M. Se diluye 50 ml de solución de NaOH 1M prepara en la especificación anterior.

Nitrato de Plata 0,1M. Se disuelven 8,5 g de AgNO₃ en agua, y se diluye a 500 ml.

Solución de Ácido Para-sulfaminobenzoico (p-SABA). Se disuelven 10 g de p-SABA en 0,1 M de NaOH y se diluye a 500 ml con 0,1M de NaOH.

Solución colorimétrica. En un frasco se adicionan 100 ml de p-SABA 0,1M y 100 ml de solución de nitrato de plata. Se mezclan y luego se adicionan 50 ml de NaOH 1M (agitando).

5 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA.

- 5.1 Prueba de fugas de la bolsa de muestreo

VERSION NO APROBADA

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

Cuando se requiera una prueba de fugas de la bolsa después de su uso, se debe realizar también antes de que la bolsa sea usada para la recolección de la muestra. La prueba de fugas de la bolsa se debe realizar en las condiciones de inflado y desinflado de acuerdo al siguiente procedimiento: Se debe conectar la bolsa a un manómetro de agua y presurizar la bolsa de 5 a 10 cm de H₂O (2 a 4 pulgadas de H₂O). Se debe mantener esta condición durante 60 minutos. Cualquier desplazamiento en el manómetro de agua indica una fuga. Se debe evacuar la bolsa con una bomba libre de fugas que esté conectada después de la bolsa, de acuerdo a la dirección del flujo, con un aparato indicador como un rotámetro de 0 a 100 ml/min o un impactador con agua. Cuando la bolsa esté completamente evacuada, no se debe evidenciar flujo si la bolsa está libre de fugas.

5.2 Recolección de la muestra

Se debe evacuar la bolsa Tedlar completamente utilizando una bomba de vacío. Se debe ensamblar el aparato como se muestra en la Figura 10A-1. Se debe empacar lana de vidrio en la punta de la sonda sueltamente. Se deben colocar 400 ml de solución de permanganato alcalino en los dos primeros impactadores y 250 ml en el tercero. Se debe conectar la bomba en el tercer impactador y continuar con el tanque de alivio, el rotámetro y la válvula de 3 vías. No se debe conectar la bolsa Tedlar al sistema todavía.

Se debe realizar la prueba de fugas al sistema de muestreo taponando la entrada de la sonda, abriendo la válvula de 3 vías y generando un vacío aproximado de 250 mm Hg en el sistema mientras se observa el flujo en el rotámetro. Si aparece flujo en el rotámetro, no se debe continuar hasta que la fuga se haya encontrado y corregido.

Se debe purgar el sistema con gas de muestra, insertando la sonda en la chimenea y arrastrando el gas de muestra a través del sistema a 300 ml/min \pm 10% por cinco minutos. Se debe conectar la bolsa Tedlar al sistema, registrar el tiempo de inicio y muestrear a un flujo de 300 ml/min durante 30 minutos o hasta que la bolsa Tedlar esté casi llena. Se debe registrar el tiempo de muestreo, la presión barométrica y la temperatura ambiente. Se debe purgar el sistema como se describió anteriormente inmediatamente antes de cada muestra.

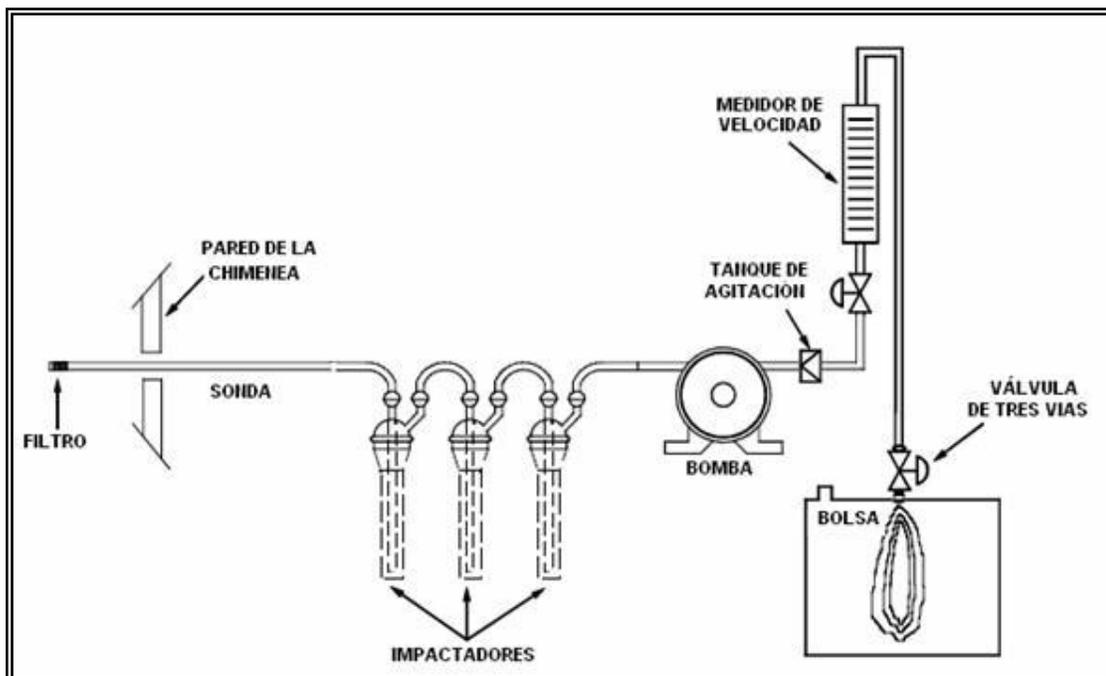
La solución de lavado es adecuada para remover los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno de 50 litros (1.8 ft³) de gas de la chimenea cuando la concentración de cada uno es menor a 1000 ppm y la concentración de CO₂ es menor al 15%. Se debe reemplazar la solución lavadora después de cada cinco muestras

5.3 Medición del dióxido de carbono

Se debe medir el contenido de CO₂ en la chimenea al 0,5 % más cercano cada que se recolecte una muestra de CO. Es aceptable una muestra simultánea analizada con el analizador Fyrite.

VERSION NO APROBADA

Figura 10A.1. Tren de Muestreo.



5.4 Procedimiento Analítico

Se debe ensamblar el sistema como se muestra en la figura 10A-3 y registrar la información requerida por la tabla 10A-1. En la pipeta mida 10 ml del agente colorimétrico y llévelo dentro de cada bombilla de reacción del gas. Se deben abrir las llaves de paso para permitir las reacciones, pero dejando cerrada la válvula que dirige a la bolsa. Prenda la bomba y ajuste esta de tal manera que quede totalmente abierta y permita el paso de flujo, y lentamente abra la válvula de ajuste fino hasta que la presión se reduzca por lo menos a 40 mm Hg. Luego cierre la válvula de ajuste fino y observe el manómetro para estar seguro que el sistema está libre de fugas. Espere por un mínimo de 2 minutos.

Si la presión se incrementa mínimo por 1 mm Hg, proceda como se especifica a continuación: Si se presenta una fuga, encuentre y corrija antes de continuar con el procedimiento. Registre la presión de vacío (P_v) que debe estar cerca de 1 mm Hg y cierre las válvulas de la bombilla de presión. Abra la válvula de la bolsa tedlar y permita que el sistema se estabilice a la presión atmosférica. Cierre la válvula de la bolsa y abra la válvula de ajuste de la bomba, y evacue el sistema de nuevo. Repita este procedimiento por lo menos dos veces para vaciarla totalmente. Cierre las válvulas de ajuste de la bomba y abra la válvula de la bolsa tedlar, y deje que el sistema se llene de nuevo a presión atmosférica. Abra las llaves de paso de la bombilla de reacción y deje que el sistema se llene a presión atmosférica. Cierre las válvulas de paso, remueva las bombillas, registre el dato de temperatura y la presión barométrica y póngalas en el

VERSION NO APROBADA

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

soporte de agitación. Purgue el sistema de la bombilla, exponiéndolo al aire ambiente durante varios minutos y agite las muestras durante un tiempo de 2 horas.

Inmediatamente después de la agitación, mida la absorbancia (A) de cada una de las muestras a 425 nm si la concentración es menor ó igual a 400 ppm de CO ó a 600 nm si la concentración es cercana a 400 ppm.

Use una pequeña porción de la muestra para enjuagar la celda del espectrofotómetro varias veces antes de tomar una alícuota para el análisis. Si una celda es usada para analizar múltiples muestras, se debe enjuagar la celda con agua desionizada y destilada varias veces entre las muestras. Prepare y analice los estándares y agentes blancos, usando agua como referencia. Realice el análisis de nuevo si la absorbancia del blanco es superior a 0.1. Todas las condiciones deberían ser las mismas para el análisis de las muestras y de los estándares. Mida la absorbancia tan pronto como sea posible, después de agitar completamente.

