

**APRUEBA PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN,  
ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE  
SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES  
"CEMS".**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 1743**

**Santiago, 06 DIC 2019**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; 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 N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 13, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas; en el Decreto Supremo N° 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión para Fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico; en el Decreto Supremo N° 29, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento y deroga decreto N° 45, de 2007, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; en el Decreto Supremo N° 37, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece Norma de Emisión de compuestos TRS, generadores de olor, asociados a la fabricación de pulpa kraft o al sulfato, elaborada a partir de la revisión del decreto N° 167, de 1999, MINSEGPRES, que establece norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada; en los artículos 79 y siguientes de la Ley N° 18.834, que Aprueba Estatuto Administrativo; en la Resolución Exenta N° 424, de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la estructura interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA 119123/58/2017, de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que renueva nombramiento en el cargo de alta dirección pública, 2° nivel que indica, a persona señalada; en el Decreto N° 31, de 2019, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra a don Cristóbal de la Maza Guzmán en el cargo de Superintendente del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 7, de 2019, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de Toma de Razón.

**CONSIDERANDO:**

1. Que, la Superintendencia del Medio Ambiente es el servicio público creado para 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 Atmosférica, 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 gestión ambiental que dispone la ley, así como imponer sanciones en caso que se constaten infracciones que sean de su competencia.

2. La letra a) del artículo 3° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que faculta a la Superintendencia del Medio Ambiente para fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas, condiciones y medidas establecidas en las resoluciones de calificación ambiental, sobre la base de las inspecciones, controles, mediciones y análisis que se realicen de conformidad a lo establecido en dicha ley.

3. La letra b) del artículo 3°, del mismo cuerpo normativo, dispone que la Superintendencia del Medio Ambiente debe velar por el cumplimiento de las medidas e instrumentos establecidos en los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, sobre la base de las inspecciones, controles, mediciones y análisis que se realicen de conformidad a lo establecido en dicha ley.

4. Que, la letra ñ) del artículo 3°, de la misma norma, establece que a esta Superintendencia le corresponde 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.

5. Que, el artículo 13 del Decreto Supremo N° 13, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece norma de emisión para centrales termoeléctricas, señala que la Superintendencia podrá definir los requerimientos mínimos de operación, control de calidad y aseguramiento de los datos del sistema de monitoreo continuo de emisiones, la información adicional, los formatos y medios correspondientes para la entrega de información.

6. El artículo 16 del Decreto Supremo N° 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico, un informe anual que consolide la información del año calendario. Los contenidos y el formato de presentación del informe mensual y anual serán establecidos por la Superintendencia del Medio Ambiente.

7. Lo dispuesto en el artículo 15 del Decreto Supremo N° 29, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece norma de emisión para incineración, coincineración y coprocesamiento y deroga decreto n° 45, de 2007, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, señala que le corresponde el control y fiscalización de la norma a la Superintendencia del Medio Ambiente.

8. Que, el Decreto Supremo N° 37, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que Establece norma de emisión de compuestos TRS, generadores de olor, asociados a la fabricación de pulpa kraft o al sulfato, elaborada a partir de la revisión del decreto n° 167, de 1999, MINSEGPRES, que establece norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada, dispone en el inciso final del artículo 7°, que la Superintendencia podrá definir los requerimientos mínimos de operación, control de calidad y aseguramiento de los datos del sistema de monitoreo continuo de emisiones, la información adicional, los formatos y medios correspondientes para la entrega de información.

9. Que, por su parte, la autoridad puede, tanto en las normas, condiciones y medidas dispuestas en una Resolución de Calificación Ambiental, como en el control de límites de emisión fijados en un Plan de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica, establecer la obligación de realizar un monitoreo continuo de emisiones, a través de un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS).

10. El Oficio Ordinario N° 432, de 16 de febrero de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente, dirigido al Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se acompañó el documento técnico "Protocolo para validación, aseguramiento y control de calidad de sistemas de monitoreo continuo de emisiones CEMS" y "Protocolo para la aplicación de monitoreo con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S.13/2011 MMA", con la finalidad de solicitar informe previo, en virtud del artículo 48 bis de la Ley N° 19.300, por tratarse de un acto administrativo para la ejecución o implementación de normas de emisión.

11. El Oficio Ordinario N° 182094, de 10 de mayo de 2018, del Ministerio del Medio Ambiente, dirigido a la Superintendencia del Medio Ambiente, por el cual, en virtud de lo dispuesto en el artículo 48 bis de la Ley N° 19.300, evacúa informe pronunciándose sobre documento técnico.

12. El Oficio Ordinario N° 437, de 06 de febrero de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente, dirigido al Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se acompañó el documento técnico "Protocolo para validación, aseguramiento y control de calidad de sistemas de monitoreo continuo de emisiones CEMS", con la finalidad de solicitar informe previo, en virtud del artículo 48 bis de la Ley N° 19.300, por tratarse de un acto administrativo para la ejecución o implementación de normas de emisión.

13. El Oficio Ordinario N° 191939, de 14 de mayo de 2019, del Ministerio del Medio Ambiente, dirigido a la Superintendencia del Medio Ambiente, por el cual, en virtud de lo dispuesto en el artículo 48 bis de la Ley N° 19.300, evacúa informe pronunciándose sobre documento técnico.

14. Que, el sistema CEMS comprende el equipamiento total requerido para la determinación continua e ininterrumpida de la concentración de contaminantes, tales como material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, y de otros parámetros de interés, tales como, flujo másico y/o volumétrico, humedad, etc., incluyendo el equipamiento para la adquisición y manejo de datos.

15. Que, para la operatividad del monitoreo continuo, y a fin de garantizar la representatividad de los datos obtenidos, es necesario dar curso a un proceso de validación, el que considera ensayos de validación y avisos a la autoridad. Dichos ensayos tienen como finalidad comprobar que los resultados de las mediciones y análisis que realiza dicho equipo de monitoreo continuo, se encuentren dentro de rangos aceptables de desviación en relación a métodos de referencia oficiales.

16. Que, para cumplir con la correcta aplicación y fiscalización de las Normas de Emisión, Resoluciones de Calificación Ambiental, Planes de Prevención

y/o Descontaminación Atmosférica, que exijan la instalación de un CEMS, esta Superintendencia estima necesario uniformar la forma y modo en que se registrará el proceso de validación de los CEMS exigidos en estos instrumentos, así como la forma de reportar a este servicio.

17. Que, en virtud de lo expuesto, se procede a resolver lo siguiente:

**RESUELVO:**

**PRIMERO. APROBAR** el documento técnico denominado "Protocolo para Validación, Aseguramiento y Control de Calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones "CEMS", cuyo texto íntegro se adjunta a la presente resolución, entendiéndose formar parte de la misma, al igual que sus respectivos anexos.

**SEGUNDO. DESTINATARIOS.** Son destinatarios del presente protocolo todos aquellos titulares de fuentes emisoras afectas a una Norma de Emisión, a Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica, a Resoluciones de Calificación Ambiental, o a cualquier otro instrumento de carácter ambiental que disponga de la obligación de instalar un sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS), así como reportar con dicho sistema.

**TERCERO. ACCESIBILIDAD.** El texto original del protocolo que se aprueba mediante la presente resolución será archivado en Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente, y estará disponible en la siguiente página web: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Resolucion/Instruccion>.

**CUARTO. DÉJESE SIN EFECTO.** A contar de la entrada en vigencia de esta resolución, se deja sin efecto Resolución Exenta N° 57 de 22 de enero de 2013, Resolución Exenta N° 339 de 4 de julio de 2014, Resolución Exenta N° 583 de 3 de octubre de 2014, Resolución Exenta N° 34 de 23 de enero de 2015, Resolución Exenta N° 94 de 6 de febrero de 2015, Resolución Exenta N° 627 de 12 de julio de 2016, todas dictadas por la Superintendencia del Medio Ambiente.

**QUINTO. VIGENCIA.** Esta resolución entrará en vigencia desde la fecha de su publicación en el Diario Oficial.

**ANÓTESE, PUBLÍQUESE EN EL DIARIO OFICIAL Y DESE CUMPLIMIENTO.**



SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE  
★ SUPERINTENDENTE ★  
CRISTÓBAL DE LA MAZA GUZMÁN  
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE  
GOBIERNO DE CHILE

di/ E/S/BOL/RVC/JRF/FAF/KSN/VDS



**Distribución:**

- Marcelo Fernández, Jefe de la División de Calidad del Aire y Cambio Climático, Ministerio del Medio Ambiente. San Martín N° 70, comuna y ciudad de Santiago, región Metropolitana.
- Oficina de Transparencia y Atención Ciudadana, SMA.
- Fiscalía, SMA.
- División de Fiscalización, SMA.
- Oficina de Partes, SMA.

Exp. N° 24.414/2019



# SMA

Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES  
“CEMS”**

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>DEFINICIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>PROGRAMACIÓN GENERAL E INFORMES A LA AUTORIDAD.....</b>	<b>4</b>
4.1.	PROGRAMACIÓN.....	4
4.1.1.	ENSAYOS DE VALIDACIÓN INICIAL Y/O REVALIDACIÓN.....	5
4.1.2.	PRUEBAS DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD QA/QC.....	6
4.1.3.	APROBACIÓN DEL PROCESO DE VALIDACIÓN/REVALIDACIÓN DEL CEMS.....	6
4.1.4.	ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DE DATOS.....	8
4.2.	INFORMES Y AVISOS.....	8
4.2.1.	INFORME INICIAL (CATASTRO INICIAL).....	8
4.2.2.	AVISO DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN (AEEV).....	9
4.2.3.	INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN (IREV).....	10
<b>5.</b>	<b>REQUERIMIENTOS GENERALES PARA VALIDACION DE CEMS.....</b>	<b>11</b>
5.1.	ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN Y LUGAR DE MEDICION DEL CEMS.....	11
5.1.1.	UBICACIÓN DE CEMS DE GASES.....	11
5.1.2.	UBICACIÓN DEL CEMS DE FLUJO.....	12
5.1.3.	UBICACIÓN DEL CEMS DE MATERIAL PARTICULADO (CEMS-MP).....	13
5.1.4.	UBICACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE OPACIDAD (COMS).....	13
5.2.	REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE TOMA DE MUESTRA DEL CEMS.....	13
5.2.1.	SONDA DE MUESTREO.....	13
5.2.2.	LÍNEA DE MUESTREO.....	14
5.2.3.	SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA.....	14
5.2.4.	BOMBAS DE MUESTREO.....	14
5.2.5.	ANALIZADORES.....	14
5.2.6.	CASSETAS.....	15
5.3.	DETERMINACIÓN DEL VALOR SPAN Y RANGOS DE MEDICION.....	15
5.4.	GASES DE CALIBRACIÓN.....	16
5.5.	ALTERNATIVAS PARA MEDIR HUMEDAD.....	17
<b>6.</b>	<b>REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA VALIDACIÓN DE CEMS.....</b>	<b>17</b>
6.1.	VALIDACIÓN DE CEMS DE GASES.....	17
6.1.1.	ENSAYOS DE DESVIACIÓN DE CALIBRACIÓN (DC).....	17
6.1.2.	ENSAYO DE ERROR DE LINEALIDAD (EL).....	19
6.1.3.	ENSAYOS DE EXACTITUD RELATIVA (ER).....	20
6.1.4.	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA.....	23
6.2.	RECOLECCIÓN DE MUESTRA PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA (MR).....	24
6.2.1.	SITIO DE MEDICIÓN.....	24
6.2.2.	PUNTO DE MEDICIÓN.....	24
6.3.	VALIDACIÓN DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE OPACIDAD.....	24
6.4.	VALIDACIÓN DE CEMS DE MATERIAL PARTICULADO.....	26
6.4.1.	ENSAYOS DE MARGEN DE ERROR (ME).....	26
6.4.2.	ENSAYOS DE CORRELACIÓN.....	27
6.4.3.	MANEJO Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS RECOLECTADOS DEL CEMS-MP.....	29
6.4.4.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA CORRELACIÓN.....	30

6.4.5.	EXTRAPOLACIÓN DE LA CORRELACIÓN .....	31
<b>7.</b>	<b>FORMULAS APLICABLES A LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN .....</b>	<b>32</b>
7.1.	ENSAYOS DE VALIDACIÓN CEMS DE GASES (DC, EL Y ER).....	32
7.2.	ENSAYOS DE VALIDACIÓN CEMS-MP (ME Y CORRELACIONES) .....	33
7.2.1.	MARGEN DE ERROR EN ESCALA SUPERIOR (ES) .....	33
7.2.2.	MARGEN DE ERROR EN CERO (EC).....	33
7.3.	ENSAYOS DE CORRELACIONES .....	34
7.3.1.	CORRELACIÓN LINEAL .....	34
7.3.2.	CORRELACIÓN POLINOMIAL.....	37
7.3.3.	CORRELACIÓN LOGARÍTMICA .....	40
7.3.4.	CORRELACIÓN EXPONENCIAL .....	40
7.3.5.	CORRELACIÓN DE POTENCIA.....	42
7.4.	DETERMINACIÓN DE EMISIONES EN MASA.....	43
<b>8.</b>	<b>MONITOREO EN FUENTES COMUNES, BYPASS Y MÚLTIPLES CHIMENEAS .....</b>	<b>46</b>
8.1.	REQUISITOS GENERALES PARA SO <sub>2</sub> .....	47
8.1.1.	UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMINEA COMÚN: .....	47
8.1.2.	UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS Y CHIMINEA COMUN CON UNIDADES QUE NO REQUIEREN CEMS:.....	47
8.1.3.	UNIDADES CON CHIMINEA BYPASS: .....	47
8.1.4.	UNIDADES CON MÚLTIPLES CHIMENEAS O DUCTOS: .....	48
8.1.5.	TASA DE ENTRADA DE CALOR: .....	49
8.2.	REQUISITOS GENERALES PARA NO <sub>x</sub> .....	50
8.2.1.	UNIDADES QUE REQUIEREN UN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMINEA COMÚN CON OTRAS UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS: .....	50
8.2.2.	UNIDADES QUE REQUIEREN UN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMINEA COMÚN CON OTRAS UNIDADES QUE NO REQUIEREN CEMS:.....	50
8.2.3.	UNIDADES CON MÚLTIPLES CHIMENEAS O DUCTOS: .....	51
8.2.4.	UNIDADES CON CHIMINEA BYPASS: .....	51
8.3.	REQUISITOS GENERALES PARA MP y OPACIMETROS .....	51
8.3.1.	UNIDADES CON CHIMINEA COMÚN: .....	51
8.3.2.	UNIDADES QUE UTILIZAN UNA CHIMINEA BYPASS:.....	52
<b>9.</b>	<b>REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE CEMS (QA/QC).....</b>	<b>52</b>
9.1.	ESPECIFICACIONES DE CUMPLIMIENTO PARA LAS PRUEBAS RUTINARIAS DE QA/QC .....	54
9.2.	REQUISITOS ESPECIFICOS DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD .....	54
9.2.1.	PARA TODOS LOS SISTEMAS DE MONITOREO .....	55
9.2.2.	PARA CEMS DE GASES.....	55
9.2.3.	PARA CEMS DE MP.....	55
9.2.4.	CHEQUEOS RUTINARIOS CEMS DE MP.....	56
9.3.	PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP .....	56
9.4.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP .....	58
9.5.	FRECUENCIA PARA LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP .....	60
9.6.	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE OPACIMETROS .....	60
9.7.	REPORTE DE LAS PRUEBAS QA/QC A LA SMA .....	61
9.7.1.	ESQUEMA ESPECÍFICO PARA EL RESPALDO DE LAS PRUEBAS QA/QC .....	61
<b>10.</b>	<b>MANEJO DE DATOS DEL CEMS .....</b>	<b>62</b>



