

**NMX-AA-010-SCFI-2001****CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - FUENTES FIJAS -  
DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS  
CONTENIDAS EN LOS GASES QUE FLUYEN POR UN  
CONDUCTO - MÉTODO ISOCINÉTICO****ATMOSPHERIC POLLUTION - STATIONARY SOURCES -  
DETERMINATION OF PARTICLES IN THE FLUE GASES  
FLOWING THROUGH A DUCT - ISOKINETIC SAMPLING METHOD****0 INTRODUCCIÓN**

La presente norma mexicana es parte fundamental para el desarrollo de las pruebas que se efectúan en fuentes fijas, donde se generan emisiones de partículas a la atmósfera, se establecen los criterios con los cuáles deben efectuarse la toma de muestras, así como los equipos e instrumentos necesarios para efectuar la prueba, señalando los cuidados necesarios que se deben tomar desde el inicio de la prueba hasta el término de la misma. Además la presente norma contiene un diagrama básico de la distribución de los elementos con que debe contar el equipo de recolección y medición, así como; detalles de las especificaciones de las boquillas de colección. Cuenta también con un formato general de los resultados mínimos que deben contener los reportes, así como una secuencia de cálculo con lo cuál se debe tratar de evitar errores en el reporte de los valores tomados en campo y los resultados sean los correctos.

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma mexicana establece el procedimiento para determinar por método isocinético la emisión y concentración de partículas totales contenidas en los gases que fluyen por un conducto.

**2 REFERENCIAS**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
2/45

Para la correcta aplicación de la presente norma se deben consultar las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NOM-010-SCFI-1994	Instrumentos de medición - Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático - Requisitos técnicos y metrológicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de junio de 1999.
NMX-AA-009-1993-SCFI	Contaminación atmosférica - Fuentes fijas - Determinación de flujo de gases en un conducto por medio del tubo de Pitot. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de diciembre de 1993.
NMX-AA-023-1986	Protección al ambiente - Contaminación atmosférica - Terminología. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.
NMX-AA-035-1976	Determinación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de junio de 1976.
NMX-AA-054-1978	Contaminación atmosférica - Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un conducto - Método gravimétrico. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1978.
NMX-AA-085-1986	Protección al ambiente - Contaminación atmosférica - Fuentes fijas - Gasómetros húmedos - Calibración - Método de sifonéo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.
NMX-AA-088-1986	Protección al ambiente - Contaminación atmosférica - Fuentes Fijas - Gasómetros Secos - Calibración. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.
NMX-AA-106-1987	Calidad del aire - Determinación del diámetro máximo de poro en filtros rígidos y de membrana en función de la presión. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de julio de 1987.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-CH-003-1993-SCFI	Instrumentos de medición - Manómetros, de presión, vacuómetros y mano-vacuómetros indicadores y registradores con elementos elásticos (instrumentos ordinarios). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 1993.
NMX-CH-023-1994-SCFI	Instrumentos de medición - Calibración de instrumentos probadores de fuerza usados para la verificación de maquinas de ensaye uniaxiales. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de septiembre de 1994.
NMX-CH-058-1994-SCFI	Instrumentos de medición - Manómetros con elementos elásticos - Método de calibración con balanza de pesos muertos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1° de marzo de 1994.
NMX-CH-070-1993-SCFI	Instrumentos de medición - Termómetros bimetalicos de carátula. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1993.
NMX-Z-109-1992	Términos generales y sus definiciones referentes a la normalización y actividades conexas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de julio de 1992.

### 3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se deben consultar las definiciones indicadas en las normas mexicanas NMX-AA-009-SCFI, NMX-AA-023 y NMX-Z-109 (ver 2 Referencias), así como las que se establecen a continuación:

#### 3.1 Condiciones estándar

Son aquellas en que la temperatura es de 293 K (20°C) y la presión de 101 325 Pa (760 mmHg).

#### 3.2 Condiciones normales



Son aquellas en que la temperatura es de 298 K (25°C) y la presión de 101 325 Pa (760 mmHg).

### 3.3 Condiciones reales

Son los valores de los parámetros sujetos a medición en un conducto en el momento del muestreo.

### 3.4 Contenido de humedad en los gases

Es la cantidad de vapor de agua, expresada en por ciento en base volumen.

### 3.5 Medio filtrante

Sistema de colección (filtros) empleado para la retención de las partículas emitidas por el sistema o proceso monitoreado, los cuales son construidos de diferentes materiales (ver 4 Reactivos y materiales).

### 3.6 Muestra representativa

Es una porción de un universo que cumple con todas y cada una de las características y condiciones del mismo.

### 3.7 Muestreo isocinético

Es la técnica de tomar una muestra representativa en condiciones reales en un conducto, por medio de la igualación de velocidades, entre la velocidad lineal del flujo y la velocidad de succión en la entrada de la boquilla de la sonda de muestreo con la finalidad de lograr su representatividad.

### 3.8 Partícula

Fragmentos de materia que se emiten a la atmósfera en fase sólida y/o líquida que sean condensables a la temperatura de filtrado  $307,2 \text{ K} \pm 14 \text{ K}$  ( $120^\circ\text{C} \pm 14^\circ\text{C}$ ).

## 4 REACTIVOS Y MATERIALES



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

4.1 Acetona

Grado analítico que cumpla con el valor específico de residuo menor o igual a 0,001 % en peso.

4.2 Sílica gel

Tipo malla de 6 a 16, previamente secado a 175°C, durante un mínimo de 2 h.

4.3 Agua destilada

Que cumpla con una especificación de 0,001 % en peso. Si es para impactores o para los lavados de sonda de cualquier tipo.

4.4 Filtro

De microfibras de vidrio y/o de cerámica libre de material orgánico no higroscópico y resistente a la corrosión, con una eficiencia mínima de retención del 99,95 %, consultar la norma mexicana NMX-AA-106 (ver 2 Referencias).

4.5 Grasa de silicón

Para alto vacío insoluble en acetona y estable al calor.

**5 APARATOS, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

5.1 Boquilla

De materiales de vidrio o acero inoxidable para resistir las condiciones del muestreo, con puntas y bordes de adelgazamiento gradual (ver figura 1).

5.1.1 No se debe utilizar boquillas que presenten deterioro principalmente en el devanado de entrada.

5.1.2 Toda boquilla deteriorada debe requerir rectificación en su área para poderse reutilizar.

5.1.3 Para efectos de cálculo se debe utilizar el valor real del diámetro interno de la boquilla y no el nominal.

## 5.2 Sonda

De vidrio o de acero inoxidable u otros materiales inertes a la muestra y capaces de resistir las condiciones de muestreo, provista con sistema de calentamiento capaz de controlar la temperatura de los gases por encima de la temperatura de rocío.

Dicho sistema debe estar provisto de algún dispositivo de medición de temperatura para monitorear la temperatura durante el muestreo cuando así lo requiera el proceso, en el caso de que no se requiera se debe anotar en la hoja de campo.

La sonda puede prescindir del sistema de calentamiento y control inicialmente, cuando el portafiltro esté en contacto directo con el flujo de gases y éstos se encuentran a temperaturas superiores a las de rocío dentro del conducto.

## 5.3 Sistema de filtración

### 5.3.1 Portafiltro

Puede utilizarse cualquier modelo siempre y cuando no pierda el medio filtrante al ser desmontado y que no se pierda material. El material puede ser de vidrio de borosilicato, teflón, acero inoxidable o aluminio.

El diseño del portafiltro debe garantizar la hermeticidad tanto en su entrada y salida, así como alrededor del filtro (ver figura 3).

### 5.3.2 Sistema de calentamiento del filtro

Capaz de mantener la temperatura del portafiltro y filtro por encima de la temperatura de rocío de los gases ( $120^{\circ}\text{C} \pm 14^{\circ}\text{C}$ ), cuando así lo requiera el proceso (ver figura 3).

## 5.4 Sistema de condensación y/o deshumidificador

Se debe cumplir con lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-054 (ver 2 Referencias) y lo establecido en la figura 3.



#### 5.5 Fuente de succión o bomba de vacío

Bomba de succión capaz de inducir el volumen de gas requerido a través del tren de muestreo, provisto de un sistema de válvulas de precisión para regular el flujo de los gases y capaz de levantar una presión de cuando menos 15 inHg (ver figura 3).

#### 5.6 Medidor de volumen

5.6.1 Medidor de gas seco con una capacidad de 0,002 8 m<sup>3</sup>/rev (0,1 ft<sup>3</sup>/rev), con divisiones de escala hasta 0,03 cm<sup>3</sup> (0,001 ft<sup>3</sup>) con sensibilidad mínima de  $\pm 1$  % del volumen medido (ver figura 3).