Determine la concentración de CO de cada muestra usando la curva de calibración para el rango de concentración apropiado.

6 CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS:

Realice los cálculos que se muestran a continuación:

Nomenclatura:

A: Absorbancia de la Muestra, Sin la corrección del blanco.

A_r: Absorbancia del blanco.

A_s: Promedio de la absorbancia de la muestra por litro. Unidades/litro.

B_w: Contenido de Humedad en la bolsa de la muestra.

C: Concentración de CO del gas en la chimenea, en base seca. (ppm)

C_b: Concentración de CO en la bolsa de la muestra, en base seca (ppm)

C_g: Concentración de CO, según la curva de calibración, (ppm).

F: Fracción de volumen de CO₂ en la chimenea.

n: Número de bombillas usadas por bolsa de muestra.

P_b: Presión Barométrica. mm Hg

P_v: Presión residual en la bombilla de la muestra, después de la evacuación.

P_w: Presión de vapor de agua en la bolsa (mm Hg)

V_b: Volumen de la muestra en la bombilla. Litros.

V_r: Volumen del agente adicionado a la bombilla de la muestra. 0.0100 litros.

Promedio de la Absorbancia de la muestra por litro: Se calcula el valor A_s para cada bombilla de gas usando la ecuación 1 y registre el valor en la tabla 10A-1. Se calcula el promedio A_s para cada bolsa de muestra y se comparan los tres valores con el promedio. Si alguno de estos valores difiere por más de 10% con respecto al promedio, se debe volver a hallar este valor, y calcular un nuevo promedio usando los dos valores restantes.

$$A_s = \frac{(A - A_r)(P_b)}{(V_b - V_r)(P_b - P_v)}$$

Ecuación 1.

VERSION NO APROBADA

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

Los valores de A y A_r deberían estar a la misma longitud de onda.

Concentración de CO en la bolsa. Se calcula el valor C_b usando las ecuaciones 2 y 3. Si se observa condensación en la bolsa, entonces calcule el valor B_w usando la tabla 10A-2 y la temperatura y presión barométricas en el análisis de laboratorio. Si la condensación no es visible, calcule el valor B_w usando la temperatura y presión barométrica del sitio de muestreo.

$$B_w = \frac{P_w}{P_b}$$

Ecuación 2.

$$C_b = \frac{C_s}{(1 - B_w)}$$

Ecuación 3.

Concentración de CO en la chimenea.

$$C = C_b(1 - F)$$

Ecuación 4.

Figura 10A-3 Sistema de Muestra con bombillas.

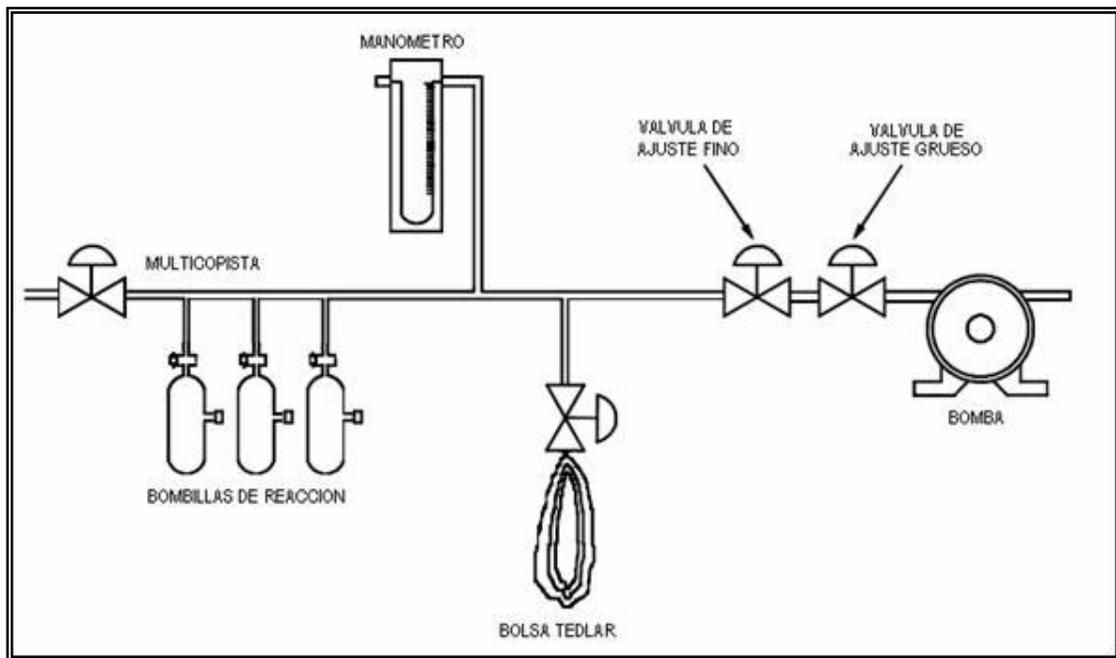


Tabla 10A-1 Formato para el registro de datos de triple análisis de las muestras

MUESTRA No. / TIPO	TEMPERATURA DEL CUARTO (C°)	% DE CO 2 EN LA CHIMENEA	BOMBILLA No.	VOLUMEN DE LA BOMBILLA Lt.	VOLUMEN DEL REACTIVO EN LA BOMBILLA Lt.	PRESION PARCIAL DEL GAS EN LA BOMBILLA mm Hg.	P _h mm Hg.	TIEMPO DE AJITACION	ABSORBANCIA VS. AGUA	$A_1 - A_2$	A_3	PROMEDIO A_2
BLANCO												
ESTANDAR 1.												
ESTANDAR 2.												
MUESTRA 1.												
MUESTRA 2.												
MUESTRA 3.												

Tabla 10A-2 Corrección de Humedad.

TEMPERATURA (C)	PRESION DE VAPOR DE AGUA mm Hg.	TEMPERATURA (C)	PRESION DE VAPOR DE AGUA mm Hg.
4	6.1	18	15.5
6	7.0	20	17.5
8	8.0	22	19.8
10	9.2	24	22.4
12	10.5	26	25.2
14	12.0	28	28.3
16	13.6	30	31.8

MÉTODO 10B – DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN FUENTES ESTACIONARIAS

1 ALCANCE Y APLICACIÓN

VERSION NO APROBADA

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

1.1 Parámetros medidos

El parámetro medido con este método es monóxido de carbono (CO).

1.2 Aplicabilidad

Este método es aplicable para la determinación de las emisiones de CO en refinerías de petróleo y otras fuentes cuando lo especifique la regulación.

1.3 Calidad de la información.

El cumplimiento de los requerimientos de este método aumentará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

2 INTERFERENCIAS

Dióxido de Carbono. (CO₂), la mayoría de CO₂ es removido de la muestra por el permanganato alcalino. Algún contenido residual y de sustancias orgánicas es separado del CO por Cromatografía de gases.

EQUIPOS Y SUMINISTROS.

2.1 Recolección de la Muestra.

Igual que el método 10A.

2.2 Análisis de la muestra.

2.2.1 Un analizador cromatógrafo de gases.

2.2.2 Columna de Separación. Una columna con capacidad de separar el CO del CO₂ y compuestos orgánicos que podrían estar presentes.

2.2.3 Reductor Catalítico. El mismo que en el método 25.

2.2.4 Sistema de inyección de la muestra. El mismo que el método 25.

2.2.5 Detector por ionización en flama. Debe tener un rango mínimo de 10 a 1000 ppm de CO.

3 PROCEDIMIENTO

Igual que el Método 10A.

3.1 Procedimiento Analítico

Preparación del análisis. Antes de iniciar la rutina de operación con el cromatógrafo de gases, verifique la calibración de este equipo. Establezca una apropiada razón de flujo y un detector de temperatura para el instrumento usado.

4 CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Realice los cálculos que se muestran a continuación, y aproxímelos hasta que obtenga los resultados finales:

Nomenclatura:

Nomenclatura:

A: Promedio de Área muestreada.

A_r: Absorbancia del blanco.

B_w: Contenido de Humedad en la bolsa de la muestra.

VERSION NO APROBADA

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

C: Concentración de CO del gas en la chimenea, en base seca. (ppm)
C_b: Concentración de CO en la bolsa de la muestra, en base seca (ppm)
F: Fracción de volumen de CO₂ en la chimenea.
P_{bar}: Presión Barométrica. mm Hg
P_w: Presión de vapor de agua en la bolsa (mm Hg)
R: Factor de calibración, area/ppm.