10.1.	OBTENCIÓN DE DATOS PROMEDIO HORARIO VÁLIDOS .....	62
10.2.	REGISTRO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	62
10.3.	DATOS PERDIDOS (DATOS EN BLANCO) Y ANÓMALOS .....	62
<b>11.</b>	<b>REVALIDACIÓN DEL CEMS.....</b>	<b>63</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXO I: DEFINICIONES APLICABLES .....</b>	<b>65</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Considerando las exigencias de “medición continua de emisiones” que establecen los diferentes Instrumentos de Carácter Ambiental (ICA) tales como: Normas de Emisión (NE), Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) y Planes de Prevención y/o Descontaminación Ambiental (PPDA y/o PDA), donde se requiere a las fuentes emisoras, la obligación de medir sus emisiones a través de un “Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones” (CEMS, en adelante) para ciertos contaminantes y parámetros de interés, así como la facultad de la Superintendencia del Medio Ambiente de establecer las condiciones en que dicho sistema de medición continuo se considera válido, se presenta el siguiente Protocolo, que consolida los aspectos técnicos asociados a la implementación, validación y aseguramiento de calidad de los CEMS, con la finalidad de asegurar que los resultados de sus mediciones sean confiables y corroboradas con una metodología de referencia aprobada.

## 2. ALCANCE

El siguiente Protocolo abarca los requerimientos asociados a la instalación, validación y aseguramiento de calidad de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) que han sido instalados en una chimenea, para medir sus emisiones, independiente del tipo de fuente o rubro. Este Protocolo podrá ser aplicado por cualquier fuente que cuantifique sus emisiones a través de un CEMS.

## 3. DEFINICIONES

Todas las definiciones que aplican a este Protocolo se encuentran en el Anexo I al final de este documento.

## 4. PROGRAMACIÓN GENERAL E INFORMES A LA AUTORIDAD

Se deberá cumplir con los siguientes aspectos generales de coordinación para el proceso de validación inicial/revalidación de un CEMS, y las pruebas de aseguramiento y control de calidad:

- Informar a la SMA del catastro inicial del CEMS (por única vez o cuando se realicen cambios al CEMS)
- Informar a la SMA los avisos de ejecución de ensayos de validación/revalidación de CEMS
- Ejecutar los ensayos de validación/ revalidación del CEMS
- Ingresar a la SMA el informe de resultados de ensayos de validación (IREV)
- Implementar el sistema de aseguramiento y control de calidad (QA/QC del CEMS validado)

Estas obligaciones se detallan en profundidad en lo sucesivo de este protocolo.

### 4.1. PROGRAMACIÓN

A continuación, se presenta la programación general, tanto para la validación inicial/revalidación, como para el aseguramiento de calidad (QA/QC).

El diagrama general corresponde a lo indicado en la figura siguiente:

**Figura 1:  
Diagrama general de validación de CEMS**



#### 4.1.1. ENSAYOS DE VALIDACIÓN INICIAL Y/O REVALIDACIÓN

Los ensayos de validación inicial, como su nombre lo indica, se realizan por única vez, al momento de la instalación del CEMS o en casos de revalidación<sup>1</sup>. Una vez concluido favorablemente estos procesos, deben comenzar a aplicarse las respectivas pruebas de aseguramiento de calidad (QA/QC).

Para la validación inicial de un CEMS, deberán realizarse los siguientes ensayos, en el orden indicado:

Para los CEMS de gases y flujo:

- 1° Ensayo de desviación de la calibración.
- 2° Ensayo de error de linealidad<sup>2</sup>.
- 3° Ensayo de exactitud relativa.

Para los CEMS de opacidad:

- 1° Pruebas de funcionamiento y auditorías de campo.
  - Evaluación de linealidad óptica
  - Chequeo de error de calibración de tres niveles
  - Chequeo del tiempo de respuesta
- 2° Período de prueba operacional.
  - Desviación de calibración cero
  - Desviación de calibración span

<sup>1</sup> Ver punto 11.

<sup>2</sup> Aplicable a los parámetros indicados en la tabla N°2.

Para los CEMS de MP:

- 1° Ensayo de margen de error.
- 2° Ensayos de curvas de correlación.

Los ensayos deberán aplicarse en el orden indicado. Cualquier ensayo que no entregue resultados satisfactorios, impedirá pasar al siguiente, debiendo repetirse hasta que el CEMS logre pasar la prueba.

#### **4.1.2. PRUEBAS DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD QA/QC**

Una vez obtenida la validación inicial y/o revalidación se deberán comenzar a aplicar las respectivas pruebas de aseguramiento y control de Calidad (QA/QC), que corresponden a los siguientes:

Para los CEMS de gases y/o flujo:

- Error de Calibración
- Verificación o chequeo de interferencia
- Error de Linealidad<sup>3</sup>
- Cociente flujo/carga o prueba de tasa energética
- Exactitud relativa

Para los CEMS de Opacidad:

- Chequeo de desviación de cero o valor de nivel bajo y del valor span o de nivel alto.
- Auditorias anuales de alineación óptica y del error de calibración

Para los CEMS de MP

- Margen de error
- Auditoria de correlación absoluta (ACA)
- Auditoria de volumen de muestra (AVM)
- Auditoria de respuesta relativa (ARR)
- Auditoria de correlación de respuesta (ACR)

El detalle de las pruebas y la frecuencia de su ejecución, se indican en el Punto 9 de este Protocolo.

#### **4.1.3. APROBACIÓN DEL PROCESO DE VALIDACIÓN/REVALIDACIÓN DEL CEMS**

A continuación se detalla el ciclo de validación/revalidación y pruebas de aseguramiento y control de calidad (QA/QC)

##### i. VALIDACIÓN INICIAL Y/O REVALIDACIÓN:

Una vez revisado el informe de resultados de los ensayos de validación (IREV) (Punto 4.2.3) y establecida su conformidad respecto de la ejecución de cada uno de los ensayos ejecutados y los límites aplicables, esta Superintendencia dictará mediante resolución fundada, la aprobación del CEMS que ha sido sometido a validación/revalidación, el cual deberá comenzar con el registro y reporte de las emisiones que genera la fuente fija, de acuerdo a las instrucciones que dicte la Superintendencia para dicho efecto, con el objeto de verificar cumplimiento de los límites normativos aplicables.

El CEMS será considerado válido desde las 00:00 horas del día en que culmina exitosamente el último ensayo de validación ejecutado, siendo esa fecha el punto de partida para el respectivo QA/QC.

---

<sup>3</sup> Aplicable a los parámetros indicados en la tabla N°2.

La resolución que otorga la validación del CEMS tendrá una duración indefinida mientras se dé cumplimiento, a los límites y frecuencias de las respectivas pruebas de aseguramiento y control de calidad QA/QC que se realicen (Numeral 9).

Intervenciones, modificaciones mayores o cambios de equipos de un CEMS que ha sido validado ante la SMA, darán origen a un proceso de “Revalidación del CEMS”, descrito en el Numeral 11, del presente Protocolo y por lo tanto a una nueva resolución que apruebe las modificaciones, quedando anulada la resolución vigente.

## ii. PRUEBAS DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD QA/QC.

A partir de la aprobación de la validación inicial y/o revalidación, el titular de la fuente deberá comenzar a aplicar los criterios de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) que se establecen en el Numeral 9 de este Protocolo, de manera de asegurar que el CEMS siga entregando datos de calidad asegurada en el tiempo.

Como se mencionó, la resolución que otorga la validación del CEMS tendrá una duración indefinida mientras se dé cumplimiento, a los límites y frecuencias de las pruebas de aseguramiento y control de calidad QA/QC (Numeral 9).

El incumplimiento de alguna de las pruebas de aseguramiento de calidad QA/QC, determinará un periodo de datos bajo un estado “Fuera de Control” del CEMS los cuales se considerarán como datos de calidad no asegurada, ante lo cual, el titular deberá seguir los criterios establecidos en el punto 10.3 de este Protocolo.

Las pruebas QA/QC serán reportadas según lo establecido en las instrucciones de Reportabilidad de cada instrumento de carácter ambiental (ICA) o en los medios electrónicos que disponga esta Superintendencia.

#### 4.1.4. ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DE DATOS

La información validada operacionalmente deberá ser almacenada por el titular y guardada por un mínimo de 3 años, mediante el uso de software y hardware apropiados.

### 4.2. INFORMES Y AVISOS

A continuación se detallan los informes y avisos que deben ejecutarse, tanto para el proceso de validación inicial y/ revalidación, como para el de aseguramiento de calidad y control de calidad.

#### 4.2.1. INFORME INICIAL (CATASTRO INICIAL)

El titular de una fuente que instale por primera vez un CEMS o que modifique uno que ya ha sido validado (ver numeral 11), deberá someterlo a un proceso de validación ante la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), a fin de asegurar la calidad de sus datos.

Para iniciar el proceso de validación ante la SMA, el titular de la fuente deberá ingresar a la oficina de partes o por los medios electrónicos que disponga esta Superintendencia por única vez, un informe inicial, que servirá para mantener la base de datos del catastro de fuentes y CEMS, con las características de la misma y del o los equipo(s) de medición instalados.

Esta información deberá ser ingresada con un mínimo de 30 días hábiles previos a la ejecución de los ensayos de validación, en formato digital (informes impresos no serán aceptados, siendo devueltos al titular) por medio de una carta conductora.

El documento deberá incluir la siguiente información:

- a) **Antecedentes de la fuente:** Indicar el tipo de fuente; autorizaciones o registros ante la autoridad competente que den cuenta de la autorización y del funcionamiento de la fuente; ubicación georreferenciada; condiciones de operación indicando los tipos de combustible que utiliza tanto principal como secundario; tecnologías de abatimiento (si corresponde); altura y diámetro interno de la (s) chimenea (s) o ducto (s); temperatura de salida de los gases; y configuración de la chimenea (indicando como se descargan los gases de la chimenea de la unidad a la atmósfera, si es a través de una sola chimenea, múltiples chimeneas, chimenea común con otras unidades, chimenea bypass, entre otros).
- b) **Instrumento de carácter ambiental (ICA):** Se deberá indicar el o los instrumentos de carácter ambiental que establecen la obligación de medir las emisiones de manera continua con CEMS, precisando y citando el o los puntos, el requerimiento en cuestión y los parámetros a ser medidos.
- c) **Antecedentes del CEMS y sus componentes:** Identificar y describir el CEMS que será validado, indicando si es un equipo in situ o extractivo, el principio de funcionamiento, marca, modelo y número de serie de los diferentes componentes que conforman el CEMS. Adjuntar fotografías de los componentes instalados (sonda en la chimenea o ducto y analizadores respectivos) que den cuenta de su estado; un plano o diagrama de la chimenea con la identificación de ubicación de todos los dispositivos que conforman el CEMS y puntos de muestreo en la chimenea; informar el o los rangos de medición de los analizadores (escalas cero y Span) indicando si el equipo es multiescala o de escala única, justificando su elección. Deberá demostrar que el (los) analizador(es) instalado(s), mide(n) adecuadamente todo el espectro de emisiones que pueda generar la fuente.
- d) **Especificaciones técnicas del CEMS:** Se deberá adjuntar el manual de operación o especificaciones técnicas (ficha técnica) de los equipos de medición y componentes del CEMS que será validado.
- e) **Sistema de recolección de datos y generación de reportes:** Describir el sistema de adquisición y manejo de datos del CEMS (DAHS), software utilizado, indicar el formato de almacenaje de datos y su seguridad ante manipulaciones y si el dato se almacena crudo (ppm) o estandarizado (mg/Nm<sup>3</sup>) indicando la ruta de cálculo de la estandarización de los datos (ppm a mg/Nm<sup>3</sup>) y correcciones de humedad y oxígeno en caso de que apliquen.

Sin perjuicio de lo anterior, esta Superintendencia podrá requerir otros documentos que considere pertinentes de evaluar.

#### 4.2.2. AVISO DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN (AEEV)

El titular de la fuente deberá presentar, mediante el “Sistema de Validación de Equipos de Monitoreo (SIVEM)” el “Aviso de ejecución de los ensayos de validación” (AEEV), con un mínimo de 15 días hábiles previos a la realización de los ensayos de validación.

El titular deberá definir un “encargado de establecimiento”, el cual deberá solicitar acceso al sistema para la creación de usuario, en el link que será enviado al correo electrónico. En caso que el titular no posea clave de acceso, deberá solicitar su envío a través del correo [snifa@sma.gob.cl](mailto:snifa@sma.gob.cl), enviando los siguientes datos mínimos:

- RUT Razón social
- Nombre establecimiento
- Nombre planta
- Nombre fuente
- Combustible (s)
- Nombre encargado módulo
- RUT del encargado
- Cargo del encargado
- Fono contacto del encargado
- Correo electrónico del encargado
- Datos de representante legal

En el sistema SIVEM, el encargado del establecimiento deberá cargar al menos la siguiente información:

- Identificación del o los CEMS que serán validados.
- Ensayos que se realizarán.
- Fechas en que se realizarán cada uno de los ensayos.
- Entidad a cargo de los ensayos de validación (consultora u otro) y Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) que ejecutará los métodos de referencia requeridos para los ensayos.
- Inspector Ambiental a cargo del ensayo (indicando números de contacto)

De igual manera, se deberá adjuntar en el sistema un archivo en formato zip o rar, con información de las condiciones de operación de la fuente durante los ensayos (que considere al menos combustible (s) con que operará, horas de operación, porcentaje de carga, horario diurno o nocturno de los ensayos)

En casos de presentarse modificaciones a las fechas iniciales de los ensayos, el titular deberá cargar una actualización tan pronto como sea posible, en la cual se informe en el sistema de las nuevas fechas de los ensayos. Cabe destacar, que toda modificación a las fechas de ejecución de los ensayos, deberá ser justificada y aclaradas en el respectivo Informe de resultados de los ensayos de validación (IREV).

