

# **SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-SEMARNAT-1993 QUE ESTABLECE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE OZONO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.**

**CON BASE EN 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, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 23 DE ABRIL DE 2003.**

**SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL**

**NORMA OFICIAL MEXICANA**

**NOM-036-ECOL-1993**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LOS METODOS DE MEDICION PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE OZONO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.**

**SERGIO REYES LUJAN**, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracción XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracción VIII, 8o. fracciones II y VII, 9o. apartado A) fracción V, 36, 43, 111 fracción III, 112 fracción VI, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y VI, 42 y 43 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo por el que se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente

del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

## **CONSIDERANDO**

Que la evaluación de la calidad del aire en los asentamientos humanos para efectos de difusión o información al público o cuando los resultados tengan validez oficial, requiere que los equipos de las estaciones y los sistemas de monitoreo, apliquen métodos homogéneos y confiables de medición para cada contaminante.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-PA-CCAM-003/93, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 1993 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que la Comisión Nacional de Normalización determinó en sesión de fecha 1º de julio de 1993, la sustitución de la clave **NOM-PA-CCAM-003/93**, con que fue publicado el proyecto de la presente norma oficial mexicana, por la clave **NOM-036-ECOL-1993**, que en lo subsecuente la identificará.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, ordenó la publicación de las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen V, número especial de octubre de 1993.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 23 de septiembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LOS METODOS DE MEDICION PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE OZONO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.**

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

**En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:**

- **SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL**
  - . Instituto Nacional de Ecología
- **SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL**
  - . Subsecretaría de Minas e Industria Básica
  - . Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
- **DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**
  - . Dirección General de Proyectos Ambientales
- **GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO**
  - . Secretaría de Ecología
- **PETROLEOS MEXICANOS**
  - . Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía
  - . Gerencia de Protección Ambiental y Ahorro de Energía
  - . Pemex-Gas y Petroquímica Básica
  - . Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental
  - . Gerencia de Protección Ambiental
- **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**
- **CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA (COPARMEX)**
- **CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION (CANACINTRA)**
- **ENVASES ZACATECAS, S.A. DE C.V.**
- **TAPAS Y TAPONES DE ZACATECAS, S.A. DE C.V.**
- **PINTURAS DE LARAPLAS, S.A.**
- **PROCTER & GAMBLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.**
- **SERVICIOS PROFESIONALES EN CONTROL DE CONTAMINANTES, S.A.**

**1. OBJETO**

Esta norma oficial mexicana establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

**2. CAMPO DE APLICACION**

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la operación de los equipos, estaciones o sistemas de monitoreo de la calidad del aire con fines de difusión o información al público o cuando los resultados tengan validez oficial.

### **3. REFERENCIAS**

NMX-AA-23 Terminología

### **4. DEFINICIONES**

#### **4.1 Aire ambiente**

Atmósfera en espacio abierto.

#### **4.2 Aire cero**

El aire sometido a un proceso de depuración por métodos artificiales.

#### **4.3 Condiciones de referencia**

La temperatura y presión barométrica a que se deben corregir los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire. Estas condiciones son: temperatura 298 K (25°C) y presión barométrica 101 kPa (760 mm Hg).

#### **4.4 Equipo de calibración**

El dispositivo o conjunto de dispositivos que permiten establecer el patrón de referencia contra el que se comparará la operación del equipo de medición.

#### **4.5 Equipo de medición**

El conjunto de dispositivos instrumentales necesarios para medir la concentración de un contaminante.

#### **4.6 Estación de monitoreo**

El conjunto de elementos técnicos diseñados para medir la concentración de contaminantes en el aire en forma simultánea, con el fin de evaluar la calidad del aire en una área determinada.

#### **4.7 Método de referencia**

El procedimiento de análisis y medición descrito en una norma oficial mexicana, que debe aplicarse para determinar la concentración de un contaminante en el aire ambiente y que sirve también, en su caso, para contrastar el método equivalente, cuando éste se haya establecido por la Secretaría.