Calculo de concentración de CO en la bolsa. Se debe calcular el valor C_b usando la ecuación 1 y 2. Si la condensación es visible en la bolsa tedlar, entonces calcule B_w usando la tabla 10A-2 del método 10A y la temperatura y presión barométrica en el laboratorio. Si la condensación no es visible, calcule el valor B_w usando la temperatura y presión barométrica del sitio del muestreo.

$$B_w = \frac{P_w}{P_{bar}}$$

Ecuación 1.

$$C_b = \frac{A}{R(1 - B_w)}$$

Ecuación 2.

Luego se calcula la concentración de CO en la chimenea.

$$C_b = C_b(1 - F)$$

Ecuación 3.

MÉTODO 23. DETERMINACIÓN DE DIBENZO-P-DIOXINAS POLICLORADAS Y DIENZOFURANOS POLICLORADOS EN INCINERADORES DE RESIDUOS MUNICIPALES

1 APLICABILIDAD.

VERSION NO APROBADA

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

Este método es aplicable a la determinación de emisiones de dibenzo-p-dioxinas policlorinadas y dibenzofuranos policlorinados en fuentes estacionarias.

2 EQUIPOS Y APARATOS.

2.1 Muestreo.

El esquema del tren de muestreo se muestra en la Figura 23.1. Las grasas sellantes pueden ser no usadas en el ensamble del tren de muestro. El tren es idéntico, al que se describió en el método 5, con las siguientes adiciones:

- 2.1.1 Boquilla. La boquilla debería ser fabricada en níquel, y enchapado en acero inoxidable, Cuarzo ó cristal de borosilicato.
- 2.1.2 Líneas de Transferencia de la Muestra. Las líneas de transferencia, si es necesario, deben ser calentadas. El montaje debe permitir que el sistema esté libre de fugas, usando grasa como sellante del ensamble, estas líneas deberá ser lo más corta posible y deberá mantenerse a 120°C.
- 2.1.3 Soporte del Filtro. Preferiblemente con alambre de teflón.
- 2.1.4 Baño de agua. Termostáticamente controlado para mantener al temperatura del gas a la salida del condensador en 20°C. (68°C).

2.2 Recuperación de la Muestra.

- 2.2.1 Botellas de lavado. De teflón de 500 ml.
- 2.2.2 Contenedor de almacenamiento de filtros. Debe estar completamente sellado, en cristal color ámbar, con capas de teflón para cubrir la caja petri.
- 2.2.3 Contenedor de almacenamiento metálico. Debe ser un contenedor resistente a la intemperie para el almacenamiento de la silica gel.
- 2.2.4 Cilindro Graduado. De cristal, con capacidad de 250 ml, con graduaciones de 2 ml.
- 2.2.5 Contenedores de cristal para el almacenamiento de la muestra. Botellas de cristal color ámbar.

2.3 Análisis.

- 2.3.1 Contenedores de la Muestra. 125 y 250 ml de capacidad, para realizar el encapsulamiento con capas de teflón.
- 2.3.2 Tubos de Ensayo. En Cristal.
- 2.3.3 Aparato de extracción soxhlet: Capaz de contener dedales de extracción de 43 x 123 mm.
- 2.3.4 Dedal de extracción: Cristal, celulosa prelavada ó fibra de vidrio.
- 2.3.5 Pipetas Pasterur. Para la preparación de las columnas líquidas cromatográficas.
- 2.3.6 Evaporador rotativo. Buchi/Brinkman RF 121 ó su equivalente.
- 2.3.7 Evaporador de Concentración de Nitrógeno. N-Evap. Evaporador analítico Modelo III ó su equivalente.
- 2.3.8 Embudos de separación. De cristal. Con capacidad de 2 litros.
- 2.3.9 Cromatógrafo de gases. Compuesto de lo siguiente.
- 2.3.10 Horno. Con capacidad de mantener una separación de la columnas a unas condiciones propias de operación de +/- 10°C y de incrementos programados de temperatura a una razón de por lo menos 40°C/minuto.
- 2.3.11 Medidores de temperatura. Para monitorear el horno, y verificar cambios de temperatura de +/- 1°C.

VERSION NO APROBADA

- 2.3.12 Sistemas de flujo. El sistema de medición de humedad en el gas, en el combustible, los gases de combustión y el flujo del gas.
- 2.3.13 Columnas Capilares. Una columna de silica fundida, con un diámetro interno de 60 x 0.25 mm (DI), cubierta con DB 5 y una columna fundida de silica 30 x 0.25mm de (DI) cubierto con DB 225.
- 2.3.14 Espectrofotómetro másico. Con una rutina de operación a una resolución de 1:10000 con estabilidad de +/- 5 ppm.
- 2.3.15 Sistema de información. Compatible con el espectrofotómetro de gases y capaz de monitorear por lo menos cinco grupos de 25 iones.
- 2.3.16 Balanza analítica. Para realizar medición con 0.1 mg de exactitud.

3 REACTIVOS

3.1 Muestreo

- 3.1.1 Filtros. Filtros en fibra de vidrio. Sin fase orgánica, deben tener por lo menos un 99.95% de eficiencia (<0.05 % de penetración), La evaluación de la eficiencia del filtro se debería realizar de acuerdo con el ASTM Standar Method D 2986-71.
- 3.1.2 Prelimpiado. Todos los filtros deberían ser limpiados previamente a su uso. Coloque un dedal de extracción de cristal y 1g de silica gel y tape con lana de vidrio dentro del aparato soxhlet. Cargue el aparato con tolueno y realice reflujo por un tiempo mínimo de 3 horas. Remueva el tolueno y deséchelo, pero retenga la silica gel. Coloque no más de 50 filtros en el dedal hacia la cama de silica gel y cubra con lana de vidrio limpia. Cargue el aparato Soxhlet con tolueno y realice reflujo por 16 horas. Luego de la extracción, deje que el aparato se enfríe, remueva los filtros y séquelos bajo una lluvia de Nitrógeno limpio (N₂). Coloque los filtros en la caja de petri y selle con teflón.
- 3.1.3 Resina Absorbente. El procedimiento puede llevarse a cado en el extractor soxhlet. Resina XAD-2 Amberlita, debe ser lavada y limpiada antes de su uso.
 - 3.1.3.1 Secado.
 - 3.1.3.1.1 Columna de secado. Un tubo pirex, con diámetro interno de 10.2 cm y longitud de 0.6 m con retenedores.
 - 3.1.3.1.2 Procedimiento. El absorbente debería ser secado por medio de un gas inerte, Nitrógeno líquido podría permitir que el gas quede libre de contaminantes orgánicos. Conecte el cilindro de nitrógeno líquido a la columna por medio de un tubo de cobre de Diámetro interno de 0.95m que debe estar cubierto por un calentador. Una fuente conveniente de calentamiento es un baño de agua calentado por medio de una línea de calor. La temperatura final del nitrógeno debería únicamente alrededor de 40°C. Continué con el flujo de nitrógeno hasta que el solvente residual sea removido. La razón de flujo debe ser lo suficientemente suave como para agitar las partículas, pero lo excesivamente fuerte como para romperlas.
 - 3.1.3.2 Verificación del control de calidad. El absorbente se debe chequear para verificar presencia de tolueno residual antes de su uso.
 - 3.1.3.2.1 Análisis. Inyecte una muestra de 2µl del extractor, en el cromatógrafo de gases operando bajo las siguientes condiciones.

VERSION NO APROBADA

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

Columna: contenedor de acero inoxidable de 6 ft x 1/8 in
Portador del gas: Helio a un flujo de 30 ml/min
Detector: Ionizador de llama operado a una sensibilidad de 4×10^{-11} A/mV.
Puerto de inyección de temperatura: 250°C
Detector de temperatura: 305 °C
Temperatura del horno: 30°C por 4 minutos. Programado para incrementos de 40°C/min hasta que alcance 250°C y retorne a 30°C luego de 17 minutos.-

3.1.3.3 Almacenamiento. El absorbente debería ser usado dentro de las 4 semanas posteriores al lavado, este debe ser almacenado en un contenedor de vidrio color ámbar sellado con teflón.

3.1.4 Lana de vidrio. Limpiado por medio de una inmersión secuencial en tres alícuotas de cloruro de metileno, secar en un horno a 110°C, y almacenar en un contenedor previamente lavado con cloruro de metileno y sellado con teflón.

3.1.5 Agua. Destilada y desionizada, almacenada en un contenedor de vidrio enjuagada con cloruro de metileno y sellada con teflón.