El SIVEM es el único medio de recepción de los AEEV para los diferentes instrumentos de carácter ambiental. Una vez ingresada la información al sistema, se generará un comprobante electrónico, que será enviado a la casilla de correo electrónico del encargado del establecimiento.

#### 4.2.3. INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN (IREV)

El titular de la fuente deberá ingresar a través de la oficina de partes o por los medios electrónicos que disponga la Superintendencia del Medio Ambiente el “Informe de resultados de los ensayos de validación” (IREV), en un plazo máximo de 30 días hábiles contados desde la fecha de culminación de los ensayos de validación programados por el titular. El IREV deberá ingresar **en formato digital** y deberá contener toda la información que permita demostrar la trazabilidad de los datos informados.

El informe de resultados deberá contener al menos la siguiente información según sea aplicable de acuerdo al CEMS validado:

- a) **Resumen Ejecutivo:** Junto con entregar el resumen general de los resultados de los ensayos de validación, se deberá indicar el marco legal bajo el cual se está realizando la validación del CEMS (RCA, PPDA, Norma de emisión, etc.). Deberá citar el o los párrafos del ICA, que indiquen la exigencia asociada al monitoreo continuo de las emisiones y precisar los parámetros que se deben monitorear y los límites de emisión que aplican para cada parámetro.
- b) **Descripción de la fuente:** Deberá indicar de forma general si la fuente descarga sus emisiones a través de una chimenea única, común, bypass, etc. y describir los sistemas de abatimiento que tenga instalados la fuente. Se deberá incorporar como parte de los antecedentes generales de la fuente, una tabla resumen con información actualizada relativa a la identificación tanto de la fuente, del titular y del representante legal que incluya nombres, rut, teléfonos de contacto y email y dirección.
- c) **Descripción general del proceso de la fuente:** Deberá proporcionar una descripción general del proceso productivo de la fuente y precisar el mecanismo bajo el cual se generan los diferentes contaminantes que son emitidos a la atmósfera, así como también incluir una descripción general del o los sistemas de abatimiento disponibles en la fuente para abatir cada parámetro emitido. Deberá indicar la carga máxima (carga nominal) a la cual es capaz de operar la fuente, entregando el documento técnico que lo respalde y señalar el o los combustibles que utiliza la fuente, distinguiendo el combustible principal del secundario.
- d) **Historial del CEMS instalado:** Indicar si el IREV que se presenta, corresponde a una validación inicial (primera vez), una prueba QA/QC o una revalidación producto de alguna modificación en el CEMS validado.
- e) **Descripción de los equipos:** Deberá incorporar en una tabla los datos relativos a la marca, modelo, número de serie, escala de medición utilizada y principios de funcionamiento de cada uno de los analizadores utilizados. Se deberán incluir a su vez en la tabla los datos respectivos de la sonda, sordón umbilical, dataloggers y sistema DAHS.
- f) **Cálculos y resultados del ensayo de Desviación de la Calibración (DC):** Indicando la escala de medición que se está validando. Para el caso del parámetro Flujo se deberá indicar el origen de las señales patrones utilizadas para Cero y Span, precisando si son a partir de mediciones realizadas o bien fueron proporcionadas por el fabricante. En caso de ser mediciones, se deberá adjuntar el informe de medición respectivo que dé cuenta del valor utilizado y si es del fabricante su respectivo certificado o documento técnico que lo avale.
- g) **Cálculos y resultados del ensayo de Error de Linealidad (EL).**
- h) **Cálculos y resultados del ensayo de Exactitud Relativa (ER):** Informando todas las corridas de medición realizadas, incluso aquellas que fueron descartadas, indicando el criterio utilizado para la selección de las 3 corridas a eliminar. Deberá asegurar que las planillas Excel vengán desbloqueadas, de manera de facilitar la revisión de los datos y formulas aplicadas; para el caso de los parámetros SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, se deberá proporcionar el análisis respecto de cuál límite corresponde utilizar, basándose en si las emisiones promedio durante la prueba son mayores o menores al 50% del estándar de emisión (límite aplicable).
- i) **Cálculos y resultados del ensayo de Margen de Error (ME):** Precizando si el equipo corresponde a un CEMS de MP que entrega resultados en mg/Nm<sup>3</sup> o a un Opacímetro que mide en % de opacidad y convierte a mg/Nm<sup>3</sup>. Se deberá indicar el origen de las señales patrones de cero y span utilizados, precisando si son a partir de mediciones realizadas o bien fueron proporcionadas por el fabricante. En caso de ser mediciones, se deberá adjuntar el informe de medición respectivo y si es del fabricante su respectivo certificado o documento técnico que lo avale.
- j) **Cálculos y resultados de los Ensayos de Correlación (EC):** Informando todas las corridas de medición realizadas, incluso aquellas que fueron descartadas, los Coeficientes de Correlación obtenidos, Intervalo de Confianza e Intervalo de Tolerancia. En el caso de ser un opacímetro,



- (COMS) deberá haber cumplido previamente las pruebas que aplican para COMS. Se deberá proporcionar la ruta de cálculo para convertir valores de % opacidad a mg/Nm<sup>3</sup>.
- k) Cálculos y resultados de los ensayos para Sistemas Opacímetros (COMS).
  - l) Condiciones de operación de la fuente durante los ensayos: Indicando combustible(s) utilizado(s), sistemas de abatimiento, potencia térmica de la fuente o carga nominal y precisando si corresponde a una fuente nueva o existente indicando su fecha de puesta en marcha).
  - m) Comentarios y conclusiones: En este punto se podrá incluir cualquier aspecto relevante generado durante la ejecución de los ensayos y la conclusión del mismo.
  - n) Informe de muestreo/medición de la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA)<sup>4</sup>: Este informe debe tener los contenidos establecidos en las instrucciones generales y específicas dictadas acerca de la operatividad de las ETFA.
  - o) Informe de medición del CEMS que incluya al menos, registro de datos y calibraciones realizadas durante el período de prueba (datos brutos extraídos del CEMS).

Toda información presentada en el IREV, así como los cálculos realizados, deberán ser trazables. Se deberán incluir planillas Excel **desbloqueadas** que den cuenta de los cálculos y resultados de cada ensayo. El incumplimiento de estas condiciones podrá ser causa del rechazo del IREV.

Los IREV deben contener la información solicitada en los puntos anteriores. Las planillas de terreno que sean incorporadas en el IREV deben estar completas (no deberán contener registros en blanco o incompletos). El no considerar estas condiciones podrá ser causa de devolución del IREV.

## 5. REQUERIMIENTOS GENERALES PARA VALIDACION DE CEMS

En este punto se abordan los requisitos generales que el titular de la fuente deberá cumplir para la ubicación, instalación y medición del CEMS, requisitos del sistema de toma de muestra, casetas, valor span, rango de medición, gases de calibración y métodos para medir humedad.

### 5.1. ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN Y LUGAR DE MEDICION DEL CEMS

#### 5.1.1. UBICACIÓN DE CEMS DE GASES

El titular de la fuente deberá demostrar que el CEMS de gases sigue los siguientes criterios de ubicación<sup>5</sup>:

- a) Los criterios para la instalación de la sonda y lugar de medición del CEMS son los siguientes:
  - La ubicación debe ser en un lugar accesible de la chimenea o ducto, donde las mediciones de concentración del contaminante o tasa de emisión sean representativas – o puedan ser corregidas para ser representativas – de las emisiones totales de la fuente.
  - La ubicación debe permitir que el sistema de monitoreo pase la prueba de Exactitud Relativa que se establece en el punto 6.1.3 de este Protocolo.
  - Se recomienda una ubicación por lo menos 2 diámetros equivalentes aguas debajo de algún dispositivo de control, del punto más cercano en que se genera la contaminación, u otro punto en el cual pueda ocurrir un cambio en la concentración del contaminante o su tasa de emisión y por lo menos medio diámetro equivalente aguas arriba del escape de efluentes o algún dispositivo de control.
  - En caso de no poder seguir la recomendación anterior, el titular de la fuente deberá justificar la ubicación establecida ante la SMA, previo a su instalación.

<sup>4</sup> Con el objetivo de asegurar la imparcialidad de los resultados de los ensayos de validación, el titular de la fuente deberá velar porque el ensayo de validación sea llevado a cabo por empresas que estén libres de conflictos de interés respecto al CEMS que se requiere validar. En base a lo anterior, empresas que proveen y/o instalan equipos CEMS, así como aquellas que se relacionen con la operación y/o mantención de los mismos, no podrán vincularse con los procesos de validación de esos equipos. La Superintendencia del Medio Ambiente podrá rechazar cualquier IREV del cual se observe que existen conflictos de interés.

A modo de ejemplo, empresas proveedoras de CEMS que arriendan o vendan estos equipos, podrán dotar e instalar sus equipos en una determinada fuente, pero no podrán participar del proceso de validación de sus propios equipos de esa fuente. Así también, empresas que están a cargo de la operación y/o mantención de los CEMS en una determinada fuente, no podrán participar del proceso de validación de los CEMS de esa fuente.

Cabe señalar, que lo anterior no impide que estas empresas puedan participar de los procesos de validación de CEMS de otras fuentes de las cuales no se tenga vínculo como proveedor, instalador, operador y/o mantenedor.

<sup>5</sup> Establecidos en el Performance Specification 2 (PS-2) del Anexo B de la parte 60, volumen 40 del CFR de la US-EPA y/o en la parte 75, volumen 40 del CFR para ubicación del CEMS.

- b) Los criterios respecto al punto donde se realiza la medición son los siguientes:
- Dentro del área centroidal (área céntrica) de la sección transversal de la chimenea o;
  - A no menos de 1 metro desde la pared de la chimenea o ducto.
- c) Los criterios mínimos para el trayecto de medición de la sonda del CEMS son:
- Totalmente dentro del área interna, limitado por una línea de 1 metro desde la pared de la chimenea o ducto, o;
  - Que por lo menos el 70% del trayecto esté dentro del 50% interno del área transversal de la chimenea o ducto, o;
  - Esté ubicado céntricamente sobre cualquier parte del área centroidal.

### 5.1.2. UBICACIÓN DEL CEMS DE FLUJO

El titular de la fuente deberá demostrar que el CEMS de flujo sigue los siguientes criterios de ubicación<sup>6</sup>:

- Seleccionar una ubicación mayor o igual que ocho diámetros de chimenea o ducto aguas abajo y dos diámetros aguas arriba desde una perturbación de flujo; o si es necesario, dos diámetros de chimenea o ducto aguas abajo y  $\frac{1}{2}$  diámetro de chimenea o ducto aguas arriba desde una perturbación de flujo.
- Seleccionar una ubicación donde no existan condiciones de flujo ciclónico (remolino) o estratificación.

En los casos en que en la fuente no exista un lugar que cumpla los mínimos criterios físicos de instalación o emplazamiento<sup>7</sup>, ya sea en la chimenea o los ductos que sirvan a la unidad, el titular de la fuente podrá proponer a la Superintendencia para su aprobación, un método alternativo para controlar el flujo volumétrico o bien deberá construir una nueva chimenea o modificar la existente para permitir la implementación de un monitor de flujo.

La petición por parte del titular para utilizar un método alternativo de flujo, deberá ser presentada junto al Informe inicial (indicado en el numeral 4.2.1 de este Protocolo) y deberá contener a lo menos lo siguiente:

- La identificación de la fuente de emisión.
- Descripción de las circunstancias por las cuales los criterios mínimos de implementación no pueden ser cumplidos dentro del ducto o chimenea existente. Esta descripción deberá incluir los diagramas de la fuente, así como también la documentación de los intentos previos de localizar un monitor de flujo.
- Descripción del método alternativo propuesto para el monitoreo de flujo y metodología en que se fundamenta.

La implementación de un monitor de flujo en cualquier ubicación en la chimenea o ducto que sirva a la unidad, debe permitir al monitor poder alcanzar las especificaciones de rendimiento de los ensayos de validación señalados en los numerales 6.1.1 y 6.1.3 de este Protocolo.

Si un monitor de flujo está instalado en una ubicación que no satisface los criterios físicos de emplazamiento, pero cumple con las especificaciones de funcionamiento de este Protocolo aprobando la exactitud relativa y las respectivas pruebas QA/QC, la Superintendencia podrá aceptar su ubicación. Este criterio podrá también ser aplicado a CEMS de otros parámetros.

<sup>6</sup> Establecidos en la parte 75, volumen 40 del CFR y/o en los métodos CH-1, EPA 1 y CH-4, EPA 4.

<sup>7</sup> Según lo dispuesto en el apéndice A de la parte 75, volumen 40 del CFR.

### 5.1.3. UBICACIÓN DEL CEMS DE MATERIAL PARTICULADO (CEMS-MP)

El titular de la fuente deberá demostrar que el CEMS-MP mantiene los siguientes criterios de ubicación<sup>8</sup>:

- La ubicación más representativa de las emisiones de material particulado, según lo determinado por el Método de Referencia (Método EPA 5 ó Método CH-5), de tal modo que la correlación que se realice entre la respuesta del CEMS-MP y las emisiones determinadas por el Método de Referencia, cumplan con las especificaciones del ensayo de correlación.
- La ubicación debe minimizar los problemas de perturbaciones de flujo, flujo ciclónico y estratificación variable de material particulado (se deberá seguir el método EPA 1 ó CH-1).

### 5.1.4. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE OPACIDAD (COMS)

El titular de la fuente deberá demostrar que el COMS sigue los siguientes criterios de ubicación<sup>9</sup>:

- a) Los criterios para la instalación y lugar de medición del COMS son:
  - Por lo menos a 4 diámetros de ducto aguas abajo de todo el equipamiento de control de particulado o perturbación de flujo y por lo menos a 2 diámetros de ducto aguas arriba de una perturbación de flujo.
  - Donde no haya presencia de vapor de agua condensado.
  - Accesible a fin de permitir realizar mantenimiento.
- b) Los criterios para la ruta del rayo de luz son:
  - Seleccione una ruta para el rayo de luz que pase a través de la sección centroidal de la chimenea o ducto.
  - Otros requerimientos de ubicación que se establecen en el punto 8.1 del PS-1.