El equipo debe calibrarse con una periodicidad de 6 meses ante los laboratorios y organismos acreditados en términos de la Ley de la materia; con el objeto de conocer las condiciones del equipo y ser llevado a mantenimiento, consultar las normas mexicanas NMX-AA-085 y NMX-AA-088 (ver 2 Referencias), así como el inciso 9.3 (ver 9 Bibliografía).

#### 5.7 Medidor de placa de orificio

Aplicación de acuerdo a lo indicado en la figura 2.

#### 5.8 Conexiones

De materiales inertes al gas y a prueba de fugas para unir el tren de muestreo.

#### 5.9 Tubo de Pitot

Selección y diseño de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias).

#### 5.10 Manómetros

Seleccionar de acuerdo a lo indicado en las normas mexicanas NMX-AA-009-SCFI, NMX-CH-003-SCFI, NMX-CH-023-SCFI y NMX-CH-058-SCFI (ver 2 Referencias).

#### 5.11 Vacuómetros



Seleccionar de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-CH-003-SCFI (ver 2 Referencias).

5.12 Barómetro con precisión de 338,653 Pa (0,1 inHg), (ver inciso 5.10) o puede ser determinada la presión por la altitud sobre el nivel medio del mar del lugar de muestreo y/o documentada por otras entidades dedicadas a estas tareas, la razón de cambio es de 2,5 mmHg por cada 30 m de altura.

5.13 Medidor de temperatura

Seleccionar de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-CH-070-SCFI (ver 2 Referencias).

5.14 Cronómetro

Medidor de tiempo con precisión mínima de 1 s.

5.15 Equipo de laboratorio mínimo

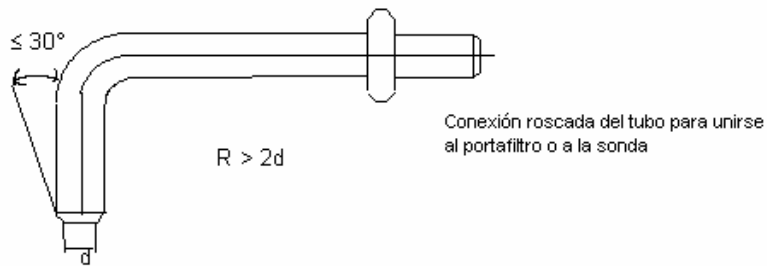
5.15.1 Equipo para determinación de peso molecular de los gases, consultar la norma mexicana NMX-AA-035 (ver 2 Referencias) o método equivalente.

5.15.2 Balanza analítica ajustarse a las especificaciones indicadas en la norma oficial mexicana NOM-010-SCFI (ver 2 Referencias).



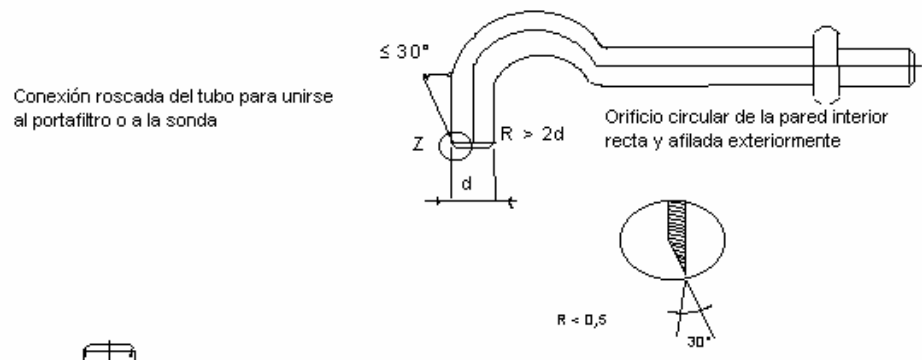


SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN



Conexión roscada del tubo para unirse al portafiltro o a la sonda

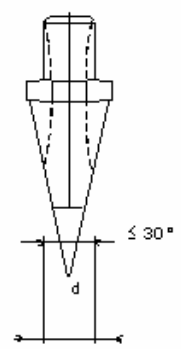
A.- BOQUILLA TIPO CODO



Conexión roscada del tubo para unirse al portafiltro o a la sonda

Orificio circular de la pared interior recta y afilada exteriormente

DETALLE Z



Conexión roscada del tubo para unirse al portafiltro o a la sonda

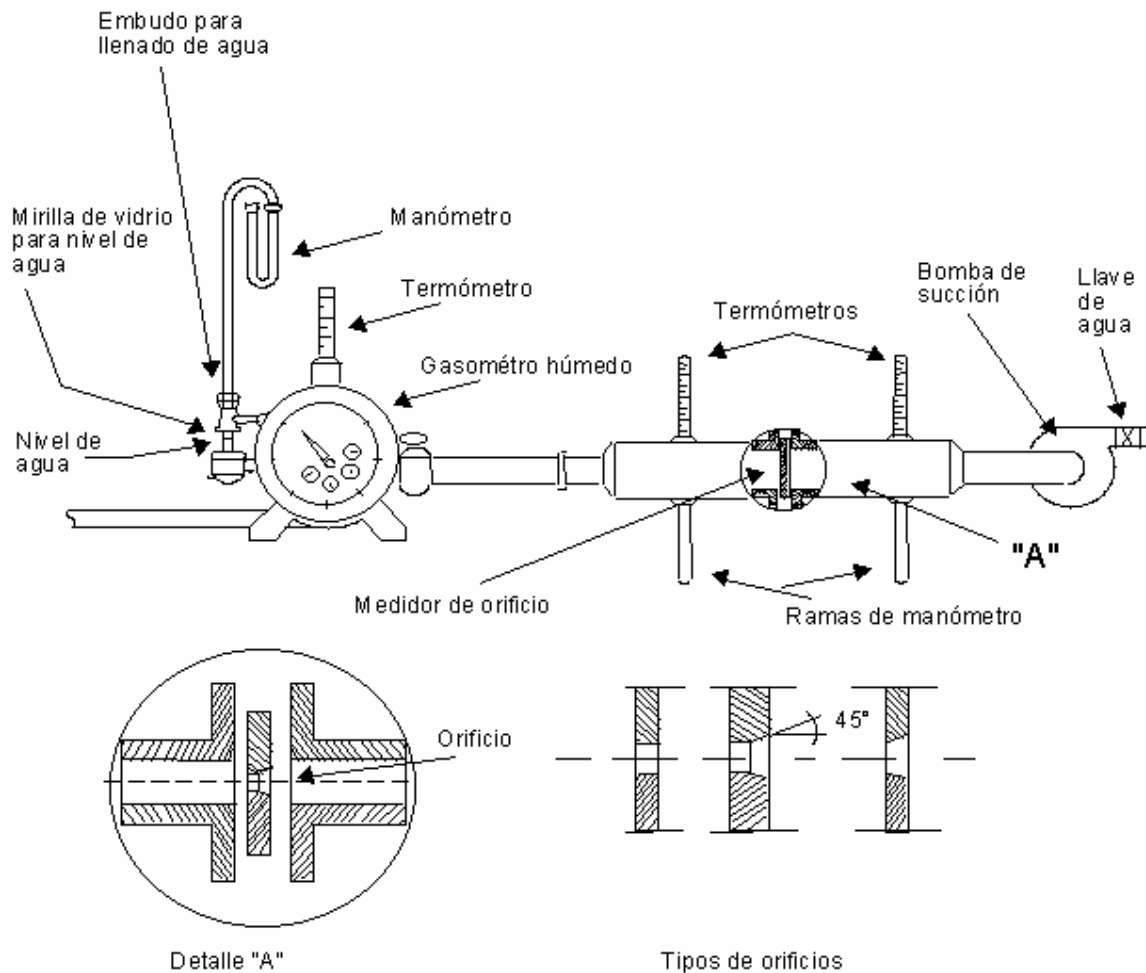
C.- BOQUILLA RECTA

FIGURA 1.-Boquillas típicas de muestreo



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
10/45



**FIGURA 2.-Sistema con medidor de orificio**

5.15.3 Balanza granataria con una precisión de 0,1 g.

5.15.4 Estufa con capacidad de mantener una temperatura de  $378\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

- 5.15.5 Desecador de dimensiones y materiales adecuados con placa perforada e ingrediente deshidratante.
- 5.15.6 Higrómetro para medir humedad relativa en el interior del desecador.
- 5.15.7 Vasos de precipitado de 50 ml, 100 ml y 250 ml.
- 5.15.8 Cajas Petri de vidrio o polietileno u otro material especial si se requiere, para filtros circulares o dedal.
- 5.15.9 Frascos de vidrio de borosilicato con tapón esmerilado u otros materiales resistentes al medio de lavado.
- 5.15.10 Probeta graduada
- 5.15.11 Pizeta
- 5.15.12 Pinzas para crisol
- 5.16 Equipo y condiciones de seguridad requeridos en el sitio de muestreo.

