

**DICTA INSTRUCCIÓN DE CARÁCTER GENERAL QUE
ESTABLECE METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN
PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN
DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y OXÍGENO (O₂)
EN FUENTES ESTACIONARIAS.**

RESOLUCIÓN EXENTA N° 2439

Santiago, 16 de noviembre de 2021

VISTO:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N°31, de 8 de octubre de 2019, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra Superintendente del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 2124, de 30 de septiembre de 2021, que fija organización interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N°126, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales; en la Resolución Exenta N°127, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales; en la Resolución Exenta N°2051, de 14 de septiembre de 2021, que dicta instrucción de carácter general que establece directrices específicas para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental autorizadas en el componente ambiental aire y en la Resolución N°7, de 2019 y sus modificaciones, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO

1º La Superintendencia del Medio Ambiente fue creada -en virtud del artículo segundo de la ley N°20.417 (en adelante e indistintamente, Losma)- como un servicio público funcionalmente descentralizado, dotado de personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio del Medio Ambiente y tiene por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las resoluciones de calificación ambiental, de las medidas de los planes de prevención y/o de descontaminación ambiental, del contenido de las normas de calidad ambiental y normas de emisión, y de los planes de manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley, correspondiéndole, de manera exclusiva, imponer sanciones de conformidad a lo señalado en su ley orgánica.

2º La letra c) del artículo 3º de la ley orgánica de la Superintendencia de Medio Ambiente, que faculta a este servicio para contratar las labores de inspección, verificación, mediciones y análisis del cumplimiento de las normas, condiciones y medidas de las Resoluciones de Calificación Ambiental, Planes de Prevención y, o de Descontaminación Ambiental, de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, cuando correspondan, y de los Planes de Manejo, cuando procedan, a terceros idóneos debidamente certificados.

3º El inciso segundo de la letra c) del artículo 3º de la citada ley orgánica, en la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la certificación, autorización y control de las entidades y sus inspectores, serán establecidos en un reglamento el que se encuentra contenido en el Decreto Supremo N°38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que “Aprueba reglamento de entidades técnicas de fiscalización ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente” (en adelante e indistintamente, reglamento ETFA).

4º Teniendo en cuenta la atribución conferida a la SMA por el artículo 3 letra ñ) de la ley orgánica, compete a este órgano de la Administración del Estado fijar Impartir directrices técnicas de carácter general y obligatorio, definiendo los protocolos, procedimientos y métodos de análisis que los organismos fiscalizadores, las entidades acreditadas conforme a esta ley y, en su caso, los sujetos de fiscalización, deberán aplicar para el examen, control y medición del cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, criterio que ha sido establecido mediante el dictamen N°28047, de 2015, de la Contraloría General de la República.

5º La letra s) del artículo 3º de la ley orgánica de este servicio que la faculta para dictar normas e instrucciones de carácter general en el ejercicio de las atribuciones que le confiere la ley.

6º La letra b) del artículo 4º de la ley orgánica mencionada, que faculta al Superintendente del Medio Ambiente para dictar las instrucciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos y el buen funcionamiento de la superintendencia.

7º Mediante memorando N°42323, de 24 de septiembre de 2021, el jefe de la División de Fiscalización y Conformidad Ambiental solicitó la aprobación de la **metodología para medición de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en las emisiones de fuentes estacionarias**, cuyo objetivo es estandarizar las mediciones para la determinación de concentraciones de monóxido de carbono y oxígeno en fuentes estacionarias, mediante el uso de analizadores electroquímicos portátiles, ejecutadas por las entidades técnica de fiscalización ambiental (ETFA), por lo que dicto la siguiente

RESOLUCIÓN:

PRIMERO: DICTA INSTRUCCIÓN DE CARÁCTER GENERAL que establece la “**Metodología para medición de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en las emisiones de fuentes estacionarias**”, cuyo texto es el siguiente:

1 OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo principal estandarizar las mediciones para la determinación de concentraciones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en fuentes estacionarias, mediante el uso de analizadores electroquímicos portátiles, ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

2 APLICABILIDAD Y PRINCIPIO

2.1 APLICABILIDAD

Este método se aplicará para determinar las concentraciones de CO y O₂, en aquellas fuentes estacionarias afectas al cumplimiento del artículo 40 del decreto supremo N°31, del año 2016, o aquel que lo reemplace, que Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, cuya emisión dependa exclusivamente del combustible utilizado, es decir, en el cual los gases de combustión sean exclusivos productos de la combustión.

Específicamente, en aquellos casos en que:

- i) Las condiciones del ducto de evacuación de gases, de la fuente estacionaria, no cumpla con lo estipulado en el método CH-1 o CH-1A.
- ii) Las condiciones operacionales de la fuente estacionaria no permitan cumplir con lo estipulado en el *punto 3.2. "Condiciones de operación", del capítulo 3. "Especificaciones técnicas – Aire – Emisiones atmosféricas de fuentes fijas (gases y material particulado)"* de la Instrucción *"Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire"*, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).
- iii) La potencia térmica individual de la caldera o proceso con combustión sea inferior a 5 MWt.

2.2 PRINCIPIO

Una muestra es continuamente extraída de la corriente de efluentes donde una porción de la muestra es llevada al analizador electroquímico para determinar la concentración de CO y O₂.

3 RANGO, ESCALA Y SENSIBILIDAD DE LOS ANALIZADORES

3.1 RANGO ANALÍTICO

El rango analítico está determinado por el modelo instrumental. Una porción del rango analítico es seleccionada al elegir la escala del analizador.

3.2 ESCALA

Se debe seleccionar una escala de forma tal que la concentración promedio del gas a medir no sea menor al 20% de ésta. En aquellos analizadores que no permitan selección de escalas, deberán considerar una escala virtual entre 0 y 150 ppm o 0 y 200 ppm. Si durante la corrida, los valores de concentración del gas exceden la escala, la corrida se considerará inválida.

