

## SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

### **NORMA Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-098-SEMARNAT-2002, PROTECCION AMBIENTAL-INCINERACION DE RESIDUOS, ESPECIFICACIONES DE OPERACION Y LIMITES DE EMISION DE CONTAMINANTES.

JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 bis fracciones I, II IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 8 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 5 fracciones V, VI, 36, 37, 37 Bis, 137, 150, 151, 151 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7 fracción II, 62 y 63 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; 38 fracción II, 40 fracciones X, XIII y XVII, 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 33 de su Reglamento, y

#### CONSIDERANDO

Que con fecha 8 de septiembre de 2000, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-098-ECOL-2000, Protección ambiental.- Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes, con el fin de que los interesados, dentro del plazo establecido en la ley en la materia, presentaran sus comentarios ante este Comité;

Que durante el citado plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto en cuestión, los cuales después de ser analizados en su totalidad por el Grupo de Trabajo, éste consideró que algunos de ellos eran procedentes y como consecuencia se hicieron modificaciones sustanciales al Proyecto de Norma Oficial Mexicana;

Que dichas modificaciones fueron presentadas al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales (COMARNAT) en su sesión del 25 de noviembre de 2002, por lo que éste, con base en lo establecido por el artículo 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, consideró procedente que una vez modificado sustancialmente el proyecto sea publicado para consulta pública, de conformidad con el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, bajo la denominación de PROY-NOM-098-ECOL-2002, Protección ambiental.- Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

Que el 23 de abril de 2003 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, el Acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la ratificación de las mismas previa a su revisión quinquenal, acción que eventualmente llevó a cambiar el nombre de la norma a NOM-098-SEMARNAT-2002.

Que en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización con fecha 27 de junio de 2003 se publicó en el **Diario Oficial de la Federación**, con carácter de proyecto la presente Norma Oficial Mexicana bajo la denominación PROY-NOM-098-ECOL-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes, con el fin de que los interesados, en un plazo de 60 días naturales, posteriores a la fecha de su publicación presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en bulevar Adolfo Ruiz Cortines número 4209, piso 5o., colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, México D.F., vía fax 5628-0632 y en el correo electrónico industria@semarnat.gob.mx.

Que de acuerdo a lo establecido en el artículo 47 fracciones II y III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma en cuestión, los cuales fueron analizados por el COMARNAT en su sesión extraordinaria celebrada el 25 de febrero de 2004, realizándose las modificaciones procedentes al proyecto.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-098-SEMARNAT-2002,  
PROTECCION AMBIENTAL-INCINERACION DE RESIDUOS,  
ESPECIFICACIONES DE OPERACION Y LIMITES DE EMISION DE CONTAMINANTES**

**PREFACIO**

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron:

- ASOCIACION MEXICANA DE LABORATORIOS ANALITICOS PARA EL MEDIO AMBIENTE, A.C.
- ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA, A.C.
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA
- PETROLEOS MEXICANOS  
PEMEX PETROQUIMICA  
PETROQUIMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.
- SECRETARIA DE ENERGIA  
SUBSECRETARIA DE HIDROCARBUROS  
DIRECCION DE SEGURIDAD Y PROTECCION AL AMBIENTE
- SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
SUBSECRETARIA DE FOMENTO Y NORMATIVIDAD AMBIENTAL  
SUBSECRETARIA DE GESTION PARA LA PROTECCION AMBIENTAL  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA  
PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE
- SECRETARIA DE SALUD  
DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL

**INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones y terminología
5. Especificaciones
6. Recepción de los residuos
7. Operación de una instalación de incineración
8. Medición en chimenea
9. Emisiones al ambiente
10. Evaluación de la conformidad
11. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración
12. Bibliografía
13. Observancia de la norma
  - Transitorios
  - Anexos

## 0. Introducción

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas se deben observar como principios, entre otros: que toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico; quienes realicen obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente están obligados a prevenir, minimizar o reparar los daños que causen, así como asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y la prevención de las causas que generan desequilibrios ecológicos ya que es el medio más eficaz para evitarlos.

A medida que la población y las actividades productivas del país han ido creciendo, la generación de residuos sólidos municipales, hospitalarios e industriales, se ha incrementado de tal manera, que el impacto y el riesgo que ocasiona su manejo, tratamiento y disposición final representan en la actualidad un verdadero problema, en especial para aquellos residuos considerados como peligrosos.

Por lo tanto, es necesario ampliar y diversificar la infraestructura y sistemas orientados a la minimización, reutilización, reciclaje y tratamiento de residuos. Una alternativa tecnológica de disposición es la incineración, la cual permite reducir el volumen y peligrosidad de los mismos.

La incineración de residuos provenientes de cualquier actividad, incluyendo los residuos peligrosos, produce emisiones que provocan la contaminación del ambiente y con ello dañan a los ecosistemas y la salud humana; lo cual demanda la adopción de acciones preventivas tendientes a propiciar condiciones de operación adecuadas y valores límite de emisión aceptables, en particular en lo que se refiere a las dioxinas y furanos. Las acciones preventivas, de conformidad con la política ecológica, requieren de un enfoque en el que se incluyan los diferentes medios receptores, lo cual implica considerar de manera integral el control de las emisiones al aire y el manejo de las cenizas.

Por lo anterior, al publicarse esta Norma Oficial Mexicana se establece el primero de los distintos compromisos que derivarán del Convenio de Estocolmo; ya que al establecer límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera particulares para las instalaciones de incineración existentes y nuevas en el país se está procurando el cuidado de la salud de la población y del ambiente.

### 1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de operación, así como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos.

### 2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria aplicable en todo el territorio mexicano, con excepción de los mares territoriales en donde la nación ejerza su jurisdicción, para todas aquellas instalaciones destinadas a la incineración de residuos, excepto de hornos crematorios, industriales y calderas que utilicen residuos como combustible alterno.

No aplica para la incineración de residuos (desechos) radiactivos, para los cuales se aplicarán las disposiciones que al respecto emita la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

### 3. Referencias

**3.1** Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicándose en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.), el 6 de enero de 1997, como NOM-001-ECOL-1996, la cual cambió de nomenclatura por el Acuerdo emitido en el D.O.F. el 23 de abril de 2003, quedando con el nombre que aparece al inicio de esta cita.

**3.2** Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, publicándose en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.), el 3 de junio de 1998, como NOM-002-ECOL-1996, la cual cambió de nomenclatura por el Acuerdo emitido en el D.O.F. el 23 de abril de 2003, quedando con el nombre que aparece al inicio de esta cita.

**3.3** Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993, Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de octubre de 1993.

**3.4** Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.) el 22 de octubre de 1993, la cual ha cambiado de nomenclatura en dos ocasiones, la primera, por el Acuerdo Secretarial publicado en el D.O.F. el 29 de noviembre de 1994, siendo modificada a NOM-052-ECOL-1993 y, la segunda, por el Acuerdo emitido en el mismo órgano de difusión el 23 de abril de 2003, quedando con el nombre que aparece al inicio de esta cita.

**3.5** Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.) el 22 de octubre de 1993, la cual ha cambiado de nomenclatura en dos ocasiones, la primera, por el Acuerdo Secretarial publicado en el D.O.F. el 29 de noviembre de 1994, siendo modificada a NOM-053-ECOL-1993 y, la segunda, por el Acuerdo emitido en el mismo órgano de difusión el 23 de abril de 2003, quedando con el nombre que aparece al inicio de esta cita.

**3.6** Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.) el 22 de octubre de 1993, la cual ha cambiado de nomenclatura en dos ocasiones, la primera, por el Acuerdo Secretarial publicado en el D.O.F. el 29 de noviembre de 1994, siendo modificada a NOM-054-ECOL-1993 y, la segunda, por el Acuerdo emitido en el mismo órgano de difusión el 23 de abril de 2003, quedando con el nombre que aparece al inicio de esta cita.

**3.7** Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994, Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.) el 2 de diciembre de 1994 como NOM-085-ECOL-1994, la cual cambió su nomenclatura por el Acuerdo emitido en el D.O.F. el 23 de abril de 2003, quedando como aparece al inicio de esta cita.

**3.8** Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental-Salud ambiental-Residuos peligrosos biológico-Infeciosos-Clasificación y especificaciones de manejo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** (D.O.F.) el 17 de febrero de 2003 como NOM-087-ECOL-SSA1-2002, la cual cambió su nomenclatura por el Acuerdo emitido en el D.O.F. el 23 de abril de 2003, quedando como aparece al inicio de esta cita.

**3.9** Norma Mexicana NMX-AA-009/1993-SCFI. Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Determinación de flujo de gases en un conducto por medio del Tubo de Pitot, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** del 27 de diciembre de 1993.

**3.10** Norma Mexicana NMX-AA-10-SCFI-2001, Contaminación Atmosférica.- Fuentes fijas.- Determinación de la emisión de partículas contenidas en los gases que fluyen por un conducto.- Método isocinético, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** del 18 de abril de 2001.

**3.11** Norma Mexicana NMX-AA-23/1986, Protección al Ambiente. Contaminación Atmosférica. Terminología, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 15 de julio de 1986.

**3.12** Norma Mexicana NMX-AA-035-1976. Determinación de bióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno en los gases de combustión, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 10 de junio de 1976.

**3.13** Norma Mexicana NMX-AA-054-1978. Contaminación atmosférica-Determinación del contenido de humedad en los gases que fluyen por un conducto-Método gravimétrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 2 de agosto de 1978.

**3.14** Norma Mexicana NMX-AA-055-1979. Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Determinación de bióxido de azufre en gases que fluyen por un conducto, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 6 de septiembre de 1979.

**3.15** Norma Mexicana NMX-AA-070-1980. Contaminación atmosférica-Fuentes fijas-Determinación de cloro y/o cloruros en los gases que fluyen por un conducto, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de septiembre de 1980.

**3.16** Norma Mexicana NMX-B-036-1981. Definiciones relativas al Carbón y Coque, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de enero de 1982.

**3.17** Norma Mexicana NMX-Z-13-02-1981. Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de mayo de 1981.

**3.18** Protocolo de 1996. Relativo al Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1972.

#### **4. Definiciones y terminología**

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se consideran las definiciones contenidas tanto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como en los Reglamentos en materia de Residuos Peligrosos y Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, y las siguientes:

**4.1 Alimentación de residuos**

Suministro de residuos a la cámara de combustión del incinerador.

**4.2 Alimentación automática**

Carga de los residuos a la cámara de combustión primaria del incinerador mediante mecanismos de clausura hermética que operan a presión negativa.

**4.3 Alimentación manual**

Carga de residuos realizada por los operadores directamente a la cámara de combustión primaria del incinerador.

**4.4 Cámara de combustión final**

Compartimiento en donde se lleva a cabo la combustión final de los gases producidos por la incineración de los residuos.

**4.5 Cámara de combustión primaria**

Compartimiento en donde se realiza la ignición y se lleva a cabo la combustión de los residuos.

**4.6 Capacidad calorífica del equipo**

Es la cantidad de calor de diseño que requiere el equipo de incineración para mantener las condiciones de operación durante una hora y sus unidades son Joules/h.

**4.7 Combustión**

Proceso controlado de oxidación rápida que se sucede durante la combinación de oxígeno con aquellos materiales o sustancias contenidas en los residuos capaces de oxidarse.

**4.8 Congénere**

Se refiere a un compuesto particular que pertenece a la misma familia química.

**4.9 Descarga de aguas residuales**

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

**4.10 Emisión**

La descarga a la atmósfera de toda sustancia en cualquiera de sus estados físicos o de energía.

**4.11 Equipo de control de emisiones**

Dispositivo de control operado al final de los equipos de proceso y cuyo propósito es reducir al mínimo la emisión de partículas y gases de combustión.

**4.12 Equivalente tóxico (EQT)**

Forma de reporte de resultados de los congéneres sustituidos en las posiciones 2,3,7,8 de las Dioxinas y Furanos en el cual se estandarizan las concentraciones detectadas de acuerdo a su toxicidad relativa a la de la 2,3,7,8 Tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD).

**4.13 Incineración**

Cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia, eficacia y los parámetros ambientales previamente establecidos. En esta definición se incluye la pirólisis, la gasificación y el plasma, cuando los subproductos combustibles generados en estos procesos sean sometidos a combustión en un ambiente rico en oxígeno.

**4.14 Incinerador**

Equipo empleado para la oxidación térmica de residuos con o sin recuperación de calor producido por la combustión, con sus respectivos dispositivos de control de temperatura y de composición de gases, así como con tolvas para la recepción de cenizas.