3.1.6 Silica gel. Con un maya entre 6 y 16. Si ha sido previamente usada, se debe secar a 175°C por dos horas. Si es nueva esto no es necesario. Se pueden utilizar otro tipo de secantes alternativos, aprobados previamente por la autoridad ambiental.

3.1.7 Solución limpiadora de Acido Crómico. Disolver 20 g de dicromato de sodio en 15 ml de agua, luego cuidadosamente adicione 400 ml de Acido Sulfúrico.

3.2 Recuperación de la Muestra.

3.2.1 Acetona,

3.2.2 Cloruro de Metileno,

3.2.3 Tolueno.

3.3 Análisis.

3.3.1 Hidróxido de Potasio, Sulfato de Sodio, Acido Sulfúrico, Hidróxido de sodio, Hexano, Cloruro de Metileno, Benceno, Acetato de etilo, Tolueno, Aluminio basica, además:

3.3.2 Silica gel. Esta debe ser activada, calentándola por lo menos a 180°C durante 30 minutos. Luego se deja enfriar y se enjuaga con metanol y cloruro de metileno. Se calienta este enjuague a 50°C durante 10 minutos, y luego se incrementa la temperatura gradualmente a 180°C alrededor de 25 minutos, esta temperatura se debe mantener por 90 minutos, se deja enfriar a temperatura ambiente y se almacena en un contenedor de cristal sellado con teflón.

3.3.3 Silica gel impregnada con Acido Sulfúrico. Se combinan 100 g de silica gel con 44 g de acido sulfúrico concentrado y se agita dentro de una botella de vidrio. Se debe agitar con una vara hasta que se forme una mezcla uniforme. Luego almacene en un contenedor de cristal sellado con teflón.

3.3.4 Silica gel impregnada con hidróxido de sodio. Combine 39 g de Hidróxido de sodio 1 N con 100 s de silica gel en una botella de cristal y agite. Disperse los sólidos con una vara hasta que obtenga una mezcla uniforme, almacene la mezcla en un contenedor de cristal y selle con teflón.

4 PROCEDIMIENTO

VERSION NO APROBADA

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

4.1 Muestreo.

4.1.1 Preparación para el muestreo.

- 4.1.1.1 Limpieza de la cristalería. Todos los componentes de vidrio del tren de muestreo, incluyendo el módulo absorbente, debería limpiarse como se describe en el “Manual de Métodos Analíticos para el análisis de efectos de pesticidas en el ambiente y la salud humana”. Se debe tener especial cuidado cuando se remuevan los residuos de silicona y la grasa para sellar el ensamble. Cualquier residuo debería ser removido por medio del enjuague de los implementos de cristal por varias horas en una solución limpiadora de ácido crómico.
- 4.1.1.2 Trampa de absorción. Las trampas deberían ser almacenadas en áreas libres para evitar cualquier tipo de contaminación, por lo anterior no deberían ser expuestas a condiciones de intemperie. Llene la trampa con una cantidad de 20 a 40 g de resina XAD – 2, posteriormente con lana de vidrio y cierre herméticamente. Luego adicione 100 µl de la solución estándar de titulación para cada trampa.
- 4.1.1.3 Tren de Muestreo. Se recomienda que todos los componentes se debe mantener de acuerdo a los procedimientos descritos en el documento APTD-0576
- 4.1.1.4 Silica Gel. Porciones con un peso entre 200 y 300 g de silica gel en contenedores resistentes al aire y con variaciones del peso de silica gel cercano a 0.5 g. en cada contenedor. Como una alternativa la silica gel puede pesar directamente en el impactador ó justamente antes del muestreo.
- 4.1.1.5 Filtro. El filtro se debe verificar con respecto a las irregularidades y fallas por fugas, los filtros se debe almacenar en un recipiente de vidrio limpio.

4.1.2 Determinaciones preliminares. Las mismas establecidas en el método 5.

4.1.3 Preparación para la recolección.

Durante la preparación y el ensamble del tren de muestreo, se deben asegurar que se protegen todos los dispositivos que pueden ser afectados por algún tipo de contaminación.

Se debe disponer 100 ml de agua en el segundo y tercer impactador, dejar el primero y cuarto vacíos, y transferir aproximadamente de 200 a 300 g de silica gel, previamente pesados al quinto impactador.

Ensamble del tren de muestreo. Como se muestra en la figura 23-1.

Accione el módulo de absorción y la bomba de recirculación e inicie el monitoreo para permitir que el gas entre al modulo absorbente. Asegúrese de las condiciones de temperatura. Es sumamente importante que la resina absorbente de XAD-2 nunca exceda una temperatura de 50°C por que podría ocurrir una descomposición térmica. Durante el muestreo la temperatura del XAD-2 no debe exceder 20°C para capturar eficientemente Dibenzo-p-dioxinas Policloradas y dibenzofuranos policlorados.

4.1.4 Procedimiento para la verificación de fugas. Igual que en el método 5.

4.1.5 Operación del tren de muestreo. Igual que en el método 5.

4.2 Recolección de la muestra.

VERSION NO APROBADA

Un apropiado procedimiento de limpieza, comienza tan pronto la sonda es removida de la chimenea al final del periodo de monitoreo. La boquilla al final del muestreo debe ser sellada con teflón ó lámina de aluminio.

Transfiera la sonda y el impactador a una zona limpia, está área debería estar limpia y encerrada para que el riesgo de contaminación sea mínimo.

Contenedor No. 1. El filtro debe ser removido cuidadosamente del porta filtro y colocado en un contenedor debidamente identificado, no coloque el filtro en un recipiente ó lámina metálica. Utilice un par de pinzas para manipular el filtro, si es necesario pliegue el filtro, asegurándose que la cara que recibió las partículas quede hacia dentro. Cuidadosamente transfiera al contenedor el material particulado e identifique este con los datos de quien manipulo este.

Modulo Absorbente. Remueva el modulo del tren de muestreo, cierre herméticamente ambos extremos, etiquételo y almacene en hielo durante el transporte el laboratorio.

Contenedor No. 2. Registre la cuantificación del material depositado en la boquilla, las líneas de transferencia de la sonda, la parte frontal del porta filtro. En el ciclón, si este ha sido usado, esto por medio del barrido suave y el enjuague triple con acetona y luego enjuague la sonda tres veces cloruro de metileno. Recolecte los enjuagues en el contenedor No. 2 y registre el nivel del líquido en el contenedor.

Contenedor No. 3. Repita el enjuague con el cloruro de metileno como se describió anteriormente, usando Tolueno como solvente de enjuague. Recolecte los enjuagues en el contenedor No. 3 y marque el nivel del líquido en el contenedor.

Impactadores de agua. Mida en los primeros cuatro impactadores una cantidad de 1 ml usando un cilindro graduado, ó por medio de una balanza con un peso de 0.5 g. Registre el volumen ó el peso. Esta información es necesaria para el cálculo del contenido de humedad en el gas de salida.

Silica gel. Verifique el color de indicación de la silica gel para determinar si ha sido completamente gastado y mencione esta condición. Transfiera la silica gel desde el quito impactador al contenedor original.

5 ANALISIS

5.1 Extracción de la Muestra.

Sistema de extracción. Ubique el extractor con 1 g de silica gel, y tapone con lana de vidrio dentro del extractor soxhlet. Cargue el aparato con tolueno, y realice reflujo por un tiempo de 3 horas. Remueva el tolueno asegurándose de retener la silica gel.

Contenedor No. 1. (Filtro). Transfiera el contenido directamente al dedal de cristal y simultáneamente extráigalos con la resina de XAD-2.