## **6 PROCEDIMIENTO**

- 6.1 Colección de muestra
  - 6.1.1 Determinación del peso del medio filtrante.
    - 6.1.1.1 Revise los filtros visualmente contra la luz para detectar irregularidades o perforaciones. Marque los filtros cerca del borde, o marque la caja Petri.
    - 6.1.1.2 Acondicionar los filtros en el desecador a  $293\text{ K} \pm 6\text{ K}$  ( $20^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ ) a temperatura ambiente por lo menos durante 24 h y péselos a intervalos de por lo menos 6 h a peso constante, el cual es definido aquí como menor o igual a 0,5 mg de su peso anterior, registre el resultado al 0,1 mg más cercano. Durante cada pesaje el filtro no puede dejarse expuesto por más de 2 min a la atmósfera del laboratorio y una humedad relativa mayor al 50 %.
    - 6.1.1.3 De manera alterna, los filtros pueden secarse en horno de  $100^{\circ}\text{C}$  a  $105^{\circ}\text{C}$  por dos o tres horas, colocarlos en desecador por 2 h más y pesarlos. Este procedimiento no puede ser usado cuando la muestra filtrada pueda volatilizarse o presentar cambio significativo en su composición.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
12/45

#### 6.1.2 Muestreo preliminar

Realizar este muestreo a fin de obtener la información básica que debe utilizarse en el muestreo definitivo por lo que se debe de determinar:

6.1.2.1 Fracción de humedad preliminar en los gases, temperatura, presión estática, análisis de gases, peso molecular, velocidad promedio del flujo, tamaño de boquilla y el factor (K) promedio, la correlación de la presión de velocidad y la presión de succión en el tren de muestreo (ver ecuaciones 11, 12 y 13).

6.1.2.2 El tiempo de muestreo debe ser como mínimo 30 min a una relación de flujo 0,75 ft<sup>3</sup>/min.

#### 6.1.2.3 Fracción de humedad preliminar

Ésta puede determinarse por cualquier método teórico, entre otros bulbo seco-bulbo húmedo, gravimétrico, de saturación o su combinación. Esta humedad no es válida en muestreos definitivos.

#### 6.1.2.4 Análisis de gases

Este análisis debe llevarse a cabo de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-035 (ver 2 Referencias) para los gases de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) o método equivalente; y para la determinación del monóxido de carbono (CO) se debe efectuar por el principio de funcionamiento de celdas electroquímicas.

#### 6.1.2.5 Peso molecular promedio base seca

Se determina de acuerdo a lo indicado en la ecuación 14.

#### 6.1.2.6 Velocidad promedio (ver ecuación 16)

Se determina de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias).



#### 6.1.2.7 Cálculo del tamaño de boquilla

Se calcula de acuerdo a lo indicado en la ecuación 6.

Selección de la boquilla para el muestreo.

Utilizar la boquilla con el área más próxima a la calculada como se indica en las ecuaciones 7 y 8.

#### 6.1.3 Tiempo total de muestreo y volumen muestreado

El tiempo total y volumen muestreado es el resultado de multiplicar el tiempo de muestreo en cada punto por el número de puntos seleccionados (ver inciso 6.2.2). Deben usarse para el muestreo los mismos puntos que se indican en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencia).

La duración del muestreo para cualquier punto no debe ser menor de 2,5 min en condiciones estables de operación. Si las condiciones de muestreo lo permiten, usar un tiempo de muestreo mayor.

El volumen a condiciones normales mínimo a muestrear debe ser de  $(0,846 6 \text{ m}^3)$  ( $30 \text{ ft}^3$ ) corregido a condiciones normales en base seca.

#### 6.1.4 Cálculo del flujo normal para la boquilla seleccionada

Se determina de acuerdo a lo indicado en las ecuaciones 7 y 8.

#### 6.1.5 Cálculo del volumen normal base seca total a muestrear

Se determina de acuerdo a lo indicado en la ecuación 19.

#### 6.2 Montaje del tren de muestreo



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

6.2.1 Una vez seleccionada la boquilla de muestreo y el medio filtrante, montar el tren de muestreo de acuerdo a lo indicado en la figura 3. Sellar las juntas con un material apropiado evitando que el sellador contamine el filtro. Si la temperatura de los gases no excede de 533 K (260°C), se recomienda utilizar para los sellos cinta de teflón, en caso contrario se puede emplear grafito en polvo u otro material apropiado.

#### 6.2.2 Puntos de muestreo

El número de puntos a medir debe ser de 12 puntos como mínimo en total, considerando que el ducto cumpla con los 2 y 8 diámetros como mínimo para A y B correspondientes; en caso contrario debe aplicar la compensación de puntos como lo indica la tabla contenida en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias).

Marcar en la sonda las longitudes correspondientes a la posición de la boquilla para cada punto de muestreo de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias).

Este punto aplica en ductos horizontales y verticales que cumplan con la normatividad existente.

#### 6.2.3 Montaje del medio filtrante

Colocar en el portafiltro el filtro adecuadamente, asegurándolo firmemente y cuidando de que embone adecuadamente con el portafiltro. Marcar en el extremo exterior de la sonda la dirección de la punta de la boquilla, para asegurarse de que la misma esté paralela y en dirección contraria al flujo.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

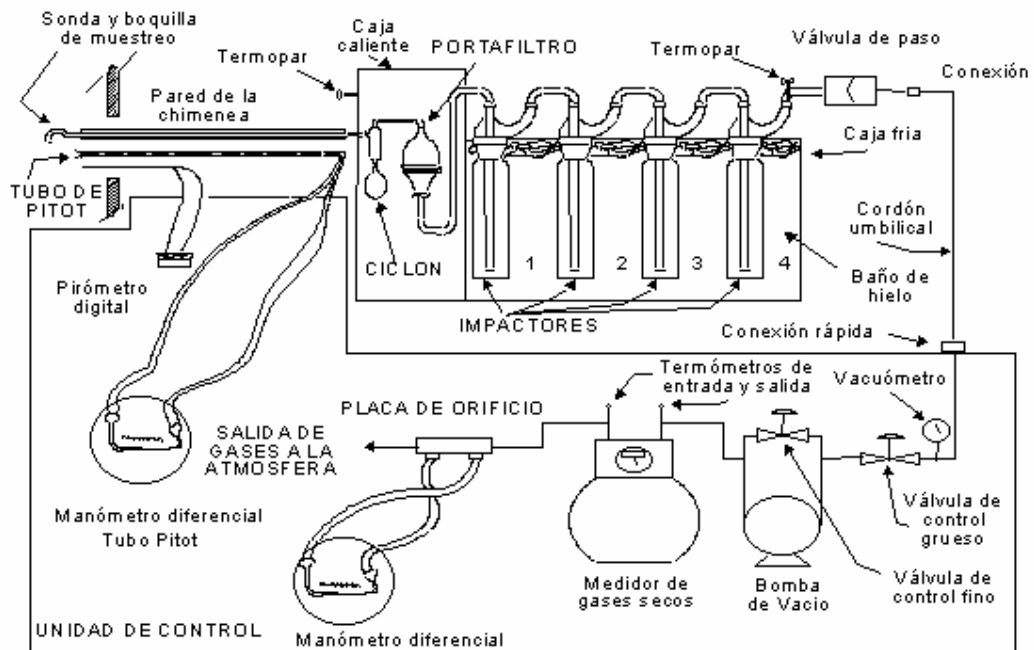


FIGURA 3.-Diagrama esquemático de un tren de muestreo tipo semiautomático

6.2.4 Procedimientos para las pruebas de infiltraciones

6.2.4.1 Verificación preliminar de infiltraciones



Se debe hacer la prueba de infiltraciones al inicio del muestreo de la siguiente forma:

Una vez que el tren ha sido ensamblado, encender el equipo y colocar el portafiltro de la sonda a las temperaturas de operación requeridas para el muestreo.

Permitir que la temperatura se estabilice, utilizar empaques u otra conexión similar en el ensamble de la boquilla y en la línea de la sonda las infiltraciones del tren en el sitio de muestreo y con la boquilla tapada la bomba debe levantar un vacío de 50,662 5 Pa (380 mmHg o 15 inHg).