**4.15 Instalación de incineración**

Predio ocupado por las unidades de incineración para la oxidación térmica de residuos, con o sin recuperación del calor producido por la combustión, incluyendo las áreas de recepción, almacenamiento y tratamiento previo de los residuos, el incinerador, sus sistemas de alimentación de residuos, combustible y aire, los sistemas de tratamiento de los gases de escape y de las aguas residuales, así como los dispositivos y sistemas de control de las operaciones de incineración, registro y supervisión de las condiciones de operación.

**4.16 Instalación de incineración existente**

Cualquier instalación de incineración autorizada por la Secretaría o no autorizada que se encuentre operando con anterioridad a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana.

**4.17 Ley**

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**4.18 Límite máximo permisible**

Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la emisión de contaminantes.

**4.19 Monitoreo continuo**

El que se realiza con equipo automático con un mínimo de 15 lecturas en un periodo no menor de 60 minutos y un periodo no mayor de 360 minutos. El resultado del monitoreo es el promedio del periodo en el que se llevó a cabo el muestreo.

**4.20 Operador Calificado**

Operador que demuestre tener experiencia mínima de seis meses en el uso y operación de incineradores.

**4.21 PROFEPA**

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

**4.22 Protocolo de Pruebas**

Secuencia de actividades para verificar la eficiencia del sistema, determinar el nivel de eficiencia de destrucción alcanzado por los sistemas de combustión y de control de emisiones, la confiabilidad de los sistemas de monitoreo continuo de emisiones y de los procedimientos adecuados de manejo de los residuos y subproductos.

**4.23 Residuos industriales no peligrosos**

Aquellos generados en procesos industriales que no estén considerados en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993 y aquellos que la Secretaría certifique como tales.

**4.24 Residuos Sólidos Urbanos**

Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole.

**4.25 Residuos peligrosos**

Aquellos residuos definidos por la NOM-052-SEMARNAT-1993.

**4.26 Residuos peligrosos biológico-infecciosos**

Aquellos residuos así considerados en la NOM-052-SEMARNAT-1993 y la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

**4.27 Responsable de la Instalación de Incineración**

Persona física o moral a quien se extiende una autorización, en los términos de las disposiciones legales aplicables, para llevar a cabo actividades de incineración.

**4.28 Secretaría**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

**4.29 Sistema de monitoreo continuo de emisiones**

Consiste en un dispositivo de medición automático continuo para la determinación de la concentración de un contaminante, reportado en horarios promedios móviles.

**5. Especificaciones**

**5.1** Los responsables de la instalación de incineración de residuos peligrosos deben presentar a la Secretaría un resultado del protocolo de pruebas dentro del plazo señalado en su autorización.

En el caso de incineración de residuos peligrosos, los resultados del protocolo de pruebas deben ser presentados en los términos y formalidades que establece el Trámite SEMARNAT-07-012 "Autorización para el manejo de residuos peligrosos que pretendan su reuso, reciclaje, tratamiento o incineración", del Acuerdo por el que se dan a conocer los trámites inscritos en el Registro Federal de Trámites y Servicios que aplica la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y sus órganos administrativos desconcentrados y se establecen diversas medidas de mejora regulatoria, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 29 de mayo de 2003.

**5.2** Las instalaciones de incineración deben operar en todo momento con un operador calificado en la operación del equipo.

**5.3** La instalación de incineración debe contar con un sistema de registro de datos a través de bitácoras o archivos electrónicos, aplicables a la recepción, almacenamiento, proceso de incineración incluyendo los sistemas de control de emisiones, monitoreo de contaminantes y disposición de residuos sólidos de acuerdo a lo que establezca la Secretaría.

**5.4** Las bitácoras deben ser libretas foliadas, el registro también puede ser en archivos electrónicos, en ambos casos deben guardarse por un tiempo mínimo de 5 años.

**5.5** No debe llevarse a cabo la incineración de residuos peligrosos que sean o contengan compuestos orgánicos persistentes y bio-acumulables; plaguicidas organoclorados; así como baterías y acumuladores usados que contengan metales tóxicos; siempre y cuando exista en el país alguna otra tecnología disponible que cause menor impacto y riesgo ambiental.

## **6. Recepción de los residuos**

**6.1** Es requisito indispensable para la instalación que presta servicios a terceros para la aceptación de los residuos peligrosos, la presentación del Manifiesto de Entrega-Transporte-Recepción de Residuos Peligrosos.

**6.2** En el caso de residuos peligrosos y de la instalación de incineración que presta servicios a terceros, el responsable de la instalación de incineración, antes de aceptar el ingreso de este tipo de residuos a su establecimiento, debe verificar:

a) Si la composición física y química de los residuos peligrosos coincide con los descritos por el generador en el Manifiesto y si éstos son compatibles con el equipo de incineración;

b) La masa de los residuos;

c) Las medidas adecuadas para su almacenamiento y manejo conforme a las características de incompatibilidad que, en su caso, puedan presentar respecto de otros residuos peligrosos recibidos;

d) La empresa habrá de efectuar una medición por radiación, utilizando un detector de centelleo, en caso de que la lectura sea mayor a dos veces el fondo, se dará aviso de inmediato a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y se procederá siguiendo las instrucciones que indique la misma.

e) En caso de no satisfacer las condiciones mencionadas en el inciso a), los residuos peligrosos no deben ser recibidos en la instalación del incinerador.

**6.3** Para el caso de los residuos considerados como no peligrosos, no es necesario cumplir con lo indicado en los incisos anteriores.

## **7. Operación de una instalación de incineración**

**7.1** La instalación de incineración debe contar con un área de almacenamiento, de conformidad con los ordenamientos jurídicos aplicables; para los materiales y residuos, con una capacidad mínima de por lo menos dos veces la capacidad diaria de operación autorizada.

**7.2** La instalación de incineración debe contar con los sistemas de control o con una planta generadora de energía eléctrica para emergencias, que garanticen el paro seguro y la combustión completa de los residuos en caso de falla del suministro eléctrico.

**7.3** La instalación de incineración contará con un sistema para el pesaje de los residuos que se reciban.

**7.4** Las empresas de servicios a terceros deben contar con un laboratorio dentro de sus instalaciones, el cual deberá realizar una evaluación presuntiva del contenido de cloro en cada lote de residuos admitidos, por cualquier método de análisis. Esto no aplica para residuos biológico-infecciosos.

**7.5** El diseño, equipamiento y funcionamiento de las instalaciones de incineración deben permitir que la temperatura de los gases derivados de la incineración de los residuos se eleve, tras la última inyección de aire de combustión, de manera controlada y homogénea, aun en las condiciones más desfavorables, hasta por lo menos 850 °C, alcanzados en o cerca de la pared interna, de la cámara de combustión final, durante un tiempo mínimo de por lo menos dos segundos. En el caso de que se incineren residuos peligrosos que contengan más del 1% de sustancias organocloradas expresadas en cloro, la temperatura deberá elevarse hasta 1,100 °C, y durante 2 segundos como mínimo.

Cuando se compruebe que por cuestiones tecnológicas, de eficiencia de los equipos y por la corriente de los residuos a incinerar, la temperatura de operación pueda ser menor a 1100°C, con una eficiencia de destrucción del 99.9999% para el compuesto organoclorado de mayor estabilidad térmica que se encuentre en dicha corriente de residuos, la Secretaría podrá autorizar la operación a una temperatura inferior a la señalada en este inciso, misma que no podrá ser menor a 850°C y el tiempo de residencia será de dos segundos como mínimo.

Por el contrario, para aquellos residuos cuya temperatura de destrucción sea mayor a 1100°C, la Secretaría podrá determinar la temperatura y tiempo de residencia a cumplir, para garantizar su destrucción.

En el caso de los equipos que incineren exclusivamente Residuos Peligrosos-Biológico Infecciosos (RPBI), el tiempo de residencia puede ser menor a dos segundos, siempre y cuando se cumpla con los límites de emisión que aparecen en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

**7.6** Para evitar las emisiones fugitivas, la presión de operación de las cámaras de combustión del incinerador debe ser negativa.

**7.7** La unidad de incineración debe estar equipada con quemadores que se pongan en marcha de manera automática cuando la temperatura descienda por debajo de la mínima establecida para su operación.

**7.8** La unidad de incineración debe contar con un sistema de paro automático en la alimentación de residuos peligrosos el cual se acciona cuando:

- a) Durante la puesta en marcha, no se alcance la temperatura mínima requerida;
- b) No logre mantenerse la temperatura mínima de incineración requerida;
- c) Las emisiones de monóxido de carbono (CO) sobrepasen los valores máximos permisibles;

**7.9** El operador debe mantener un registro diario en bitácora foliada o archivos electrónicos, a disposición de la PROFEPA, en la cual registrará la siguiente información:

- a) Tipo y cantidad de residuos incinerados, en el caso de las empresas de servicios a terceros, los resultados del análisis de cloro a que se refiere el párrafo 7.4 de la presente Norma;
- b) Temperatura del equipo en las diferentes cámaras y equipos de control;
- c) Tipo y cantidad de combustible consumido;
- d) Arranques, paros y horas de operación del equipo;
- e) Fallas y problemas presentados durante la operación del equipo, señalando las medidas correctivas adoptadas para el restablecimiento de las condiciones normales de operación;
- f) Mediciones de los contaminantes especificados en las tablas de esta Norma; en el caso de mediciones continuas referenciar la localización de los registros;
- g) Condiciones de operación del equipo de control de emisiones (presión, temperatura y tasa de alimentación);
- h) Cantidad, tipo y destino final de los residuos generados por el incinerador, y
- i) Nombre y firma del responsable de la instalación de incineración.

**7.10** No se permite la alimentación manual del incinerador; la alimentación con una carga de residuos mayor o con residuos diferentes a los que han sido autorizados por la Secretaría.

**7.11** Las instalaciones de incineración deben de contar con un Programa para Atención a Contingencias y con los sistemas o procedimientos para prevenir y responder a incendios o explosiones, así como a fugas o derrames de residuos.

**7.12** Las cenizas y otros residuos sólidos que se generen durante los procesos de incineración, serán considerados como residuos peligrosos, por lo que su manejo deberá cumplir con lo establecido en los ordenamientos legales aplicables.

**7.13** Si el contenido de materia volátil en la ceniza es mayor al 10%, éstas deben ser realimentadas al incinerador.

**7.14** Las descargas de aguas residuales procedentes de las instalaciones de incineración, deben cumplir con lo dispuesto en la normatividad aplicable o las condiciones particulares de descarga que, en su caso, establezca la autoridad competente.

**7.15** Las instalaciones de incineración que cuenten con autorización para llevar a cabo el tratamiento de bifenilos policlorados y compuestos organoclorados, según lo establecido en el apartado 7.5, deben demostrar anualmente una eficiencia de destrucción y remoción (EDR) de al menos 99.9999 por ciento, respecto al compuesto de mayor dificultad de destrucción presente en el residuo alimentado.

Para determinar el compuesto de mayor dificultad presente en el residuo alimentado, es necesario tomar como base el compuesto organoclorado con mayor estabilidad térmica que se encuentre en la corriente de residuos a incinerar.



El cálculo de la eficiencia de destrucción y remoción está dado por la fórmula:

$$\text{EDR} = \frac{A_i - E_i}{A_i} \times 100\%$$

$A_i$  = Flujo másico del componente contenido en la alimentación al incinerador, calculado por el producto de la concentración del componente de mayor dificultad de destrucción en el residuo alimentado g/h.

$E_i$  = Flujo másico del componente de mayor dificultad de destrucción presente en el residuo alimentado contenido en las emisiones a la atmósfera y las cenizas generadas.

Dicho flujo se calcula:

$$E_i = (Q_i \times G) + (m_i \times M_c)$$

Donde:

$Q_i$  = Concentración de la emisión del compuesto de mayor dificultad de destrucción, g/m<sup>3</sup>.

$G$  = Caudal del gas de emisión en la chimenea, m<sup>3</sup>/h.

$m_i$  = Concentración del componente de mayor dificultad de destrucción en las cenizas, g/Kg.

$M_c$  = Caudal de cenizas generadas, Kg/h.

En el caso de que por cuestiones propias del proceso de incineración la cantidad de cenizas en los fondos del incinerador sea despreciable, la variable  $M_c$  será cero y el segundo término de la ecuación será despreciable.

**7.16** En caso de que por razones de fallas en los equipos de alimentación automática, medición continua, control de emisiones, o alguna otra falla que impida el funcionamiento de la operación autorizada del incinerador, se debe suspender la alimentación de los residuos. La recepción de los mismos podrá continuar siempre y cuando no se rebase la capacidad del área de almacenamiento de acuerdo a lo establecido en el numeral 7.1, de la presente Norma Oficial Mexicana.