Cartucho absorbente. Suspender el módulo absorbente directamente sobre el dedal de extracción en el Beaker. Utilizando el teflón para sellar la botella que contiene tolueno. Se debe enjuagar el módulo de vidrio, asegurando que los enjuagues sean contenidos en el Beaker. Si la

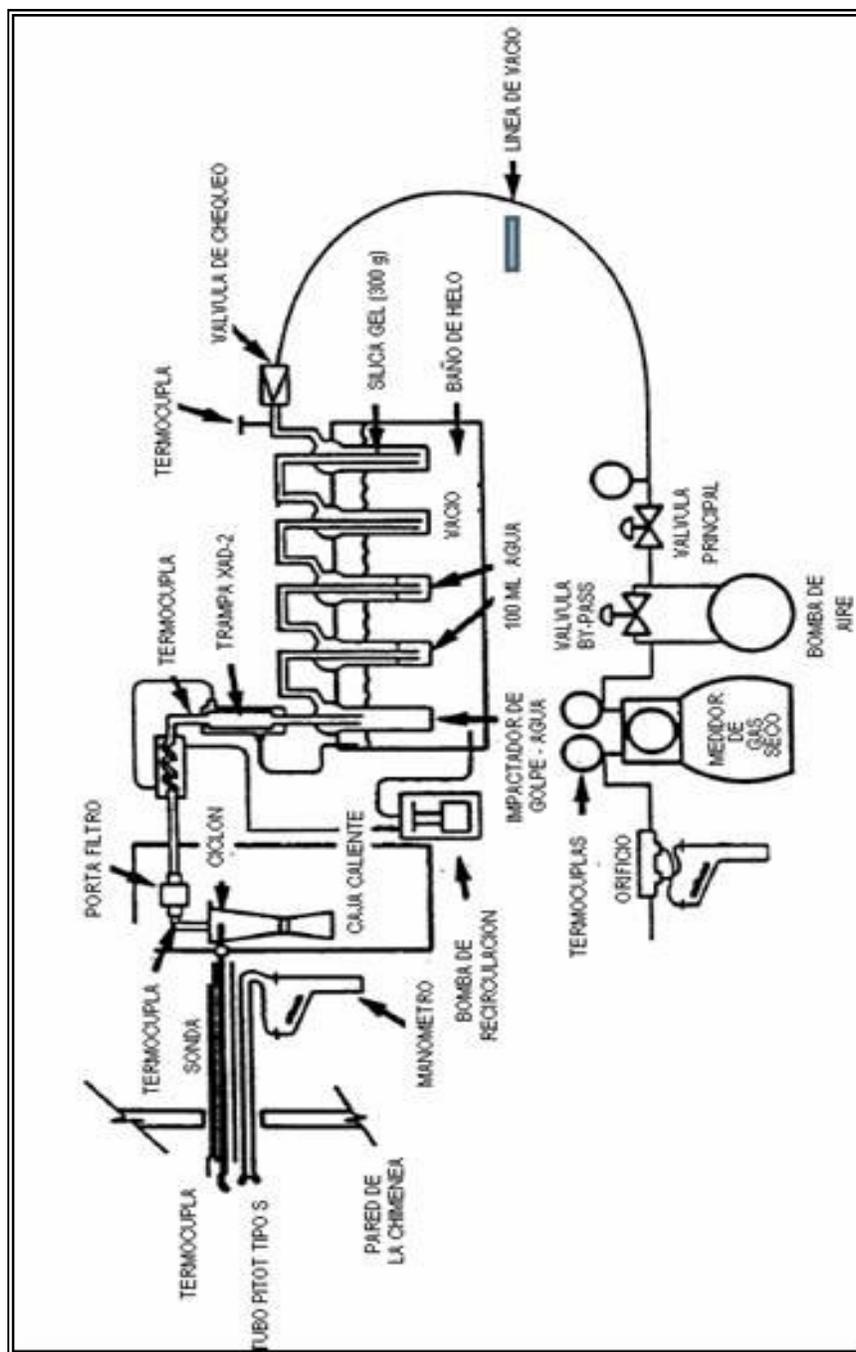
VERSION NO APROBADA

resina es humedecida, una extracción efectiva puede ser permitir que la resina se afloje el interior del dedal, agregue el XAD-2 y tapone el dedal con lana de vidrio.

Contenedor No. 2 (Acetona y Cloruro de Metileno) Concentre la muestra en una relación de volumen de 1-2 ml usando el evaporador rotatorio a una temperatura de por lo menos 37°C. Enjuague el contenedor de la muestra tres veces con pequeñas porciones de cloruro de metileno y adicione este a la solución concentrada y concéntrelo hasta que esté cerca de secarlo Este residuo contiene material particulado removido en el enjuague de la sonda del tren de monitoreo y la boquilla. Adicione el concentrado al filtro y la resina XAD-2 en el extractor Soxhlet.

Extracción. Adicionar 100 µl de la solución estándar interna, para extraer el contenido del dedal y del cartucho de absorción, el contenido del contenedor No. 1 y el concentrado que se preparó en el contenedor No. 2. Cubra los contenidos del dedal de extracción con lana de vidrio limpia para prevenir que el XAD-2 flote al interior del solvente extractor. Ubique el dedal en el extractor y adicione el tolueno contenido en el Beaker al depósito del solvente. Llène con tolueno hasta llegar a un nivel de 2/3 en el depósito. Agregue el teflón y ensamble el aparato. Ajuste la fuente de calor para generar un ciclo de extracción de tres veces por hora. Extraiga la muestra por 16 horas, luego de la extracción, deje que el equipo soxhlet se enfríe. Transfiera el tolueno extraído y tres enjuagues de 10 ml al evaporador rotativo. Concentre el extracto a aproximadamente 10 ml. En este punto de podría elegir si separar la muestra en dos partes iguales. Si este es el caso, entonces almacene una de las dos partes de la muestra para usarla posteriormente y analice la otra se acuerdo al procedimiento que se muestra a continuación. En caso contrario utilice un reductor de concentración de nitrógeno, para reducir el volumen de la muestra hasta que esté a punto de secarse. Disuelva el remanente en 5 ml de hexano.

Figura 23-1 Tren de Muestreo



Contenedor No. 3 Adicione 100 μ l de la solución estándar interna al contenido del contenedor. Concentre la muestra en un volumen de 1-5 ml usando un evaporador rotativo a una temperatura no menor a 37°C enjuague el contenedor de la muestra tres veces con pequeñas porciones de tolueno y adicione estos a la solución concentrada y concéntrelo hasta antes de que se seque. Analice el extracto separadamente de acuerdo con el procedimiento que se muestra a continuación, pero concentre la solución en el evaporador rotativo, preferiblemente que en un evaporador de concentración de nitrógeno

VERSION NO APROBADA

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

5.2 Limpieza y Fraccionamiento de la Muestra.

Columna de sílica gel. Empaque la columna de cristal, 20 mm x 230 mm, con lana de vidrio. Adicione en secuencia, 1 g de sílica, 2 g sílica gel impregnada de hidróxido de sodio, 1 g de sílica gel, 4 g de sílica gel modificada en cuanto al nivel de ácido y 1 g de sílica gel. Lave la columna con 30 litros de hexano y deseche. Adicione el extracto de la muestra, disuelva en 5 ml de hexano en la columna con dos enjuagues adicionales de 5 ml. Concentre esta solución a un volumen cercano a 1 ml usando el evaporador de concentración de nitrógeno.

Columna de Alúmina Básica. Reduzca en la pipeta los 2 ml disponibles a 16 ml, empáquelo en la sección baja con lana de vidrio y 12 g de alúmina básica. Transfiera el extracto concentrado desde la columna de sílica gel a la parte de arriba de la columna de alúmina básica y lave secuencialmente con 120 ml de cloruro de metileno al 5% en hexano y posteriormente 120 ml de cloruro de metileno al 35% en hexano. Deseche los primeros 120 ml. Luego colecte los otros 120 ml y concéntralo hasta 0.5 ml usando el evaporador de concentración de hidrógeno.

5.3 Análisis.

Se debe analizar la muestra con un cromatógrafo de gases acompañado de un espectrómetro de masas usando los parámetros y condiciones que se describen a continuación referente a los dos equipos. Se deben adicionar 20 µl de alícuota de la solución estándar recuperada de la Tabla 1 del presente método para cada una de las muestras. 2 µl de una alícuota del extracto es inyectada en el cromatógrafo de gases. Las muestras extraídas son analizadas primero usando una columna capilar para determinar la concentración de cada isómero de PCDD's y PCDF's. Si se detectan Dibenzofuranos tetraclorinados en el análisis, se debe analizar otra alícuota de muestra en una corrida diferente usando una columna para medir el isómero 2,3,7,8 tetra-cloro dibenzofurano. Se puede utilizar otro sistema de columna, siempre y cuando se demuestre la calibración del instrumento y se verifique el desempeño del sistema de columna empleado.

5.3.1 Condiciones de Operación del Cromatógrafo de gases.

5.3.1.1 Inyector. Configurado para columna capilar, separaciones de por lo menos 250°C.

5.3.1.2 Portador del gas. Helio 1 -2 ml/min

5.3.1.3 Horno. Inicialmente a 150°C. incrementos de por lo menos 40°C/min a 190°C/min y luego a 300°C.

5.3.2 Espectrofotómetro Másico de alta resolución.

5.3.2.1 Resolución. 10.000 m/e

5.3.2.2 Modo de Ionización. Impacto Electrónico.

5.3.2.3 Temperatura de la fuente. 250°C.

5.3.2.4 Modo de Monitoreo: Monitoreo de selección de iones. En la tabla No. 3 se muestra la variedad de iones que pueden ser monitoreados.