**NOTA 1.-** A un vacío más bajo ( $\pm 10\%$ ) puede ser usado, verificando que durante la prueba no se exceda.

Proceder de la siguiente forma:

#### 1 Prueba de infiltraciones

A) El procedimiento de las pruebas de infiltraciones pueden consultarse en los incisos 9.5 y 9.6 (ver 9 Bibliografía). Arrancar la bomba y tapar la boquilla, con la válvula de ajuste fino totalmente abierta y la válvula de ajuste grueso, completamente cerrada. Ir abriendo la válvula de ajuste grueso y lentamente cerrar la válvula de ajuste fino hasta llegar al vacío deseado. Debe de tomar el tiempo cuando la aguja se encuentre totalmente parada y esperar como mínimo 1 min para cerciorarse de que la aguja no se mueva, en caso que esto suceda anote la lectura de infiltración. No es aconsejable invertir la dirección de la válvula de ajuste fino y la de grueso; esto causará que el agua contenida en los impactores entre al filtro. Si el vacío alcanzado se encuentra excedido realizar la prueba de infiltraciones con este alto vacío al inicio o al final del muestreo o en ambas partes cerciorándose que este vacío no cambie.

B) Cuando la prueba de infiltraciones esté completa, primero lentamente remueva el tapón de la entrada de la sonda sin apagar la bomba y regulando la entrada del aire. Esto evita que el agua de los impactores ejerza una fuerza de succión y entre al filtro y la sílica gel pase al tercer impactor.

C) Si existen infiltraciones, el gasto de infiltración no debe exceder a  $0,000\ 57\ \text{m}^3/\text{min}$  ( $0,02\ \text{ft}^3/\text{min}$ ) o al 4 % del promedio del flujo total de muestreo (cualquier valor obtenido menor a éste debe ser anotado) si se presentan resultados mayores a este valor, la prueba debe ser invalidada, por lo que debe localizar y corregir las infiltraciones y realizar otra prueba. En caso de no pasar la prueba una segunda vez el muestreo se invalida y debe de corregir éstas en el laboratorio.





#### 6.2.4.2 Prueba de Infiltraciones durante la corrida de muestreo

Si durante la corrida de muestreo se realiza un cambio de algunos de los componentes del tren de muestreo (por ejemplo: filtro de ensamble o impactor) debe realizar la prueba de infiltraciones como se indica en el punto anterior. Teniendo precaución en corregir el volumen total de muestreo al restarle el volumen ocupado para realizar la prueba de infiltraciones.

#### 6.2.4.3 Prueba de Infiltraciones al término del muestreo

Se debe realizar la prueba de infiltraciones al término de la prueba de muestreo para verificar la hermeticidad del sistema, la cual se efectúa a la presión de vacío máxima alcanzada durante el muestreo.

#### 6.2.4.4 Rompimiento de vacío

Retirando poco a poco el tapón de la boquilla y abriendo lentamente la válvula, permitiendo la entrada de aire al tren de muestreo hasta que el manómetro marque cero, (evitando el reflujo del contenido de los impactores).

#### 6.2.4.5 Muestreo preliminar

- 1° Cálculo de las velocidades.
- 2° Cálculo del área de boquilla.
- 3° Armado del tren de muestreo.
- 4° Paralelaje o revisar cero.
- 5° Revisar infiltraciones.
- 6° Rompimiento de vacío.

Después de determinar las velocidades preliminares de muestreo de acuerdo a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias), seleccionar la boquilla y el medio filtrante respectivamente (ver incisos 3.2, 4.4 y 6.1.2.7), posteriormente proceder al montaje del tren de muestreo (ver inciso 6.2), verificar que no existan infiltraciones checando la hermeticidad del tren de muestreo (ver inciso 6.2.4), el cero en los instrumentos digitales y paralelaje en analógicos, finalmente realizar el rompimiento de vacío (ver inciso 6.2.4.4), proceder a la ejecución de la prueba.

#### 6.2.4.6 Muestreo definitivo



Seguir los mismos puntos que se indican en el inciso 6.2.4.5, considerando las siguientes variaciones:

- 1 El tiempo para el muestreo definitivo se calcula de acuerdo a lo indicado en el inciso 6.1.3.
- 2 Determinación de la humedad real en la fuente a determinar, de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-054 (ver 2 Referencias).
- 3 Determinar una nueva "K" para cada punto (hoja de datos).
- 4 Cuantificación del peso total de las partículas sólidas (en laboratorio y de acuerdo al inciso 6.4).
- 5 Determinación de isocinetismo de acuerdo a lo indicado en la ecuación 18.

#### 6.2.4.7 Segundo definitivo

Proceder de acuerdo a lo indicado en el inciso 6.2.4.3 al 6.2.4.6.

### 6.3 Ejecución de la prueba

#### 6.3.1 Determinación de la presión estática

Esta debe ser medida de acuerdo al procedimiento indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI (ver 2 Referencias).

6.3.2 Cuando se muestrean gases calientes, empezar por el punto transversal más alejado del puerto y mover la sonda hacia afuera conforme se avanza en la prueba. Cuando se trabaje cerca de la temperatura de rocío de la mezcla de los gases, calentar todos los elementos del tren de muestreo de la boquilla, portafiltro, e inclusive, calentando estos por arriba de la temperatura de rocío de la mezcla de los gases.

6.3.3 Al empezar la prueba, colocar el muestreador con la boquilla orientada en sentido contrario al flujo de gases, e inmediatamente arrancar la fuente de succión, abrir la válvula de control hasta obtener el flujo de muestreo calculado y poner a funcionar el cronómetro. Anotar la información contenida en la hoja de campo.

**NOTA 2.-** Determinar la variable "K" en cada punto de muestreo.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

6.3.4 Una vez efectuado el muestreo en un punto, mover rápidamente la sonda al siguiente punto y ajustar la succión, hasta obtener el flujo de muestreo calculado para ese punto tan rápido como sea posible. Repetir ese procedimiento en cada punto hasta terminar el tiempo total de muestreo para ese puerto.

6.3.5 Apagar la bomba y detener el cronómetro y pasar la sonda al siguiente puerto repitiéndose el procedimiento anterior.

6.3.6 Se recomienda al terminar el muestreo realizar una limpieza de los gases remanentes en el conducto (purgar la línea del tren de muestreo mínimo 5 min con aire atmosférico).

6.3.7 Realizar prueba de infiltraciones al finalizar el muestreo de acuerdo al procedimiento indicado en el inciso 6.2.4.

#### 6.4 Recolección de la muestra

6.4.1 Sacar cuidadosamente la sonda, asegurándose de que la boquilla no recoja polvo de la parte interior del conducto.

Mantener la sonda con la boquilla hacia arriba para evitar pérdidas de muestra (mantenerla cubierta).

Determinar el peso del agua colectada en el sistema de condensación y anotar en las hojas de datos.

6.4.2 Lavar la sonda, la boquilla y la parte superior del portafiltro con acetona hasta que el líquido del lavado sea totalmente claro, transferir este líquido a un recipiente cuyo peso se determina con una aproximación de 0,1 mg, después de haber sido secado durante 1 h.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
20/45

Evaporar hasta sequedad evitando la ebullición, dejar enfriar y pesar nuevamente, la diferencia en gramos es igual a la muestra retenida en la sonda.

#### 6.4.3 Procedimiento del residual de la acetona utilizada como testigo

Recuperar una porción de la acetona usada para limpieza; enjuagado y utilizarla como un blanco.

Se recomienda que para cada lote de acetona usada para el lavado de sonda se determina el contenido de sólidos de la misma, cantidad que tiene que ser restada a la cantidad de partículas del lavado.

Tomar aproximadamente 200 ml de esta acetona de los frascos lavadores, medirla volumétricamente o gravimétricamente transferir a un vaso de precipitados y evaporar a sequedad a temperatura y presión ambiente.

Desecar por 24 h y llevar a peso constante. Reportar los resultados próximos a 0,1 mg.

6.4.4 Transferir el filtro con la muestra a un recipiente adecuado. Secar el filtro, enfriar y pesar en las mismas condiciones que se indican en el inciso 6.1.1.

6.5 Realizar un muestreo preliminar y dos definitivos.

## 7 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### MUESTREO ISOCINÉTICO

FECHA DE MUESTREO :

RAZÓN SOCIAL :



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
21/45

DIRECCIÓN :

No. DE MUESTREO :

RESPONSABLE DEL MUESTREO :

ASISTENTE(S) :

**LOCALIZACIÓN DEL CONDUCTO Y SUS DIMENSIONES**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
22/45

Fuente muestreada

Diámetro interior del conducto (DI):  
\_\_\_\_\_ (cm)

Diámetros corriente abajo (B):

Diámetros corriente arriba (A):

Extensión del puerto (Ep):  
\_\_\_\_\_ (cm)

Determinación del número de puntos de muestreo por puerto:  
Conforme a lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-009-SCFI.