#### 4.8 Método equivalente

El procedimiento de análisis y medición para determinar la concentración de un contaminante en el aire ambiente, señalado como tal en una norma oficial mexicana por producir resultados similares a los que se obtienen con el método de referencia susceptible de aplicarse en sustitución de éste.

#### 4.9 Sistema de monitoreo

El conjunto de estaciones de monitoreo.

### 5. SIMBOLOS

#### 5.1 Notación

Símbolo	Concepto
$A_1$	Determinación de la concentración original.
$A_2$	Determinación de la concentración diluida.
$c$	Concentración de ozono en atm.
$C$	Concentración de ozono en ppm.
$E$	Error de linealidad en por ciento.
$F_o$	Velocidad de flujo a través del generador de ozono en l/min.
$F_d$	Velocidad de flujo del aire diluyente en l/min.
$F_z$	Velocidad de flujo del aire cero en l/min.
$\infty$	Coefficiente de absorción del ozono a 254nm = $308 \pm 4 \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ a 273 K (°C) y a 101.325 kPa (760 torr).

I	Intensidad de la luz a través de aire con ozono.
$I_0$	Intensidad de la luz a través de aire cero.
l	Longitud de la trayectoria óptica en cm.
L	Factor de corrección debido a la pérdida de ozono (1 - fracción de ozono perdida).
LSR	Límite superior del rango del analizador de ozono en ppm.
$[O_3]_{dil}$	Concentración diluida de ozono en ppm.
$[O_3]_{Sal}$	Concentración de ozono en ppm.
P	Presión de la muestra en kPa (torr).
R	Razón de la dilución = flujo de la concentración original dividido entre el flujo total.
T	Temperatura de muestreo en K.
Z	Respuesta del registrador con aire cero en por ciento de la escala.

## 5.2 Unidades

Símbolo	Unidad
atm	Atmósferas
°C	Grados Celsius
K	Grados Kelvin
l/min	Litros por minuto
mm de Hg	Milímetros de mercurio
nm	nanómetros
Pa	Pascales
ppm	Partes por millón

## 6. METODO DE REFERENCIA

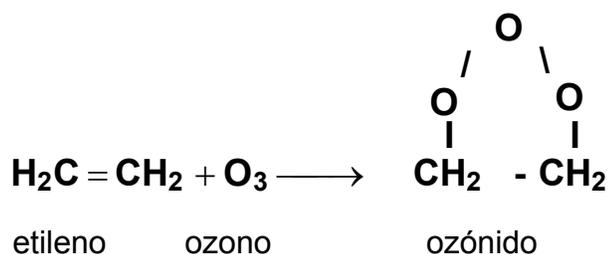
**6.1** El método de referencia para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente, es el de luminiscencia química (anexo 1).

**6.2** Principio y descripción del método de referencia.

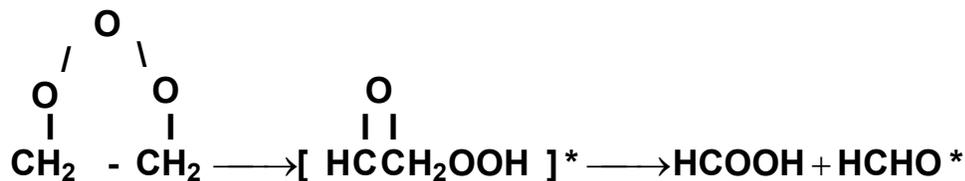
**6.2.1** El método de referencia se basa en la capacidad que tiene el ozono de emitir luz al reaccionar con etileno.