## **8. Medición en chimenea**

**8.1** La instalación de incineración debe contar con sistemas para la medición continua de indicadores de buenas prácticas de operación y control, contando por lo menos con un equipo de monitoreo continuo para la temperatura de la cámara de combustión final y para las emisiones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O<sub>2</sub>), a la salida de los gases de chimenea.

**8.2** Para llevar a cabo la medición de las emisiones a la atmósfera, los incineradores deben contar con plataforma y puertos de muestreo en el ducto de salida de los gases de acuerdo con lo establecido en el artículo 17 fracción III del Reglamento de la Ley en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y de acuerdo a lo especificado en la Norma NMX-AA-009/1993-SCFI, referida en el punto 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

## **9. Emisiones al ambiente**

**9.1** Los límites máximos permisibles de emisiones son los establecidos en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

**9.2** La temperatura máxima de los gases antes del equipo de control de emisiones cuando se utilicen lavadores secos debe ser menor a 250°C. En los demás casos, la temperatura de los gases a la salida de la chimenea no debe rebasar dicho valor.

**9.3** Los límites máximos permisibles de emisión, la frecuencia de medición y los métodos de evaluación son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana y se aplicarán todo el tiempo para las instalaciones de incineración, excepto en periodos de arranque o paro de los equipos.

**9.4** En caso de mal funcionamiento del equipo de medición continua, debe efectuarse al menos una medición diaria puntual hasta que el desajuste sea corregido y dar aviso de inmediato a la Secretaría, de la falla y el tiempo estimado para su ajuste, para que ésta determine lo conducente. La utilización de métodos de evaluación, distintos a los señalados en la Tabla 1 se sujetará a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

En caso de que no sea posible llevar a cabo la medición diaria puntual se debe suspender la alimentación de los residuos al incinerador.

**9.5** El responsable de la instalación de incineración podrá quedar exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre a la Secretaría que por las características de los residuos a tratar no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo a ella por escrito y bajo protesta de decir la verdad. En caso de falsedad, el responsable queda sujeto a los ordenamientos legales aplicables.

La disposición anterior no aplica para los parámetros relacionados con la calidad de la combustión (CO, NOx).

Estas exenciones sólo podrán ser autorizadas por un plazo no mayor a 2 años, siempre y cuando los resultados de 3 años consecutivos de mediciones de los parámetros a exentar estén 25% por debajo de los límites máximos permisibles indicados en la Tabla 1.

**TABLA 1**  
**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES PARA INSTALACIONES**  
**DE INCINERACION DE RESIDUOS**

| CONTAMINANTE  | LIMITE DE EMISION | FRECUENCIA DE MEDICION | NORMA QUE APLICA O METODO  |
|---|-------------------|------------------------|--|
| CO<br>(mg/m <sup>3</sup> )  | 63                | CONTINUO               | Infrarrojo No Dispersivo y Celda Electroquímica Anexo 1  |
| HCl<br>(mg/m <sup>3</sup> )   | 15                | TRIMESTRAL             | NMX-AA-070-1980  |
| NOx<br>(mg/m <sup>3</sup> )   | 300               | SEMESTRAL              | Quimiluminiscencia Anexo 2   |
| SO <sub>2</sub><br>(mg/m <sup>3</sup> )   | 80                | SEMESTRAL              | NMX-AA-55-1979   |
| PARTICULAS<br>(mg/m <sup>3</sup> )  | 50                | SEMESTRAL              | NMX-AA-10-SCFI-2001  |
| ARSENICO<br>SELENIO<br>COBALTO<br>NIQUEL<br>MANGANESO<br>ESTAÑO<br>(mg/m <sup>3</sup> )   | 0.7*              | SEMESTRAL              | Espectrometría de absorción atómica.<br>Anexos 3 y 4   |
| CADMIO<br>(mg/m <sup>3</sup> )  | 0.07              | SEMESTRAL              | Espectrometría de absorción atómica.<br>Anexos 3 y 4   |
| PLOMO<br>CROMO total<br>COBRE<br>ZINC<br>(mg/m <sup>3</sup> )   | 0.7*              | SEMESTRAL              | Espectrometría de absorción atómica.<br>Anexos 3 y 4   |
| MERCURIO<br>(mg/m <sup>3</sup> )  | 0.07              | SEMESTRAL              | Espectrometría de absorción atómica<br>con vapor frío<br>Anexos 3 y 4                          |
| DIOXINAS Y FURANOS EQT<br>(ng/m <sup>3</sup> )<br>Instalaciones de incineración<br>nuevas   | 0.2               | ANUAL                  | Cromatografía de gases acoplado a<br>espectrometría de masas de alta<br>resolución<br>Anexo 5A |
| DIOXINAS Y FURANOS EQT<br>(ng/m <sup>3</sup> )<br>Instalaciones de incineración<br>existentes antes de la publicación<br>de esta NOM. | 0.5               | ANUAL                  | Cromatografía de gases acoplado a<br>espectrometría de masas de baja<br>resolución<br>Anexo 5B |

Todos los valores están referidos a condiciones estándar: 1 atmósfera, base seca, 25°C y 7% de Oxígeno O<sub>2</sub>, de acuerdo a la NOM-085-SEMARNAT-1994.

\* Suma total metales pesados.

\*\*Todas las mediciones deben estar registradas en bitácora.

## 10. Evaluación de la conformidad

La Secretaría reconocerá las determinaciones analíticas que hayan sido muestreadas y analizadas por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a las disposiciones legales aplicables.

## 11. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma o lineamiento internacional, tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

## 12. Bibliografía

**12.1** Aseguramiento de la Calidad/Control de la Calidad Procedimientos para la Incineración de Residuos Peligrosos EPA/625/6-89/0.

**12.2** Exposure of man to dioxins: a perspective on industrial waste incineration. ISBN-8072-49. Reporte Técnico No. 49 (Exposición humana a dioxinas: una perspectiva sobre la incineración de residuos industriales).

**12.3** LaGrega Michael, Buckingham Phillip L., y Evans Jeffrey C. "Gestión de residuos tóxicos", Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Vols. I y II, McGraw-Hill, México, 1996.

**12.4** Martínez Mondragón Jaime y Ortiz Monasterio Fernando (ERM-México, S.A. de C.V.) "Tecnología de control de Dioxinas y Furanos y un caso de estudio de muestreo", presentado en el Seminario Internacional sobre Incineración, México, agosto, 1998.

**12.5** Método 23 de la EPA.- "Determinación de policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos provenientes de fuentes estacionarias".

**12.6** Standards of Performance for New Stationary Sources: Medical Waste Incinerators, 27 de febrero de 1995 [Estándares de Desempeño para Fuentes Fijas Nuevas: Incineradores de Residuos Médicos].

**12.7** Strong Brian and Copland Richard. "Summary of the Final New Source Performance Standards and Emission Guidelines for New and Existing Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators". Presentado en la 91a. Reunión Anual de la Air & Waste Management Association del 14 al 16 de junio de 1998 en San Diego, California, EUA pp. 9.

**12.8** Tchobanoglous George, Theisen Hilary y Vigil Samuel A., "Gestión integral de residuos sólidos", Vol. I y II, McGraw-Hill, México, 1996.

**12.9** Van Ruymbek Claire. "Propuesta de Norma de Emisiones a la atmósfera por la incineración de Residuos Hospitalarios". Informe interno de distribución restringida para la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas del Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP, México, 1997.

**12.10** Directiva de la Comunidad Europea 2000/76/EC, relativa a la incineración de residuos. Parlamento Europeo. 28 de diciembre de 2000.

**12.11** Taylor, Phillip H., Barry Dellinger, and C. C. Lee (University of Dayton and USEPA), "Development of a thermal stability-based ranking of hazardous organic compound incinerability", Environmental Science and Technology. Vol. 24; Pág. 316-328. Marzo, 1990.

## 13. Observancia de la norma

La Secretaría a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, los gobiernos de los estados, del Distrito Federal y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias y atribuciones, vigilarán el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana. El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

## TRANSITORIOS

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 60 días después de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

**SEGUNDO.-** Los límites máximos permisibles de emisión de dioxinas y furanos en incineradores existentes serán revisados quinquenalmente por la Secretaría y el Grupo de Trabajo de esta Norma Oficial Mexicana, tomando en consideración aspectos ambientales y de salud pública, de desarrollo tecnológico y la conveniencia de aprovechar la vida útil de las instalaciones existentes.

**TERCERO.-** A la entrada en vigor del Plan Nacional derivado de la obligatoriedad del Convenio de Estocolmo se revisarán las especificaciones aplicables a los equipos de monitoreo, particularmente de aquellos que determinen las emisiones de dioxinas y furanos, en los incineradores nuevos.

México, Distrito Federal, a los cinco días del mes de agosto de dos mil cuatro.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Juan Rafael Elvira Quesada**.- Rúbrica.

**ANEXO 1****ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA PARA  
SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO EN EMISIONES (SMCE) DE MONOXIDO DE CARBONO (CO)****INDICE**

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Alcance y principio
3. Definiciones
4. Interferencias
5. Seguridad
6. Equipo y accesorios
7. Reactivos y materiales de referencia
8. Procedimiento de evaluación de desempeño
9. Control de calidad
10. Calibración y trazabilidad
11. Procedimiento de análisis
12. Cálculos
13. Especificaciones para pruebas de desempeño
14. Procedimiento alternativo para la prueba de exactitud relativa
15. Ejemplos de pruebas de desempeño
16. Bibliografía

**1. Objetivo y campo de aplicación****1.1** Objetivo.

Establecer las Especificaciones y Procedimientos de Prueba requeridos para un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisión (SMCE) utilizado para la determinación continua de la concentración (relación analito/matriz) de Monóxido de Carbono (CO) en los gases que fluyen en un ducto.

**1.2** Aplicabilidad.

Estas Especificaciones aplican de manera obligatoria para Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (SMCE) de Monóxido de Carbono (CO).

Estas Especificaciones aplican para SMCE del tipo Extractivo o Estacionario.

Estas Especificaciones no están diseñadas para evaluar el desempeño de SMCE por periodos prolongados de tiempo, ni identifica técnicas específicas de calibración requeridas para evaluar su desempeño. El dueño de la fuente emisora y su operador, son los responsables de calibrar, mantener y operar de manera apropiada el SMCE.

Se podrá solicitar al dueño de la fuente emisora y operador, la evaluación del desempeño del SMCE en cualquier momento distinto a la prueba inicial.

**2. Alcance y principio****2.1** Alcance.

Se establecen las Especificaciones y Procedimientos de Prueba para SMCE de:

Analito: Monóxido de Carbono (CO).

Número CAS: 630-80-0.

**2.2** Principio.

Las presentes Especificaciones incluyen:

- Especificaciones de Instalación y Medición
- Especificaciones de Desempeño
- Procedimientos de Prueba
- Manejo de Datos

Se utilizan métodos de referencia, pruebas de error de calibración, pruebas de desplazamiento de calibración y pruebas de interferencia para evaluar el grado de conformidad con las presentes Especificaciones.

### 3. Definiciones

#### 3.1 Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (SMCE).

Es el total del equipo requerido para la determinación de la concentración de un analito o conjunto de analitos en una matriz gaseosa que pasa de manera continua por el elemento sensor. El Sistema de Monitoreo se conforma de 4 principales subsistemas: (1) Interfase de Muestra; (2) Analizador; (3) Dilutor, y (4) Registrador.

Los SMCE son divididos en dos categorías generales: (1) Extractivos, y (2) Estacionarios.

##### 3.1.1 SMCE Extractivo.

Aquellos que extraen muestra del ducto, la transportan, la acondicionan y la analizan. En ocasiones el acondicionamiento consiste en enfriamiento, eliminación de humedad por distintos mecanismos y eliminación de sólidos. Aquellos componentes de un Sistema de Monitoreo que realizan estas funciones forman parte de la Interfase de Muestra. En ocasiones se utilizan mecanismos de dilución controlada de muestra para ajustar la concentración del analito a magnitudes propias de detección. Los SMCE extractivos que no utilizan sistema de dilución se denominan del tipo Extracción Completa.