### ECUACIÓN 1

$$\frac{\text{Número total de puntos de muestreo}}{\text{Número de puertos}} = \frac{N_{tpm}}{N_p} = \text{-----}$$

Diagrama de chimenea, dimensionamiento y distribución de los puntos de muestreo.

**LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LÍNEA TRANSVERSAL  
Y LECTURA DE LAS PRESIONES DINÁMICAS**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
23/45

Número de puntos transversales	KL	KL x DI + Ep (cm)	ΔP (inH <sub>2</sub> O)			Promedio ΔP (inH <sub>2</sub> O)	$\sqrt{\Delta P}$
			I	II	III		
Sumatoria							
Promedio.							

Presión estática (Pe) : \_\_\_\_\_ (Pa o inH<sub>2</sub>O)  
 Presión barométrica (Pb) : \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ (Pa o inHg)  
 Temperatura del conducto (Tc) : \_\_\_\_\_ (R o K)  
 Temperatura ambiente (Ta) : \_\_\_\_\_ (R o K)  
 Temperatura del medidor (Tm) : \_\_\_\_\_ (R o K)  
 Presión del medidor (Pm) : \_\_\_\_\_ (Pa o inH<sub>2</sub>O)  
 Sumatoria de caídas de presión (ΔP) \_\_\_\_\_ (in H<sub>2</sub>O)  
 Sumatoria de  $\sqrt{\Delta P}$

### ANÁLISIS DE GASES.

HORA:

Corrida	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	CO%	N <sub>2</sub> % Por diferencia
1 (P)				
2 (D1)				
3 (D2)				

(P) = Preliminar  
 (D1) = 1er. Definitivo  
 (D2) = 2do. Definitivo

### CÁLCULO DE LA BOQUILLA ESTÁNDAR Y FACTOR "K"

Factor de calibración del tubo pitot (Fc):  
 Factor de calibración del gasómetro (Fcg):  
 Constante de placa de orificio:  
 a = \_\_\_\_\_ b = \_\_\_\_\_ ΔH@ =



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
24/45

no. de serie del equipo:  
Temperatura del conducto (Tc): \_\_\_\_\_ (K o R)  
Presión del conducto (Pc): \_\_\_\_\_ (Pa o inH<sub>2</sub>O)  
 $\sqrt{\Delta P}$  \_\_\_\_\_ (Pa o inH<sub>2</sub>O)  
Fracción de humedad propuesta o determinada (Fhp):  
Fracción de gas seco = 1 - (Fhp) =

### CÁLCULO DE LA PRESIÓN DEL CONDUCTO

### ECUACIÓN 2

$$P_c = P_b \pm P_e \text{ (sistema internacional)}$$

### PESO MOLECULAR

### ECUACIÓN 3

$$PMH = (18 \times F_{hp}) + (F_{gs}) [(0,44 \times \% CO_2 + 0,32 \times \% O_2 + 0,28 \times (N_2 + \% CO))]$$

### CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PROMEDIO PRELIMINAR

### ECUACIÓN 4

$$V = K_p \times F_c \times \sqrt{\frac{T_c}{PMH \times P_c}} \times \sqrt{\Delta P}$$

donde Kp es igual a:

### ECUACIÓN 5

$$K_p = 128,77 \frac{m}{\sqrt{(g)}}$$





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
25/45

s \ (g/mol) (K)

Sistema internacional

### CÁLCULO DE LA CONSTANTE PARA DETERMINAR EL ÁREA DE LA BOQUILLA (C)

#### ECUACIÓN 6

$$C = V \text{ m/s} \times \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) \times (Fgs) \times \left( \frac{Pc \text{ (Pa)}}{101\,325} \right) \times \left( \frac{298 \text{ (K)}}{Tc \text{ (}^\circ\text{R)}} \right)$$

### CÁLCULO DEL ÁREA DE LA BOQUILLA PARA EL GASTO DESEADO A CONDICIONES NORMALES

#### ECUACIÓN 7

$$\text{Área deseada de la boquilla (Ab)} = \frac{\text{Gasto deseado para el muestreo (Gd)}}{C}$$

donde (Gd) es igual a:

#### ECUACIÓN 8

Para equipo semiautomático :



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
26/45

$$Gd = 0,021\ 24 \frac{m^3}{min} = 0,75 \frac{ft^3}{min}$$

### Selección de la boquilla

Diámetro de la boquilla estándar		Área de la boquilla estándar	
cm	in	cm <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
0,317 5	1/8	0,079 17	8,522 1 x 10 <sup>-5</sup>
0,476 25	3/16	0,178 14	1,917 5 x 10 <sup>-4</sup>
0,635	1/4	0,316 7	3,408 8 x 10 <sup>-4</sup>
0,793 75	5/16	0,494 8	5,326 3 x 10 <sup>-4</sup>
0,952 5	3/8	0,712 559	7,669 9 x 10 <sup>-4</sup>
1,27	1/2	1,266 772	1,363 5 x 10 <sup>-3</sup>

Diámetro real de la boquilla estándar (Dr) :

Área real de la boquilla (Abr) :

Cálculo de la constante isocinética "K" \_\_\_\_\_

Cuando se cuenta con las constantes "a" Y "b" se calcula "K" con la formula siguiente :

### ECUACIÓN 9

$$K = \frac{A (Abr \times C)^b}{\Delta P}$$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
27/45

Donde "delta p" es el promedio de las raíces cuadradas de la presión dinámica de los datos preliminares.

Cuando se cuenta con la constante  $\Delta H@$  se calcula "K" con la formula siguiente :

#### ECUACIÓN 10

$$K = 859,340\ 33 \times Fc^2 \times Dn^4 \times \Delta H@ \times (1 - Fh)^2 \left( \frac{PMS}{PMH} \right) \left( \frac{Tm}{Tc} \right) \left( \frac{Pc}{Pm} \right)$$

K = sistema internacional

#### PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES MEDIANTE SOLUCIÓN LAVADORA, EN EL ENJUAGADO DE SONDA Y ACCESORIOS

Fecha de análisis:

Humedad relativa durante el análisis:

Tipo de solución:

Blanco de solución lavadora:

Volumen total de la solución lavadora (cm<sup>3</sup>):

Peso total de sólidos recuperados (g) :





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
29/45

### CONSTANTES DE LA PLACA DE ORIFICIO

a: \_\_\_\_\_ b: \_\_\_\_\_  $\Delta H@$  :

Factor de corrección del tubo pitot (Fc):

Tiempo total de muestreo (T<sub>tm</sub>): \_\_\_\_\_ s.

### CÁLCULO DE LA FRACCIÓN HUMEDA Y SECA

#### ECUACIÓN 11

$$P_m = P_b + \overline{\Delta H}$$

#### ECUACIÓN 12

$$V_{tc} = V_m \times FCG$$

**NOTA 3.-** V<sub>tc</sub> debe sustituirse en ft<sup>3</sup>.

#### ECUACIÓN 13

$$\text{Fracción húmeda (Fh)} = \frac{PTAC \times K_1}{PTAC \times K_1 + \left( \frac{V_{ct} \times P_m}{T_m} \times K_2 \right)}$$

$$\text{Fracción seca} = (F_{gs}) = 1 - F_h$$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

Donde  $K_1$  Y  $K_2$  son igual a:

	$K_1$	$K_2$
Sistema inglés	1,355 4 l/g	508,293 9 l R/inHg ft <sup>3</sup>
Sistema internacional	1,355 4 l/g	0,083 33 l K/Pa m <sup>3</sup>

**CÁLCULO DEL PESO MOLECULAR HÚMEDO (PMH) Y SECO ECUACIÓN 14**

$$PMH = (18 \times F_h) + (F_{gs})((0,44 \times \% CO_2 + 0,32 \times \% O_2 + 0,28 \times (\% N_2 + \% CO)))$$

$$PMS = 0,44 \times \% CO_2 + 0,32 \times \% O_2 + 0,28 \times (\% N_2 + \% CO)$$

**CÁLCULO DEL VOLUMEN TOTAL A CONDICIONES DEL CONDUCTO**

**ECUACIÓN 15**

$$V_{TC} = PTAC \times K_1 + \left[ \frac{V_{tc} \times P_m}{T_m} \times K_2 \right]$$

$$V_{TCC} = \frac{V_{TC} \times \left( \frac{T_c}{T_m} \right)}{F_{gs}}$$

**CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PROMEDIO CORREGIDA**

**ECUACIÓN 16**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
31/45

donde:

$$P_c = P_b \pm P_e$$

**ECUACIÓN 17**

Sistema internacional

$$V = 34,47 \times F_c \times \sqrt{\frac{T_c(K)}{PMH (g/g \text{ mol}) \times P_c (mmH_2O)}} \times \sqrt{\Delta P (mmHg)}$$