## 5.2. REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE TOMA DE MUESTRA DEL CEMS

### 5.2.1. SONDA DE MUESTREO

Según el tipo de sonda, se deberá cumplir con:

- a) Sonda simple:
  - Debe contar al menos con un filtro para la retención de material particulado grueso, ubicado dentro de la chimenea.
  - El filtro debe contar con una placa o vaina deflectora para minimizar la obstrucción de los filtros, desviando el material particulado grueso que viene con la corriente de gas.
  - La sonda debe permitir la difusión de los gases de calibración dentro del espacio entre el deflector y el filtro, desplazando los gases de la chimenea (evitando posibles reacciones del gas de calibración con el material particulado de la corriente de gas), para luego, ingresar al sistema de muestreo durante la calibración del sistema.
  - La sonda puede incluir un filtro inercial, que corresponde a un diseño de filtro interno que puede actuar como filtrado primario, en reemplazo del filtro del extremo de la sonda o como un filtro secundario para limpiar adicionalmente el material particulado desde la corriente de gas muestreado.
- b) Sonda con dilución:
  - Deben llevar a cabo la dilución del gas muestreado fuera de la chimenea.

<sup>8</sup> Establecidos en el Performance Specification 11 (PS-11) del anexo B de la parte 60, volumen 40 del CFR de la US-EPA.

<sup>9</sup> Establecidos en el Performance Specification 1 (PS-1) del anexo B de la parte 60, volumen 40 del CFR de la US-EPA.

### 5.2.2. LÍNEA DE MUESTREO

La línea de muestreo deberá cumplir con lo siguiente:

- Debe ser calefaccionada hasta el sistema de extracción de humedad, para evitar la condensación de la humedad entrante. La temperatura de calefacción promedio debe ser al menos de 120° C o a una temperatura similar a la de los gases de la chimenea.
- Las líneas de muestreo deben estar hechas de PFA<sup>10</sup> teflón, debido a que es inerte químicamente. Sin embargo, el teflón puede ablandarse a temperaturas sobre 250° C. Si se requieren medir a temperaturas más altas, puede usarse acero inoxidable.
- Deben estar incorporadas en un paquete o umbilical de líneas de muestreo, cables, etc.
- Debe contener la línea de muestreo, líneas de gas de calibración, líneas de aire comprimido para flujo reverso y líneas de poder para cualquier equipo eléctrico en la chimenea.
- Estos componentes deben estar encerrados con una capa de aislamiento, envuelto con un elemento de calefacción y encerrados en una cubierta protectora externa.
- El umbilical debe contar con sensores de temperatura dispuestos a lo largo de la línea de muestreo, para asegurar la temperatura constante.

### 5.2.3. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRA

Se puede considerar cualquiera de los siguientes sistemas:

- Condensador refrigerado.
- Enfriadores termoeléctricos o de efecto Peltier.
- Sistemas con doble condensado.
- Condensador en corriente a chorro o jet.
- Secadores por difusión o permeabilidad selectiva.

### 5.2.4. BOMBAS DE MUESTREO

Entre los tipos de bombas a utilizar, se pueden considerar bombas de diafragma, bomba impulsora o eyector Venturi. Las bombas de muestreo deben cumplir al menos con lo siguiente:

- Deben ser capaz de abastecer de suficiente muestra a los analizadores.
- Deben ser diseñadas para que no exista infiltración de aire ambiente dentro de la corriente de muestra.
- No deben permitir el ingreso de contaminantes a la muestra de gas (Ej: aceites lubricantes, sellantes, etc.).
- Deben ser inmunes al ataque de los gases de chimenea.

### 5.2.5. ANALIZADORES

Salvo para los métodos electroanalíticos, los analizadores deben incorporar al menos 4 componentes básicos:

- Fuentes de radiación: pueden ser luz infrarroja, luz visible, luz ultravioleta u otra fuente de radiación con efectividad reconocida.
- Limitadores espectrales: que restrinjan la longitud de onda de la luz a aquellas de interés en el proceso de análisis.
- Componentes ópticos: que direccionen y enfoquen la luz.
- Detectores: que capturen y traduzcan el efecto creado por el gas contaminante en el sistema analítico.

<sup>10</sup> PFA: Perfluoroalcóxido o Teflón-PFA.

### 5.2.6. CASETAS

El titular de la fuente debe mantener las condiciones de almacenamiento apropiadas de los analizadores y dataloggers del CEMS dentro de casetas que cumplan al menos los siguientes requisitos:

- Salas de equipos CEMS con sellado contra agua y resistente a la corrosión, de un ancho mínimo ideal de 2,5 metros y una altura mínima ideal de 2,2 metros<sup>11</sup>.
- En un costado exterior de la sala deberá existir el espacio para el alojamiento de los cilindros de gases patrones del CEMS los que deberán estar bajo techo, sobre piso y protegidos con una puerta o reja metálica con cerradura o candado.
- El almacenamiento de los gases patrón, en caso de ubicarse al interior de las casetas, deberá verificar el cumplimiento del Decreto Supremo N° 43 de 2015, del Ministerio de Salud, Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas o aquel que lo reemplace.
- Deberá contar con un equipo de aire acondicionado funcionando, que mantenga la temperatura óptima de operación del analizador y genere una presión positiva en el interior de la caseta que evite el ingreso de material particulado.
- Deberá contar con un sensor de temperatura, presión y humedad.
- Espacio adecuado que permita el acceso de personal al interior de la caseta para efectos de rescates de información y auditorías.
- Sensores o balizas que alerten sobre el escape o fugas de gas, especialmente de aquellos que se caractericen por ser peligrosos para la salud o tengan propiedades inflamables.
- Deberá disponer de un sistema UPS<sup>12</sup> que permita proveer de electricidad a los analizadores durante situaciones de corte energético.
- La caseta deberá permanecer **limpia, ordenada y cerrada** (cierre hermético), bajo llave y con acceso restringido sólo a personal autorizado.

### 5.3. DETERMINACIÓN DEL VALOR SPAN Y RANGOS DE MEDICIÓN

El titular de la fuente debe establecer y justificar para cada analizador instalado los valores span y rangos de medición que serán aplicados en el registro de las emisiones de la fuente. Los criterios son<sup>13</sup>:

- Configurar un rango de medición para cada parámetro a un valor lo suficientemente alto para evitar sobrepasar el valor de escala completa y lo suficientemente bajo para asegurar una buena exactitud de medición.
- Demostrar que el rango se ha seleccionado de modo que la mayoría de los datos (>50%) se encuentren entre el 20% y el 80% de la escala completa.
- Se podrán aplicar también los criterios establecidos en el método EPA 6C ó CH-6C para los casos que lo requieran.

Estos valores se deberán utilizar para las evaluaciones de calibración y de los chequeos de linealidad requeridos en los numerales 6.1.1 y 6.1.2 de este Protocolo.

Los valores span y del rango de medición, se deben evaluar a lo menos 1 vez al año. Si se detecta que cualquiera de estos valores ha variado, se deberán realizar los ajustes y pruebas correspondientes para validar los nuevos rangos.

Para aquellas fuentes que operan bajo determinadas condiciones operacionales generando variaciones en sus niveles de emisión, pasando de valores de escala altos y bajos o viceversa, dificultando con ello el cumplimiento de uno o más de los criterios antes señalados, deberá validar dos rangos de medición, (un rango alto y un rango bajo) de manera de monitorear en forma adecuada todo el espectro de emisión que genera la fuente durante su funcionamiento y asegurar que los valores de emisión que se registren durante cualquier hora de operación de la fuente siempre sean de calidad asegurada. Para estas situaciones se

<sup>11</sup> Se recomienda construcción antisísmica y con materiales con propiedades aislantes que retarden propagación de llamas, baja emisión de humos y que no generen gases alógenos y cuente con protección a la humedad.

<sup>12</sup> Uninterruptible Power Supply (Sistema de alimentación ininterrumpida)

<sup>13</sup> Establecidos en la parte 75, volumen 40 del CFR, apéndice A, punto 2.1.

aconseja el uso de analizadores multiescala o de doble rango, debiendo ejecutar los ensayos de validación tanto en la escala baja como en la escala superior.

#### 5.4. GASES DE CALIBRACIÓN

Respecto de los gases de calibración, se deberá cumplir con lo siguiente:

- Para la ejecución de los ensayos de validación se deben utilizar gases patrones “EPA-Protocol” que cuenten con un certificado del fabricante vigente y con una desviación menor o igual a 2%, o algún otro gas que certifique que cumpla con la sección 2.1.8 del documento “EPA TRACEABILITY PROTOCOL FOR ASSAY AND CERTIFICATION OF GASEOUS CALIBRATION STANDARDS”.
- Para las ETFA, no se acepta en los ensayos de validación, el uso de calibradores o dilutores para realizar las calibraciones y verificaciones que establecen los ensayos de los numerales 6.1.1 y 6.1.2 de este Protocolo.
- Se podrán utilizar cilindros de gases multicomponentes que contengan mezclas de gases, que sean EPA Protocol.
- La Superintendencia reconocerá como fecha de vigencia del gas EPA-Protocol aquella fecha estipulada en el certificado adjunto del cilindro de gas emitido que se use para los ensayos.
- Para el caso de los parámetros O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, se aceptarán cilindros de proveedores nacionales, en cuyo caso deberán contar con su respectivo certificado de calidad emitido por el fabricante y se deberá confirmar su correcta concentración acorde al certificado, previo a su uso. Se deberá aplicar el siguiente procedimiento, el cual debe adjuntarse en el IREV, para asegurar la concentración del gas establecida en el certificado:
  - a. Medir tres veces el gas del cilindro, usando un analizador de gas o CEMS que haya sido validado y calibrado con un gas EPA-Protocol, o bien por medio de un Método de Referencia para medir O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>.
  - b. Los resultados de las tres lecturas serán promediados. Cada resultado de medición individual deberá estar dentro del 5% del valor promedio de las 3 lecturas medidas en la letra a) anterior.
  - c. En los casos que no se cumpla la condición señalada en la letra b), se descartarán las tres primeras mediciones y se deberán realizar otras 3 mediciones, de las cuales su promedio deberá estar dentro del 5% del valor de concentración establecido en el certificado emitido por el proveedor del cilindro.
  - d. En caso que no se cumpla la condición señalada en la letra c), se podrán realizar otros tres análisis adicionales hasta que el resultado individual de las seis mediciones consecutivas esté dentro del 5% del valor promedio, de estas seis mediciones.
  - e. En el caso que se cumpla la condición de la letra d), el valor final de la concentración del gas patrón del cilindro será el valor promedio de las 6 mediciones señaladas en la letra d) anterior, si éste no difiere en más del 15% del valor de concentración inicial establecido en el certificado del cilindro de gas.
  - f. Finalmente, en caso de no cumplir con estos criterios, el cilindro de gas no podrá ser utilizado para efectos de validación de un CEMS.
  - g. La vigencia del cilindro que cumpla con estas especificaciones, será la estipulada en el certificado original.

El aire cero, también se podrá utilizar como gas Cero/Span según corresponda o como material exclusivo de calibración para los analizadores de O<sub>2</sub>, demostrando que no contiene concentraciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> o COT sobre 0,1 ppm, una concentración de CO sobre 1 ppm o una concentración de CO<sub>2</sub> sobre 400 ppm.

Los gases EPA-Protocol no son requeridos para las calibraciones internas, son necesarios solo para los ensayos de validación inicial, pruebas QA/QC y ensayos de revalidación. No obstante, si para las pruebas QA/QC diarias y trimestrales, se opta por el uso de cilindros de proveedores nacionales se deberá asegurar la concentración del gas establecida en el certificado siguiendo los procedimientos establecidos en el punto a, al punto g, descritos anteriormente.

Los cilindros de gases patrones deberán ser almacenados de acuerdo a lo establecido en el punto 5.2.6 de este Protocolo y tener en todo momento con sus respectivos certificados vigentes y legibles. De igual manera, el cilindro de gas deberá contar con su n° de cilindro, rotulación respectiva vigente, visible y legible.

## 5.5. ALTERNATIVAS PARA MEDIR HUMEDAD

Para medir el contenido de humedad del gas en la chimenea o ducto se podrá utilizar las siguientes alternativas:

- a. Usar un método continuo con analizador de humedad (CEMS de Humedad).
- b. Utilizar un sensor de Humedad, calibrado de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.
- c. Usar un método continuo con analizador de O<sub>2</sub> (o analizadores) capaces de medir en base húmeda y base seca.
- d. Usar un valor específico de referencia (por defecto) de humedad del combustible utilizado en el proceso de combustión, obtenido a partir de resultados de métodos analíticos que den cuenta del valor de referencia de humedad (se deberá adjuntar el documento que dé cuenta de los resultados de la Humedad).
- e. Usar un valor de referencia para la humedad previa aprobación de la Superintendencia, demostrando que ese valor es constante durante la operación. Se podrá considerar entre otros, valores históricos (de los últimos tres años) obtenidos de mediciones con el Método de Referencia (EPA 4 ó CH-4) que hayan sido aplicados por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental, las cuales deberán ser acompañadas de las respectivas condiciones operacionales en las que fueron obtenidas o bien considerar la medición actual del valor de humedad obtenida por medio del Método de Referencia respectivo (EPA 4 ó CH-4) aplicado por una ETFA.

El sistema de monitoreo de humedad debe incluir como componente un DAHS automatizado para el registro y reporte tanto del dato crudo (promedio horario en base húmedo y seco de los valores de O<sub>2</sub>) y el valor promedio horario del contenido de humedad del gas de chimenea derivado de estos datos.

El método que sea seleccionado deberá ser informado junto al catastro y al IREV.

## 6. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA VALIDACIÓN DE CEMS

### 6.1. VALIDACIÓN DE CEMS DE GASES

Para validar un CEMS de gases, el titular de la fuente deberá cumplir para cada parámetro evaluado con los respectivos ensayos de validación que se detallan en los numerales 6.1.1 al 6.1.3 de este Protocolo esto es: (i) Ensayo de Desviación de la Calibración, (ii) Ensayo de Error de Linealidad y (iii) Ensayo de Exactitud Relativa según corresponda.

La ejecución de los ensayos de validación que requieran de la ejecución de Métodos de Referencia, deberá ser llevada a cabo por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) autorizada.