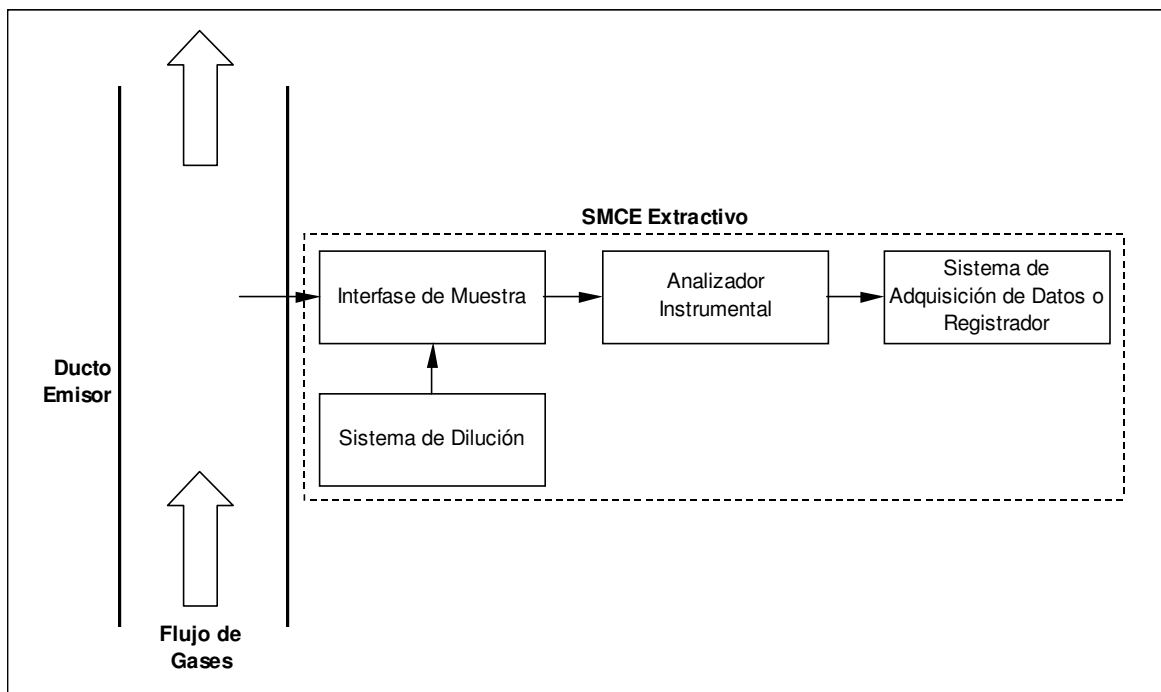


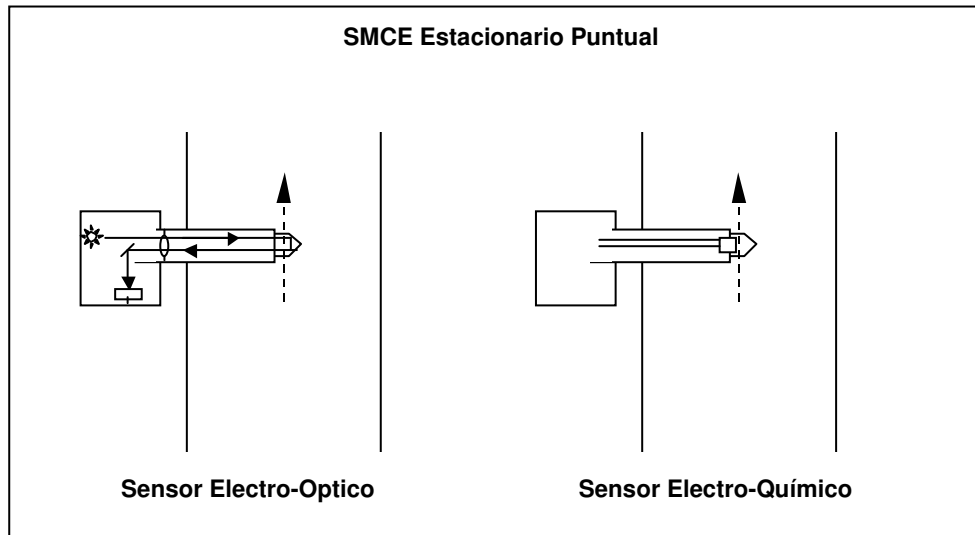
Figura 1.- Subsistemas de un SMCE Extractivo.

##### 3.1.2 SMCE Estacionarios (De Detección en Sitio).

Aquellos que realizan la detección y cuantificación del analito dentro del ducto emisor y sin necesidad de extraer o tomar parte de la muestra. Existen dos tipos generales de SMCE Estacionarios: (1) Puntuales, y (2) de Paso.

###### 3.1.2.1 SMCE Estacionario Puntual.

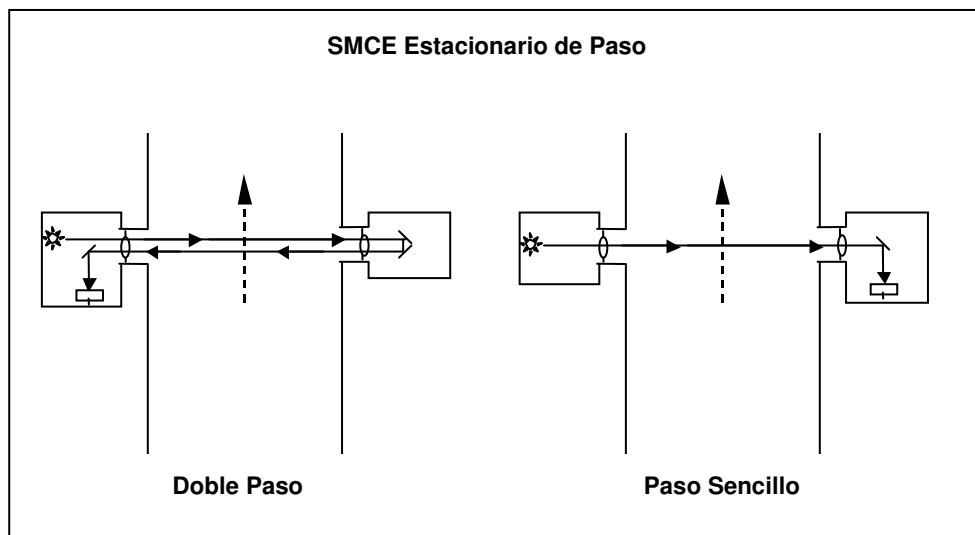
Aquel sistema que consiste de un sensor electro-químico o electro-óptico montado en la punta de una sonda que se introduce en el ducto. Cuando la detección se realiza con un sensor electro-óptico, la trayectoria de paso deberá ser menor o igual a un 10% del diámetro equivalente del ducto o chimenea para que sea considerado un SMCE Estacionario Puntual (de lo contrario ver SMCE Estacionario de Paso).



**Figura 2.-** Diagrama de SMCE Estacionario Puntual.

### 3.1.2.2 SMCE Estacionario de Paso.

Los SMCE Estacionarios de Paso evalúan el analito a lo largo de un trayecto dentro del ducto (y no en un solo punto). Utilizan sensores electro-ópticos. Son sistemas que detectan y cuantifican el analito mediante la emisión de un haz de luz a lo largo de un trayecto dentro del ducto, y la interacción entre el analito y este haz de luz es utilizada para cuantificarlo. Los SMCE Estacionarios de Paso varían en función de la cantidad de veces en que un mismo haz de luz se hace pasar a través del trayecto del ducto seleccionado. Para que un SMCE sea considerado Estacionario de Paso, la trayectoria de paso deberá ser mayor a un 10% del diámetro equivalente del ducto o chimenea, sin embargo, en la presente Especificación se requiere que el 70% trayectoria de paso esté dentro del 50% del área transversal del ducto.



**Figura 3.-** Diagrama de SMCE Estacionario de Paso.

### 3.2 Desplazamiento de Calibración.

La diferencia entre la respuesta inicial del SMCE al calibrarlo inicialmente con un valor de referencia, y su respuesta al alimentar el mismo valor de referencia después de un determinado periodo de muestreo u operación sin llevar a cabo calibraciones intermedias, mantenimiento, reparación y/o apagado del sistema de muestreo.

### 3.3 Area Centroidal.

Es el área concéntrica que es geoméricamente similar a la sección transversal del ducto o chimenea.

### 3.4 Sistema de Adquisición de Datos o Registrador.

Parte o subsistema del SMCE que registra permanentemente los datos del analizador instrumental. Este sistema de adquisición de datos o registrador puede poseer capacidad de reducción de datos automática.

### 3.5 Sistema de Dilución.

Parte o subsistema del SMCE que utiliza diluye de manera controlada y cuantificada la muestra que es alimentada al analizador con el fin de reducir la concentración del analito a magnitudes propias de detección del analizador instrumental. El gas utilizado para diluir no interacciona con el gas muestreado y el elemento sensor.

### 3.6 Analizador Instrumental.

Parte o subsistema del SMCE que detecta y cuantifica el analito o grupo de analitos.

### 3.7 Exactitud Relativa (ER).

Es la diferencia absoluta promedio entre la concentración del analito determinada por el SMCE y aquella determinada por el Método de Referencia, más un coeficiente obtenido con un 97.5% de confianza de una serie de pruebas y dividido por el promedio de concentración obtenido en las distintas pruebas usando el Método de Referencia, o por el límite de emisión aplicable a la fuente.

### 3.8 Interfase de Muestra.

Parte o subsistema del SMCE utilizada para cualquiera de las siguientes funciones: (1) adquisición de muestra; (2) transporte de muestra; (3) acondicionamiento de muestra, y (4) protección del SMCE del efecto del efluente en el ducto.

### 3.9 Límite Superior de Medición o Registro (LSMR).

Límite superior de concentración de cada rango o intervalo de medición del sistema de adquisición de datos, registrador y/o analizador de gases.

Un SMCE de rango sencillo con un analizador instrumental capaz de detectar y cuantificar hasta 1000 ppmv de un analito, pero con un sistema de adquisición de datos o registrador, capaz de registrar información hasta 500 ppmv, posee un LSMR de 500 ppmv.

Un SMCE de rango sencillo con un analizador instrumental capaz de detectar y cuantificar hasta 1000 ppmv de un analito, pero con un sistema de adquisición de datos o registrador, capaz de registrar información hasta 5000 ppmv, posee un LSMR de 1000 ppmv.

Un SMCE de multirango capaz de detectar, cuantificar y registrar en rangos de 0 a 100 con precisión de 0.1, de 0 a 1 000 con precisión de 1 y de 0 a 10 000 con precisión de 5, su LSMR varía en función al rango seleccionado durante el muestreo, siendo el LSMR de 100, 1 000 y 10 000 para cada rango, respectivamente.

### 3.10 Tiempo de Respuesta (TR).

Tiempo requerido para que el SMCE registre un 95% de un cambio escalonado de concentración de gas.

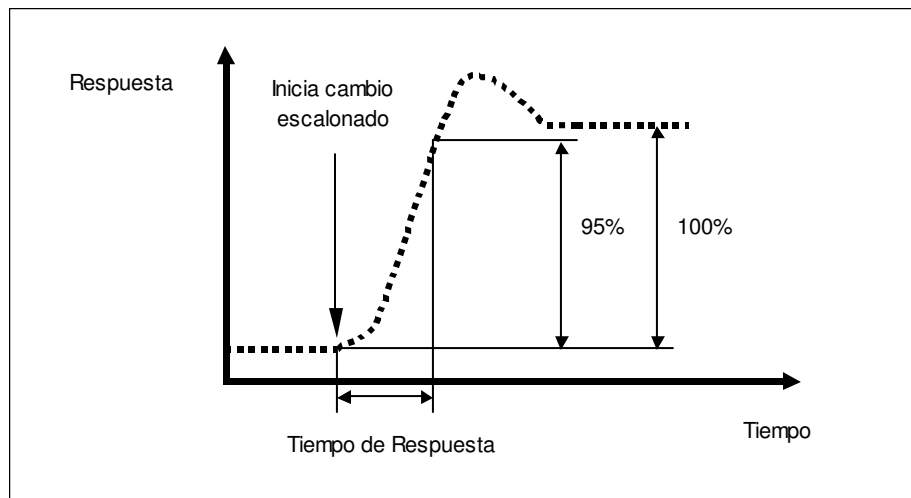


Figura 4.- Diagrama de Tiempo de Respuesta.

### 3.11 Error de Calibración (EC).

Es la diferencia entre la concentración del SMCE y la concentración generada por la fuente calibración, cuando el gas de calibración es alimentado al SMCE. La evaluación del EC es utilizada para evaluar la exactitud y linealidad del SMCE en todo su rango de medición.

### 3.12 SMCE Rango Sencillo.

Aquel SMCE en el que el Analizador Instrumental y el Sistema de Adquisición de Datos o Registrador, poseen sólo un rango de medición de concentración. Este rango va generalmente de cero al LSMR del rango sencillo.

### 3.13 SMCE Multirrango.

Aquel SMCE en el que el Analizador Instrumental y el Sistema de Adquisición de Datos o Registrador, poseen dos o más rangos de medición de concentración. Estos rangos van generalmente de cero o del LSMR del rango anterior, al LSMR del rango siguiente, y por lo general la sensibilidad del instrumento disminuye a medida que el rango aumenta.