Sistema inglés

$$V = 85,49 \times F_c \times \sqrt{\frac{T_c(R)}{PMH (lb/lb \text{ mol}) \times P_c (inHg)}} \times \sqrt{\Delta P (inHg)}$$

**CÁLCULO DEL ISOCINÉTISMO**

**ECUACIÓN 18**

$$\% \text{ ISOC.} = \frac{V_{TCC} \times 100}{Ab \times T_{tm} \times V}$$

**CÁLCULO DE LA EMISIÓN A CONDICIONES NORMALES BASE SECA**

Datos:



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
32/45

Peso final del filtro (WF): \_\_\_\_\_ mg  
Peso inicial del filtro (WI): \_\_\_\_\_ mg  
Peso de partículas en lavado de sonda y accesorios (WA): \_\_\_\_\_ mg  
Diámetro del conducto (DI): \_\_\_\_\_ m  
Velocidad promedio en el conducto (V): \_\_\_\_\_ (m/s)  
Volumen total de gas muestreado ( $V_{TM}$ ): \_\_\_\_\_ ( $m^3$ )  
Presión de chimenea ( $P_c$ ): \_\_\_\_\_ Pa  
Temperatura de chimenea ( $T_c$ ): \_\_\_\_\_ K  
Factor de corrección del medidor (FCG): \_\_\_\_\_  
Fracción de gas seco ( $F_{gs}$ ): \_\_\_\_\_  
Temperatura del medidor ( $T_M$ ): \_\_\_\_\_ K  
Presión del medidor ( $P_m$ ): \_\_\_\_\_ Pa  
Consumo de combustible ( $C_b$ ) \_\_\_\_\_ ( $m^3$ )

### CÁLCULO DEL VOLUMEN TOTAL DE GAS MUESTREADO "A CONDICIONES NORMALES"

**VOLUMEN TOTAL CORREGIDO POR FRACCIÓN DE GAS SECO ECUACIÓN 19**

$$V_{TCN} = V_{TC} \times F_{gs}$$

**VOLUMEN TOTAL A CONDICIONES NORMALES EN BASE SECA ECUACIÓN 20**

$$V_{CNBS} = V_{TCN} \times \left( \frac{298,15 \text{ K}}{T_M \text{ (K)}} \right) \times \left( \frac{P_M \text{ (Pa)}}{101\,325 \text{ (Pa)}} \right)$$

### CÁLCULO DEL GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES NORMALES EN BASE SECA

1) CÁLCULO DEL GASTO VOLUMETRICO A CONDICIONES DEL CONDUCTO ( $G_{vc}$ ):





SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
33/45

### ECUACION 21

Para ductos circulares

$$G_{VC} = \left( \frac{\pi}{4} (DI)^2 \right) \times V \frac{m}{s} \times 60 \left( \frac{m^3}{min} \right)$$

Para ductos cuadrados o rectangulares

$$G_{VC} = \text{Área (m}^2\text{)} \times V \frac{m}{s} \times 60 \left( \frac{m^3}{min} \right) \quad 18$$

2) GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES NORMALES EN BASE SECA:

### ECUACIÓN 22

$$G_{CNBS} = G_{VC} \times \left( \frac{298,15 \text{ K}}{T_c \text{ K}} \right) \left( \frac{P_c \text{ (Pa)}}{101\,325 \text{ (Pa)}} \right) \times F_{gs} \left( \frac{m^3}{min} \right)$$

### CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS

### ECUACIÓN 23

Peso total de partículas ( $P_{TP}$ )



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
34/45

$$P_{TP} = (WF - WI) + WA \text{ [mg]}$$

CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS BASE SECA Y CONDICIONES NORMALES.

**ECUACIÓN 24**

$$C_p = \frac{P_{TP}}{V_{CNBS}} \left[ \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right]$$

## EMISIÓN Y FACTOR DE EMISIÓN

FACTOR DE EMISIÓN ( $F_E$ )

**ECUACIÓN 25**

$$C_{PE} = 3\,020 (G_{CNBS})^{-0.42} \quad (\text{Zonas críticas})$$

$$C_{PE} = 4\,529,7 (G_{CNBS})^{-0.42} \quad (\text{Resto del país})$$

**ECUACIÓN 26**

$$F_E = \frac{C_p}{C_{PE}}$$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
35/45

Si  $F_E > 1$  la empresa se encuentra infringiendo el reglamento.  
Si  $F_E < 1$  la empresa se encuentra cumpliendo con el reglamento.

EMISIÓN EN BASE SECA (EBS)

ECUACIÓN 27

$$E = G_{CNBS} \times C_P \left[ \frac{\text{mg}}{\text{h}} \right]$$

ECUACIÓN 28

$$E_t = \frac{E \times 10^{-6}}{C_b} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
36/45

HOJA DE CAMPO					PLANTA:			PESO MOLECULAR g/g mol.								
					FECHA DE MUESTREO:			FUENTE MUESTREADA:								
					CORRIDA No.:		MARCA DEL EQUIPO UTILIZADO:		MÉTODO UTILIZADO		SEMIAUTOMÁTICO		AUTOMÁTICO			
					MODELO:			HORA DE INICIO DE LA PRUEBA:			TEMP. AMBIENTE K (°C)					
					No. DE SERIE:			HORA FINAL DE LA PRUEBA:			PRESIÓN BAROMÉTRICA Pa (mmHg):					
					$\Delta H@$		CTE a:		CTE b:		% DE HUMEDAD PROPUESTA:					
					FACTOR CALIBRACIÓN GASOMÉTRO (FCG):					VOLUMEN DE INFILTRACIÓN m <sup>3</sup> /min (ft <sup>3</sup> /min)						
					FACTOR CALIBRACIÓN DE TUBO PITOT (FC):					PRESIÓN ESTÁTICA (Pa)						
					MATERIAL DE SONDA:					FILTRO No.:						
					FACTOR K					PESO I(g)		PESO F(g)				
ORSAT o EQUIVALENTE:					No ANALISIS:			DIÁMETRO DE BOQUILLA:								
TIPO Y MATERIAL DEL FILTRO:					FECHA DE PREPARACIÓN (SOLUCIÓN):			PRUEBA DE INFILTRACIONES:		TIEMPO: s						
P U E R T O	PUNTO DE MUESTREO	TIEMPO MUESTREADO (min)	LECTURA EN EL GASÓMETRO m <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	VACÍO EN EL SISTEMA Pa (inHg)	GASTO DE GAS MUESTREADO m <sup>3</sup> /min (ft <sup>3</sup> /min)	PRESION DINAMICA Pa (inH <sub>2</sub> O)		$\Delta H$ ORIFICIO Pa (inH <sub>2</sub> O)	K	TEMPERATURA EN : K (°C)						
						$\Delta P$	$\sqrt{\Delta P}$			CHIMENEA	SONDA	MEDIO FILTRANTE	IMPACTORES		GASÓMETRO	
														ENTRADA	SALIDA	ENTRADA
TOTAL																
PROMEDIO																
NOMBRE DEL OPERADOR:										FIRMA:						



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
37/45

## NOMENCLATURA

A	Diámetros corriente arriba.
Ab	Área de boquilla deseada.
Abe	Área de boquilla estándar.
B	Diámetros corriente abajo.
C	Cálculo de la constante para determinar el área de boquilla.
Cb	Consumo de combustible.
Ccp	Concentración de partículas base seca y condiciones estándares.
Cp	Concentración de partículas base seca y condiciones normales.
C <sub>PE</sub>	Concentración permisible de emisión.
DI	Diámetro interior o equivalente del conducto.
Dn	Diámetro de la boquilla estándar.
E	Emisión en base seca.
Ep	Extensión del puerto.
Et	Emisión total.
Fc	Factor de calibración del tubo pitot.
FCG	Factor de calibración del gasómetro seco.
Fe	Factor de emisión.
Fgs	Fracción de gas seco.
Fh	Fracción húmeda.
Fhp	Fracción de humedad propuesta.
G <sub>CNBS</sub>	Gasto volumétrico a condiciones normales en base seca.
Gd	Gasto deseado para el muestreo.
Gvc	Gasto volumétrico a condiciones del conducto.
K	Constante isocinética
KL	Factor de longitud.
Kp	Constante de conversión para velocidad.
K1 y K2	Constantes de adimensionamiento.
Np	Número de puertos.
N <sub>tpm</sub>	Número total de puntos de muestreo.
Pb	Presión barométrica.
Pc	Presión del conducto.
Pe	Presión estática en el conducto.
Pm	Presión del medidor.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
38/45