En este método se hace entrar simultáneamente aire y etileno a la cámara de mezclado del analizador. Ahí, el ozono presente en el aire reacciona con el etileno emitiendo una luz, que se detecta a través de un tubo fotomultiplicador. La fotocorriente resultante se amplifica y puede leerse directamente o mostrarse en un registrador, de acuerdo con la cinética de la reacción que se describe enseguida:

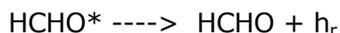
**6.2.1.1** El ozono se combina con el etileno para formar una molécula de ozónido a través de la siguiente ecuación:



**6.2.1.2** Posteriormente el ozónido se disocia en un ácido orgánico (ácido fórmico) y un formaldehído activado.



**6.2.1.3** El formaldehído activado disipa su exceso de energía liberando fotones.



**6.2.1.4** La celda de reacción de la cámara de mezclado está aislada de la luz, de tal manera que se asegure que sólo la luz resultante de la reacción etileno-ozono sea registrada por el tubo fotomultiplicador. El diseño de la celda es tal, que la reacción se lleva a cabo muy cerca de la

ventana, por lo que se puede decir que la totalidad de la luz resultante incide en el tubo fotomultiplicador. La ventana es una pieza de plexiglas transparente que sella un extremo de la celda de reacción, permitiendo así que la luz sea transmitida al detector.

**6.2.1.5** La energía luminosa emitida por la reacción ozono-etileno es convertida a una señal eléctrica por el tubo fotomultiplicador, amplificada posteriormente y utilizada para exteriorizar la lectura de la concentración.

## **7. EQUIPO DE MEDICION**

**7.1** Para la aplicación del método de referencia se requiere de un analizador para ozono que maneje la técnica de luminiscencia química. Los principales componentes del analizador son los siguientes:

**7.1.1** Controladores de flujo de etileno y de la muestra.

Dispositivos que regulan la velocidad de los flúidos a través del sistema neumático del analizador.

**7.1.2** Celda de reacción

Recipiente sellado en el cual se mezclan dos o más compuestos para provocar una reacción (anexo 2).

**7.1.3** Sistema electrónico de detección y procesamiento de la señal.

Serie de componentes electrónicos que reciben, amplifican y procesan la señal resultante de la reacción, para convertirla en señal analógica que permita registrar mediante dispositivos especiales las lecturas del contaminante.

**7.1.4** Reactivos

Etileno a 99.99% de pureza.

## **8. CALIBRACION DEL EQUIPO DE MEDICION**

**8.1** El método para la calibración del analizador de ozono en el aire ambiente, aplicable tanto al método de referencia como al equivalente es el de fotometría ultravioleta y se basa en el principio fotométrico de la absorción de luz en el rango de la radiación ultravioleta por el ozono.

La concentración se determina cuando el fenómeno de absorción se acopla con los principios fotométricos de la Ley de Lambert-Beer, que establece que si un haz de luz monocromática pasa a través de un medio, la intensidad con que abandone dicho medio depende exponencialmente de tres

factores: el coeficiente de absorción de las moléculas en el medio, su concentración y la distancia que la luz tenga que viajar.

Esta determinación requiere del conocimiento del coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) del ozono a 254 nm; la longitud de la trayectoria óptica ( $l$ ) a través de la muestra y la transmitancia de la muestra a una longitud de onda de 254 nm.

Si todos estos factores son conocidos, la única variable que necesita ser determinada es la de la concentración, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = -\frac{10^6}{\alpha l} \ln \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Donde:

C = Concentración de ozono en ppm.

$\alpha$  = Coeficiente de absorción de ozono a 254 nm =  $308 \pm 4 \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  a 273 K (0°C) y a 101.325 kPa (760 torr).

l = Longitud de la trayectoria óptica en cm.

I = Intensidad de la luz a través de aire con ozono.

$I_0$  = Intensidad de la luz a través de aire cero.

El fotómetro mide la transmitancia de la muestra y electrónicamente calcula la concentración de ozono, por medio de un microprocesador.

Para producir diversas concentraciones dentro del rango requerido, en la práctica se usa un generador estable de ozono.

Las concentraciones calculadas de ozono deben ser corregidas por las pérdidas de este gas que pueden ocurrir en el fotómetro, así como por la temperatura y la presión de la muestra.

## 9. METODO DE CALIBRACION

**9.1** El principio del método de fotometría ultravioleta se basa en la generación de concentraciones de ozono en un sistema de diluciones.