### 3.14 Muestreo Multipuntual Integral.

Se refiere a la toma de muestra en un intervalo de tiempo considerable a flujo constante, suficiente para obtener una muestra integral de un volumen mayor o igual a 30 litros. La toma de la muestra se realiza en varias ubicaciones definidas dentro de un corte transversal del ducto (varios puntos transversales de muestreo).

### 3.15 Estratificación

Cuando la concentración de un analito en un corte transversal del ducto varía significativamente en distintos puntos dentro del ducto. La estratificación se considera significativa cuando la concentración promedio dentro del ducto y la concentración en cualquier punto transversal ubicado a una distancia mayor a 1 metro de la pared del ducto, es mayor a un 10%.

## 4. Interferencias

No establecidas

## 5. Seguridad

Los procedimientos solicitados en estas Especificaciones pueden involucrar el uso de materiales, operaciones y equipos peligrosos. Estas Especificaciones pueden omitir la indicación de riesgos asociados a los procedimientos indicados, por lo que será responsabilidad del usuario el establecer prácticas de operación seguras antes de realizar estos procedimientos. Se recomienda consultar el manual de usuario del SMCE para tomar las debidas precauciones.

## 6. Equipo y accesorios

### 6.1 Especificaciones para el SMCE.

#### 6.1.1 Escala del Sistema de Adquisición de Datos o Registrador.

El rango de salida del Sistema de Adquisición de Datos o Registrador deberá incluir los valores de cero y alto nivel. El SMCE deberá ser capaz de medir los niveles de concentración bajo condiciones normales de operación del proceso, así como los picos de alta concentración de corta duración. Este doble rango de medición podrá ser logrado utilizando dos analizadores independientes de rango sencillo (uno de bajo y otro de alto rango de medición), o utilizando analizadores de multirrango de medición (un solo analizador con la capacidad de medir en dos o más rangos distintos). En el caso de analizadores multirrango, cuando la concentración detectada llegue y rebase el LSMR del rango inferior o uno intermedio, la operación del siguiente rango de medición deberá entrar de manera automática. Bajo aplicaciones en las que la concentración del analito sea consistentemente baja, se puede utilizar un SMCE de rango sencillo siempre y cuando se logren detectar y cuantificar los picos de alta concentración. En este caso se deberá seleccionar un valor apropiado de alto nivel que incluya estos picos.

Para SMCE de multirrango, los rangos inferior y superior deberán poseer las siguientes características:

| Rango    | LSMR             |
|----------|------------------|
| Inferior | LSMR = 200 ppmv  |
| Superior | LSMR = 3000 ppmv |

**Tabla 1.-** Especificaciones para el LSMR en SMCE Multirrango.  
LSMR (=) Límite Superior de Medición o Registro



Deberá preverse que no existan intervalos de concentración entre dos rangos inmediatos que no sean evaluados. Por ejemplo, no es admisible que un SMCE de dos rangos posea un rango de medición de 0 a 200 ppmv y el siguiente de 1 000 a 3 000 ppmv.

Si se utiliza un Registrador análogo, el registro de datos se deberá establecer de manera que el valor de alto nivel quede entre un 90 y un 100% de la escala máxima del Registrador. Este requerimiento puede ser inaplicable a Sistemas de Adquisición de Datos o Registradores digitales.

La división real de escala del Sistema de Adquisición de Datos o Registrador deberá ser equivalente a 0.5% del LSMR.

**6.1.2** El diseño del SMCE deberá permitir la determinación del desplazamiento de calibración en los valores de cero y alto nivel. Si lo anterior no es posible o fuese impráctico, el diseño deberá permitir la determinación del desplazamiento de calibración en un valor entre el cero y el equivalente al 20% del valor de alto nivel, y a un valor entre el 50 y el 100% del valor de alto nivel. En casos especiales, se podrá autorizar la evaluación del desplazamiento de calibración en un solo valor de concentración.

**6.1.3** Frecuencia de Medición y Almacenamiento o Registro de Datos.

El SMCE deberá de ser capaz de medir la concentración del analito al menos una vez cada 15 segundos. Una concentración promedio de estas lecturas debe calcularse y registrarse en al menos cada 15 minutos.

**6.1.4** Cálculo del Promedio Móvil Horario.

El SMCE debe calcular un Promedio Móvil Horario al menos cada 15 minutos, el cual es el promedio aritmético de los 4 valores más recientes de los registros de cada 15 minutos.

**6.2** Otros Equipos y Accesorios.

Aquellos requeridos por el Método de Referencia.

**7. Reactivos y materiales de referencia**

**7.1** Gases Patrón, Celdas de Gas Patrón y/o Filtros Opticos.

Utilizar los Gases Patrón, Celdas de Gas Patrón y/o Filtros Opticos especificados por el fabricante del SMCE.

**7.2** Reactivos y otros Materiales de Referencia.

Aquellos requeridos por el Método de Referencia.

**8. Procedimiento de evaluación de desempeño**

**8.1** Especificaciones de Instalación y Sitio de Muestreo.

**8.1.1** Instalación del SMCE.

Instale el SMCE en un lugar accesible en el que la concentración del analito sea directamente representativa o pueda ser corregida de manera que represente el total de la emisión del proceso evaluado.

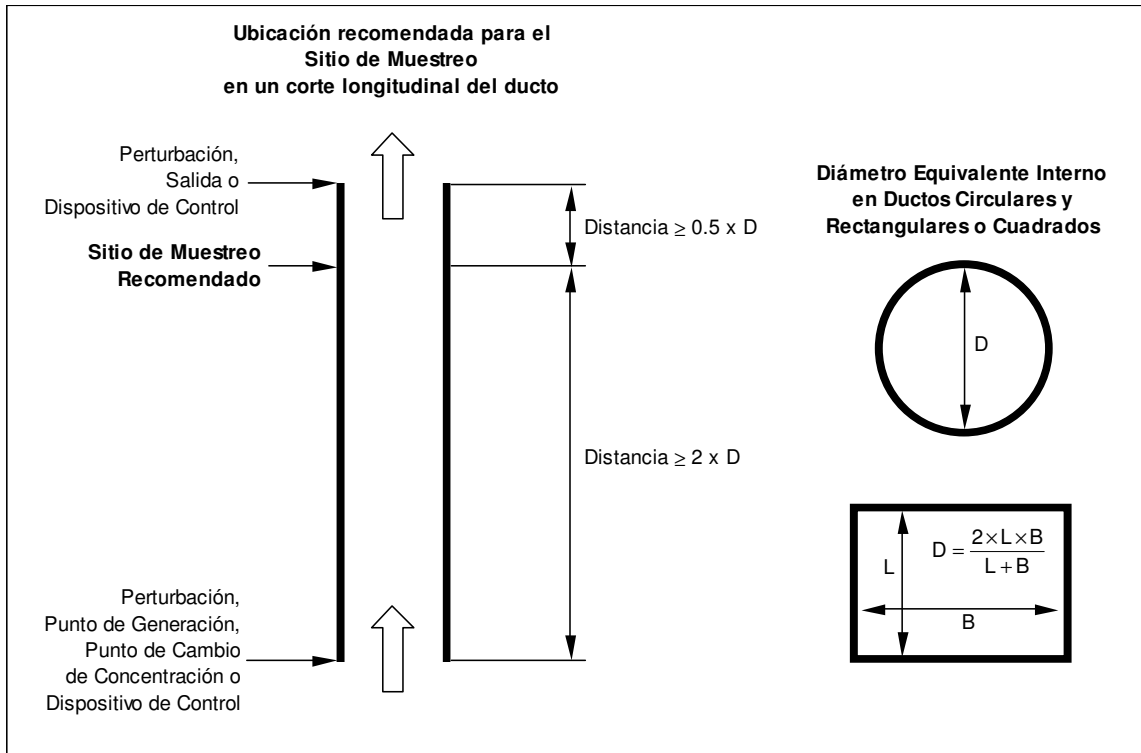
La ubicación óptima de la Interfase de Muestra de un SMCE Extractivo es determinada por varios factores, incluyendo la facilidad de acceso para efectuar las operaciones de calibración y mantenimiento, el grado de acondicionamiento requerido para la muestra, el nivel de representatividad respecto a la emisión total, y el grado con que se representan las situaciones reales de emisión.

Seleccione puntos de medición o trayectorias de paso representativas en sitios en que el SMCE pase la prueba de Exactitud Relativa (ver más adelante). Si la causa de que el SMCE no apruebe la prueba de Exactitud Relativa es el sitio de muestreo seleccionado, y resulta inaplicable una técnica de corrección de resultados, se podrá solicitar la reubicación del SCME en otro sitio de muestreo. En el siguiente inciso se indican distintos sitios de muestreo que propician la instalación apropiada.

**8.1.2** Sitio de Muestreo para el SMCE en un Corte Longitudinal del Ducto.

Se sugiere que el sitio de muestreo en un corte longitudinal del ducto sea:

- (1) al menos a una distancia equivalente a dos diámetros equivalentes de ducto recto sin perturbaciones después de una perturbación, algún dispositivo de control, el punto donde se genera el analito o cualquier otro punto en el que la concentración del analito cambie, y
- (2) al menos a una distancia equivalente a medio diámetro equivalente de ducto recto sin perturbaciones de la salida del efluente gaseoso o de la entrada al dispositivo de control.



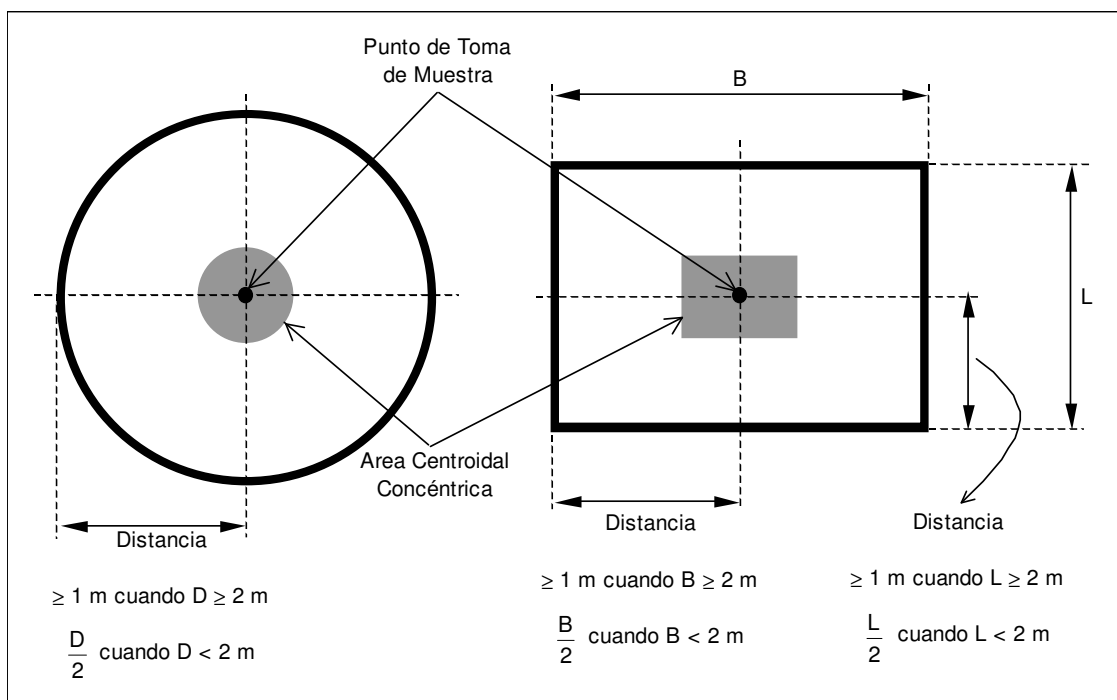
**Figura 5.-** Ubicación recomendada para el Sitio de Muestreo en un corte longitudinal del ducto  
El Sitio de Muestreo corresponde a la ubicación física del SMCE

### 8.1.2 Sitio de Muestreo para el SMCE en un Corte Transversal del Ducto.

#### 8.1.2.1 Punto de Muestreo para SMCE Extractivo o Estacionario Puntual.

Se sugiere que el punto de muestreo en un corte transversal del ducto sea:

- (1) a una distancia mayor o igual a 1 metro de la pared del ducto, o
- (2) centrado dentro del ducto.