5.3.2.5 Criterios de Identificación. A continuación se presentan los criterios de identificación que deberían ser usados para la caracterización de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados.

La proporción integrada de iones (M/M + 2 ó M + 2/M + 4) debería estar entre un valor de 15% de valor teórico. El rango de aceptabilidad de iones abundantes (+/- 15%) para la identificación del contenido de cloro se encuentran en la tabla 4 de este método.

El tiempo de retención para el análisis debería ser de tres segundos para que corresponda con la norma de etiquetado interno y la norma alternativa.

VERSION NO APROBADA

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

El monitoreo de iones, mostrado en la tabla 3, alcanzara su máximo valor dentro de 2 segundo de cada uno de los otros.

La identificación de isómeros específicos que no tienen correspondencia, con los estándares, por comparación del tiempo de retención relativo. (TRR) analizando con respecto al tiempo de retención de referencia.

El signo de ruido para todos los iones monitoreados debe ser superior a 2.5

5.3.2.6 Cuantificación. Las máximas áreas para los dos iones monitoreados en cada análisis son sumados para lograr un rendimiento total en cada análisis. Cada estándar interno es usado para cuantificar dibenzo-p-dioxinas policloradas y dienzofuranos policlorados en estas series homogéneas.

6 CALCULOS

Igual que en el método 5, con las siguientes adiciones

Nomenclatura.

Aai: Ion Actual en el momento del ruido, en el análisis de tiempo de retención.

A* ci: Ion actual de los dos iones característicos del estándar interno (i) en la calibración estándar.

Acij: Ion Actual de los dos iones característicos del compuesto (i) en la calibración estándar.

A*cij: Ion actual de los dos iones característicos del estándar interno en la calibración estándar.

Asci: Ion actual de los dos iones característicos del compuesto alternativo (i) en la calibración estándar.

Ai: Ion actual de los dos iones característicos del componente (i) en la muestra.

A*i: Ion actual de los dos iones característicos en el estándar interno (i) en la muestra.

Ars: Ion actuales de los dos iones característicos de la recuperación estándar.

Asi: Ion actual de los dos iones característicos de los componentes (i) en la muestra.

Ci: Concentración de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados (i) en la muestra pg/m³

C_T: Concentración total de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados en la muestra. Pg/m³.

m_{ci}: Masa del componente (i) en la calibración estándar inyectada al analizador (pg).

m*_{ci}: Masa del componente etiquetado (i) en la calibración estándar inyectada al analizador, (pg)

m*_i: Masa del estándar interno (i) adicionado a la muestra. (pg)

m_{rs}: Masa de recuperación estándar en la calibración estándar, inyectada en el analizador. (pg)

m_s: Masa del compuesto sustituto en la muestra que va a ser analizada. (pg)

m_{si}: Masa del componente sustituto (i) en la calibración estándar. (pg).

RRF_i: Factor de respuesta para el compuesto (i)

RRF_{rs}: Factor de respuesta de recuperación estándar.

RRF_s: Factor de respuesta del compuesto sustituto.

V_{m(std)}: Volumen medido de la muestra en la corrida. (dscm).

Cálculos

Promedio del Factor de respuesta relativo.

VERSION NO APROBADA

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

$$RRF_{i_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{A_{cij} m^x_{ci}}{A^x_{cij} m_{ci}}$$

Ecuación 1.

Concentración de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados

$$Ci = \frac{m^x_i A_i}{A_i RRF_i Vm(std)}$$

Ecuación 2.

Factor de respuesta de recuperación estándar.

$$RRF_{sr} = \frac{A^x_{ci} m_{rs}}{A_{rs} m^x_{ci}}$$

Ecuación 3.

Recuperación de estándar interior (R*)

$$R^x = \frac{A^x_i m_{rs}}{A_{rs} RRF_{rs} m^x_i} \times 100\%$$

Ecuación 4.

Factor de respuesta al compuesto sustituto.

$$RRF_s = \frac{A^x_{ci} m_{ci}}{A_{sci} m^x_{ci}}$$

Ecuación 5.

Recolección del compuesto sustituto. (R_s).

$$R_s = \frac{A_{si} m^x_i}{A^x_i RRF_s m_s}$$

Ecuación 6.

Mínimo límite detectable. (MDL).

$$MDL = \frac{2.5 A_{si} m^x_1}{A^x_{ci} RRF_i}$$

Ecuación 7.

Concentración total de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados en la muestra.

VERSION NO APROBADA

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

$$C_T = \sum_{i=1}^n C_i$$

Cualquier de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados que sean reportados como no detectables, deberían ser contados como cero con el propósito de calcular la concentración total de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados en la muestra.

Tabla 1. Composición de la muestra y recuperación de soluciones estándar

Compuesto de interés analítico	Concentración (pg/μl)
Estándares Internos	
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDD	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDD	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDD	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	100
¹³ C ₁₂ -OCDD	100
¹³ C ₁₂ -2,3,7,8-TCDF	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,7,8-PeCDF	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,6,7,8-HxCDF	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	100
Sustitutos de Estándares	
³⁷ Cl ₄ -2,3,7,8-TCDD	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8-HxCDD	100
¹³ C ₁₂ -2,3,4,7,8-PeCDF	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,6,7,8-HxCDF	100
¹³ C ₁₂ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	100
Estándares de Recuperación	
¹³ Cl ₁₂ -1,2,3,4-TCDD	100
¹³ Cl ₁₂ -1,2,3,7,8,9-HxCDD	100

ANEXO 4. CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA REALIZAR EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA

VERSION NO APROBADA

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

En general, la evaluación de emisiones atmosféricas mediante medición directa debe comenzar mínimo 30 minutos después de iniciada la operación de la planta o sistema productivo y debe finalizar antes de que se detenga el proceso productivo.

El monitoreo debe realizarse solamente bajo condiciones de operación superiores o iguales al 90% del promedio de los últimos doce (12) meses de cada una de las calderas evaluadas o de los productos elaborados en el caso de procesos productivos. Esto con el objetivo que el volumen sea representativo.

Cuando el establecimiento posea un número elevado de puntos de emisión, este podrá seleccionar algunas chimeneas como representativas de otras existentes siempre que se demuestre a satisfacción de la autoridad ambiental competente que los puntos de emisión seleccionados producirán resultados comparables.

Durante las pruebas o corridas que se realicen para verificar el cumplimiento normativo, se deben monitorear simultáneamente las variables de control de proceso, para determinar las condiciones de operación, como pruebas que certifican el correcto funcionamiento del sistema.

Cuando el establecimiento emplee mezcla de dos combustibles en la operación normal de la fuente de combustión, se deben realizar dos pruebas o corridas, una para cada combustible a no ser que utilice uno de los combustibles más del 95% de las horas de operación, según lo establecido en la resolución 909 del 5 de junio del 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya.

Análisis de gases

Para la realización del análisis de gases se debe emplear el método 3 y 3B, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Método 3B: Empleando la técnica de muestreo integrado o puntual en el mismo sitio de toma de muestra de material particulado.

Método 3: Se debe emplear la técnica de muestreo integrado.

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 muestreo si el flujo de las emisiones se encuentra a temperatura ambiente. Para emisiones con temperatura por encima de la temperatura ambiente el tren de muestreo del Método 5 se debe operar con la sonda y el porta filtro a una temperatura levemente superior a la temperatura ambiente, la cual no puede exceder 121 °C (250 ° F), para prevenir la condensación en el sistema.

Se debe emplear el Método 5 para filtros de manga trabajando a presión negativa y cualquier otro tipo de equipo de control, pero se debe emplear el Método 5D en filtros de manga que operen a presión positiva.

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

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

VERSION NO APROBADA

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

Se emplea el Método 17 cuando las emisiones son afectadas o no por lavadores húmedos, pero cuando la temperatura no exceda 160 °C (320 °F). 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 descargadas de un lavador húmedo

Para el Método 5 o el Método 5B, la temperatura en la sonda y en el porta filtro debe ser de 160 ± 14 °C (320 ± 25 °F).

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

Adicionalmente, se deben contemplar las siguientes situaciones:

Método 5F para emisiones que no posean sistema de control de emisiones de azufre por vía húmeda

Método 5B para emisiones tratadas con y sin sistema de control de emisiones de azufre por vía húmeda

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 o 25^a mientras que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adopta la Guía para el Control, Monitoreo y Seguimiento de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

Cuantificación de la emisión de NO_x

Se debe emplear el Método 7 para determinar la emisión de NO_x. El sitio de muestreo es el mismo que para la determinación de SO₂. Una prueba o corrida se realiza tomando cuatro (4) muestras puntuales, cada una tomada a intervalos de quince (15) minutos. Igualmente se debe tomar una muestra simultánea de oxígeno, y en el mismo sitio de muestreo, puntuales, empleando el Método 3B. La tasa de emisión se debe calcular para cada muestra NO_x y oxígeno. La emisión de cada prueba o corrida se determina del promedio aritmético de los resultados de los cuatro pares de muestras.