3.3 SENSIBILIDAD

El límite mínimo cuantificable del rango analítico debe ser 1ppm.

4 DEFINICIONES

Para efectos del presente documento, son aplicables las siguientes definiciones:

- a) Analizador de gas: Corresponde a la parte del sistema de medición que percibe el gas a medir y que genera una salida proporcional a su concentración.
- b) Analizador electroquímico de gases: Equipo electrónico utilizado para medir gases de manera directa. Mediante celdas electroquímicas, a partir de una variación eléctrica y reacción química, analiza los componentes de una muestra gaseosa recolectada a través de una sonda, entregando un resultado cuantitativo. El análisis es realizado en base seca, pues el agua es retenida en una trampa de condensación.
- c) Desviación de la calibración (DRIFT): Corresponde a la diferencia en la lectura de salida del sistema de medición, a contar de la respuesta de calibración inicial, para un valor de calibración de rango medio, después de un período establecido de operación, durante el cual no se realizó mantenimiento, reparación o ajustes no programados.
- d) Desviación del sistema de medición (BIAS): Corresponde a la diferencia entre las concentraciones de gas exhibidas por el sistema de medición cuando se introduce un gas de concentración conocida en la boca de salida de la sonda de muestreo y cuando se introduce directamente el mismo gas al analizador.
- e) Error de calibración del analizador: Corresponde a la diferencia entre la concentración de gas exhibida por el analizador de gas y la concentración conocida del gas patrón, cuando el gas patrón se introduce directamente en el analizador.
- f) Escala: Corresponde al límite máximo del rango de medición de concentración de gas exhibido en el registrador de datos.
- g) Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental: Persona jurídica autorizada para realizar actividades de fiscalización ambiental, según el alcance de la autorización que le ha otorgado la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), de acuerdo a las normas del reglamento D.S. 38/2013 MMA, o aquella que la remplace.
- h) Fuente: Para este instructivo, corresponde a toda actividad, proceso, operación o dispositivo móvil o estacionario que independiente de su campo de aplicación, produzca o pueda producir emisiones.
- i) Fuente estacionaria: Es toda fuente diseñada para operar en un lugar fijo, cuyas emisiones se descargan a través de un ducto o chimenea. Se incluyen aquellas montadas sobre vehículos transportables para facilitar su desplazamiento.
- j) Gas de calibración: Concentración conocida de un gas, en un gas diluyente adecuado.

- k) Proceso Continuo: proceso cuya condición de operación se mantiene constante durante su período de funcionamiento, independiente de su duración, exceptuándose la etapa de partida y término del proceso.
- l) Proceso Discontinuo: cualquier forma de operar un proceso que no sea continuo.
- m) Rango analítico: Está determinado por el modelo instrumental. De este rango se elige una porción para determinar la escala del sistema de monitores.
- n) Registrador de datos: Registrador de banda milimetrada; computador análogo o registrador digital para registrar los datos de mediciones de salida del analizador.
- o) Sensibilidad: Valor mínimo cuantificable del rango analítico.
- p) Sistema de medición: Todo equipo completo requerido para determinar la concentración de O₂ o CO. Un sistema de medición está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestras, Analizador de gas, Registrador de datos.
- q) Sonda de muestreo: Una sonda libre de filtraciones, de un largo suficiente para el muestreo de los puntos transversales.
- r) Tiempo de respuesta: La cantidad de tiempo requerida por el sistema de medición para exhibir un 95% durante un cambio de etapa, en la concentración del gas en el registrador de datos.

5 INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS

5.1 INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS

El sistema de medición deberá contar a lo menos, con los siguientes componentes:

- Sonda de muestreo,
- Línea de muestreo,
- Analizador de gas electroquímico, el cual deberá estar provisto de un sistema de recolección y eliminación de humedad.
- Impresora portátil, del equipo si aplica,
- Registrador de datos (digital y/o manual),
- Cilindros de gas patrón de CO y O₂.

El analizador de gases electroquímico a utilizar, deberá contar con una verificación por parte del Instituto de Salud Pública (ISP), según lo establecido en la Instrucción *“Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”*, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Nota: No se aceptará el uso de bolsas Tedlar.

5.2 GASES DE CALIBRACIÓN

Los cilindros de gases patrones, utilizados para las calibraciones del analizador, deberán ser de concentración conocida de CO en N₂ o CO en aire, contar con su certificado vigente y un porcentaje de incertidumbre inferior a 2%. Alternativamente, se podrán usar mezclas de gases CO/SO₂, O₂/SO₂ o O₂/CO/SO₂ en N₂.

Se deberá disponer de cilindros de gases patrones de CO y O₂, con un valor Cero (0% - 20% de la escala) y un valor Span (80% - 100% de la escala), cada uno.

Se podrán utilizar gases protocolo EPA y/o Nacionales. Si los gases utilizados son de elaboración nacional, éstos deberán cumplir con las condiciones establecidas en el punto 5.4 del documento "Aprueba Protocolo para Aseguramiento y Control de Validación, Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones "CEMS", de la" Resolución Exenta Nº 1743 de 2019, o en aquel documento que lo reemplace.

6 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Para efectos de asegurar la calidad de la medición, el analizador deberá cumplir con las siguientes especificaciones de rendimiento:

6.1 ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR

Previo al inicio de la medición, se deberá realizar una prueba de Error de Calibración (EC), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span directamente en el analizador hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Error de Calibración (%EC) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 1 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior al $\pm 2\%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % EC inválido, se deberán tomar acciones correctivas y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

En analizadores cuya tecnología no permita realizar esta prueba, se asumirá que la respuesta del analizador corresponde al valor del gas patrón, lo que implica que el error de calibración será = 0.