#### 6.1.1. ENSAYOS DE DESVIACIÓN DE CALIBRACIÓN (DC)

Como primer ensayo de validación para un CEMS de gases y flujo, el titular de la fuente deberá cumplir con el ensayo de Desviación de la Calibración, (DC), de acuerdo a lo establecido en la parte 75, volumen 40 del CFR, considerando los siguientes criterios:

- Para la prueba de la DC se deberán utilizar gases patrones de calibración de acuerdo a lo establecido en el punto 5.4 o “valores de referencia” en los casos que corresponda, en los siguientes niveles:
  - a. Nivel Cero: 0 al 20% del Span
  - b. Nivel Alto: 80 al 100% Span<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Para el caso de los CEMS de TRS (H<sub>2</sub>S) el Valor del nivel alto o Span podrá estar entre 50 y 100%

- Los gases se deben ingresar por la bocanoma de la sonda de muestreo, haciendo pasar el gas de calibración a través de todos los filtros, lavadores, acondicionadores y otros componentes utilizados durante el muestreo normal.
- El tiempo de inyección del gas patrón para cada prueba será hasta que el valor de lectura del CEMS se establezca o se alcance el tiempo de respuesta, (lo que ocurra primero). Se considerará un valor estable, aquella lectura con un salto menor al 2,0% del valor de Span para 2 minutos (registrándose la última lectura en ese lapso) o bien una lectura con un salto de menos del 6,0% desde la concentración promedio medida, en 6 minutos. Como alternativa, la lectura se considera estable si cambia por no más de 0,5 ppm o 0,2%.
- El parámetro humedad obtenido a partir de un analizador continuo de humedad (CEMS de humedad) queda exento de realizar el ensayo de DC. Sin embargo, en los casos de estimar la humedad en forma indirecta por medio de analizadores continuos de O<sub>2</sub> (capaces de medir oxígeno en base húmeda y base seca) si corresponderá ejecutar este ensayo, debiendo aplicarse y cumplirse para cada analizador (húmedo y seco).
- Los siguientes monitores y rangos están exentos de los requerimientos de la prueba de la DC: los monitores de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y flujo instalados en unidades que califiquen como Peak (previa demostración de su clasificación) y cualquier rango de medición de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> con un valor de Span de 50 ppm o menor.
- Para las unidades Peak, la exención de realizar la prueba de la DC aplica siempre que la unidad continúe cumpliendo con la definición de unidad Peak, sin embargo, **si al final de un año calendario se determina que se ha perdido el estado de unidad Peak**, se deberá realizar una prueba de DC en cada monitor instalado en la unidad, no más allá del 31 de diciembre del siguiente año.
- Los resultados de la DC serán aceptables, si ninguno de los resultados de %DC diario arroja valores superiores a las especificaciones de rendimiento aplicables, en cada uno de los días que dura el ensayo y que se señalan en la Tabla 1.
- El ensayo de la DC, se deberá realizar mientras la fuente se encuentre operando en forma continua, con al menos el 50% de la carga máxima, de esta manera, se debe determinar el %DC una vez al día (a intervalos de al menos 24 horas) durante 7 días consecutivos.
- En el caso de unidades que comparten chimenea común, al menos una de las fuentes debe estar operando a más del 50% de la máxima capacidad de funcionamiento.
- En los casos que ocurran paradas no programadas de la fuente al inicio del ensayo de DC, no se recomienda la ejecución de la prueba sino hasta que la fuente reanude sus actividades a las condiciones de operación anteriormente señaladas (Al menos 50% de carga máxima).
- Sólo en los casos en que ocurran paradas no programadas de la fuente durante la ejecución del ensayo, los 7 días consecutivos de operación no necesitarán ser 7 días calendarios consecutivos, los valores de %DC que se hayan alcanzado a registrar antes de la parada de la fuente, se podrán mantener hasta que la planta reanude sus actividades y continuar el ensayo hasta completar los 7 días de DC. No obstante lo anterior, la duración del ensayo de DC no deberá superar las 336 horas (14 días) desde el inicio hasta el final del ensayo.
- En los casos de eventuales fallas del CEMS durante la ejecución del ensayo, este deberá ser repetido desde el inicio, una vez corregidas las respectivas fallas.
- Para los ajustes periódicos automáticos o manuales que se realizan en el CEMS para cero y alto nivel, deben efectuarse después de registrar el valor de desviación.
- El criterio de ajuste manual aplicará una vez registrado el valor de desviación diario y siempre que el valor obtenido por el CEMS para el nivel Cero o el nivel alto (Span) difiera del valor de concentración del gas patrón utilizado.
- Para el caso del parámetro **flujo**, **no se deben realizar ajustes entre las mediciones de nivel Cero y Span en ninguno de los 7 días de la prueba**. Si el monitor de flujo opera dentro de los límites de cumplimiento según la Tabla 1, en cada uno de los 7 días sin requerir mantenimiento correctivo, reparaciones o remplazo durante el periodo de prueba de 7 días, el monitor de flujo pasa la prueba de DC.
- Los “valores de referencia” corresponden por lo general a señales electrónicas que no requieren de certificación y pueden ser proporcionadas por el fabricante del equipo, así por ejemplo, en el caso del parámetro de flujo por ultrasonido, la señal electrónica usada como patrón puede ser obtenida por el fabricante o bien a través de una medición de flujo con el Método de Referencia respectivo y el resultado de esta medición ingresarla como señal electrónica como patrón de referencia. El titular de la fuente que utilice una señal electrónica como un valor de referencia deberá demostrar el origen de cómo se obtuvo este valor.



- Para los monitores de flujo, la señal Cero será de 0 al 20% del valor Span y la señal de nivel alto será del 50 al 70% del valor Span.
- Si el diseño del CEMS no permite hacer posible estas determinaciones a los niveles indicados anteriormente, se permitirá que se realicen en un bajo nivel contemplado entre el Cero y el 20% del valor de Span y en un valor medio entre 50 y 60 por ciento del valor de Span, siempre que se demuestre que es el nivel más representativo de la concentración de gases.
- Durante la ejecución de este ensayo no se podrán realizar mantenciones programadas o correctivas del sistema.

**Tabla 1:**  
**Límites aceptables para el ensayo de Desviación de la Calibración**

Parámetro	Resultados de Desviación de la Calibración
SO <sub>2</sub>	±2,5% del valor de Span utilizando la ecuación 1 o ≤ 5 ppm cuando el valor de Span es igual o inferior a 200 ppm utilizando la ecuación 2
NO <sub>x</sub>	±2,5% del valor de Span utilizando la ecuación 1 o ≤ 5 ppm cuando el valor de Span es igual o inferior a 200 ppm utilizando la ecuación 2
O <sub>2</sub>	±0,5 % O <sub>2</sub> utilizando la ecuación 2
CO <sub>2</sub>	±0,5 % CO <sub>2</sub> utilizando la ecuación 2
CO	±5% del valor de Span en al menos 6 de los 7 días que dura el test, utilizando la ecuación 1
TRS (H <sub>2</sub> S)	±5 % del valor del Span en al menos 6 de los 7 días que dura el ensayo, utilizando la ecuación 1
COV o COT	±2.5% del valor de Span utilizando la ecuación 1
Hg	±5 % del valor del Span utilizando la ecuación 1
Humedad <sup>15</sup>	±0,5 % de H <sub>2</sub> O utilizando la ecuación 2
Flujo	±3% del valor del Span utilizando la ecuación 1
Tiempo de Respuesta	15 minutos

Nota: Las ecuaciones mencionadas en la tabla, corresponden a las señaladas en el Numeral 7 de este Protocolo. La validación de CEMS de parámetros que no figuren en esta tabla deberán ser evaluados caso a caso, para lo cual se podrá ingresar a esta Superintendencia una consulta formal respecto de que metodología utilizar para validar un determinado parámetro en particular.

El cilindro de gas patrón o la señal electrónica (según aplique) que sea utilizado para este ensayo, deberá ser el mismo por los 7 días que dura el ensayo. En los casos de agotarse el cilindro de gas patrón durante la ejecución de este ensayo, se deberá entonces reiniciar el ensayo desde el comienzo (día 1) utilizando para ello un nuevo cilindro de gas patrón.

### 6.1.2. ENSAYO DE ERROR DE LINEALIDAD (EL)

Una vez aprobado el ensayo de la DC, el titular de la fuente deberá continuar con el ensayo de Error de Linealidad, en adelante "EL", de acuerdo a lo establecido en la parte 75, volumen 40 del CFR, considerando los siguientes criterios:

- Se exceptúan de realizar esta prueba, los CEMS de los parámetros humedad, flujo y aquellas fuentes que por sus emisiones posean un CEMS con un rango de medición inferior o igual a 30 ppm.
- La prueba se debe llevar a cabo mientras la fuente esté funcionando en forma continua con al menos el 50% de la carga máxima, inyectando gases de calibración de concentración de niveles bajo, medio y alto, por la bocatoma de la sonda de muestreo. En el caso de unidades que comparten chimenea común, al menos una de las fuentes debe estar operando a más del 50% de la máxima capacidad de funcionamiento.

<sup>15</sup> El valor límite de DC para el parámetro humedad aplica solo a aquellas mediciones indirectas de humedad realizada por medio de monitores o analizadores de O<sub>2</sub> (capaz de medir oxígeno en base seca y base húmeda). Esta prueba se debe aplicar a cada analizador (húmedo y seco).

- Para este ensayo, se considerará como concentración de nivel bajo aquella comprendida entre 20 a 30% del valor de Span, concentración de nivel medio entre 50 a 60% del valor de Span y concentración de nivel alto entre 80 a 100% del valor de Span.
- Se debe operar cada monitor a su temperatura y condiciones normales de funcionamiento. Para los monitores de tipo extractivo y dilución, se debe hacer pasar el gas de calibración a través de la sonda y todos los filtros, lavadores, acondicionadores y otros componentes utilizados durante el muestreo normal. Para los monitores de tipo in-situ, se debe realizar la comprobación de la calibración de todos los componentes activos electrónicos y ópticos, incluyendo el transmisor, receptor y el analizador.
- Los gases de referencia, se deben ingresar al CEMS, tres veces, procurando de no utilizar el mismo gas dos veces consecutivas, asegurando que la duración de cada prueba de linealidad, desde la hora de la primera inyección a la hora de la última inyección, no exceda 24 horas de funcionamiento.
- Registrar la respuesta del monitor desde el sistema de adquisición de datos y/o sistema de registro. Se debe calcular el %EL, para cada nivel de concentración (bajo, medio y alto) usando el promedio de las respuestas en la ecuación 3 señalada en el numeral 7 de este Protocolo.
- Los resultados del %EL, se deben calcular para cada concentración de gas de calibración y los resultados obtenidos deberán permanecer dentro del rango señalado en la Tabla 2.
- En caso de existir ajustes periódicos automáticos o manuales, que se realicen en el CEMS, estos deberán efectuarse después de realizar este ensayo. Durante la ejecución de este ensayo no se deben realizar ajustes manuales a los valores de seteo de Cero y Span.

**Tabla 2:**  
**Límites aceptables para el ensayo de Error de Linealidad**

Parámetro	Linealidad
SO <sub>2</sub>	±5% utilizando la ecuación 3 o ≤ 5 ppm utilizando la ecuación 4
NO <sub>x</sub>	±5% utilizando la ecuación 3 o ≤ 5 ppm utilizando la ecuación 4
O <sub>2</sub> <sup>16</sup>	±5% utilizando la ecuación 3 o ≤ 0,5 % de O <sub>2</sub> utilizando la ecuación 4
CO <sub>2</sub>	±5% utilizando la ecuación 3 o ≤ 0,5 % de CO <sub>2</sub> utilizando la ecuación 4
Hg	±5 % (si utiliza Hg elemental) o 10% (si utiliza HgCl <sub>2</sub> ) utilizando la ecuación 3

Nota: Los parámetros a los que aplica el ensayo de EL son solo los indicados en la presente Tabla. Las ecuaciones indicadas en la misma corresponden a las señaladas en el Numeral 7 de este Protocolo. Las plantas de Celulosa que dispongan de CEMS de SO<sub>2</sub> para medir emisiones de TRS que cuenten con un horno convertidor, quedan exentos de ejecutar esta prueba. Los analizadores de O<sub>2</sub> que se utilicen en plantas de celulosa, cuyos resultados sean utilizados para corregir o reportar emisiones a la autoridad competente, deberán igualmente dar cumplimiento con este ensayo.

### 6.1.3. ENSAYOS DE EXACTITUD RELATIVA (ER)

Una vez aprobado el ensayo de EL, el titular de la fuente deberá continuar con el ensayo de Exactitud Relativa, en adelante "ER", de acuerdo a lo establecido en la parte 75, volumen 40 del CFR, considerando los siguientes criterios:

- El CEMS de SO<sub>2</sub>, podrá quedar exento de cumplir con el ensayo de ER, si la unidad califica como unidad de combustible de muy bajo contenido de azufre, (según lo definido en el numeral 69 del Anexo I de este Protocolo), previa demostración de ello. No obstante, la Superintendencia del Medio Ambiente podrá requerir fundadamente la ejecución de este ensayo en los casos que lo amerite.
- El criterio del punto anterior podrá también aplicar para CEMS de otros parámetros tales como por ejemplo CO u otro parámetro. Estas situaciones deberán ser previamente informadas y evaluadas con la SMA, entregando antecedentes que avalen la exención.
- El ensayo de ER, se debe realizar mientras la fuente se encuentre operando a más del 50% de la máxima capacidad de funcionamiento, respecto al consumo de combustibles y/o producción. En el caso de unidades que comparten chimenea común, al menos una fuente debe estar operando a más del 50% de la máxima capacidad de funcionamiento.

<sup>16</sup> El valor límite de EL para el parámetro O<sub>2</sub> incluye monitores o analizadores de O<sub>2</sub> que se utilicen para medir oxígeno en base seca y base húmeda. Esta prueba se debe aplicar a cada analizador (húmedo y seco).