La concentración de ozono en una celda de absorción, se determina a partir de la medición de la cantidad de luz en la región de 254 nm, que es absorbida por la muestra. Para determinar ésto, es necesario conocer los siguientes factores:

**9.1.1** El coeficiente de absorción del O<sub>3</sub> a 254 nm ( $\alpha$ ).

**9.1.2** La longitud del trayecto óptico a través de la muestra ( $l$ )

**9.1.3** La transmitancia a una longitud de onda de 254 nm.

**9.1.4** La temperatura ( $T$ ) y presión ( $P$ ) de la muestra.

La relación de estas dos lecturas ( $I/I_0$ ) denominada transmitancia, está directamente relacionada con la concentración de ozono en la muestra, por medio de la Ley de la absorción de Lambert-Beer, en la que:

$$\text{Transmitancia} = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha cl} \quad (2)$$

Donde:

$\alpha$  = Coeficiente de absorción del ozono =  $308 \pm 4 \text{ atm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  a 254 nm, 0°C y 760 torr.

$l$  = Longitud de la trayectoria óptica en cm.

$c$  = Concentración de ozono en atm.

$I$  = Intensidad de la luz a través de aire con ozono.

$I_0$  = Intensidad de la luz a través de aire cero.

En la práctica un generador de ozono se utiliza para producir concentraciones de ozono en el rango requerido. Cada concentración de ozono se determina por la transmitancia  $I/I_0$  de la muestra a 254 nm, con un fotómetro cuya longitud de la celda sea  $l$  y se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = -\frac{10^4}{\alpha l} \ln \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

La concentración de ozono debe ser corregida por pérdidas del ozono que puedan ocurrir en el fotómetro y por la presión y temperatura de la muestra.

Aplicabilidad.- Este procedimiento es aplicable para la calibración de analizadores de ozono directamente o por medio de un patrón de transferencia.

**9.2** El método de fotometría ultravioleta es aplicable en la calibración de analizadores de ozono en el aire ambiente, ya sea en forma directa o por medio de un patrón de transferencia certificado por este método.

## **10. COMPONENTES Y CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE CALIBRACION**

**10.1** La configuración del equipo debe considerar una concentración estable de ozono a la salida del sistema, así como permitir que el fotómetro mida exactamente la concentración de salida con la precisión que le ha sido especificada. En el anexo 3 se muestra una configuración que se usa con frecuencia y sirve para ilustrar el procedimiento de calibración. Todas las conexiones entre los componentes en el sistema de calibración que estén colocadas después del generador de ozono, deben ser de vidrio, teflón o de otro material inerte. Los patrones de transferencia que contengan su propia fuente de ozono, pueden reemplazar al generador de ozono y muy posiblemente a otros componentes para su certificación.

Los principales componentes de los equipos de calibración a que se refiere el punto 7, se muestran en el anexo 3 y deben reunir las siguientes características:

### **10.1.1** Fotómetro de luz ultravioleta.

El fotómetro consta de una lámpara de mercurio de baja presión, un sistema óptico de enfoque (opcional), una celda de absorción, un detector y un subsistema electrónico para procesamiento de la señal (anexo 4). Debe tener la capacidad de medir la transmitancia entre la intensidad de la luz a través de aire con ozono y la intensidad de la luz a través de aire cero ( $I/I_0$ ), para una longitud de onda de 254 nm, con la suficiente precisión para que la desviación estándar de la medición de la concentración no sea mayor a 0.005 ppm ó el 3% del valor. Debido a que la lámpara de mercurio irradia energía luminosa en varias longitudes de onda, el dispositivo debe incorporar un medio que garantice que no se genere ozono dentro de la celda y que al menos el 99.5% de la radiación detectada esté en el rango de los 254 nm. La longitud de la trayectoria que seguirá la luz dentro de la celda, debe ser conocida con un 99.5% de certeza. Además, tanto la celda como sus conectores, deben estar diseñados para minimizar la pérdida de ozono debido al contacto con las paredes de la celda y conductos de gas.