Se puede emplear el Método 7, 7A, 7C, 7D o 7E. Si se emplean los Métodos 7C, 7D, o 7E, el tiempo de muestreo de cada corrida o prueba debe ser de al menos una hora y se debe realizar simultáneamente con el muestreo integrado de oxígeno.

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

Cuando se lleven a cabo los Métodos 11, 15, 15A, o 16, los gases que ingresan al tren de muestreo deben estar casi 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 muestreo sin la bomba de vacío, se puede eliminar la bomba de vacío del tren de muestreo. El punto de muestreo se debe ubicar cerca del eje central de la chimenea.

Para el Método 11, el tiempo de muestreo 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

VERSION NO APROBADA

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

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 muestreo superiores a 20 minutos puede conducir al agotamiento de la solución absorbente, sin embargo, gases de combustibles que poseen bajas concentraciones de H₂S pueden necesitar tiempos de muestreo superiores.

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

Se debe emplear el Método 15 para determinar las concentraciones de azufre reducido y H₂S, cada prueba o corrida se obtiene a partir de dieciséis muestras tomadas por encima de un mínimo de 3 horas. El punto de muestreo deberá ser el mismo del Método 6. Para asegurar un tiempo de residencia mínimo dentro de la línea de muestreo, el tiempo de muestreo debe ser de al menos 3 litros por minuto (0,10 cfm). El SO₂ equivalente para cada corrida se debe calcular después de corregir la humedad, como el promedio aritmético del SO₂ equivalente para cada muestra durante la corrida. Se debe emplear el Método 4 para determinar el contenido de humedad. El tiempo de muestreo para cada muestra deberá ser igual al tiempo que toma para cuatro muestras del Método 15.

Cuantificación de las emisiones de SO₂ y H₂SO₄

Para la utilización del Método 6 la muestra se debe tomar a una tasa de aproximadamente 2 litros/min. El punto de muestreo del Método 6 o 6C debe estar adyacente al Método 4; el cual se utiliza para determinar la humedad en los gases de chimenea. El tiempo de muestreo 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 tiempo de muestreo de cada muestra deberá ser igual al tiempo que toma para tomar dos muestras del Método 6. 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 SO₂ se debe emplear el Método 6. El sitio de muestreo deberá ser el mismo que fue utilizado para la toma de la muestra de material particulado, y localizar en el eje central del área transversal de la chimenea a un punto no cercano a un metro de la pared de la chimenea, si la chimenea tiene un diámetro superior a dos metros. El tiempo de muestreo y volumen de la muestra deberá ser de al menos veinte minutos y 0,020 dscm (0,71 dscf), se deben tomar dos muestras durante una hora, con un intervalo que no supere los treinta minutos. Se debe igualmente tomar muestra simultánea con el Método 3B para el análisis de oxígeno, de acuerdo a lo establecido en el Método 5.

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 °C (320 °C). 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 se halla 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.

VERSION NO APROBADA

Se puede realizar determinación simultánea de Material Particulado y SO₂, empleando el Método 5 teniendo en cuenta las siguientes modificaciones. El filtro e impactador de las secciones 2.1.5 y 2.1.6 del Método 8 se emplean en lugar del condensador de la sección 2.1.7 del Método.

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

El proceso de cocción consta de tres etapas fundamentales que son: el precalentamiento, el tratamiento térmico, que es el que se desarrolla a la máxima temperatura y por último el enfriamiento.

Existen dos clases de procesos, los que se desarrollan de manera continua y los que se desarrollan de manera discontinua. En el caso de los primeros y como su nombre lo indica el proceso no se interrumpe de una manera ordinaria, en otras palabras las etapas de precalentamiento, tratamiento térmico a máxima temperatura y enfriamiento se llevan a cabo de una manera permanente y no cíclica; así mismo la operación de cargue y descargue de material cocido y por cocer es permanente. Algunos de estos hornos son:

- Horno de rodillos
- Horno túnel
- Horno Hoffman
- Horno zigzag continuo
- Horno tipo "H" continuo
- Horno de cámaras paralelas continuo

En el caso de los hornos discontinuos, el proceso se realiza por ciclos y únicamente se puede volver a iniciar el proceso desde el comienzo una vez ha sido extraída toda la carga cocida y renovada por una nueva carga. Algunos de estos hornos son:

- Horno de llama invertida colmena
- Horno de llama invertida baúl
- Horno de llama invertida vagón
- Horno de zigzag intermitente

Las mediciones directas 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 el muestreo sean representativos del proceso de fabricación de productos de cerámica refractaria no refractaria y de arcilla.

ANEXO 5. SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

VERSION NO APROBADA

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

REQUISITOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

A continuación se presentan los requerimientos de funcionamiento de algunos sistemas de monitoreo y medición de los procesos de producción y sistemas de control de emisiones atmosféricas.

SISTEMAS DE MONITOREO

Sistema de alimentación

La instalación de los sistemas de alimentación es indispensable para determinar la capacidad de producción, siendo una herramienta para verificar el cumplimiento de la normatividad de emisión frente a la capacidad de producción instalada, o capacidad de producción para la cual se concede el permiso de emisiones atmosféricas. Adicionalmente, esta información es útil para determinar los factores de emisión de la actividad industrial.

Es indispensable que los sistemas de medición de flujo y de sustancias (materias primas o productos), que se instalen sean calibrados periódicamente, a intervalos inferiores de un (1) año.

La precisión del sistema de medición de flujo debe ser del 5% de lectura. Sin embargo, si el sistema que se emplea es por pesado, la precisión de la balanza debe ser también del 5% de su rango de operación y no se requiere de un sistema de medición de flujo.

Sistema de medición de temperatura

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

Consumo de potencia

Los hornos de calentamiento, fusión o fundición, que utilicen energía eléctrica para su funcionamiento pueden llevar un registro de producción en función de la potencia consumida, en este caso el establecimiento debe instalar, calibrar, mantener y operar un sistema de medición y registro continuo de la potencia consumida por el horno, esta se puede medir a la salida o entrada del transformador. El instrumento de medición debe tener una precisión de $\pm 5\%$ del rango de operación

SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

VERSION NO APROBADA

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

El establecimiento deberá suministrar la información necesaria de los sistemas de control de emisiones, a la autoridad ambiental donde describa la operación del mismo, como también las variables de operación que indiquen que el sistema funciona u opera adecuadamente, y que se encuentra en condiciones adecuadas después de realizar mantenimiento.

Generalmente la eficiencia de los sistemas de control de emisiones está asociada a la caída de presión del flujo de gases, a través del sistema, como en el caso del ciclón. Por ello es requisito indispensable que los sistemas de medición de presión que se instalen sean calibrados periódicamente, a intervalos de tiempo inferiores de 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 monitoreo que se instale debe tener una precisión del 5% de su rango de operación.

Otro parámetro que se debe monitorear continuamente, es el voltaje con el cual se alimenta el sistema de control, debido a que en algunos casos como el precipitador electrostático, su eficiencia depende directamente de este.

Quemador de gases

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

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

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.

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.

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.

VERSION NO APROBADA

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

El establecimiento 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 con las siguientes características:

Donde se emplee un incinerador térmico, se debe instalar un dispositivo de medición de temperatura en el hogar.

Cuando se emplee 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 $\pm 2.5^\circ \text{C}$.

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 o magnéticos.

La temperatura que se mida en el incinerador no debe mostrar una diferencia superior a 28°C por debajo de la temperatura promedio alcanzada durante la última evaluación de las emisiones.

Lavador húmedo

El establecimiento que emplee un lavador húmedo 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 la tasa de 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 de la tasa de flujo del líquido también debe ser del 5% de la tasa de flujo de diseño.

Se consideran excedencias a los parámetros de los dispositivos de control, los siguientes:

- La caída de presión en el lavador húmedo es inferior al 80% de la lectura realizada durante el último estudio de emisiones presentado a la autoridad ambiental.
- La tasa de flujo del líquido del lavador húmedo es inferior al 80% o superior al 120% de la lectura realizada durante el último estudio de emisiones presentado a la autoridad ambiental.

Cuando se evalúe la emisión del lavador húmedo, el establecimiento 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 al establecimiento en las funciones de seguimiento y control.

Lavador Venturi

VERSION NO APROBADA

El establecimiento que posea lavador venturi, o lavador de otro tipo, 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 que se instale 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 $\pm 5\%$ de la presión de diseño de suministro de agua.