- En la eventualidad de que ocurran paradas de planta no programadas después de haber ejecutado alguna(s) corrida(s) de medición bajo el Método de Referencia, se podrá esperar hasta que la fuente reinicie su funcionamiento y continuar con la ejecución del ensayo, no obstante, el ensayo de ER deberá ser completado desde su inicio dentro de un plazo de 168 horas (7 días) de operación de la fuente.
- En casos de que la parada de planta se extienda en el tiempo y no se pueda cumplir con el tiempo estipulado, se podrá requerir a la Superintendencia una prórroga del plazo, el cual no podrá superar finalmente las 2 semanas.
- Para los casos en que la parada de planta ocurra durante la ejecución de una corrida de medición, esta corrida de medición se considerará inválida y deberá ser repetida posterior a la reanudación de la fuente medida.
- Para el CEMS se debe seleccionar el rango de medición, de tal manera que la mayoría de las lecturas, (>50%) obtenidas durante el funcionamiento normal de la fuente, se mantengan entre un 20 y 80 por ciento del valor de Span.
- Para los sistemas de monitoreo con más de un rango de medición (multiescala), realice la prueba de ER en el rango utilizado normalmente para medir las emisiones. Para las unidades Peak la totalidad del rango de carga se considerará normal.
- Para el ensayo de ER se deberán comparar valores entregados por el sistema de monitoreo continuo de emisiones y valores obtenidos por medio de la aplicación de los respectivos Métodos de Referencia (MR), los cuales se indican en la Tabla 3.
- Se deben realizar un mínimo 9 corridas de muestras de datos, pudiendo eliminar posteriormente un máximo de 3 muestras siempre que la determinación de ER se realice con un número de muestras igual o mayor que 9, debiendo informar todos los datos, incluso los resultados de aquellas muestras eliminadas.
- Para los casos de fuentes que tengan sistemas de retrosoplado, las corridas de mediciones con el método de referencia, deben ser realizadas sin considerar los periodos de tiempo en que se realizan los retrosoplados. Es importante coordinar los tiempos de medición del método de referencia para evitar que durante la medición se obtengan periodos de retrosoplados los que interfieren con el resultado.
- Si durante la ejecución de una corrida de medición se generan periodos de retrosoplado, se recomienda su eliminación y repetición inmediata o bien, realizar corridas adicionales de modo que las corridas que tengan periodos de retrosoplados, puedan ser posteriormente eliminadas.
- En el caso de haber realizado ya las 12 corridas de medición requeridas para la ER y no siendo posible realizar corridas adicionales, se recomienda eliminar aquellas corridas donde se haya generado un retrosoplado. Si existen más de 3 corridas con retrosoplado, en aquellas corridas que no puedan ser eliminadas, se deberá aplicar el valor promedio de los datos que conforman la corrida y reemplazar este valor sobre los minutos en que se generó el retrosoplado.
- La duración de cada corrida de muestreo debe ser de acuerdo a lo indicado en el respectivo Performance Specification (PS)<sup>17</sup>, siendo, por ejemplo, para el caso de los gases de 21 minutos cada una, con excepción del parámetro TRS el cual requiere de 1 hora (60 minutos) por corrida. En caso de no especificarse la duración en el respectivo PS, se deberá adecuar el tiempo de las muestras al mínimo tiempo que acepte el Método de Referencia o bien, requerir la aprobación de parte de la Superintendencia, para aplicar un tiempo de muestreo distinto.
- La distribución de las corridas de medición, deberá proponerlo el titular de la fuente en coordinación con la ETFA y establecerlo en el respectivo AEEV.
- Para la selección de las tres corridas de medición a eliminar, no existen criterios oficiales definidos<sup>18</sup>, por lo que estos quedarán a juicio de la respectiva ETFA que desarrolla el ensayo.
- En el reporte de los resultados del ensayo, deberá señalarse el criterio aplicado para la selección de corridas de medición eliminadas en el cálculo final.

<sup>17</sup> Se podrán consultar los Performance Specification (PS) de la EPA para el parámetro respectivo.

<sup>18</sup> No obstante la falta de criterios oficiales para eliminar corridas de medición, se pueden aplicar criterios tales como: (i) Seleccionar aquellas corridas de medición que presenten mayor diferencia absoluta entre los resultados del método de referencia y los obtenidos por el CEMS, (ii) considerar aquellas corridas de medición que presenten mayor dispersión con respecto a su media aritmética, la que entregue mejor resultado de Exactitud Relativa.

- Se deben considerar los tiempos de respuesta, tanto de la aplicación del Método de Referencia como del CEMS, de manera que ambos sistemas de medición recolecten muestras en el mismo intervalo de tiempo y de esa manera poder hacerlas comparativas.
- Para determinar el tiempo de respuesta se deberá seguir el procedimiento indicado en el numeral 6.1.5 de este Protocolo, el cual deberá ser aplicado diariamente en forma previa a la medición. El tiempo de respuesta también podrá ser obtenido durante la ejecución del ensayo de Desviación de Calibración.
- Para los analizadores que utilizan componentes comunes para medir más de un parámetro del efluente de gas, todos los canales deben aprobar al mismo tiempo el requisito de ER, a menos que pueda demostrarse que cualquier ajuste realizado a uno de los canales, no afecta a los demás.
- Para los monitores de flujo, la prueba de ER se debe realizar en tres diferentes velocidades de los gases de escape, bajo, medio y alto, definidas como:
  - a. Nivel bajo: Hasta 30% del rango de operación.
  - b. Nivel medio: La porción mayor al 30%, pero menor o igual a 60% del rango de operación.
  - c. Nivel alto: El extremo superior mayor al 60% del rango de operación.
- En caso de disponer de antecedentes que determinen que no se puede realizar la prueba a los niveles señalados, la Superintendencia podrá autorizar la realización de esta prueba a menos de tres niveles, demostrando que la fuente opera a uno o dos niveles durante la operación normal.
- Los antecedentes que respalden el punto anterior, deberán ser presentados a la Superintendencia en conjunto con el Aviso de Ejecución de los Ensayos de Validación. La información debe considerar como mínimo datos históricos de a lo menos los últimos 3 meses y los perfiles de flujo relacionados con la carga.
- Se considerarán aceptables los resultados de ER, si los valores son iguales o inferiores a los límites señalados en la Tabla 3.

**Tabla 3:**  
**Límites aceptables para el ensayo de Exactitud Relativa**

Parámetro	Exactitud Relativa	Método de Referencia
SO <sub>2</sub>	<p>≤ 20% cuando se utiliza el Método de Referencia en el denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa (las emisiones promedio durante la prueba son mayores al 50% del estándar de emisiones) o</p> <p>≤ 10% cuando el estándar de emisión aplicable es usada como denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa. (Las emisiones promedio durante la prueba son menores al 50% del estándar de emisiones) o</p> <p>≤ 15 ppm cuando el promedio de las mediciones obtenidas por el MR es menor o igual a 250 ppm, utilizando la ecuación 6, donde sea que la especificación de 20 y 10% no se logre.</p>	EPA 6C o CH-6C
NO <sub>x</sub>	<p>≤ 20% cuando se utiliza el Método de Referencia en el denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa (las emisiones promedio durante la prueba son mayores al 50% del estándar de emisiones) o</p> <p>≤ 10% cuando el estándar de emisión aplicable es usada como denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa, (las emisiones promedio durante la prueba son menores al 50% del estándar de emisiones) o</p> <p>≤ 15 ppm cuando el promedio de las mediciones obtenidas por el MR es menor o igual a 250 ppm, utilizando la ecuación 6, donde sea que la especificación de 20 y 10% no se logre.</p>	EPA 7E o CH-7E
O <sub>2</sub>	<p>≤ 10% utilizando la ecuación 5 o</p> <p>≤ 1% de O<sub>2</sub> utilizando la ecuación 7</p>	EPA 3A o CH-3A
CO <sub>2</sub>	<p>≤ 10% utilizando la ecuación 5 o</p> <p>≤ 1% de O<sub>2</sub> utilizando la ecuación 7</p>	EPA 3A o CH-3A
CO	<p>≤ 10% utilizando el promedio del MR en la ecuación 5 o</p> <p>≤ 5% utilizando el estándar de emisión en la ecuación 5</p>	EPA 3A o CH-3A o EPA10 o CH-10
TRS (SO <sub>2</sub> )	<p>≤ 20% cuando se utiliza el Método de Referencia en el denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa (las emisiones promedio durante la prueba son mayores al 50% del estándar de emisiones) o</p> <p>≤ 10% cuando el estándar de emisión aplicable es usada como denominador de la ecuación 5 para calcular la Exactitud Relativa. (Las emisiones promedio durante la prueba son menores al 50% del estándar de emisiones).</p>	EPA 16A
COV o COT	<p>≤ 20% utilizando el promedio del MR en la ecuación 5 o ≤ 10% utilizando el estándar de emisión en la ecuación 5.</p>	EPA 25A o CH-25A
Hg	<p>≤ 20% utilizando el promedio del MR en la ecuación 5 o ≤ 1ug/m<sup>3</sup>N si el promedio del método de referencia es menor a 5 ug/m<sup>3</sup>N utilizando el estándar de emisión en la ecuación 5.</p>	EPA 29 o CH-29

Parámetro	Exactitud Relativa	Método de Referencia
Humedad <sup>19</sup>	$\leq 10\%$ utilizando la ecuación 5 o $\leq 1,5\%$ de agua utilizando la ecuación 6	EPA 4 o CH-4
Flujo	$\leq 20\%$ utilizando el promedio del MR en ecuación 5 o $\leq 10\%$ en cualquier carga utilizando la ecuación 5 o $\leq \pm 0,6$ m/s cuando la velocidad es igual o inferior a 3,05 m/s, utilizando la ecuación 6 donde sea que la especificación de 20 y 10% no se logre.	EPA 2 o CH-2

Nota: Las ecuaciones indicadas en la presente Tabla corresponden a las señaladas en el Numeral 7 de este Protocolo. La validación de CEMS de parámetros que no figuren en esta tabla deberá ser evaluada caso a caso, para lo cual se podrá ingresar a esta Superintendencia una propuesta formal respecto de la metodología a utilizar para validar un determinado parámetro en particular.

#### 6.1.4. VALIDACIÓN CEMS GASES DE DOBLE RANGO DE MEDICIÓN

Para los casos de los CEMS de gases que deban monitorear las emisiones con un doble rango de medición (un rango alto y un rango bajo), el titular de la fuente deberá ejecutar para cada parámetro medido los ensayos de Desviación de Calibración (DC) y Error de Linealidad (EL) en cada uno de los rangos de medición utilizados, es decir, deberá aprobar un ensayo de DC y EL para el rango alto y aprobar un ensayo de DC y EL para el rango bajo. Una vez aprobados estos ensayos, se deberá continuar con el ensayo de Exactitud Relativa, el cual será un único ensayo que será ejecutado en el rango de medición utilizado normalmente para medir las emisiones de la fuente, siendo válidas las exenciones que aplican para cada ensayo.

#### 6.1.5. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA

Previo al ensayo de ER, el titular de la fuente deberá realizar y demostrar los resultados de pruebas del tiempo de ciclo o tiempo de respuesta para cada sistema de monitoreo continuo de emisiones según lo establecido en la parte 75, volumen 40 del CFR punto 6.1, considerando los siguientes criterios:

- Determinar el tiempo de respuesta mientras la fuente esté operando (sobre el 50%).
- Se deberán utilizar para esta prueba los gases de calibración (EPA-Protocol según aplique) de nivel Cero y nivel alto o Span alternadamente.
- Para sistemas de monitoreo que realicen una serie de operaciones (tales como purga, muestreo y análisis), realice las inyecciones de los gases de calibración de modo que produzcan el máximo tiempo de ciclo posible.
- Se deberá reportar el más largo de los dos tiempos transcurridos determinados (nivel alto y nivel bajo) como el tiempo de ciclo para el analizador (ver ejemplo en Figura 2, al final de este Protocolo).
- Para la prueba del sistema de monitoreo continuo de emisiones de dilutor NO<sub>x</sub> y la prueba del sistema de monitoreo continuo de dilutor SO<sub>2</sub>, registre y reporte el tiempo de ciclo más largo de los dos analizadores como el tiempo de ciclo del sistema.
- Para sistemas de tiempo compartido, el tiempo de respuesta se debe realizar en todas las ubicaciones de sondas que serán monitoreadas dentro del mismo período de 15 minutos, durante las operaciones del sistema de monitoreo.
- Para determinar el tiempo de ciclo para sistemas de tiempo compartido, haga la sumatoria del máximo tiempo de ciclo obtenido en cada ubicación de las sondas. Reporte la sumatoria del tiempo de ciclo más largo en cada una de las ubicaciones de las sondas más la sumatoria del tiempo requerido para todos los ciclos de purga (determinado por el fabricante del sistema de monitoreo continuo) en cada una de las ubicaciones de las sondas, como el tiempo de ciclo para cada uno de los sistemas de tiempo compartido.
- Para monitores con rangos duales, reporte los resultados de prueba dentro de rango, dando el tiempo de ciclo más largo.
- Los resultados de pruebas serán aceptables si ninguno de los tiempos de respuesta sobrepasa los 15 minutos según lo indicado en Tabla 1: **Límites aceptables para el ensayo de Desviación de la Calibración.**
- Para el caso de los CEMS – MP se aplicarán estos mismos criterios para determinar el tiempo de respuesta, con la diferencia que se utilizarán las respectivas señales electrónicas como patrón de referencia para Cero y escala superior utilizadas en el ensayo de Margen

<sup>19</sup> El valor límite de ER para el parámetro humedad aplica a aquellas mediciones a partir de un CEMS de humedad y de analizadores de O<sub>2</sub> que miden en base húmeda y seca (para este último caso, la prueba se debe aplicar a cada analizador húmedo y seco).

de Error. El límite aplicable del tiempo de respuesta también deberá ser un valor inferior a 15 minutos.

## 6.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRA PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA (MR)

### 6.2.1. SITIO DE MEDICIÓN

Para la selección del sitio de medición, el titular de la fuente deberá seguir las especificaciones dispuestas en el Método de Referencia a aplicar. Sin perjuicio de lo anterior, se deberán considerar al menos, los siguientes criterios:

- Al menos a dos diámetros equivalentes aguas abajo de cualquier dispositivo de control, interferencia, u otro punto en el que se pueda producir un cambio en la concentración o la tasa de emisión de contaminantes.
- Al menos, medio diámetro equivalente aguas arriba de los gases de escape o de algún dispositivo de control. El sitio de medición del sistema de monitoreo continuo no necesita ser el mismo sitio para el Método de Referencia.

Para los parámetros flujo y humedad, el sitio de muestreo debe ser seleccionado de acuerdo a las distancias y ubicación especificada en el método EPA 1 ó CH-1 y EPA 1A ó CH-1A, según corresponda.

### 6.2.2. PUNTO DE MEDICIÓN

Para asegurar la recolección de una muestra representativa de la sección transversal de la chimenea o ducto, se deben seleccionar los puntos que cumplan como requisito mínimo, los siguientes criterios:

- Para los casos de las mediciones de gases que sea aplicable, seleccione puntos transversales que aseguran una adquisición de muestras representativas sobre la sección transversal de la chimenea o ducto, los requisitos mínimos son los siguientes: Establezca una “línea de medición” que atraviese el área centroidal y que vaya en dirección de cualquier estratificación esperada. Si esta línea obstaculiza las mediciones del CEMS, corra esta línea hasta 30 cm (o cinco por ciento del diámetro equivalente de la sección transversal, lo menos posible) del área centroidal. Ubique tres puntos transversales a un 16,7%, 50,0% y 83,3% de la línea de medición.
- Si el diámetro de la chimenea es superior a 2,4 metros, los puntos pueden estar situados a 0,4, 1,2 y 2,0 metros desde la pared de la chimenea o ducto, sólo si antes no existen sistemas de control de emisiones húmedos o en puntos donde se combinan dos flujos con diferentes concentraciones contaminantes.
- Cualquier otra situación respecto del punto de medición, puede aplicar los criterios señalados en la sección 8.1.3. de la “Performance Specification 2” (PS-2).