### **10.1.2** Controladores del flujo de aire

Dispositivos capaces de regular el flujo de aire, según se requiera para mantener la estabilidad de salida, así como de cumplir con las especificaciones de precisión para el fotómetro.

### **10.1.3** Generador de ozono

Dispositivo capaz de generar niveles estables de ozono en todo el rango de la concentración requerida.

### **10.1.4** Múltiple de salida

Este componente del sistema debe ser de vidrio, teflón o cualquier otro material inerte y debe tener un diámetro suficiente para asegurar que la caída de presión sea mínima en la conexión del fotómetro, así como en otros puertos de salida. El sistema debe contar con un desfogue diseñado para asegurar que la presión en el múltiple de salida, sea mayor que la atmosférica, para evitar la entrada de aire ambiente.

### **10.1.5** Válvula de dos vías

Válvula manual o automática o cualquier otro medio para cambiar el flujo de aire cero o con ozono que entra al fotómetro.

### **10.1.6** Termómetro

Debe tener una exactitud de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

### **10.1.7** Barómetro u otro indicador de presión

Debe tener una exactitud de  $\pm 2$  torr.

### **10.1.8** Aire cero

## **11. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

### **11.1** Operación general

El fotómetro de calibración debe usarse únicamente como un patrón de calibración y debe utilizarse con aire cero o gases de calibración y no usarse para muestreos de aire ambiente. Dicho fotómetro debe mantenerse fijo en un laboratorio limpio y protegido de golpes, operarse adecuadamente y utilizarse como un patrón común para todas las calibraciones de campo, mediante los patrones de transferencia.

**11.2** En la preparación del equipo de calibración se seguirán las siguientes etapas:

**11.2.1** Llevar a cabo todos los pasos para su instalación y ajuste descritos en el manual del fabricante.

**11.2.2** Verificar entre otros aspectos su integridad, limpieza, velocidades de flujo apropiados y que no presente fugas. Efectuar el mantenimiento o el reemplazo de los filtros y de los limpiadores del aire cero o de otros materiales de consumo, según sea necesario.

**11.2.3** Verificar que el fabricante del fotómetro establezca que el error por linealidad sea inferior a 3% o probar la linealidad por dilución como sigue: generar y ensayar una concentración de ozono que esté cercana al límite superior del rango (0.5 o 1.0 ppm); diluir exactamente esa concentración con aire cero y volver a probarla. Repetir la operación con varias relaciones de dilución; comparar el ensayo de la concentración original con el de la concentración diluida, dividida entre la relación de dilución, como sigue:

$$E = \frac{A_1 - (A_2/R)}{A_1} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

E = Error de linealidad en por ciento.

A<sub>1</sub> = Determinación de la concentración original.

A<sub>2</sub> = Determinación de la concentración diluida.

R = Razón de la dilución = flujo de la concentración original dividido entre el flujo total.

El error de linealidad debe ser inferior a 5%. Debido a que la exactitud de las velocidades de flujo medidas tendrá efecto sobre el error de linealidad, cuando se mide de esta manera, la prueba no es necesariamente decisiva.

**11.2.4** Cuando sea posible, el fotómetro debe compararse, ya sea directamente o vía patrones de transferencia con el fotómetro de calibración usado por otras dependencias o laboratorios.

**11.2.5** Una parte del ozono puede perderse por contacto con las paredes de la celda del fotómetro y con los componentes del sistema de manejo de los gases. La magnitud de estas pérdidas puede determinarse y ser usada para corregir la concentración de ozono calculada; la pérdida no debe exceder de 5%.

Cuando se comience a usar el fotómetro, las etapas enunciadas en este punto, deben seguirse con frecuencia, registrando todos los resultados o indicaciones cuantitativas en un registro cronológico, ya sea en forma tabulada o graficada. A medida que se va estableciendo el registro de estabilidad del fotómetro, puede irse reduciendo la frecuencia de estos pasos, de acuerdo con la estabilidad documentada del fotómetro.