6.2 DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS_i)

Una vez aprobado el Error de Calibración, se deberá realizar una prueba de Desviación Inicial del Sistema de Medición (BIAS), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span por la boca de entrada de gases de la sonda hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Desviación del Sistema de Medición (%BIAS_i) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 2 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior a $\pm 5\%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % BIAS_i inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

Para los analizadores que no cumplan con las desviaciones, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

6.3 DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS_f)

Una vez realizada la medición, se deberá realizar una prueba de Desviación Final del Sistema de Medición (BIAS_F), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span por la boca de entrada de gases de la sonda hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Desviación del Sistema de Medición (%BIAS_F) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 2 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior a $\pm 5 \%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % BIAS_F inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

Para los analizadores que no cumplan con las desviaciones, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

Entre corridas se deberá limpiar el sistema de medición hasta alcanzar las condiciones del inicio de la medición en el analizador o transcurridos 2 minutos, lo más restrictivo.

6.4 DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN (DRIFT)

Una vez aprobada la BIAS_F, se deberá determinar la Desviación de la Calibración mediante la diferencia entre la respuesta inicial del sistema de medición (BIAS_I) y final del sistema de medición (BIAS_F), de acuerdo a la Ecuación 3 establecida en el punto 10 de este documento. El valor de la DRIFT se considerará válida si cumple con un valor inferior a $\pm 3 \%$ del valor de la escala. La determinación de esta desviación no es obligatoria entre corridas, sólo es obligatoria una vez finalizadas las corridas.

En caso de obtener un valor DRIFT inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba completa.

En caso de los analizadores que no cumplan con esta desviación, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

7 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para realizar la medición de CO y O₂, se deberán seguir los siguientes pasos:

7.1 SELECCIÓN DEL SITIO Y PUNTO DE MEDICIÓN

Se debe seleccionar el sitio de medición de acuerdo a las especificaciones del método CH-1 o EPA 1, ubicando la boca de entrada de gases de la sonda dentro del 10 % central del corte transversal del ducto de evacuación.

7.2 ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR

Ejecutar una prueba de Error de Calibración de acuerdo a lo indicado en el punto 6.1 de este documento.

7.3 DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ejecutar una prueba de Desviación Inicial del Sistema de Medición, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.2 de este documento.

7.4 MEDICIÓN

Se deberá ubicar la sonda en el sitio de medición seleccionado y comenzar a medir manteniendo la velocidad empleada durante la revisión previa del sistema en forma constante, es decir con una variación máxima de 10% durante las corridas. El tiempo de medición por corrida es de 10 minutos por cada una de las tres corridas, debiendo registrar los datos con un intervalo máximo de 30 segundos. Se acepta el registro manual de los valores obtenidos, cumpliendo con la periodicidad indicada anteriormente. En el caso de realizar manualmente el registro de datos, se debe imprimir el valor que muestra el analizador, al minuto 5 de cada corrida.

7.4.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las corridas de medición deberán realizarse en la siguiente condición de operación:

- a) Si el quemador opera en una o más etapas, deberá realizarse, al menos, una corrida por etapa.
 - i) *Quemador atmosférico*: este tipo de quemador opera en una sola condición, por lo tanto, se realizan las tres corridas en una sola condición.
 - ii) *Quemador presurizado de una etapa (on – off)*: se deben realizar las tres corridas de medición en esta condición, no se debe considerar la etapa de barrido del quemador.
 - iii) *Quemador presurizado de dos etapas*: se debe realizar una corrida en cada una de las etapas, sin considerar la etapa de barrido del quemador, y se debe realizar la tercera corrida en aquella condición que arroje la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- b) En el caso de los quemadores de modulación continua, se realizará una corrida a carga baja (entre 30 a 50 % de la plena carga), carga media (entre 50 y 70 % de la plena carga) y carga alta (entre 70 y 100% de la plena carga).

Se exceptúan las operaciones de partida por un período máximo de quince minutos al día.

Nota: Para mediciones en fuentes con más de un ducto de evacuación de gases la ETFA será la encargada de definir criterios técnicos para la ejecución de la actividad y presentación de sus resultados.

7.5 DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ejecutar una prueba de Desviación Final del Sistema de Medición, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.3 de este documento.

7.6 DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Determinar la Desviación de la Calibración, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.4 de este documento.

8 CONTROL DE CALIDAD

Para garantizar un correcto funcionamiento del equipo y accesorios utilizados en la medición, la ETFA deberá establecer un plan anual que contemple las mantenciones preventivas, verificaciones y/o calibraciones a realizar, de acuerdo a lo establecido en la Instrucción *“Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”*, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Asimismo, deberá implementar y mantener un sistema de registros que evidencie el cumplimiento del mencionado plan, según lo establecido en su sistema de gestión de la calidad.

Lo anterior, es independiente de las pruebas establecidas en el método y en lo indicado en el respectivo manual del equipo.

La frecuencia de la verificación y calibración deberá ser:

- Mensual, verificación con gas de elaboración nacional para CO y O₂. Los gases nacionales utilizados deberán cumplir con las condiciones establecidas en el punto 5.4 del “Protocolo para Aseguramiento y Control de Validación, Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones “CEMS”, Resolución Exenta N° 1743 de 2019, o en aquel documento que lo reemplace.
- Anual, Instituto de Salud Pública (ISP).

Los equipos nuevos, deberán registrarse bajo las directrices establecidas en la Instrucción *“Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”*, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

9 INFORME DE RESULTADOS

El informe de los resultados obtenidos de la medición, deberá cumplir con lo establecido en la Instrucción *“Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”*, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Además, deberá incluir las impresiones de las desviaciones y medición del minuto 5.