Para flujo y humedad, los puntos de muestreo deben ser calculados aplicando el Método EPA 1 ó CH-1.

## 6.3. VALIDACIÓN DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE OPACIDAD

El titular de la fuente, que instale un equipo COMS<sup>20</sup> para medir la opacidad causada por la atenuación de la luz proyectada, por causa de la absorción y dispersión de la luz por acción del material particulado en el efluente de gas, deberá seguir y dar cumplimiento en cuanto a la ubicación de instalación y especificaciones de funcionamiento para la validación dispuestos en el Performance Specification 1 (PS-1) del apéndice B de la parte 60, volumen 40 del CFR, considerando los siguientes criterios:

- El titular de la fuente deberá implementar un monitor de opacidad que cumpla con la metodología “ASTM D 6216-98” y obtener un certificado de conformidad del fabricante del monitor de opacidad.
- Junto con el monitor, el titular de la fuente deberá adquirir un mínimo de 3 atenuadores de calibración (filtros de densidad neutra) los cuales podrán ser del tipo primario o secundario según lo indicado en el PS-1 y que cumplan los requerimientos especificados de esta parte para efectos de su calibración, a fin de permitir realizar las pruebas de calibración que exige el PS-1.
- Los atenuadores deberán contar con su calibración vigente.

<sup>20</sup> Acrónimo – en inglés – de Continuous Opacity Monitoring Systems.

- Los COMS se deberán calibrar directamente realizando una comparación gravimétrica de la respuesta del equipo frente al método EPA 5 ó CH-5. Los resultados deben tener una alta correlación aplicando un ajuste lineal por el método de mínimos cuadrados a fin de poder estimar los valores de emisión de material particulado.

Una vez instalado el COMS, el titular de la fuente deberá cumplir con las “Pruebas de funcionamiento y auditoria de campo” y cumplir con un “Periodo de prueba operacional” (en ese orden) de acuerdo a lo establecido en el PS-1 a fin de determinar la aceptabilidad o validación del COMS considerando las siguientes condiciones:

- (I) **Pruebas de funcionamiento y auditorias de campo:** Se deberán cumplir los siguientes ensayos:
- a. Evaluación de alineación óptica: comprobar y registrar que todos los dispositivos de indicación de alineación muestren una alineación apropiada.
  - b. Chequeo de Error de Calibración: de acuerdo a lo establecido en el PS-1, en tres puntos o niveles (bajo, medio y alto), utilizando para ello los atenuadores o filtros adquiridos, los que deberán contar con su respectiva calibración vigente. Se debe:
    - Confirmar que el dispositivo de auditoria externa, produzca el valor de Cero apropiado en el registrador de datos del COMS.
    - Realizar un total de 5 lecturas no consecutivas para cada atenuador.
    - Al final de la prueba, se deberá correlacionar cada inserción del atenuador con el valor correspondiente del registrador de datos.
    - Calcular la diferencia media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de confianza de las 5 mediciones, utilizando las respectivas ecuaciones indicadas en el PS-1.
    - Calcular el Error de Calibración como la suma del valor absoluto de la diferencia media y el coeficiente de confianza del 95% para cada uno de los tres atenuadores de prueba utilizando las respectivas ecuaciones indicadas en el PS-1.
    - Reportar los resultados de las pruebas de error de calibración para cada uno de los 3 atenuadores.
    - El error de calibración debe ser menor a **3%** de opacidad para cada uno de los tres atenuadores.
  - c. Chequeo del tiempo de respuesta del sistema: El titular de la fuente deberá cumplir y demostrar los resultados que den cuenta del chequeo del tiempo de respuesta de acuerdo a lo establecido en el PS-1, utilizando para ello el atenuador de alto y bajo nivel, insertándose en forma alternativa 5 veces. Se debe:
    - Para cada inserción y extracción del filtro, medir la cantidad de tiempo requerida para que el COMS indique el 95 por ciento de cambio de un paso en la opacidad del registrador de datos del COMS.
    - Para el tiempo de respuesta de máximo de escala, medir el tiempo desde la inserción para indicar el 95 por ciento de la lectura final y estable de máximo de escala.
    - Para el tiempo de respuesta de mínimo de escala, medir el tiempo desde la extracción hasta indicar el 5 por ciento de la lectura inicial de máximo de escala.
    - Calcular la media de las cinco mediciones de tiempo de respuesta de máximo de escala y la media de las cinco mediciones de tiempo de respuesta de mínimo de escala.
    - Reportar el tiempo de respuesta de máximo de escala y de mínimo de escala.
    - Los tiempos de respuesta de nivel alto y nivel bajo deberán ser menor o igual a 10 segundos medidos desde el registrador de datos del COMS.
  - d. Cálculo de período de promedio y chequeo de registros: Luego del chequeo de error de calibración, el titular de la fuente deberá cumplir y demostrar los resultados que den cuenta del cálculo del período de promedio de acuerdo a lo establecido en el PS-1.
- (II) **Período de prueba operacional:** Después de desarrollar los ensayos anteriormente mencionados, el titular de la fuente deberá operar el COMS por un periodo de prueba inicial de 168 horas (7 días) bajo condiciones normales de operación y deberá cumplir y demostrar los resultados que den cuenta de los siguientes ensayos de acuerdo a lo establecido en el PS-1:
- a. Prueba de Desviación de Calibración de cero
  - b. Prueba de Desviación de Calibración de span

Si las operaciones normales contienen paradas rutinarias de la fuente, se deberán incluir los periodos de parada de la fuente en la prueba operacional de 168 horas.

Al final del período de 168 horas y para ambos casos, calcular la media aritmética, desviación estándar y coeficiente de confianza de las desviaciones en 24 horas utilizando las ecuaciones 1-3, 1-4 y 1-5 del PS-1. Calcule la suma del valor absoluto de la media y el valor absoluto del coeficiente de confianza utilizando la ecuación 1-6 del PS-1, y reporte este valor como el error de DC en 24 horas.

En caso de un COMS que mida Opacidad y concentración de Material Particulado y que entregue resultados en % de Opacidad y en unidades de mg/m<sup>3</sup> y/o mg/Nm<sup>3</sup> de Material Particulado, el titular de la fuente deberá además dar cumplimiento al "Performance Specification 11" (PS-11) según lo establecido en el numeral 6.4 de este Protocolo.

Algunas unidades pueden calificar para la exención de los requisitos de monitoreo de opacidad según se indica a continuación.

- (I) Unidades a carbón con lavadores húmedos de gases, si se demuestra que la presencia de agua condensada en la corriente del gas de efluente interfiere con las lecturas de la opacidad e impide tener medidas exactas de opacidad.
- (II) Unidades que cumplan con la definición de unidad dual petróleo - gas (según lo definido en el numeral 70 del anexo I de este Protocolo) basándose en información histórica. No obstante cuando una unidad previamente categorizada como unidad dual petróleo - gas cambia su categoría a otro tipo, por un cambio en la mezcla del combustible, el titular deberá instalar, operar y validar un sistema de monitoreo continuo de opacidad, debiendo dar cumplimiento al PS-1 dentro del plazo de 1 año desde su recategorización.
- (III) Unidades que tengan instalado un sistema de monitoreo continuo de material particulado (CEMS de MP) validado según el numeral 6.4 de este Protocolo.

#### **6.4. VALIDACIÓN DE CEMS DE MATERIAL PARTICULADO**

El titular de la fuente, que instale un Sistema de Monitoreo Continuo de Material Particulado (CEMS-MP) deberá cumplir las especificaciones de funcionamiento para la validación del CEMS-MP establecidas en el "Performance Specification N° 11 (PS-11) del apéndice B de la parte 60, volumen 40 del CFR, las que se presentan a continuación:

##### **6.4.1. ENSAYOS DE MARGEN DE ERROR (ME)**

El titular de la fuente deberá cumplir y demostrar los resultados que den cuenta del Ensayo de Margen de Error de 7 días de duración, en adelante "ME", considerando los siguientes criterios:

- El ME debe ser ejecutado mientras la fuente esté operando normalmente, una vez al día por 7 días consecutivos (intervalos de 24 horas), en forma manual o preferiblemente en forma automática. (El CEMS-MP debe ser capaz de cuantificar y registrar las mediciones en Cero y en escala superior y el tiempo de las mediciones).
- El valor de referencia para determinar el error de escala superior, deberá ser capaz de producir una respuesta entre 50 y 100% del rango de respuesta del CEMS-MP.
- Para el chequeo del ME en Cero, deberá producirse una respuesta entre 0 y 20%, del rango de respuesta del CEMS-MP. Cualquier ajuste a ser realizado a los valores de seteo de nivel Cero y en escala superior, deberá hacerse posterior a la realización de los ensayos, para así verificar el margen de los errores.
- Se podrá ajustar diariamente a los valores de seteo (Cero y Span) cada vez que el valor de % ME sea cercano al valor límite de cumplimiento establecido del 2%. No obstante, el valor entregado por el CEMS-MP previo a la realización del ajuste debe ser registrado.
- Para aquellos CEMS-MP que producen una salida sobre un rango de 4 a 20 mA, el valor de chequeo de escala superior debe producir una respuesta en el rango de 12 a 20 mA (se debe obtener documentación para el valor de chequeo en Cero y escala superior del fabricante del CEMS-MP).
- Si el CEMS-MP empleado, es de tipo extractivo y mide el volumen de muestra para obtener el resultado final, el equipo deberá ser capaz de ejecutar el chequeo del volumen de muestra, con



el fin de verificar la precisión del equipo de medición del volumen, este chequeo debe ejecutarse diariamente a la tasa de muestreo normal del CEMS-MP según el PS-11.

- Los valores de referencia para el nivel Cero, escala superior y el chequeo de volumen de muestra en la obtención de material particulado a través de la correlación, deberán ser documentados por el fabricante del equipo de medición, pudiendo ser no certificado.
- Para los casos en que no se disponga de un valor de escala superior, se podrá tomar como referencia una medición discreta bajo el método EPA 5 ó CH-5 realizada por una ETFA, cuyo resultado podrá ser incorporado como señal electrónica al CEMS-MP.
- Los límites para el cumplimiento de chequeos de margen de error diario promedio del CEMS-MP, no podrán desviarse del valor estándar de referencia, en más del 2% del valor de escala superior, para obtener los valores de los chequeos, deberá emplearse las ecuaciones 8 y 9, debiendo entregar los resultados según Tabla 4.

**Tabla 4:**  
**Datos de Ensayo Margen de Error de 7 días para CEMS-MP.**

Margen de error en cero, día N°	Fecha y hora	Valor de chequeo en cero ( $R_L$ )	Respuesta CEMS MP ( $R_{CEM}$ )	Diferencia ( $R_{CEM} - R_L$ )	Margen de error en cero $\left(\frac{R_{CEM} - R_L}{R_U}\right) * 100$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Margen de error en cero, día N°	Fecha y hora	Valor de chequeo en escala superior ( $R_U$ )	Respuesta CEMS MP ( $R_{CEM}$ )	Diferencia ( $R_{CEM} - R_U$ )	Margen de error en cero $\left(\frac{R_{CEM} - R_U}{R_U}\right) * 100$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

En casos que el CEMS-MP disponga de equipos auxiliares, como dilutores o medidores de presión, temperatura y/o humedad, necesarios para determinar las condiciones de medición del CEMS-MP, los chequeos de margen de error deben determinarse separadamente para cada equipo en términos de su respectiva salida, debiendo cumplir cada equipo con los límites de margen de error de 2% especificado individualmente.

#### 6.4.2. ENSAYOS DE CORRELACIÓN

Una vez aprobado el ensayo de ME, el titular de la fuente deberá cumplir y demostrar los resultados que den cuenta de los ensayos de correlación de acuerdo a lo establecido en el PS-11. Para lo cual debe realizar los siguientes modelos de correlación pre-establecidos, para ajustar los valores obtenidos por los equipos: Lineal, Polinomial, Logarítmico, Exponencial y de Potencia, considerando los siguientes criterios:

- Se deberán realizar suficientes ensayos y recoger al menos 15 pares de datos (corridas de medición) del Método de Referencia y del CEMS-MP.
- Es posible descartar hasta 5 series de datos sin justificación, siempre que se obtengan al final, como mínimo, un total de 15 ensayos para el desarrollo de la correlación. (No obstante, el titular deberá informar aquellas corridas de medición descartadas).
- El Método de Referencia a ser utilizado corresponde al método EPA 5 ó CH-5, EPA-5B y si fuera necesario emplear otros métodos para determinar las especificaciones de funcionamiento, se deberá recurrir a los métodos EPA 1, EPA 2, EPA 3 y EPA 4 ó CH-1, CH-2, CH-3, CH-4, u otros que estén debidamente autorizados.
- Es recomendable emplear series pareadas para el Método de Referencia, es decir, 2 muestras por corrida.