PMH	Peso molecular de los gases húmedos.
PMS	Peso molecular base seca.
PTAC	Peso total del agua colectada.
Ptp	Peso total de partículas.
Pv	Presión de vacío.
Ta	Temperatura ambiente.
Tc	Temperatura en el conducto.
Tm	Temperatura del medidor.
tmpp	Tiempo de muestreo por punto.
ttn	Tiempo total de muestreo.
V	Velocidad promedio de los gases en el conducto.
VCI	Volumen colectado en impactores.
V <sub>CNBS</sub>	Volumen total a condiciones normales en base seca.
Vmcs	Volumen muestreado y corregido por el factor de calibración del gasómetro.
Vtc	Volumen muestreado corregido a condiciones de medidor.
V <sub>TC</sub>	Volumen de agua condensada mas el volumen de gas seco.
V <sub>TCC</sub>	Volumen total a condiciones del conducto.
V <sub>TCN</sub>	Volumen total corregido por gasómetro y gas seco.
V <sub>TM</sub>	Volumen total de gas muestreado.
Vm	Volumen muestreado (preliminar)
WA	Peso de partículas en lavado de sonda y accesorios.
WF	Peso final del filtro.
WI	Peso inicial del filtro.
<i>a, b y <math>\Delta H@</math></i>	Constantes de la placa de orificio.
$\Delta H$	Diferencia de presión en la placa de orificio.
$\overline{\Delta H}$	Promedio de la diferencia de presión en la placa de orificio.
$\Delta P$	Presión dinámica en el conducto.
$\sqrt{\Delta P}$	Promedio de la raíz de la presión dinámica en el conducto.
in	Pulgadas.
ft	Pies.
(inH <sub>2</sub> O)	Pulgadas de agua.
lb	Libras



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
39/45

**1. IDENTIFICACIÓN:**

1.1 RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA  
1.2 DIRECCIÓN \_\_\_\_\_ 1.3 COLONIA \_\_\_\_\_ 1.4  
DELEG. O MPIO.  
1.5 ENTIDAD FEDERATIVA \_\_\_\_\_ 1.6 C.P. \_\_\_\_\_ 1.7  
TELS.  
1.8 REPRESENTANTE LEGAL \_\_\_\_\_ 1.9  
TELS.  
1.10 LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO No.  
FECHA  
1.11 GIRO DE LA EMPRESA

**2. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO:**

2.1 NOMBRE  
2.2 RESPONSABLE DE LA OPERACIÓN  
2.3 FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN  
2.4 OPERACIÓN MANUAL O AUTOMÁTICA  
2.5 CAPACIDAD DE DISEÑO  
2.6 MÁXIMA CAPACIDAD  
2.7 OPERACIÓN H/DÍA \_\_\_\_\_ DÍAS/SEMANA  
SEMANTAS/AÑO  
2.8 PROCESO CONTINUO O INTERMITENTE  
2.9 M.P. ALIMENTADA DURANTE EL MUESTREO  
\_\_\_\_\_ Kg/h  
2.10 PRODUCTO(S)  
\_\_\_\_\_ mg/h  
2.11 PRODUCCIÓN DURANTE EL MUESTREO  
\_\_\_\_\_ kg/h  
2.12 CONSUMO DE COMBUSTIBLES DURANTE EL MUESTREO  
\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h  
Y MENSUAL \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/mes



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
40/45

- 2.13 ANÁLISIS DEL COMBUSTIBLE
- 2.14 DIMENSIONES DEL HOGAR DE LOS PROCESOS DE COMBUSTIÓN
- 2.15 TIPO Y CARACTERÍSTICAS DEL QUEMADOR (ANEXAR INFORMACIÓN)
- 2.16 CUENTA CON SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO DE AIRE
- 2.17 CUENTA CON RECIRCULACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN
- 2.18 CUENTA CON SISTEMA DE QUEMADORES REDUCTORES DE NO<sub>x</sub>
- 2.19 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
- 

**3. EQUIPO DE CONTROL:**

- 3.1 TIPO
- 3.2 FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN
- 3.3 EFICIENCIA DE DISEÑO \_\_\_\_\_ 3.4 EFICIENCIA DE OPERACIÓN
- 3.5 MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA
- 3.6 CUENTA CON BITÁCORA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ? SI  
\_\_\_\_\_ NO
- 3.7 FECHA DE INICIO DE BITACORA
- 3.8 TEMPERATURAS DEL EQUIPO: ENTRADA \_\_\_\_\_ K  
SALIDA \_\_\_\_\_ K
- 3.9 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CONTROL (ANEXO)

**4. DIMENSIONES DEL DUCTO O CHIMENEA:**

- 4.1 IDENTIFICACIÓN \_\_\_\_\_ 4.2 FORMA
- 4.3 \_\_\_\_\_ m ALTURA FÍSICA





SECRETARÍA DE ECONOMÍA  
DGN

4.4 DIÁMETRO INTERIOR BASE \_\_\_\_\_ PUERTOS SALIDA \_\_\_\_\_ m  
4.5 ÁREA DE CHIMENEA A LA ALTURA DE PUERTOS \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
4.6 PUERTOS: DIÁMETRO INTERIOR \_\_\_\_\_ m LONGITUD \_\_\_\_\_ m

**5. DATOS DEL MUESTREO DE GASES:**

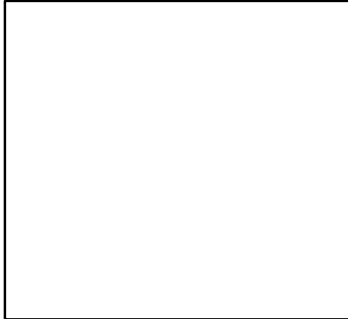
5.1 MUESTREO No. \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ TIEMPO \_\_\_\_\_ DE: \_\_\_\_\_ h A: \_\_\_\_\_ h  
5.2 PRESIÓN DINÁMICA \_\_\_\_\_ Pa  
5.3 PRESIÓN ESTÁTICA \_\_\_\_\_ Pa  
5.4 PRESIÓN EN CHIMENEA \_\_\_\_\_ Pa  
5.5 PRESIÓN BAROMÉTRICA \_\_\_\_\_ Pa  
5.6 No. DE PUNTOS SELECCIONADOS \_\_\_\_\_  
5.7 FLUJO DE INFILTRACIONES (  570 ) \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>/min  
5.8 LECTURA DE GASOMETRO FINAL \_\_\_\_\_ INICIAL \_\_\_\_\_ DIF. \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>  
5.9 VOLUMEN CORREGIDO DE MUESTRA A CONDICIONES DE MEDIDOR \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>. FCGS  
5.10 FRACCIÓN DE GAS (CO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ O<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ CO \_\_\_\_\_ N<sub>2</sub> \_\_\_\_\_) %  
5.11 EXCESO DE AIRE EN LA COMBUSTIÓN \_\_\_\_\_ %  
5.12 TEMPERATURA EN GASÓMETRO \_\_\_\_\_ K  
5.13 PRESIÓN EN GASOMETRO \_\_\_\_\_ Pa  
5.14 TEMP. CHIMENEA \_\_\_\_\_ K  
5.15 TEMPERATURA AMBIENTE \_\_\_\_\_ K

	Impactor	Solución	Volumen m <sup>3</sup>	Configuración	Peso final	Peso inicial	Diferencia
5.16	1	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.17	2	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.18	3	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.19	4	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.20	5	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.21	6	_____	_____	_____	_____	_____	) g.
5.22	Peso final del agua colectada _____						) g.