10 FÓRMULAS APLICABLES

Las ecuaciones necesarias para la ejecución del método definido en este documento, serán las que se señalan a continuación:

% ERROR DE CALIBRACIÓN CERO Y SPAN

Ecuación 1

$$EC = \frac{(A_{Dir} - R)}{S} * 100$$

Donde:

EC: % Error de calibración.

R: Concentración certificada del gas patrón para cero o span.

A_{Dir}: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido directamente en el analizador.

S: Escala del analizador.

% DESVIACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ecuación 2

$$BIAS = \frac{(ASis - ADir)}{S} * 100$$

Donde:

BIAS: % Desviación del Sistema de Medición (Inicial y Final).

ASis: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido por la boca de entrada de gases de la sonda.

ADir: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido directamente en el analizador.

S: Escala del analizador.

DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Ecuación 3

$$DRIFT = BIASF - BIASI$$

Donde:

DRIFT: Desviación de la Calibración.

BIASF: % Desviación Final del Sistema de Medición.

BIASI: % Desviación Inicial del Sistema de Medición.

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO

Para analizadores de CO que se pueden calibrar con gas cero, se debe seguir lo señalado en el método CH-6C o EPA 6C, usando la expresión:

Ecuación 4

$$C_{gas} = (\bar{C} - Co) * \frac{Cma}{(Cm - Co)}$$

Donde:

Cgas: Concentración de CO en base seca, en ppm.

$\bar{C}$: Concentración promedio de CO indicado por el analizador en base seca, en ppm.

Co: Promedio de respuestas de gas cero, iniciales y finales, ppm.

Cma: Concentración del gas Span

Cm: Promedio de respuestas de gas span, iniciales y finales, ppm.

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

La concentración de O₂ se determina utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 5

$$C_{oxígeno} = (\overline{C_{oxígeno\ medido}} - Co) * \frac{Cma}{(Cm - Co)}$$

Donde:

$C_{oxígeno}$: Concentración de O_2 en el efluente.

$\overline{C}_{oxígeno\ medido}$: Concentración promedio de O_2 indicado por el analizador.

C_o : Promedio de respuestas de gas cero, iniciales y finales.

C_{ma} : Concentración del gas Span.

C_m : Promedio de respuestas de gas span, iniciales y finales.

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO CORREGIDA

Los valores de emisión medidos deben ser corregidos por oxígeno, dependiendo del estado de combustible o tipo de proceso, según se indica en las siguientes tablas:

Tabla 1 – Corrección de oxígeno medido en chimenea para Calderas

Estado de combustible	Corrección de oxígeno*
Gas y líquidos	3%
Sólidos	6%

* Oxígeno de referencia

Tabla 2 – Corrección de oxígeno medido en chimenea para otros Procesos

Tipo de proceso	Corrección de oxígeno*
Continuos	8%
Discontinuos	13%

* Oxígeno de referencia

La corrección por oxígeno se realiza aplicando un factor de corrección a la concentración medida de Monóxido de Carbono, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$F = \left[\frac{\%O_2\ ambiente - \%O_2\ referencia}{\%O_2\ ambiente - \%O_2\ medido} \right]$$

Donde:

F : Factor de corrección por O_2 de referencia

$\%O_2\ ambiente$: Oxígeno ambiente en el sitio de muestreo

$\%O_2\ referencia$: Oxígeno de referencia según tipo de combustible o tipo de proceso, porcentaje

$\%O_2\ medido$: Oxígeno medido en gas de efluente, porcentaje

Nota: Para quemadores atmosféricos el Factor de corrección será = 1.

Luego, la concentración corregida de Monóxido de Carbono se determina con la ecuación:

Ecuación 7

$$C_{gas\ corregido} = C_{gas} * F$$

Donde:

$C_{gas\ corregido}$: Concentración de CO corregido por oxígeno, en base seca, en ppm.

C_{gas} : Concentración de CO sin corregir, en base seca, en ppm.

F : Factor de corrección por O_2 de referencia

11 CRITERIOS PARA INFORMAR RESULTADOS FINALES

- Criterio utilizado para informar resultados finales
- Concentración de Monóxido de carbono corregida: Se informa la mayor.
- Concentración de Monóxido de carbono: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración de monóxido de carbono corregida.
- Dióxido de Carbono: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- Oxígeno: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- Caudal de gases calculado: Se informa el mayor caudal.
- Caudal de gases corregido por exceso de aire: Se informa el caudal asociado al mayor caudal de gases calculado.
- Temperatura de los gases: Se informa la temperatura asociada al mayor caudal de gases calculado. En el caso de los quemadores atmosféricos se informa la mayor temperatura de gases.
- Exceso de aire: Se informa el exceso de aire asociado al mayor caudal de gases calculado. No aplica para los quemadores atmosféricos.
- Consumo de combustible: Se informa el consumo de combustible asociado al mayor caudal de gases calculado.

12 REFERENCIAS

- Decreto Supremo N°31 que Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, Ministerio del Medio Ambiente, publicado el 24 de noviembre de 2017.
- Instructivo de Aplicación Método CH-3A, Ministerio de Salud, Secretaría Regional Ministerial Región Metropolitana.
- Método CH-1/EPA-1: Localización de puntos de muestreo y de medición de velocidad para fuentes fijas, Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Método CH-3A/EPA-3A: Determinación de las concentraciones de Oxígeno, Anhídrido Carbónico y Monóxido de Carbono en las emisiones de fuentes fijas (procedimiento con analizador instrumental), Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Método CH-6C/EPA-6C: Determinación de emisiones de Dióxido de Azufre desde fuentes estacionarias (procedimiento con analizador instrumental), Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Resolución Exenta N°2063, de 2005 que Establece Fuentes Estacionarias a las que les son aplicables las Normas de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂), Ministerio de Salud-Secretaría Regional Ministerial Región Metropolitana.
- Instrucción "Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire", contenida en la resolución exenta N°2051, de 2021 o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

SEGUNDO: ÁMBITO DE APLICACIÓN. Esta instrucción es obligatoria para las entidades técnicas de fiscalización ambiental, autorizadas para la realización de actividades de fiscalización correspondientes a medición en el componente aire, emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

TERCERO: ACCESIBILIDAD. El texto original que se aprueba mediante la presente resolución será archivado en la Oficina de Partes y Archivo de la Superintendencia del Medio Ambiente y además estará accesible al público en su página web www.sma.gob.cl.