**11.3** Para la determinación de la concentración de ozono, se deben seguir las siguientes indicaciones:

**11.3.1** Dejar que el sistema del fotómetro se estabilice, en todas sus funciones.

**11.3.2** Verificar que la velocidad de flujo a través de la celda de absorción del fotómetro, F, permita que la celda se lave en un tiempo razonablemente corto (2 l/min es un flujo típico). La precisión de las mediciones está inversamente relacionada con el tiempo que se requiere para el lavado, ya que el error derivado del fotómetro aumenta con el tiempo.

**11.3.3** Asegurarse de que la velocidad de flujo dentro del múltiple de salida sea, cuando menos, 1 litro/min mayor que la suma de los flujos requeridos por el fotómetro y por cualquier otro dispositivo conectado al múltiple.

**11.3.4** Asegurarse de que la velocidad de flujo del aire cero (Fz) sea cuando menos, 1 l/min mayor que la velocidad de flujo requerida por el fotómetro.

**11.3.5** Accionar la válvula de dos vías con el aire cero fluyendo en el múltiple de salida, de tal manera que el fotómetro muestree primero el aire cero del múltiple o sea Fz. Las dos lecturas del fotómetro deben ser iguales ( $I = I_0$ ). En este paso el generador de ozono debe estar desactivado.

En algunos fotómetros comerciales, la operación de la válvula de dos vías y otras de las operaciones indicadas pueden ser realizadas automáticamente por el fotómetro.

**11.3.6** Ajustar el generador de ozono para producir la concentración que se necesite.

**11.3.7** Accionar la válvula de dos vías, para permitir que el fotómetro muestree aire cero hasta que la celda de absorción se haya lavado perfectamente y registrar el valor estable medido de  $I_0$ .

**11.3.8** Accionar la válvula de dos vías, para permitir que el fotómetro muestree la concentración de ozono hasta que la celda de absorción se haya lavado perfectamente y registrar el valor estable de I.

**11.3.9** Registrar la temperatura y la presión de la muestra en la celda de absorción del fotómetro.

**11.3.10** Calcular la concentración de ozono, según la siguiente fórmula (el promedio de varias mediciones proporciona mayor precisión):

$$[O_3]_{\text{sal}} = \left( -\frac{1}{\alpha l} \ln \frac{I}{I_0} \right) \left( \frac{T}{273} \right) \left( \frac{101.325}{P} \right) \left( \frac{10^6}{L} \right) \quad (5)$$

Donde:

$[O_3]_{\text{sal}}$  = Concentración de ozono en ppm.

$\alpha$  = Coeficiente de absorción de ozono a 254 nm = 308 atm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> a 273 K (0°C) y a 101.325 kPa (760 torr).

I	=	Longitud del trayecto óptico en cm.
T	=	Temperatura de muestreo en K.
P	=	Presión de la muestra en kPa.
L	=	Factor de corrección debido a la pérdida de ozono (1 - fracción de ozono perdida).
I <sub>o</sub>	=	Intensidad de la luz a través de aire cero.
I	=	Intensidad de la luz a través de aire con ozono.

**11.3.11** Obtener varias concentraciones de ozono como sea necesario repitiendo los pasos 11.3.6 a 11.3.10.

**11.4** Certificación de patrones de transferencia. Un patrón de transferencia se certifica relacionando la salida del patrón a uno o más, conforme se determina en la sección 11.3. La exactitud del procedimiento varía dependiendo de la naturaleza y diseño del patrón de transferencia.

**11.5** La calibración de los analizadores de ozono por el método de fotometría ultravioleta, debe hacerse utilizando patrones de ozono obtenidos en la forma que se indica en el punto anterior o por medio de un patrón de transferencia certificado. Esta calibración se debe llevar a cabo de la siguiente manera:

**11.5.1** Dejar pasar suficiente tiempo para que el analizador y el fotómetro o el patrón de transferencia, adquieran la temperatura adecuada de operación y se estabilicen.