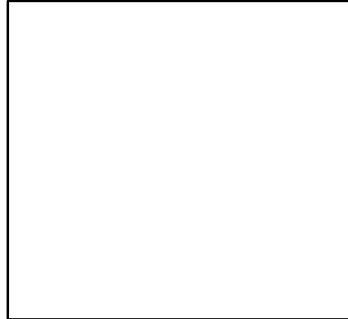


SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

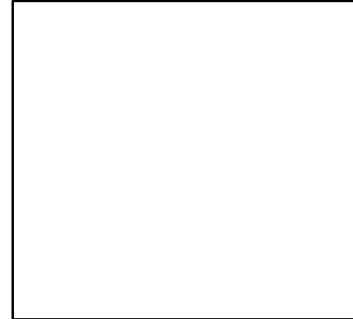
NMX-AA-010-SCFI-2001  
42/45



**DIAGRAMA DEL ENSAMBLE  
DEL TREN DE MUESTREO**



**CROQUIS DE LA FUENTE  
MUESTREADA**



**DISTRIBUCION DE PUNTOS DE  
MUESTREOS SELECCIONADOS**

**6. RESULTADOS DEL MUESTREO:**

6.1 FRACCIÓN DE HUMEDAD \_\_\_\_\_% 6.2 FRACCIÓN DE GAS SECO \_\_\_\_\_%

6.3 PESO MOLECULAR \_\_\_\_\_g/g-mol 6.4 DENSIDAD DE LOS GASES \_\_\_\_\_kg/m<sup>3</sup>

6.5 VOLUMEN DE MUESTRA A CONDICIONES DE CHIMENEA \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>

6.6 VOLUMEN DE MUESTRA A CONDICIONES NORMALES \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>

6.7 VELOCIDAD DE LOS GASES EN CHIMENEA \_\_\_\_\_m/s

6.8 GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES DE CHIMENEA \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>/min

6.9 GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES NORMALES \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>/min

6.10 \_\_\_\_\_kg/h EMISIÓN DE GASES

6.11 CONCENTRACIÓN DE GASES \_\_\_\_\_kg/m<sup>3</sup>; y \_\_\_\_\_% EN VOLUMEN

**7. COMPARACIÓN CON LAS NORMAS TÉCNICAS ECOLÓGICAS**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
43/45

7.1 NIVEL DE EMISIÓN OBTENIDO ( $C_P$ )  
mg/m<sup>3</sup>

7.2 NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE ( $C_{PE}$ ) (NOM-085-ECOL-94)  
mg/m<sup>3</sup>

7.3 FACTOR DE EMISIÓN ( $F_E$ )  
ADIMENSIONAL

**8. OBSERVACIONES: EN ANEXO ACLARE LO NECESARIO**

**9. DATOS DEL MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTÍCULAS**

9.1 MUESTREO (No. \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ TIEMPO  
DE: \_\_\_\_\_ h A: \_\_\_\_\_ h)

9.2 FILTRO (No. \_\_\_\_\_ P.FINAL \_\_\_\_\_ P.INICIAL  
DIF \_\_\_\_\_ mg).

9.3 PESO DE PARTÍCULAS POR LAVADO DE Sonda Y CICLÓN ( \_\_\_\_\_ +  
\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ mg)

9.4 PESO TOTAL DE PARTÍCULAS  
\_\_\_\_\_ mg

9.5 FLUJO DE INFILTRACIONES \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/min.

9.6 CONDICIONES DEL PESAJE DEL FILTRO

9.7 PRESIÓN DINÁMICA \_\_\_\_\_ Pa

9.8 PRESIÓN ESTÁTICA \_\_\_\_\_ Pa

9.9 PRESIÓN EN CHIMENEA \_\_\_\_\_ Pa

9.10 PRESIÓN BAROMÉTRICA \_\_\_\_\_ Pa

9.11 VACÍO EN EL TREN DE MUESTREO \_\_\_\_\_ Pa

9.12 No. DE PUNTOS SELECCIONADOS \_\_\_\_\_

9.13 LECTURA DEL GASÓMETRO (FINAL \_\_\_\_\_ INICIAL  
\_\_\_\_\_ DIF \_\_\_\_\_) m<sup>3</sup>

9.14 FCGS \_\_\_\_\_

9.15 VOL. CORREGIDO DE MUESTRA \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

9.16 PESO DE AGUA \_\_\_\_\_ g

9.17 FRACCIÓN DE GAS (CO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ O<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ CO \_\_\_\_\_ N<sub>2</sub>  
\_\_\_\_\_ SO<sub>x</sub> \_\_\_\_\_)%

9.18 EXCESO DE AIRE EN LA COMBUSTIÓN \_\_\_\_\_ %

9.19 TEMPERATURA AMBIENTE \_\_\_\_\_ K.

9.20 TEMPERATURA DE GASÓMETRO \_\_\_\_\_ K

9.21 PRESIÓN GASÓMETRO \_\_\_\_\_ Pa.

9.22 TEMPERATURA CHIMENEA \_\_\_\_\_ K.

**10. RESULTADOS DEL MUESTREO:**



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
44/45

- 10.1 FRACCIÓN DE HUMEDAD \_\_\_\_\_ %  
10.2 FRACCIÓN DE GAS SECO \_\_\_\_\_ %  
10.3 PESO MOLECULAR \_\_\_\_\_ g/g-mol  
10.4 DENSIDAD DE LOS GASES \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> C.CH.  
10.5 VOLUMEN DE MUESTRA A CONDICIONES DE CHIMENEA  
\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
10.6 VOLUMEN DE MUESTRA A CONDICIONES NORMALES  
\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
10.7 VELOCIDAD DE LOS GASES EN CHIMENEA \_\_\_\_\_ m/s  
10.8 ISOCINÉTISMO \_\_\_\_\_ %  
10.9 GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES DE CHIMENEA  
\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>N/min  
10.10 GASTO VOLUMÉTRICO A CONDICIONES NORMALES  
\_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>N/min  
10.11 CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS  
\_\_\_\_\_ mg/m<sup>3</sup>N  
10.12 EMISIÓN DE PARTÍCULAS  
\_\_\_\_\_ kg/h

## 11. COMPARACIÓN CON LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS

- 11.1 NIVEL DE EMISIÓN OBTENIDO (C<sub>P</sub>)  
\_\_\_\_\_ mg/m<sup>3</sup>  
11.2 NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (C<sub>PE</sub>) (NOM-085-ECOL-1994 y/o NOM-043-ECOL-1993) \_\_\_\_\_ mg/m<sup>3</sup>  
11.3 FACTOR DE EMISIÓN (F<sub>E</sub>)  
ADIMENSIONAL

## 12. OBSERVACIONES: EN ANEXO ACLARE LO NECESARIO



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001  
45/45

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- 9.1 NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de unidades de medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.
- 9.2 ASTM D-3685-78 Standard method for sampling stacks for particulate matter
- 9.3 Code of federal regulation, EPA 40 CFR ch. 1 (7-1-1989), Pt. 60, App. A, Meth. 5.
- 9.4 Ing. David Barrón Orozco .- Guía para el muestreo de partículas en ductos y chimeneas, Dirección General de Investigación, Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente. Edición 1973.
- 9.5 Maintenance, calibration and operation of isokinetic source sampling equipment. EPA. Rom, Jerome J. Research Triangle Park, NC. ATPD-0576, March, 1972.
- 9.6 Construction details of isokinetic source-sampling equipment. EPA. Martin, Robert M., Research Triangle Park, nc. ATPD-0581, April 1971.
- 9.7 Texas air control board, by the source sampling section, measurements and analysis program, Austin Texas, Revised October 1975.

## 10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

MÉXICO, D.F., A  
EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

MIGUEL AGUILAR ROMO

JADS/AFO/DLR/MRG.

**NMX-AA-010-SCFI-2001**

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - FUENTES FIJAS -  
DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE PARTÍCULAS  
CONTENIDAS EN LOS GASES QUE FLUYEN POR UN  
CONDUCTO - MÉTODO ISOCINÉTICO**

**ATMOSPHERIC POLLUTION - STATIONARY SOURCES -  
DETERMINATION OF PARTICLES IN THE FLUE GASES  
FLOWING THROUGH A DUCT - ISOKINETIC SAMPLING METHOD**

**P R E F A C I O**



En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AIRE, QUÍMICA Y SOLUCIONES AMBIENTALES, S.A. DE C.V.
- ASESORÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- ASESORÍA E INGENIERÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- BUFETE QUÍMICO, S.A. DE C.V.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- COMPAÑÍA MEXICANA DE SERVICIOS AMBIENTALES, S.A. DE C.V.
- CONSULTORÍA, ESTUDIOS Y PROYECTOS, S.A. DE C.V.
- DESARROLLO ECOLÓGICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- DETECTA DE MORELOS, S.A. DE C.V.
- GAMATEK, S.A. DE C.V.
- GRUPO MICRO-ANÁLISIS / MICRO-ECOL, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
- ISOTÉCNIA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A.
- LABORATORIO TECNO-AMBIENTAL, S.A.
- PRO-GOEVIDA, S.A. DE C.V.
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- SETHA INGENIERÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- VERIFICACIONES INDUSTRIALES Y DESARROLLO AMBIENTAL, S.A. DE C.V.



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA  
DGN

NMX-AA-010-SCFI-2001

<b>Número del capítulo</b>		<b>página</b>
0	Introducción	1
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Referencias	2
3	Definiciones	3
4	Reactivos y materiales	5
5	Aparatos, instrumentos y equipos	6
6	Procedimiento	11
7	Expresión de resultados	21
8	Informe de la prueba	39
9	Bibliografía	45
10	Concordancia con normas internacionales	45