CUARTO: ENTRADA EN VIGENCIA. La presente resolución entrará en vigencia treinta días corridos después de la publicación de esta resolución en el Diario Oficial.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

CRISTÓBAL DE LA MAZA GUZMÁN
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE

PTB/RVC/AVT/MVS

ADJ.: “Medición de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en las emisiones de fuentes estacionarias (procedimiento con analizador electroquímico)”

Distribución:

- Gabinete
- Fiscal
- Jefes de División
- Jefes de Departamento
- Jefes de Oficina
- Jefes de Oficinas Regionales
- Jefes de Sección
- Oficina de Partes y Archivo

Exp. N°19523/2021



Código: 1637102196207
verificar validez en
<https://www.esigner.cl/EsignerValidar/validar.jsp>



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**MEDICIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
Y OXÍGENO (O₂) EN LAS EMISIONES DE FUENTES ESTACIONARIAS
(PROCEDIMIENTO CON ANALIZADOR ELECTROQUÍMICO)**

SANTIAGO, AGOSTO 2021

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	1
2. APLICABILIDAD Y PRINCIPIO	1
2.1. APLICABILIDAD	1
2.2. PRINCIPIO	1
3. RANGO, ESCALA Y SENSIBILIDAD DE LOS ANALIZADORES	1
3.1. RANGO ANALÍTICO	1
3.2. ESCALA	1
3.3. SENSIBILIDAD.....	1
4. DEFINICIONES	1
5. INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS	3
5.1. INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS	3
5.2. GASES DE CALIBRACIÓN	3
6. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN	3
6.1. ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR	3
6.2. DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS _i)	4
6.3. DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS _f)	4
6.4. DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN (DRIFT)	4
7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.....	4
7.1. SELECCIÓN DEL SITIO Y PUNTO DE MEDICIÓN	5
7.2. ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR	5
7.3. DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN	5
7.4. MEDICIÓN.....	5
7.4.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	5
7.5. DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.....	5
7.6. DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN	5
8. CONTROL DE CALIDAD.....	6
9. INFORME DE RESULTADOS	6
10. FÓRMULAS APLICABLES.....	6
11. CRITERIOS PARA INFORMAR RESULTADOS FINALES.....	9
12. REFERENCIAS	9

1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo principal estandarizar las mediciones para la determinación de concentraciones de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O₂) en fuentes estacionarias, mediante el uso de analizadores electroquímicos portátiles, ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

2. APLICABILIDAD Y PRINCIPIO

2.1. APLICABILIDAD

Este método se aplicará para determinar las concentraciones de CO y O₂, en aquellas fuentes estacionarias afectas al cumplimiento del artículo 40 del decreto supremo N°31, del año 2016, o aquel que lo reemplace, que Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, cuya emisión dependa exclusivamente del combustible utilizado, es decir, en el cual los gases de combustión sean exclusivos productos de la combustión.

Específicamente, en aquellos casos en que:

- i) Las condiciones del ducto de evacuación de gases, de la fuente estacionaria, no cumpla con lo estipulado en el método CH-1 o CH-1A.
- ii) Las condiciones operacionales de la fuente estacionaria no permitan cumplir con lo estipulado en el punto 3.2. “Condiciones de operación”, del capítulo 3. “Especificaciones técnicas – Aire – Emisiones atmosféricas de fuentes fijas (gases y material particulado)” de la Instrucción “Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).
- iii) La potencia térmica individual de la caldera o proceso con combustión sea inferior a 5 MWt.

2.2. PRINCIPIO

Una muestra es continuamente extraída de la corriente de efluentes donde una porción de la muestra es llevada al analizador electroquímico para determinar la concentración de CO y O₂.

3. RANGO, ESCALA Y SENSIBILIDAD DE LOS ANALIZADORES

3.1. RANGO ANALÍTICO

El rango analítico está determinado por el modelo instrumental. Una porción del rango analítico es seleccionada al elegir la escala del analizador.

3.2. ESCALA

Se debe seleccionar una escala de forma tal que la concentración promedio del gas a medir no sea menor al 20% de ésta. En aquellos analizadores que no permitan selección de escalas, deberán considerar una escala virtual entre 0 y 150 ppm o 0 y 200 ppm. Si durante la corrida, los valores de concentración del gas exceden la escala, la corrida se considerará inválida.

3.3. SENSIBILIDAD

El límite mínimo cuantificable del rango analítico debe ser 1ppm.

4. DEFINICIONES

Para efectos del presente documento, son aplicables las siguientes definiciones:

- a) Analizador de gas: Corresponde a la parte del sistema de medición que percibe el gas a medir y que genera una salida proporcional a su concentración.