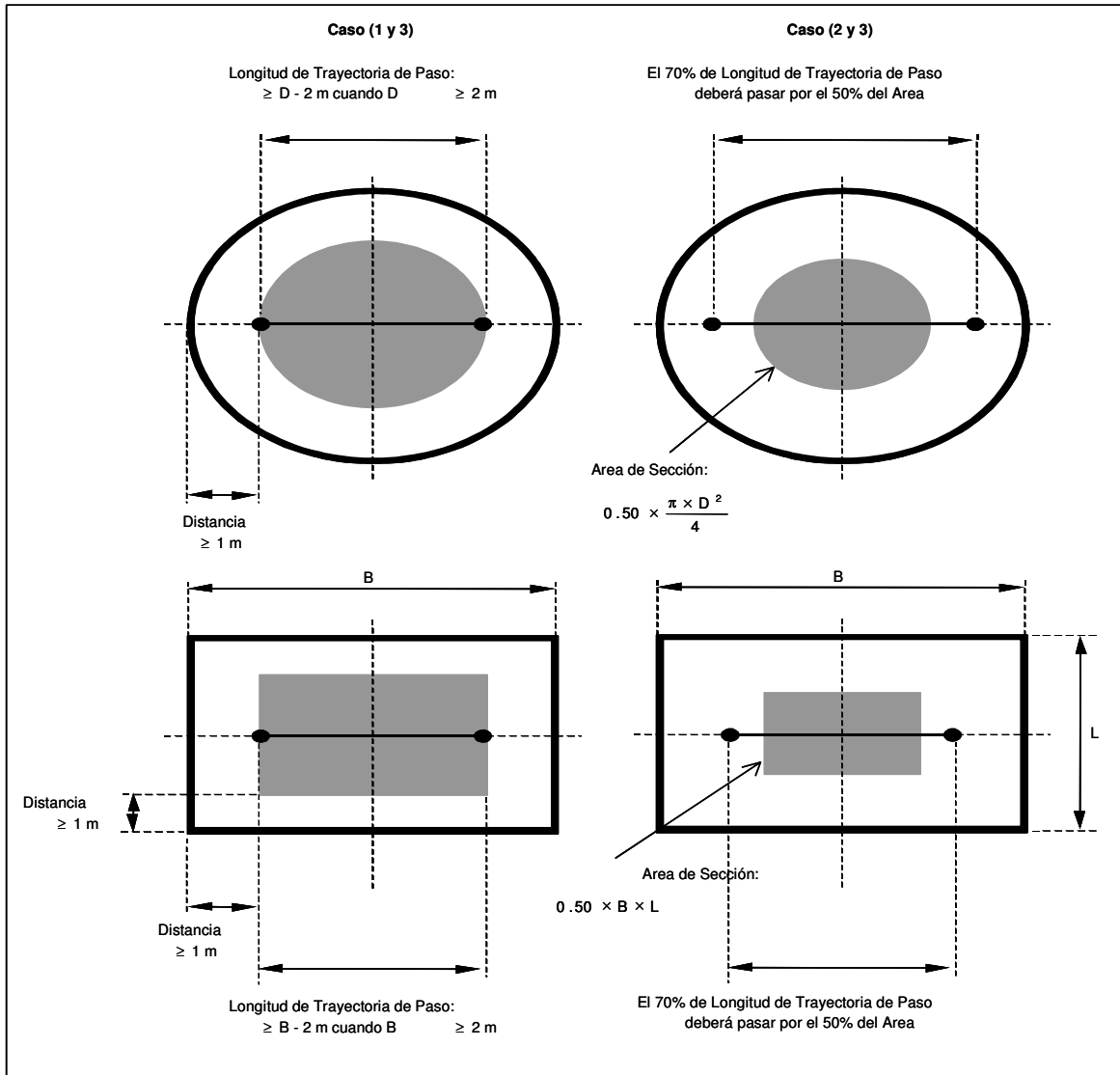


**Figura 6.-** Ubicación recomendada para el punto de muestreo en un corte transversal del ducto

#### 8.1.2.2 Trayectoria de Medición para SMCE Estacionario de Paso.

Se sugiere que la trayectoria de medición efectiva en un corte transversal del ducto sea:

- (1) totalmente dentro de un área concéntrica delimitada por una línea a 1 metro de las paredes del ducto;
- (2) que el 70% de la trayectoria de paso esté dentro del 50% del área transversal del ducto, o
- (3) esté localizada dentro de cualquier parte del área concéntrica del ducto.



**Figura 7.-** Trayectoria de Medición efectiva recomendada en corte transversal del ducto

### 8.1.3 Criterios para Ubicación de SMCE en Función a otros Sistemas de Monitoreo Continuo o Intermitentes.

Quando se instalen otros Sistemas de Monitoreo Continuos o Intermitentes para la medición de parámetros o compuestos necesarios para la corrección de los resultados generados por el SMCE, como son el  $O_2$  o  $CO_2$  para corrección por dilución, o el contenido de humedad para la corrección de resultados de concentración medidos en base húmeda<sup>1</sup> a base seca, ambos sistemas deberán ser instalados en el mismo sitio de muestreo. En caso de no ser posible, estos sistemas podrán ser instalados en sitios de muestreo distintos siempre y cuando estos sitios no estén estratificados y que no existan fugas que permitan la dilución de los gases entre ambos sitios.

#### 8.1.4 Sitio de Muestreo y Puntos Transversales para la Prueba por Método de Referencia.

##### 8.1.4.1 Seleccione un punto de muestreo que esté ubicado en:

- (1) al menos a una distancia equivalente a dos diámetros equivalentes de ducto recto sin perturbaciones después de una perturbación, algún dispositivo de control, el punto donde se genera el analito o cualquier otro punto en el que la concentración del analito cambie, y

<sup>1</sup> Generalmente los SMCE Estacionarios realizan la detección y cuantificación del analito en base húmeda. Adicionalmente, cuando el SMCE es Extractivo, y el analito interacciona con el agua en fase líquida, la Interfase de Muestra resuelve el problema de interferencia en tres formas distintas: (1) elimina la humedad sin necesidad de condensarla, o (2) utiliza un sistema dilutor que enfría el gas pero evita la condensación por dilución, o; (3) mantiene el gas caliente prohibiendo la condensación del agua a lo largo de todo el Sistema de Monitoreo. En los últimos dos casos, el SMCE determina la concentración en base húmeda.

- (2) al menos una a una distancia equivalente a medio diámetro equivalente de ducto recto sin perturbaciones de la salida del efluente gaseoso o de la entrada al dispositivo de control.

Cuando los cambios de concentración del contaminante se atribuyen únicamente a dilución por fugas (por ejemplo, fugas en un recuperador de calor); se puede usar como criterio de ubicación medio diámetro equivalente en vez de los dos diámetros equivalentes requeridos.

La ubicación del sitio de muestreo del SMCE y del Método de Referencia no tiene que ser la misma.

**8.1.4.2** Seleccione puntos transversales que aseguren la adquisición de muestras representativas en el área transversal del ducto. Los requerimientos mínimos son los siguientes:

- (a) establezca una "línea de medición" que pase por el centro y en dirección a cualquier posible estratificación;
- (b) si esta línea interfiere con la medición del SMCE, desplace la línea 30 centímetros o una distancia equivalente al 5% del diámetro equivalente del ducto, la que resulte menor;
- (c) ubique tres puntos transversales a 16.7, 50.0 y 83.3% de la línea de medición;
- (d) si la línea de medición es mayor a 2.4 metros y no se espera estratificación, los puntos podrán ser fijados a 0.4, 1.2 y 2.0 metros de la pared interna del ducto (esta opción no podrá ser utilizada después de lavadores húmedos o en puntos en donde se unen dos corrientes con distintas concentraciones del analito), y
- (e) aquellos puntos transversales que resulten a una distancia menor a 3 centímetros de la pared, deberán ser ajustados a 3 centímetros de la pared.

**8.1.4.3** Procedimiento de Prueba de Estratificación.

Para determinar si existe estratificación en el efluente, se utiliza un sistema de dos sondas. Una sonda es ubicada en el centro del ducto y es utilizada únicamente para determinar si existen cambios significativos de concentración en el proceso (sonda de "referencia"), mientras que la otra es utilizada para determinar la concentración del gas en 12 puntos transversales seleccionados de acuerdo a la NMX-AA-009 (sonda de "muestreo"), respetando la distancia de 3 centímetros desde la pared (criterio indicado en el inciso anterior). Determine la concentración en cada punto transversal ( $C_i$ ) registrando adicionalmente la concentración registrada simultáneamente en la sonda de referencia ( $C_{REF,i}$ ).

Calcule la diferencia absoluta entre ambos valores para cada punto transversal con la siguiente ecuación:

$$C^* i = |C_i - C_{REF,i}| \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$C^* i$  = Diferencia de concentraciones corregidas por la referencia para cada punto transversal número "i".

$C_i$  = Concentración registrada en punto transversal número "i".

$C_{REF,i}$  = Concentración en sonda de referencia durante la medición en el punto transversal número "i"

Calcule la concentración promedio en el ducto:

$$C_{PROM} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$C_{PROM}$  = Concentración promedio en el ducto.

$C_i$  = Concentración registrada en punto transversal número "i".

$N$  = Número total de puntos transversales.

Determine si existe estratificación calculando la diferencia absoluta en forma porcentual y comparándola contra el criterio de rechazo de 10%:

$$\text{Si } \frac{C^* i}{C_{PROM}} \times 100\% > 10 \quad \text{entonces existe estratificación.}$$

La siguiente tabla presenta un ejemplo del cálculo para la prueba de estratificación.

| Punto Transversal No. "i" | C <sub>i</sub> (ppmv)      | C <sub>REF,i</sub> (ppmv) | C* <sub>i</sub> (ppmv) | $\frac{C * i}{C_{PROM}} \times 100\%$ (%) | Se Detecta Estratificación |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|---|----------------------------|
| 1                         | 102                        | 100                       | 2                      | 1.38                                      | NO                         |
| 2                         | 98                         | 92                        | 6                      | 4.13                                      | NO                         |
| 3                         | 93                         | 91                        | 2                      | 1.38                                      | NO                         |
| 4                         | 142                        | 158                       | 16                     | 11.01                                     | SI                         |
| 5                         | 165                        | 165                       | 0                      | 0.00                                      | NO                         |
| 6                         | 142                        | 141                       | 1                      | 0.69                                      | NO                         |
| 7                         | 142                        | 143                       | 1                      | 0.69                                      | NO                         |
| 8                         | 143                        | 143                       | 0                      | 0.00                                      | NO                         |
| 9                         | 125                        | 122                       | 3                      | 2.06                                      | NO                         |
| 10                        | 178                        | 183                       | 5                      | 3.44                                      | NO                         |
| 11                        | 201                        | 200                       | 1                      | 0.69                                      | NO                         |
| 12                        | 213                        | 203                       | 10                     | 6.88                                      | NO                         |
| Promedio                  | C <sub>PROM</sub> = 145.33 |                           |                        |   |                            |

**Tabla 2.-** Ejemplo numérico de la Prueba de Estratificación

Cuando exista estratificación, esto es cuando uno o más de los puntos transversales así lo indiquen, se deberá omitir utilizar el criterio 0.4, 1.2 y 2.0 metros en ductos con diámetro equivalente mayor a 2.4 metros, y se deberá utilizar en estos casos el criterio de 16.7, 50.0 y 83.3% sobre la línea de medición.

Se pueden utilizar otros puntos transversales de muestreo bajo previa autorización.

### 8.2 Preparativos para Prueba.

Instale el SMCE y prepare el sistema de medición para el Método de Referencia conforme a las indicaciones anteriores.

### 8.3 Procedimiento de Prueba para la Evaluación del Desplazamiento de Calibración (DC).

#### 8.3.1 Periodo de Prueba para DC.

Mientras el proceso esté operando bajo condiciones normales de operación o con cargas mayores o iguales a un 50% de su carga normal de operación, determine el desplazamiento en la calibración en intervalos de 24 horas durante 7 días consecutivos, haciendo uso de los procedimientos indicados en los dos siguientes incisos.

**8.3.2** El propósito de la prueba de Desplazamiento de Calibración es demostrar la habilidad del SMCE para mantener su calibración durante un periodo determinado de tiempo. Por esto, es necesario que cuando el SMCE posea calibración periódica de manera automática o manual, las pruebas de Desplazamiento de Calibración se deberán efectuar antes de estos ajustes, o llevadas a cabo de manera que se evalúe el Desplazamiento de manera apropiada.