**11.5.2** Dejar que el analizador muestree aire cero hasta que se obtenga una respuesta estable y ajustar a cero el control del analizador. Se recomienda pasar el ajuste del cero del analizador hasta +5% de la escala para facilitar la observación de una desviación del cero negativa. Registrar la respuesta estable del aire cero como "Z".

**11.5.3** Generar una concentración de ozono de aproximadamente 80% del límite superior del rango deseado (LSR) del analizador. Permitir que el analizador muestree esta concentración hasta que se obtenga una respuesta estable.

**11.5.4** Ajustar el control del rango del analizador para obtener una respuesta conveniente del registrador, como se indica a continuación:

$$\text{Respuesta del registrador (\% escala)} = \left( \frac{[\text{O}_3]_{\text{sal}}}{\text{LSR}} \right) \times 100 + Z$$

(6)

Donde:

LSR = Límite superior del rango del analizador de ozono en ppm.

Z = Respuesta del registrador con aire cero en por ciento de la escala.

Registrar la concentración de ozono y la respuesta correspondiente del analizador. Si es necesario un ajuste importante del control del rango, verificar nuevamente los ajustes del cero y del rango, repitiendo los pasos 11.4.2 a 11.4.4.

**11.5.5** Generar varias concentraciones patrones de ozono, se recomiendan cuando menos otras cinco dentro del rango de la escala del analizador, por ajuste de la fuente o por dilución de la concentración generada. En este caso se requieren mediciones exactas de flujo. El sistema de calibración dinámica puede ser modificado para permitir la medición del aire de dilución después del generador. También se requiere de una cámara de mezclado entre el generador y el múltiple de salida. La velocidad de flujo a través del generador ( $F_o$ ) y la velocidad de flujo del aire de dilución ( $F_d$ ) se miden con un patrón de flujo o de volumen confiable. Cada concentración de ozono generada por dilución se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$[O_3]_{dil} = [O_3]_{sal} \left( \frac{F_o}{F_o + F_d} \right) \quad (7)$$

Donde:

$[O_3]_{dil}$  = Concentración diluida de ozono en ppm.

$[O_3]_{sal}$  = Ozono sin diluir en ppm.

$F_o$  = Velocidad de flujo a través del generador de ozono en l/min.

$F_d$  = Velocidad de flujo del aire diluyente en l/min.

**11.5.6** Registrar para cada concentración patrón de ozono la correspondiente respuesta del analizador.

**11.5.7** Graficar las respuestas del analizador contra las concentraciones correspondientes de ozono y trazar la curva de calibración del analizador o bien calcular el factor de respuesta correspondiente.

## 12. METODO EQUIVALENTE

**12.1** El método equivalente para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente, es el de fotometría en la región de radiación ultravioleta.

Este método se basa en el principio fotométrico de la absorción de luz en el rango de la radiación ultravioleta por el ozono. Este principio también es aplicable al método de calibración del equipo de medición.

### **13. CALCULO DEL REPORTE**

**13.1** La medición se hace en forma continua mediante el uso de procesos automatizados.

**13.2** Para reportar los valores al público se calculan las concentraciones en partes por millón, en promedios por minuto y a partir de éstos, se calculan los promedios horarios reportándose el valor máximo que se haya presentado en el día.

### **14. VIGILANCIA**

**14.1** La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

### **15. SANCIONES**

**15.1** El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

### **16. BIBLIOGRAFIA**

**16.1** Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix D, revised July 1990, U.S.A. (Código Federal de Reglamentaciones 40, Parte 50, apéndice D, revisado en julio 1990, Estados Unidos de América).

### **17. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

**17.1** Esta norma oficial mexicana coincide totalmente con la norma contenida en el Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix D, revised July 1990, U.S.A. (Código Federal de Reglamentaciones 40, Parte 50, apéndice D, revisado en julio 1990, Estados Unidos de América).

## **18. VIGENCIA**

**18.1** La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**18.2** Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CCAM-003/91, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de octubre de 1991.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los catorce días del mes de octubre de mil novecientos noventa y tres. El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Lujan.-  
Rúbrica.