- b) **Analizador electroquímico de gases:** Equipo electrónico utilizado para medir gases de manera directa. Mediante celdas electroquímicas, a partir de una variación eléctrica y reacción química, analiza los componentes de una muestra gaseosa recolectada a través de una sonda, entregando un resultado cuantitativo. El análisis es realizado en base seca, pues el agua es retenida en una trampa de condensación.
- c) **Desviación de la calibración (DRIFT):** Corresponde a la diferencia en la lectura de salida del sistema de medición, a contar de la respuesta de calibración inicial, para un valor de calibración de rango medio, después de un período establecido de operación, durante el cual no se realizó mantenimiento, reparación o ajustes no programados.
- d) **Desviación del sistema de medición (BIAS):** Corresponde a la diferencia entre las concentraciones de gas exhibidas por el sistema de medición cuando se introduce un gas de concentración conocida en la boca de salida de la sonda de muestreo y cuando se introduce directamente el mismo gas al analizador.
- e) **Error de calibración del analizador:** Corresponde a la diferencia entre la concentración de gas exhibida por el analizador de gas y la concentración conocida del gas patrón, cuando el gas patrón se introduce directamente en el analizador.
- f) **Escala:** Corresponde al límite máximo del rango de medición de concentración de gas exhibido en el registrador de datos.
- g) **Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental:** Persona jurídica autorizada para realizar actividades de fiscalización ambiental, según el alcance de la autorización que le ha otorgado la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), de acuerdo a las normas del reglamento D.S. 38/2013 MMA, o aquella que la remplace.
- h) **Fuente:** Para este instructivo, corresponde a toda actividad, proceso, operación o dispositivo móvil o estacionario que independiente de su campo de aplicación, produzca o pueda producir emisiones.
- i) **Fuente estacionaria:** Es toda fuente diseñada para operar en un lugar fijo, cuyas emisiones se descargan a través de un ducto o chimenea. Se incluyen aquellas montadas sobre vehículos transportables para facilitar su desplazamiento.
- j) **Gas de calibración:** Concentración conocida de un gas, en un gas diluyente adecuado.
- k) **Proceso Continuo:** proceso cuya condición de operación se mantiene constante durante su período de funcionamiento, independiente de su duración, exceptuándose la etapa de partida y término del proceso.
- l) **Proceso Discontinuo:** cualquier forma de operar un proceso que no sea continuo.
- m) **Rango analítico:** Está determinado por el modelo instrumental. De este rango se elige una porción para determinar la escala del sistema de monitores.
- n) **Registrador de datos:** Registrador de banda milimetrada; computador análogo o registrador digital para registrar los datos de mediciones de salida del analizador.
- o) **Sensibilidad:** Valor mínimo cuantificable del rango analítico.
- p) **Sistema de medición:** Todo equipo completo requerido para determinar la concentración de O₂ o CO. Un sistema de medición está compuesto por los siguientes subsistemas: Interface de muestras, Analizador de gas, Registrador de datos.
- q) **Sonda de muestreo:** Una sonda libre de filtraciones, de un largo suficiente para el muestreo de los puntos transversales.

- r) Tiempo de respuesta: La cantidad de tiempo requerida por el sistema de medición para exhibir un 95% durante un cambio de etapa, en la concentración del gas en el registrador de datos.

5. INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS

5.1. INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS

El sistema de medición deberá contar a lo menos, con los siguientes componentes:

- Sonda de muestreo,
- Línea de muestreo,
- Analizador de gas electroquímico, el cual deberá estar provisto de un sistema de recolección y eliminación de humedad.
- Impresora portátil, del equipo si aplica,
- Registrador de datos (digital y/o manual),
- Cilindros de gas patrón de CO y O₂.

El analizador de gases electroquímico a utilizar, deberá contar con una verificación por parte del Instituto de Salud Pública (ISP), según lo establecido en la Instrucción “Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Nota: No se aceptará el uso de bolsas Tedlar.

5.2. GASES DE CALIBRACIÓN

Los cilindros de gases patrones, utilizados para las calibraciones del analizador, deberán ser de concentración conocida de CO en N₂ o CO en aire, contar con su certificado vigente y un porcentaje de incertidumbre inferior a 2%. Alternativamente, se podrán usar mezclas de gases CO/SO₂, O₂/SO₂ o O₂/CO/SO₂ en N₂.

Se deberá disponer de cilindros de gases patrones de CO y O₂, con un valor Cero (0% - 20% de la escala) y un valor Span (80% - 100% de la escala), cada uno.

Se podrán utilizar gases protocolo EPA y/o Nacionales. Si los gases utilizados son de elaboración nacional, éstos deberán cumplir con las condiciones establecidas en el punto 5.4 del documento “Aprueba Protocolo para Aseguramiento y Control de Validación, Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones “CEMS”, de la” Resolución Exenta N° 1743 de 2019, o en aquel documento que lo reemplace.

6. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Para efectos de asegurar la calidad de la medición, el analizador deberá cumplir con las siguientes especificaciones de rendimiento:

6.1. ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR

Previo al inicio de la medición, se deberá realizar una prueba de Error de Calibración (EC), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span directamente en el analizador hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Error de Calibración (%EC) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 1 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior al $\pm 2\%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % EC inválido, se deberán tomar acciones correctivas y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

En analizadores cuya tecnología no permita realizar esta prueba, se asumirá que la respuesta del analizador corresponde al valor del gas patrón, lo que implica que el error de calibración será = 0.

6.2. DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS_i)

Una vez aprobado el Error de Calibración, se deberá realizar una prueba de Desviación Inicial del Sistema de Medición (BIAS_i), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span por la boca de entrada de gases de la sonda hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Desviación del Sistema de Medición (%BIAS_i) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 2 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior a $\pm 5\%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % BIAS_i inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

Para los analizadores que no cumplan con las desviaciones, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

6.3. DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN (BIAS_f)

Una vez realizada la medición, se deberá realizar una prueba de Desviación Final del Sistema de Medición (BIAS_f), introduciendo el gas patrón de calibración para nivel cero y span por la boca de entrada de gases de la sonda hasta que el valor de lectura se estabilice o se alcance el tiempo de respuesta (lo que ocurra primero). Se deberán registrar sus lecturas y calcular el % Desviación del Sistema de Medición (%BIAS_f) de acuerdo a la fórmula establecida en la Ecuación 2 del punto 10 de este documento. La prueba se considerará válida, si cumple con un valor inferior a $\pm 5\%$ del valor de la escala de medición.