**8.3.3** Realice la prueba de Desplazamiento de Calibración en los dos niveles de concentración especificados en el inciso 6.1.2. Introduzca al SMCE los Gases Patrón, Celdas de Gas Patrón o Filtros Ópticos certificados. Registre el valor de respuesta del SMCE y calcule el Coeficiente de Desplazamiento para cada nivel en el que se haya realizado la prueba (cero y alto nivel).

$$DC_i = \frac{|C_i - C_{PATRON,i}|}{LSMR} \times 100\% \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

DC<sub>i</sub> = Coeficiente de Desplazamiento de Calibración obtenido para el Gas Patrón "i" o Celda Patrón "i" o Filtro Óptico "i".

|                  |   |
|------------------|---|
| $C_i =$          | Respuesta del SMCE ante la alimentación del Gas Patrón "i" o Celda Patrón "i" o Filtro Optico "i", después de 24 horas. |
| $C_{PATRON,i} =$ | Concentración del analito en el Gas Patrón "i" o Celda Patrón "i" o Filtro Optico "i".                                  |
| LSMR =           | Límite Superior de Medición o Registro.   |

**Nota:** se deberá ser congruente con las unidades de concentración usadas para  $C_i$ ,  $C_{PATRON,i}$  y LSMR.

#### 8.4 Procedimiento de Prueba para la Evaluación de la Exactitud Relativa (ER).

##### 8.4.1 Periodo de Prueba para ER.

Realice la prueba ER mientras el proceso esté operando bajo condiciones normales de operación o con cargas mayores o iguales a un 50% de su carga normal de operación. La prueba ER puede llevarse a cabo de manera simultánea a la prueba DC.

**8.4.2 Método de Referencia para la Determinación de Monóxido de Carbono en los Gases que Fluyen en un Ducto.**

##### 8.4.2.1 Objetivo, Principio y Aplicabilidad

###### 8.4.2.1.1 Objetivo.

Determinar la concentración de monóxido de carbono (CO) en los gases que fluyen en un ducto.

###### 8.4.2.1.2 Principio.

Una muestra gaseosa es extraída del ducto de manera integral o continua de una corriente gaseosa. Parte de la muestra es transportada a un analizador instrumental (o varios) para el análisis del contenido de monóxido de carbono (CO). Los principios instrumentales comúnmente utilizados para la detección del CO son la absorción de radiación en la banda infrarroja (rayo infrarrojo no dispersivo), y potenciometría (la diferencia de potencial generado en una celda electroquímica).

###### 8.4.2.1.3 Aplicabilidad.

Este método es aplicable para la determinación de la concentración de monóxido de carbono en condiciones diluidas (generalmente determinado en ppmv).

###### 8.4.2.2 Rango y Sensibilidad.

###### 8.4.2.2.1 Rango.

El rango es determinado por el diseño del Analizador Instrumental así como su Sistema de Adquisición de Datos, Indicador o Registrador. Para este método, la parte del rango es asignada por la selección del LSMR del sistema de medición. Se recomienda que el LSMR del sistema sea seleccionado de manera que la concentración promedio de CO no sea menor a un 20% del valor del LSMR. Si en algún caso el LSMR es rebasado por la concentración de gas muestra, la medición será inválida.

El rango mínimo requerido es de 0 a 1 000 ppmv.

###### 8.4.2.2.2 Sensibilidad.

La sensibilidad máxima aceptable para un analizador de 0 a 1 000 ppmv (LSMR = 1 000 ppmv) es de 20 ppmv (equivalente a 2% del LSMR).

###### 8.4.2.3 Normas de Referencia.

No aplica.

###### 8.4.2.4 Definiciones y Nomenclatura.

Igual a inciso 3.

###### 8.4.2.5 Interferencias.

Para el caso de un analizador por Rayo Infrarrojo No Dispersivo, cualquier sustancia que absorba energía en la banda infrarroja puede llegar a interferir hasta cierto alcance. Por ejemplo, para equipos que midan en un rango de 1500 y 3000 ppmv de CO, las relaciones de discriminación para el agua (H<sub>2</sub>O) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son 3.5% H<sub>2</sub>O por 7 ppmv CO y 10% CO<sub>2</sub> por 10 ppmv CO, respectivamente. Para equipos que midan en un rango de 0 a 100 ppmv, las relaciones de interferencias pueden ser tan altas como 3.5% H<sub>2</sub>O por 25 ppmv CO y 10% CO<sub>2</sub> por 50 ppmv CO. El uso de acondicionadores de muestra y filtro de correlación de gases, son comúnmente utilizados con este tipo de analizadores.

Para analizadores por celda electroquímica, el gas que comúnmente genera interferencia con el CO es el hidrógeno molecular (H<sub>2</sub>), por lo que se debe de procurar no utilizar este principio de medición en sistemas

con alto contenido de este gas (por ejemplo sistemas con gases de reducción). Existen celdas electroquímicas en el mercado que poseen una relativa compensación por la presencia del hidrógeno.

#### **8.4.2.6 Especificaciones de Desempeño del Sistema de Medición.**

##### **8.4.2.6.1 Error de Calibración (EC).**

Deberá ser menor a  $\pm 2\%$  del LSMR para calibraciones de cero, niveles medio y alto.

##### **8.4.2.6.2 Desviación por Interfase de Muestra.**

Deberá ser menor a  $\pm 5\%$  del LSMR para calibraciones de cero, niveles medio y alto.

##### **8.4.2.6.3 Desplazamiento de Cero.**

Deberá ser menor a  $\pm 3\%$  del LSMR para el periodo de tiempo de cada corrida (para Infrarrojo No Dispersivo se permite un 10% en 8 h).

##### **8.4.2.6.4 Desplazamiento de Calibración (Valor de Alto Nivel).**

Deberá ser menor a  $\pm 3\%$  del LSMR para el periodo de tiempo de cada corrida (para Infrarrojo No Dispersivo se permite un 10% en 8 h).

#### **8.4.2.7 Equipo.**

##### **8.4.2.7.1 Sistema de Muestreo Integral.**

###### **8.4.2.7.1.1 Sonda.**

Fabricada de acero inoxidable o vidrio borosilicato. Para eliminar la carga de partículas del gas, la sonda podrá poseer un filtro dentro o fuera del ducto (por ejemplo, un tapón de fibra de vidrio, acero inoxidable poroso, etc.). Se podrá utilizar algún otro material para la fabricación de la sonda, siempre y cuando éste sea inerte a los gases presentes en el ducto, y que sea resistente a altas temperaturas.

###### **8.4.2.7.1.2 Condensador o Acondicionador de Gases.**

Un condensador enfriado por aire, agua o cualquier otro mecanismo (por ejemplo, placa de resistencia eléctrica). Capaz de eliminar la humedad del gas a un nivel en que ya no interfiera en la operación de la bomba, rotámetro e instrumento de medición.

###### **8.4.2.7.1.3 Válvula.**

Para regular el flujo de gas se requiere de una válvula de aguja o equivalente.

###### **8.4.2.7.1.4 Bomba.**

Para transportar el gas a la bolsa flexible se requiere de una bomba de diafragma o equivalente, la cual deberá ser hermética. Se podrá colocar un tanque de supresión para evitar el efecto pulsante de la bomba sobre el rotámetro. Cuando se utilice un tren de muestreo en que el gas pase por la bomba, ésta no podrá utilizar agua, aceite o algún otro fluido que entre en contacto con el gas muestreado.

###### **8.4.2.7.1.5 Rotámetro.**

Un rotámetro o equivalente, capaz de medir flujo dentro de un 2%. Se recomiendan flujos entre 500 y 1000 cm<sup>3</sup>/min.

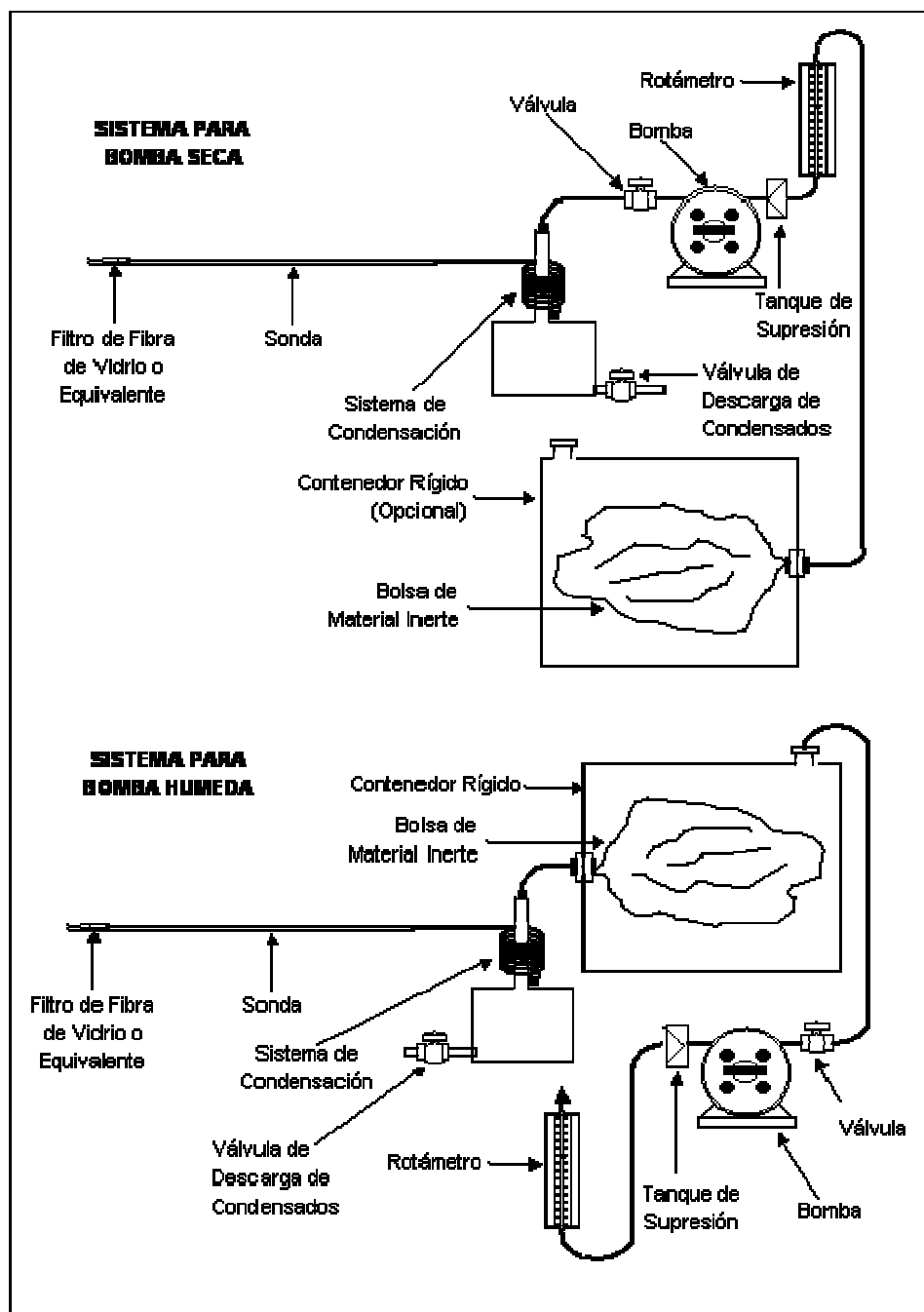
###### **8.4.2.7.1.6 Bolsa Flexible.**

Una bolsa hermética hecha de plástico (i.e., Tedlar, Mylar, PTFE) o plástico con cubierta de aluminio (i.e., Mylar Aluminizado), o equivalente. Deberá tener una capacidad de almacenamiento acorde al flujo de gas y tiempo total de muestreo seleccionados. Se recomiendan capacidades entre 55 y 90 litros. Para realizar una prueba de hermeticidad en la bolsa, conecte un manómetro de columna de agua y presurice la bolsa a una presión de 5 a 10 cm de H<sub>2</sub>O (2 a 4" H<sub>2</sub>O). Mantenga la bolsa así durante 10 minutos. Cualquier desplazamiento en la columna indicará fuga(s) en la bolsa. Como procedimiento alterno se puede realizar un presurizando de igual manera (sin incluir el manómetro), y esperar por una noche; si la bolsa se desinfla, entonces existe fuga.

###### **8.4.2.7.1.7 Manómetro.**

Para pruebas de hermeticidad en bolsas flexibles se utilizará un manómetro tipo "U" con columna de 30 cm. H<sub>2</sub>O. Para pruebas de hermeticidad en el tren de muestreo se utilizará un manómetro tipo "U" con columna de 76 cm de Hg.