Sistema de extracción

Este requerimiento se puede realizar a establecimientos que generalmente tienen sistemas de extracción localizada, y no es posible determinar el consumo o producción para la actividad que realizan.

Se puede utilizar como herramienta de verificación de la tasa de flujo volumétrica de gases de emisión, bajo solicitud expresa de la autoridad ambiental, también se puede requerir de manera individual cuando no aplique ninguno de los numerales anteriores. El establecimiento podrá solicitar la utilización de una única medida, pero esta se debe presentar debidamente justificada considerando medidas alternativas.

El establecimiento debe instalar, calibrar, operar y realizar mantenimiento al sistema de medición y registro continuo de la tasa de flujo volumétrica que pasa a través de la campana del sistema de extracción. El instrumento de medición debe tener una precisión de $\pm 10\%$ del rango de operación y se debe calibrar siguiendo las instrucciones del fabricante. La autoridad ambiental podrá exigir al establecimiento que demuestre la exactitud del sistema comparando los resultados con los métodos 1 y 2.

Alternativamente, se puede determinar la tasa de flujo volumétrica que pasa a través del ventilador del sistema de captura de contaminantes a partir de la potencia consumida, la caída de presión a través del ventilador y la curva de desempeño del mismo. El establecimiento deberá mantener un registro permanente de la curva de desempeño del ventilador (preparada para una temperatura específica) y deberá: (a) instalar, calibrar, realizar mantenimiento y operar un sistema de medición y registro continuo de la potencia consumida por el motor del ventilador (medido en kilowatios), (b) instalar, calibrar, realizar mantenimiento y operar un sistema de medición y registro continuo de la caída de presión a través del ventilador. Se deben sincronizar las mediciones de consumo de potencia y caída de presión del ventilador, de modo que se puedan realizar comparaciones reales. Los instrumentos de medición deben tener una precisión de $\pm 5\%$ del rango de operación normal. La tasa de flujo volumétrica de cada ventilador que se emplea en el sistema de captura de contaminantes se determina a partir del consumo de potencia, caída de presión y curva de desempeño del ventilador indicado.

La autoridad ambiental podrá verificar la curva de desempeño del ventilador, monitoreando los parámetros de operación necesarios del ventilador y determinando la cantidad de gas movido, relativo a los métodos 1 y 2.

SUSPENSIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

VERSION NO APROBADA

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

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 la eficiencia de funcionamiento de los mismos. Todas las actividades industriales, de comercio o de servicio que tengan instalados sistemas de control deberán registrar la información pertinente a 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 del sistema instalado requiera un lapso de tiempo superior a tres (3) horas.

PLAN DE CONTINGENCIA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Todas las actividades industriales, de comercio o de servicio que tengan instalados sistemas de control de emisiones atmosféricas deben garantizar que el plan de contingencia de dichos equipos contenga como mínimo la siguiente información:

- Generalidades de la industria
- Identificación de los sistemas de control de emisiones atmosféricas (condiciones de operación, eficiencia de remoción de diseño y eficiencia real de operación)
- Planos de las instalaciones con la ubicación geográfica de los sistemas de control de emisiones
- Identificación y análisis de las posibles fallas que pueden presentar los sistemas de control
- Responsabilidades y funciones referentes al funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de control de emisiones
- Recursos humanos, técnicos y económicos con los cuales se cuenta para solucionar las fallas de los sistemas de control de emisiones
- Procedimientos operativos de respuesta en caso de falla de los sistemas de control de emisiones

ANEXO 6. PRUEBA DE QUEMADO PARA INSTALACIONES DE TRATAMIENTO TÉRMICO

VERSION NO APROBADA

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

La prueba de quemado consiste en la verificación en campo de las condiciones de operación bajo las cuales la instalación de tratamiento térmico realizará lo propio con los diferentes residuos que 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.

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 obtener resultados confiables posterior al desarrollo de la prueba de quemado se debe considerar como mínimo la siguiente información:

- Caracterización física y química de los residuos y/o desechos con los cuales se alimenta el sistema para el desarrollo de la prueba de quemado (es decir, aquellos que serán sometidos a tratamiento térmico)
- Plan para el aseguramiento y control de la calidad del proceso (actividades de control operacional)
- Descripción ingenieril de las instalaciones utilizadas para realizar el tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos
- Procedimientos de muestreo y monitoreo 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)
- Otra información que se considere necesaria

A continuación se muestra la metodología general y las consideraciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de pruebas de quemado en instalaciones que realicen tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos:

La evaluación de una instalación que realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos por medio de una prueba de quemado incluye el análisis del diseño seleccionado y de los parámetros de operación del mismo, que son variables que deben ser consideradas para la autorización tanto del funcionamiento de la instalación de tratamiento térmico como de la inclusión de residuos nuevos a dicho tratamiento. Durante esta evaluación, tanto la autoridad ambiental competente como el solicitante de la prueba de quemado deberán consignar la siguiente información en el informe de dicha prueba:

- Parámetros críticos de operación de la instalación en donde se realiza tratamiento térmico

VERSION NO APROBADA

(Presión, temperatura, razón de alimentación de residuos y/o desechos peligrosos)

- Los parámetros que debe cumplir la instalación que realizar un tratamiento térmico eficiente
- La 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 parámetros establecidos

Posteriormente se debe realizar una comparación de los parámetros de diseño del sistema de tratamiento térmico con los parámetros de control. La revisión de los parámetros de control, permite un análisis consistente del funcionamiento del sistema de tratamiento térmico. Esta revisión también permite determinar si la operación de este sistema cumple con las regulaciones pertinentes y más importante aún, si los parámetros bajo los cuales se está operando el sistema representan un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

Los parámetros de control se dividen en:

- Parámetros del Sistema: Definido como las especificaciones básicas de diseño que permiten la configuración para el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento térmico
- Parámetros de Operación: Definidos como los parámetros que son fácilmente modificables en el proceso y que controlan el funcionamiento y desempeño diario del sistema de tratamiento térmico

Los parámetros del sistema están en función del diseño y de la construcción del sistema de tratamiento térmico y normalmente no pueden ser cambiados una vez que se ha construido la instalación del sistema. Estos incluyen algunas variables como:

- Características físicas 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
- Información relativa a la configuración del sistema de tratamiento térmico
- Tamaño de los ductos y de las conexiones que hacen parte del sistema
- Capacidad de los ventiladores y de las bombas
- Ubicación y tipo de los equipos o dispositivos de monitoreo del sistema
- Clase y características de operación de los sistemas de control de emisiones atmosféricas que se encuentran en funcionamiento y,
- Dimensión de los elementos y dispositivos relacionados con la alimentación de los residuos y/o desechos peligrosos al sistema de tratamiento térmico.

Los parámetros de operación son aquellos fácilmente modificables de acuerdo a las fluctuaciones y modificaciones constantes en la demanda que tiene el sistema para realizar el tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, estos parámetros incluyen los siguientes:

- Puntos de variación de la temperatura durante el tratamiento térmico de los residuos (cámara de combustión, cámara de post-combustión, sistema de control de emisiones, y temperatura de los gases en el ducto o chimenea)

VERSION NO APROBADA

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

- Puntos de variación de presión en el sistema en los acoples de piezas importantes y críticas del sistema
- Concentraciones de monóxido de carbono (CO) y O₂ en un punto de monitoreo (seleccionado previamente)
- Razones de flujo de gas en el sistema
- Razón de alimentación de residuos y/o desechos peligrosos al sistema de tratamiento térmico
- Composición de los residuos y/o desechos peligrosos alimentados (humedad, contenido volátil, y contenido de halógenos, entre otros)
- Exceso de aire de combustión en la cámara de combustión y de post-combustión y,
- Calibración de la atomización en el quemador

Se debe establecer además la relación entre el funcionamiento del sistema de tratamiento térmico y el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire.

Para el caso de instalaciones nuevas donde se realice tratamiento térmico de residuos y/o desechos peligrosos, el análisis de esta relación se debe realizar:

- Durante la puesta en marcha de la instalación
- Durante la prueba de quemado
- Posterior a la prueba de quemado
- Continuamente durante la operación del sistema de tratamiento térmico.

Durante la prueba de quemado, se deben medir los parámetros de control y los valores correspondientes deben ser registrados en una bitácora, que posteriormente debe ser incluida en el reporte de la prueba que se entregará a la autoridad ambiental competente.

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. De no cumplirse estos estándares, se deberán realizar los ajustes necesarios en el sistema de tratamiento térmico hasta que se cumpla con los mismos.

VERSION NO APROBADA