En caso de obtener un % BIAS_f inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba, hasta lograr un resultado aceptable.

Para los analizadores que no cumplan con las desviaciones, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

Entre corridas se deberá limpiar el sistema de medición hasta alcanzar las condiciones del inicio de la medición en el analizador o transcurridos 2 minutos, lo más restrictivo.

6.4. DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN (DRIFT)

Una vez aprobada la BIAS_f, se deberá determinar la Desviación de la Calibración mediante la diferencia entre la respuesta inicial del sistema de medición (BIAS_i) y final del sistema de medición (BIAS_f), de acuerdo a la Ecuación 3 establecida en el punto 10 de este documento. El valor de la DRIFT se considerará válida si cumple con un valor inferior a $\pm 3\%$ del valor de la escala. La determinación de esta desviación no es obligatoria entre corridas, sólo es obligatoria una vez finalizadas las corridas.

En caso de obtener un valor DRIFT inválido, se deberá chequear el sistema de medición y repetir la prueba completa.

En caso de los analizadores que no cumplan con esta desviación, deberán calibrar su analizador y enviarlo nuevamente a verificar al Instituto de Salud Pública (ISP).

7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para realizar la medición de CO y O₂, se deberán seguir los siguientes pasos:

7.1. SELECCIÓN DEL SITIO Y PUNTO DE MEDICIÓN

Se debe seleccionar el sitio de medición de acuerdo a las especificaciones del método CH-1 o EPA 1, ubicando la boca de entrada de gases de la sonda dentro del 10 % central del corte transversal del ducto de evacuación.

7.2. ERROR DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR

Ejecutar una prueba de Error de Calibración de acuerdo a lo indicado en el punto 6.1 de este documento.

7.3. DESVIACIÓN INICIAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ejecutar una prueba de Desviación Inicial del Sistema de Medición, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.2 de este documento.

7.4. MEDICIÓN

Se deberá ubicar la sonda en el sitio de medición seleccionado y comenzar a medir manteniendo la velocidad empleada durante la revisión previa del sistema en forma constante, es decir con una variación máxima de 10% durante las corridas. El tiempo de medición por corrida es de 10 minutos por cada una de las tres corridas, debiendo registrar los datos con un intervalo máximo de 30 segundos. Se acepta el registro manual de los valores obtenidos, cumpliendo con la periodicidad indicada anteriormente. En el caso de realizar manualmente el registro de datos, se debe imprimir el valor que muestra el analizador, al minuto 5 de cada corrida.

7.4.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las corridas de medición deberán realizarse en la siguiente condición de operación:

- a) Si el quemador opera en una o más etapas, deberá realizarse, al menos, una corrida por etapa.
 - i) *Quemador atmosférico*: este tipo de quemador opera en una sola condición, por lo tanto, se realizan las tres corridas en una sola condición.
 - ii) *Quemador presurizado de una etapa (on – off)*: se deben realizar las tres corridas de medición en esta condición, no se debe considerar la etapa de barrido del quemador.
 - iii) *Quemador presurizado de dos etapas*: se debe realizar una corrida en cada una de las etapas, sin considerar la etapa de barrido del quemador, y se debe realizar la tercera corrida en aquella condición que arroje la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- b) En el caso de los quemadores de modulación continua, se realizará una corrida a carga baja (entre 30 a 50 % de la plena carga), carga media (entre 50 y 70 % de la plena carga) y carga alta (entre 70 y 100% de la plena carga).

Se exceptúan las operaciones de partida por un período máximo de quince minutos al día.

Nota: Para mediciones en fuentes con más de un ducto de evacuación de gases la ETFA será la encargada de definir criterios técnicos para la ejecución de la actividad y presentación de sus resultados.

7.5. DESVIACIÓN FINAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ejecutar una prueba de Desviación Final del Sistema de Medición, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.3 de este documento.

7.6. DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Determinar la Desviación de la Calibración, de acuerdo a lo indicado en el punto 6.4 de este documento.

8. CONTROL DE CALIDAD

Para garantizar un correcto funcionamiento del equipo y accesorios utilizados en la medición, la ETFA deberá establecer un plan anual que contemple las mantenciones preventivas, verificaciones y/o calibraciones a realizar, de acuerdo a lo establecido en la Instrucción “Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Asimismo, deberá implementar y mantener un sistema de registros que evidencie el cumplimiento del mencionado plan, según lo establecido en su sistema de gestión de la calidad.

Lo anterior, es independiente de las pruebas establecidas en el método y en lo indicado en el respectivo manual del equipo.

La frecuencia de la verificación y calibración deberá ser:

- a) Mensual, verificación con gas de elaboración nacional para CO y O₂. Los gases nacionales utilizados deberán cumplir con las condiciones establecidas en el punto 5.4 del “Protocolo para Aseguramiento y Control de Validación, Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones “CEMS”. Resolución Exenta N° 1743 de 2019, o en aquel documento que lo reemplace..
- b) Anual, Instituto de Salud Pública (ISP).

Los equipos nuevos, deberán registrarse bajo las directrices establecidas en la Instrucción “Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

9. INFORME DE RESULTADOS

El informe de los resultados obtenidos de la medición, deberá cumplir con lo establecido en la Instrucción “Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire”, o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Además, deberá incluir las impresiones de las desviaciones y medición del minuto 5.

10. FÓRMULAS APLICABLES

Las ecuaciones necesarias para la ejecución del método definido en este documento, serán las que se señalan a continuación:

% ERROR DE CALIBRACIÓN CERO Y SPAN

Ecuación 1

$$EC = \frac{(A_{Dir} - R)}{S} * 100$$

Donde:

EC: % Error de calibración.

R: Concentración certificada del gas patrón para cero o span.

A_{Dir}: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido directamente en el analizador.