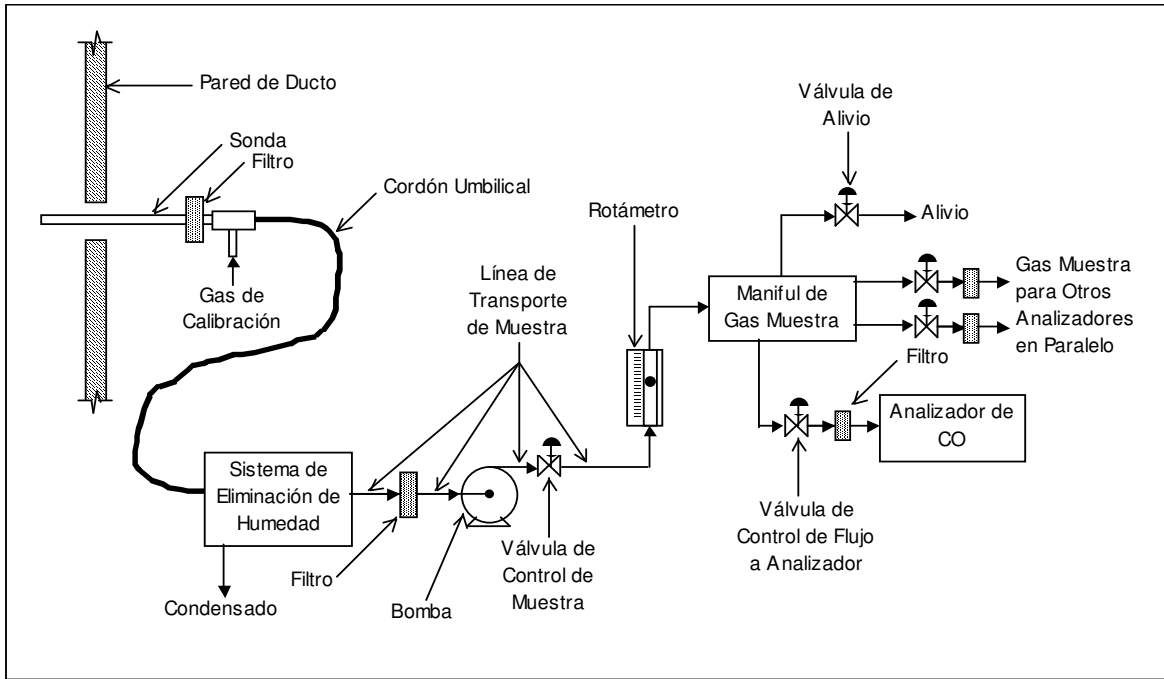


**Figura 8.-** Sistema de Muestreo Integral apropiado para Método de Referencia para CO

Algunos de los elementos del diagrama no son estrictamente requeridos o pueden ser reemplazados por elementos equivalentes.

#### 8.4.2.7.2 Sistema de Medición Continua.

Cualquier sistema de medición para CO que cumpla con las especificaciones dictadas en este método (ver siguiente Figura).



**Figura 9.-** Sistema de Muestreo Continuo apropiado para Método de Referencia para CO

Algunos de los elementos del diagrama no son estrictamente requeridos o pueden ser reemplazados por elementos equivalentes.

#### 8.4.2.7.2.1 Sonda.

Igual a Sonda de Sistema de Muestreo Integral.

#### 8.4.2.7.2.2 Analizador Instrumental.

Un analizador capaz de determinar la concentración de CO en forma continua. El analizador deberá cumplir con las especificaciones de desempeño dictadas en el inciso 8.4.2.6 de este Método de Referencia. Se deberá asignar un dispositivo de medición de flujo apropiado para el control del flujo alimentado al analizador (por ejemplo, rotámetro). En caso de que el analizador sea insensible al flujo volumétrico, el dispositivo de flujo puede ser eliminado del sistema.

#### 8.4.2.7.2.3 Trampa de Bióxido de Carbono.

Como aditamento adicional cuando se utilice el principio de medición por Infrarrojo No Dispersivo sin filtro de correlación de gases, se podrá utilizar una trampa o tubo que contenga ascarita (adsorbedor de CO<sub>2</sub>) ubicado después del acondicionador de muestra (sistema de eliminación de humedad) con el fin de reducir los posibles efectos de interferencia. Cuando se utilice esta trampa, los resultados de CO deberán corregirse en función al contenido de CO<sub>2</sub> en los gases.

#### 8.4.2.7.2.4 Gases Patrón para Calibración.

Los gases de calibración para analizadores de CO, deberán ser CO balance N<sub>2</sub>. Para el gas de calibración cero deberá utilizar nitrógeno de alta pureza. Se recomienda que la concentración del gas utilizado para la calibración de alto nivel no exceda por 1.5 veces el límite máximo permisible de emisión del ducto evaluado. Adicionalmente se recomienda que el gas de calibración de alto nivel se encuentre en un valor aproximado (pero siempre por debajo) del LSMR del equipo. También, se recomienda poseer mezclas con concentraciones de CO equivalentes a 30 y 60% el LSMR cuando el principio instrumental utilizado sea conocido por tener desviaciones de linealidad (por ejemplo, Rayo Infrarrojo No Dispersivo). De los criterios anteriores, se da mayor prioridad al criterio de 1.5 veces el Límite de Emisión, sin embargo, este valor no podrá ser mayor al LSMR del sistema de medición.

#### 8.4.2.7.2.5 Condensador o Acondicionador de Gases.

Igual a Sonda de Sistema de Muestreo Integral.

**8.4.2.8** Procedimiento para la Evaluación del Desempeño del Sistema de Medición.**8.4.2.8.1** Error de Calibración (EC).

Instale el equipo en un lugar seguro y de acuerdo al sistema de medición mostrado en la Figura 8 o 9 o algún sistema análogo propio para el muestreo. Asegúrese de que el sitio de instalación no posea en exceso humedad, vibraciones, ruido y fenómenos que puedan dañar tanto al sistema de medición como al personal de muestreo. Encienda los equipos, ajústelos y espere al menos el tiempo indicado en el manual del equipo analizador para que éste se encuentre acondicionado y listo para operar. Realice la siguiente prueba de hermeticidad: tapando la entrada al sistema de medición, se deberá verificar que el flujo volumétrico disminuya a cero en la entrada al analizador, o bien, aprobando la prueba de desempeño para Desviación por Interfase de Muestra. Calibrar el analizador en la secuencia que el responsable técnico considere apropiada, y con la alimentación de los gases directamente al analizador instrumental (sin hacerlos pasar por la Interfase de Muestra).

Calcule el Error de Calibración para cada Gas de calibración utilizado, con la siguiente ecuación:

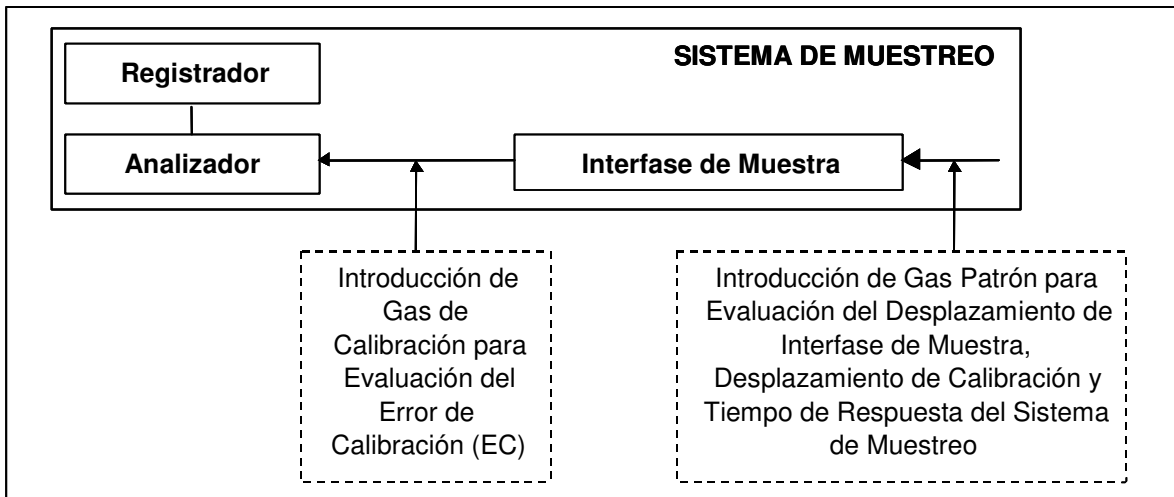
$$EC = \frac{|C_A - C_{PATRON}|}{LSMR} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- EC = Error de Calibración, (%)  
 $C_A$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón directo al analizador instrumental (una vez efectuados todos los ajustes en el instrumento).  
 $C_{PATRON}$  = Concentración Real del Gas Patrón.  
 LSMR = Límite Superior de Medición o Registro.

**Nota:** se deberá ser congruente con las unidades de concentración usadas para  $C_A$ ,  $C_{PATRON}$ , y LSMR.

**Nota:** el Error de Calibración (EC) se evalúa para cada Gas de Calibración utilizado (cero, nivel medio y alto).



**Figura 10.-** Ubicación de Sitios para introducción del Gas Patrón para la evaluación del Desempeño del Sistema Instrumental.

Criterio de Aceptación: EC para cada Gas Patrón deberá ser menor a  $\pm 2\%$  para aceptar los resultados.

**8.4.2.8.2** Desviación por Interfase de Muestra (DIM).

Se utilizan únicamente dos gases de calibración para esta prueba: (1) el Cero, y (2) el nivel Medio o Alto, dependiendo de cuál posea la concentración más cercana a la concentración del gas muestra. Introduzca el gas de calibración de Alto (o Medio) Nivel en la punta de la sonda de muestreo o en la punta del umbilical (la sonda puede ser excluida del sistema para esta prueba), y registre la concentración mostrada por el sistema. Introduzca el gas de calibración Cero y registre la concentración mostrada por el analizador. Durante la ejecución de esta prueba, el sistema de muestreo deberá operar en la forma normal de muestreo, no realice

ningún cambio en el sistema de muestreo a menos que sean aquéllos necesarios para obtener un apropiado flujo volumétrico de gas de calibración a la entrada del analizador. En caso de existir algún tipo de fuga significativa (mala instalación, cordón umbilical roto, etc.), ésta generará un rechazo por desviación significativa. La fuga deberá corregirse y volverse a efectuar la prueba.

Efectúe esta prueba antes de comenzar el muestreo y al terminarlo.

Calcule la Desviación por Interfase de Muestra con la siguiente ecuación:

$$DIM_{INICIAL} = \frac{|C_{SI} - C_A|}{LMSR} \times 100\% \quad \text{Ecuación 5}$$

$$DIM_{FINAL} = \frac{|C_{SF} - C_A|}{LMSR} \times 100\% \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$DIM_{INICIAL}$  = Desviación por Interfase de Muestra Inicial, (%).

$DIM_{FINAL}$  = Desviación por Interfase de Muestra Final, (%).

$C_A$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón directo al analizador instrumental (una vez efectuados todos los ajustes en el instrumento).

$C_{SI}$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón por la Interfase de Muestra al inicio del Muestreo.

$C_{SF}$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón por la Interfase de Muestra al término del Muestreo.

LMSR = Límite Superior de Medición o Registro.

**Nota:** ser congruente con las unidades de concentración usadas para  $C_A$ ,  $C_{SI}$ ,  $C_{SF}$ , y LMSR.

**Nota:** la Desviación por Interfase de Muestra (DIM) Inicial y Final se puede evaluar para cada Gas de Calibración utilizado (cero, nivel alto o medio).

Durante la ejecución de la prueba de DIM, el responsable técnico podrá en forma opcional, determinar el tiempo de respuesta del sistema de la siguiente manera: cuando se efectúe la prueba del gas de calibración de Cero y Nivel Alto (o Medio), se mide el tiempo que toma el analizador en alcanzar el 95% de la respuesta estable desde el momento en que se introdujo el gas al sistema, y el tiempo mayor encontrado entre ambos gases (Cero y Nivel Alto o Medio), será considerado como el tiempo de respuesta del sistema.

Criterio de Aceptación: las DIM Inicial y Final deberán ser menor a  $\pm 5\%$  para aceptar los resultados.

#### 8.4.2.8.3 Desplazamiento de Calibración (DC).

Con los resultados de la prueba de DIM, calcule el Desplazamiento de Calibración con la siguiente ecuación:

$$DC = \frac{|C_{SF} - C_{SI}|}{LMSR} \times 100\% \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

DC = Desplazamiento de Calibración, (%).

$C_{SI}$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón por la Interfase de Muestra al inicio del Muestreo.

$C_{SF}$  = Concentración de respuesta del analizador al introducir el Gas Patrón por la Interfase de Muestra al término del Muestreo.

LMSR = Límite Superior de Medición o Registro.

**Nota:** ser congruente con las unidades de concentración usadas para  $C_{SI}$ ,  $C_{SF}$ , y LMSR.

**Nota:** el Desplazamiento se evalúa para cada Gas de Calibración utilizado (cero y nivel alto o medio).

Criterio de Aceptación: el DC para cada Gas Patrón deberá ser menor a  $\pm 3\%$  para aceptar los resultados.

(Continúa en la Segunda Sección)