S: Escala del analizador.

% DESVIACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

Ecuación 2

$$BIAS = \frac{(ASis - ADir)}{S} * 100$$

Donde:

BIAS: % Desviación del Sistema de Medición (Inicial y Final).

ASis: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido por la boca de entrada de gases de la sonda.

ADir: Concentración exhibida por el analizador, cuando el gas es introducido directamente en el analizador.

S: Escala del analizador.

DESVIACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Ecuación 3

$$DRIFT = BIASF - BIASI$$

Donde:

DRIFT: Desviación de la Calibración.

BIASF: % Desviación Final del Sistema de Medición.

BIASI: % Desviación Inicial del Sistema de Medición.

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO

Para analizadores de CO que se pueden calibrar con gas cero, se debe seguir lo señalado en el método CH-6C o EPA 6C, usando la expresión:

Ecuación 4

$$C_{gas} = (\bar{C} - Co) * \frac{C_{ma}}{(C_m - Co)}$$

Donde:

C_{gas}: Concentración de CO en base seca, en ppm.

$\bar{C}$: Concentración promedio de CO indicado por el analizador en base seca, en ppm.

C_o: Promedio de respuestas de gas cero, iniciales y finales, ppm.

C_{ma}: Concentración del gas Span

C_m: Promedio de respuestas de gas span, iniciales y finales, ppm.

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

La concentración de O₂ se determina utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 5

$$C_{oxígeno} = (\overline{C_{oxígeno\ medido}} - Co) * \frac{C_{ma}}{(C_m - Co)}$$

Donde:

$C_{oxígeno}$: Concentración de O_2 en el efluente.

$C_{oxígeno\ medido}$: Concentración promedio de O_2 indicado por el analizador.

C_o : Promedio de respuestas de gas cero, iniciales y finales.

C_{ma} : Concentración del gas Span.

C_m : Promedio de respuestas de gas span, iniciales y finales.

CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO CORREGIDA

Los valores de emisión medidos deben ser corregidos por oxígeno, dependiendo del estado de combustible o tipo de proceso, según se indica en las siguientes tablas:

Tabla 1 – Corrección de oxígeno medido en chimenea para Calderas

Estado de combustible	Corrección de oxígeno*
Gas y líquidos	3%
Sólidos	6%

* Oxígeno de referencia

Tabla 2 – Corrección de oxígeno medido en chimenea para otros Procesos

Tipo de proceso	Corrección de oxígeno*
Continuos	8%
Discontinuos	13%

* Oxígeno de referencia

La corrección por oxígeno se realiza aplicando un factor de corrección a la concentración medida de Monóxido de Carbono, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$F = \left[\frac{\%O2\ ambiente - \%O2\ referencia}{\%O2\ ambiente - \%O2\ medido} \right]$$

Donde:

F : Factor de corrección por O_2 de referencia

$\%O_2$ ambiente: Oxígeno ambiente en el sitio de muestreo

$\%O_2$ referencia: Oxígeno de referencia según tipo de combustible o tipo de proceso, porcentaje

$\%O_2$ medido: Oxígeno medido en gas de efluente, porcentaje

Nota: Para quemadores atmosféricos el Factor de corrección será = 1.

Luego, la concentración corregida de Monóxido de Carbono se determina con la ecuación:

Ecuación 7

$$C_{gas\ corregido} = C_{gas} * F$$

Donde:

$C_{gas\ corregido}$: Concentración de CO corregido por oxígeno, en base seca, en ppm.

C_{gas} : Concentración de CO sin corregir, en base seca, en ppm.

F : Factor de corrección por O_2 de referencia

11. CRITERIOS PARA INFORMAR RESULTADOS FINALES

- Criterio utilizado para informar resultados finales
- Concentración de Monóxido de carbono corregida: Se informa la mayor.
- Concentración de Monóxido de carbono: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración de monóxido de carbono corregida.
- Dióxido de Carbono: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- Oxígeno: Se informa la concentración asociada a la mayor concentración corregida de monóxido de carbono.
- Caudal de gases calculado: Se informa el mayor caudal.
- Caudal de gases corregido por exceso de aire: Se informa el caudal asociado al mayor caudal de gases calculado.
- Temperatura de los gases: Se informa la temperatura asociada al mayor caudal de gases calculado. En caso de quemadores atmosféricos se informa la mayor temperatura de gases.
- Exceso de aire: Se informa el exceso de aire asociado al mayor caudal de gases calculado. No aplica para quemadores atmosféricos.
- Consumo de combustible: Se informa el consumo de combustible asociado al mayor caudal de gases calculado.

12. REFERENCIAS

- Decreto Supremo N°31 que Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, Ministerio del Medio Ambiente, publicado el 24 de noviembre de 2017.
- Instructivo de Aplicación Método CH-3A, Ministerio de Salud - Secretaría Regional Ministerial Región Metropolitana.
- Método CH-1/EPA-1: Localización de puntos de muestreo y de medición de velocidad para fuentes fijas, Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Método CH-3A/EPA-3A: Determinación de las concentraciones de Oxígeno, Anhídrido Carbónico y Monóxido de Carbono en las emisiones de fuentes fijas (procedimiento con analizador instrumental), Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Método CH-6C/EPA-6C: Determinación de emisiones de Dióxido de Azufre desde fuentes estacionarias (procedimiento con analizador instrumental), Libro de Metodologías Aprobadas, marzo de 1996.
- Resolución Exenta N°2063, de 2005 que Establece Fuentes Estacionarias a las que les son aplicables las Normas de Emisión de Monóxido de Carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂), Ministerio de Salud-Secretaría Regional Ministerial Región Metropolitana.
- Instrucción "Operatividad específica de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental en el componente Ambiental Aire", contenida en la resolución exenta N°2051, de 2021 o aquella que lo reemplace, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).