- Durante cada ensayo se deben coordinar las operaciones de proceso, muestreo del Método de Referencia y la operación de CEMS-MP, procurando que ambas series del Método de Referencia estén muestreando simultáneamente.
- Se debe coordinar, para los muestreos con el Método de Referencia y la operación del CEMS-MP, las partidas y paradas, para el caso de muestreo por lotes, el Método de Referencia debe partir al mismo tiempo que el CEMS-MP.
- Se debe coordinar y registrar los tiempos para el cambio de puerto u otro período en que el muestreo de referencia se encuentre detenido, con el fin de tomar acciones sobre los datos del CEMS-MP, ajustándolos si fuera necesario.
- Se deberá alinear los períodos de tiempo para el CEMS-MP y el Método de Referencia, con el fin de tomar en cuenta el tiempo de respuesta de CEMS-MP.
- Se debe documentar y mantener el tiempo de respuesta y cualquier cambio de este con posterioridad a la implementación. El tiempo de respuesta el cual es equivalente al tiempo de ciclo para los equipos de muestreo por lote, no debe ser mayor que 15 minutos.
- Las muestras deben ser obtenidas considerando al menos, el 20% de las 15 muestras mínimas, en tres niveles, nivel de concentración cero, nivel de concentración medio y nivel de concentración máxima, los que corresponden a valores entre 0-50, 25-75 y 50-100 por ciento, referidas al valor de máxima concentración de material particulado, se debe intentar obtener los tres niveles de concentración de masa de material particulado, variando las condiciones de operación del proceso, variando las condiciones del dispositivo de control de MP o utilizando adición controlada de MP (spiking), sólo es posible emplear datos individuales a cada nivel, aun cuando los niveles se traslapen.
- Para las unidades duales (petróleo – gas) los valores de nivel de concentración cero podrán ser obtenidas cuando la fuente se encuentre operando con gas natural y los valores de concentración de nivel medio y máxima cuando la fuente se encuentre operando con petróleo diésel.
- En caso de no ser posible obtener los tres niveles anteriores, se deben realizar los ensayos de correlación en el máximo rango de concentración de material particulado que sea práctico para el CEMS-MP y así asegurar que el rango del equipo sea el máximo. Se deberá seguir el siguiente procedimiento:
  - Para instrumentos in-situ, los datos en punto cero, se deberían obtener, en lo posible, quitando el instrumento de la chimenea y monitoreando el aire ambiente en una plataforma de ensayo.
  - Para instrumentos extractivos, los datos en punto cero, se deberán obtener quitando la sonda de la chimenea y apartándola a un ambiente de aire limpio.
  - También, los datos de punto cero, pueden ser obtenidos con el equipo a medir en no operación productiva, sólo con los extractores operando.
  - Si no fuera posible lo anterior, se deberá estimar la respuesta del monitor cuando no hay material particulado en el gas de emisión, por ejemplo  $4 \text{ mA} = 0 \text{ mg/Nm}^3$ .
- Los resultados obtenidos a partir del Método de Referencia, deben ser convertidos a las mismas unidades y condiciones en que el CEMS-MP entrega los resultados, respecto a temperaturas, humedad, presión, condiciones de flujo reales o no, etc.
- Una vez obtenidos los datos de correlación entre el Método de Referencia y el CEMS-MP, se deberá reportar:
  - Los coeficientes de correlación obtenidos, intervalo de confianza e intervalo de tolerancia.
  - Las hojas de datos, cálculo, registros de respuestas del CEMS-MP.
  - Las hojas de registro de datos de proceso, que incluyan los parámetros de operación del control de material particulado.
  - Certificaciones de medios de referencia necesarios del CEMS-MP, para verificar que se cumplió con los requerimientos de funcionamiento.
  - La salida integrada (promedio aritmético), del CEMS-MP, en cada período de ensayo del Método de Referencia.
  - El ajuste de los datos de salidas del CEMS-MP y los datos del ensayo del Método de Referencia al mismo tiempo de reloj, considerando el tiempo de respuesta del CEMS-MP.
  - La consistencia de los resultados del Método de Referencia, con las respuestas del CEMS-MP, respecto de la aplicabilidad, humedad, temperatura, presión y razón de dilución (si aplica).

- Determinar si cualquiera de los resultados del ensayo del Método de Referencia, no cumplen los criterios del método de ensayo.
- Para calcular las concentraciones de material particulado a partir de las respuestas del CEMS-MP, se debe usar el método de mínimos cuadrados (MC). Al realizar los cálculos, cada medición de concentración de material particulado del Método de Referencia, debe ser tratado como un punto de datos discreto, para los casos que usan series de muestras pareadas, no promediar los pares de datos del Método de Referencia para cualquier ejecución de un ensayo.

Para cada modelo desarrollado, según los datos obtenidos del CEMS-MP y de los muestreos de referencia, se deberá determinar la mejor curva del modelo a ser utilizado para ello se dispondrá de 4 criterios:

- a. Comparar los porcentajes del rango medio del intervalo de confianza, tolerancia y el coeficiente de correlación, según los criterios de funcionamiento, consistentes con las unidades de medición, humedad, temperatura, de operación, etc., convirtiendo las unidades de medición del Método de Referencia a las unidades de medición del CEMS-MP. Contemplar la exclusión de datos erróneos justificadamente y el volumen medido, si correspondiera. Para usar el modelo Polinomial se deben tener en consideración otros aspectos que establece el PS-11.
- b. Se debe optar a la curva con mayor coeficiente de correlación, si fuera posible y se desarrollará más de una curva, teniendo cuidado de verificar otros aspectos en caso de probar con el modelo Polinomial.
- c. En un modelo Polinomial, se deberá determinar la ocurrencia de máximos y mínimos, si el valor mínimo de la curva de correlación es menor o igual al valor mínimo de la respuesta del CEMS-MP, es posible utilizar el modelo Polinomial, aplicado en conjunto con el cumplimiento de lo indicado en las letras a) y b), en caso contrario no. Si la curva de correlación Polinomial, tiene un máximo, el máximo valor debe ser superior al límite de extrapolación permitido para ser empleado como modelo admisible, este criterio se debe aplicar en conjunto con los criterios indicados en las letras a y b, precedentes.
- d. El titular podrá proponer a la Superintendencia para su aprobación, soluciones alternativas, que se sustenten con alguna metodología de referencia.

#### 6.4.3. MANEJO Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS RECOLECTADOS DEL CEMS-MP

Para el manejo y tratamiento de las corridas de medición recolectadas a través del Método de Referencia y el CEMS-MP, se deberá utilizar la planilla de cálculo de correlaciones y QA elaborada por la EPA, "**PS-11 CT calcs-ver2-6.xls**"<sup>21</sup>, la cual incorpora todos los cálculos definidos para evaluar y determinar la mejor correlación en base a los datos recolectados. La planilla de cálculo estará disponible en el sitio web de la Superintendencia.

El informe de resultados deberá dar cuenta del uso de la planilla PS-11 CT para efectos de obtener la respectiva curva de correlación, no obstante, la adulteración o modificación parcial o total de esta planilla de cálculo podrá ser causal de rechazo del ensayo de correlación por parte de esta Superintendencia.

<sup>21</sup> Desarrollada por el Sr. Dan Bivins, experto, Emission Measurement Center, US-EPA.

#### 6.4.4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA CORRELACIÓN

El titular de la fuente, deberá demostrar la aceptabilidad de la correlación que haya seleccionado para representar los datos de emisión bajo los siguientes criterios:

- Cualquiera sea la correlación seleccionada para representar los datos de la emisión, deberá cumplir con un coeficiente de correlación mínimo de 0,85 para fuentes de emisión alta, esto es, fuentes que superan el valor del 50% de la norma, meta de emisión o emisión anual permitida.
- Para fuentes de baja emisión, esto es que cumplen la norma con holgura, bajo el 50% de la norma, meta de emisión o emisión anual permitida, el coeficiente de correlación debe ser, al menos de 0,75.

El rango medio del intervalo de confianza, debe cumplir con los siguientes criterios:

- **Para correlaciones Lineales o Logarítmicas:** El rango medio del intervalo de confianza del 95%, al valor de respuesta medio del CEMS-MP del ensayo de correlación, debe estar dentro del 10% del valor límite de emisión de MP especificado en la regulación aplicable. Además, el %CI usando la ecuación N°20 de este Protocolo debe ser menor que o igual a 10%.
- **Para correlaciones Polinomiales:** El rango medio del intervalo de confianza del 95%, al valor de respuesta medio del CEMS-MP del ensayo de correlación que corresponda al valor mínimo para Delta ( $\Delta$ ), debe estar dentro del 10% del valor límite de emisión de MP especificado en la regulación aplicable. Además, el %CI usando la ecuación N° 40 de este Protocolo debe ser menor o igual a 10%.
- **Para correlaciones Exponenciales o de Potencia:** El rango medio del intervalo de confianza del 95%, al valor de respuesta mediano del CEMS-MP del ensayo de correlación, debe estar dentro del 10% del valor límite de emisión de MP especificado en la regulación aplicable. Además, el %CI usando la ecuación N° 20 de este Protocolo, debe ser menor o igual a 10%.

El rango medio del intervalo de tolerancia, debe cumplir con los siguientes criterios:

- **Para correlaciones Lineales o Logarítmicas:** El rango medio del intervalo de tolerancia al valor medio de respuesta del CEMS-MP, del ensayo de correlación, debe tener un 95% de confianza de que el 75% de todos los posibles valores está dentro del 25% del valor límite de emisión de MP especificado en la regulación aplicable. Además, el TI% usando la ecuación N°23 de este Protocolo, debe ser menor que o igual a 25%.
- **Para correlaciones Polinomiales:** El rango medio del intervalo de tolerancia al valor de respuesta del CEMS-MP del ensayo de correlación correspondiente al valor mínimo para Delta ( $\Delta$ ), debe tener un 95% de confianza de que el 75% de todos los posibles valores está dentro del 25% del valor límite de emisión de MP especificado en la regulación aplicable. Además, el TI% usando la ecuación N° 44 de este Protocolo, debe ser menor que o igual a 25%.
- **Para las correlaciones exponenciales o potencia:** El rango medio de intervalo de tolerancia del 95% de confianza y 75 por ciento de cobertura al valor medio del logaritmo de valores de respuesta del CEMS-MP para la prueba de correlación deben estar dentro de 25% por ciento del valor límite de emisión MP especificado en la regulación aplicable. además, el %Ti usando la ecuación 23 debe ser menor que o igual a 25%.

Para el caso del porcentaje de tolerancia del rango medio, los criterios son similares a los del intervalo de confianza, considerando que el 75% de los valores posibles deben estar dentro del 25%.

#### 6.4.5. EXTRAPOLACIÓN DE LA CORRELACIÓN

Los datos que se recogen durante los ensayos de correlación, deberán ser representativos del rango total de condiciones de operación normales en la fuente. Se deberán realizar ensayos de correlación adicionales si alguna de las siguientes condiciones ocurre:

- (I) **Si la fuente es de baja emisión** (según lo definido en el numeral 32 del anexo I de este Protocolo), se deberán realizar ensayos de correlación adicionales, mientras la fuente opera bajo condiciones normales:
  - Si la fuente genera respuestas promedio del CEMS-MP durante 24 horas consecutivas **superiores al 125% de la más alta respuesta del CEMS-MP**, (ejemplo, lectura en mA) usada para la curva de correlación o son mayores que la respuesta del CEMS-MP correspondiente al **50% del límite de emisión**, lo que sea mayor, o
  - Si las respuestas promedio del CEMS-MP acumulativas de periodos de una hora generadas por la fuente son **superiores al 125% de la respuesta más alta del CEMS-MP** usada para la curva de correlación o son superiores que la respuesta del CEMS-MP que corresponde al **50% del límite de emisión**, lo que sea mayor por más del 5% de las horas de operación de su CEMS-MP durante el periodo de 30 días previos.
  
- (II) **Si la fuente no es de baja emisión**, se deberán realizar ensayos de correlación adicionales si cualquiera de los eventos siguientes ocurre mientras la fuente está operando bajo condiciones normales.
  - Si la fuente genera respuestas promedio del CEMS-MP durante 24 horas consecutivas, **superiores al 125% de la más alta respuesta del CEMS-MP** (ejemplo, lectura en mA) usada para la curva de correlación, o
  - Si las respuestas promedio del CEMS-MP acumulativas de periodos de una hora generadas por la fuente son **superiores al 125% de la respuesta más alta del CEMS-MP** usada para la curva de correlación, por más del 5% de las horas de operación de su CEMS-MP durante el periodo de 30 días previo.
  - De lo anterior, si se requieren ensayos de correlación adicionales, se deben realizar **al menos tres de estos, bajo las condiciones que causaron la respuesta elevada del CEMS-MP**.
  - Se debe completar los ensayos adicionales y usar los nuevos datos resultantes en conjunto con los datos anteriores para calcular una ecuación de correlación revisada dentro de 60 días después de la ocurrencia del evento que requiere de ensayos adicionales.
  - Finalmente, si la fuente genera respuestas cada 1 hora consecutivas, superiores al 125% de la más alta respuesta del CEMS-MP usada para desarrollar la curva de correlación por 24 horas o por un periodo acumulativo que supere el 5% de las horas de operación del CEMS-MP para los 30 días previos, se debe reportar la razón para las respuestas elevadas del CEMS-MP.

## 7. FORMULAS APLICABLES A LOS ENSAYOS DE VALIDACIÓN

### 7.1. ENSAYOS DE VALIDACIÓN CEMS DE GASES (DC, EL Y ER)

Las ecuaciones necesarias para la ejecución de los ensayos señalados en los numerales 6.1.1, 6.1.2 y 6.1.3 serán las que se señalan a continuación.

Siendo:

**DC:** Porcentaje de Desviación de la Calibración

**R:** Valor del Gas de Referencia para Cero o Alto Nivel

**A:** Respuesta del CEMS al gas de calibración (o promedio de respuesta en el caso de la linealidad)

**S:** Valor del Span del Instrumento

**EL:** Error de linealidad

**ER:** Exactitud relativa

**RCEM:** Respuesta del Sistema de Monitoreo Continuo

**MR:** Respuestas del Método de Referencia

**n:** Número de puntos de datos (corridas)

**d:** Media aritmética de las diferencias

#### Ecuación 1

$$DC = \frac{|R - A|}{S} * 100$$

#### Ecuación 2

$$DC = |R - A|$$

#### Ecuación 3

$$EL = \frac{|R - A|}{R} * 100$$

#### Ecuación 4

$$EL = |R - A|$$

#### Ecuación 5

$$ER = \frac{(|\bar{d}| + |CC|)}{MR} * 100$$

**Dónde:**

$t_{0,025}$  = coeficiente de la distribución t (Student) según la Tabla 5 de coeficiente de confianza para  $t_{0,025}$

$$di = MRi - RCEMi$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di$$

$$CC = t_{0,025} \frac{Sd}{\sqrt{n}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di^2 - \left[ \frac{(\sum_{i=1}^n di)^2}{n} \right]}{n - 1}}$$

**Tabla 5:**  
**Coficiente de Confianza para t<sub>0,025</sub>**

n-1	t <sub>0,025</sub>	n-1	t <sub>0,025</sub>
8	2,306	14	2,145
9	2,262	15	2,131
10	2,228	16	2,120
11	2,201	17	2,110
12	2,179	18	2,101
13	2,160	19	2,093

**Ecuación 6**

$$ER = |\overline{RCEM} - \overline{MR}|$$

**Ecuación 7**

$$ER = |\bar{d}|$$

## 7.2. ENSAYOS DE VALIDACIÓN CEMS-MP (ME Y CORRELACIONES)

### 7.2.1. MARGEN DE ERROR EN ESCALA SUPERIOR (ES)

**Ecuación 8**

$$ES = \left| \frac{R_{CEM} - R_U}{R_U} \right| * 100$$

**Dónde:**

$R_{CEM}$  = Respuesta del CEMS-MP al estándar de referencia de escala superior.

$R_U$  = Valor numérico preestablecido del estándar de referencia de escala superior.

### 7.2.2. MARGEN DE ERROR EN CERO (EC)

**Ecuación 9**

$$EC = \left| \frac{R_{CEM} - R_L}{R_U} \right| * 100$$

**Dónde:**

$R_{CEM}$  = Respuesta del CEMS-MP al estándar de referencia en Cero.

$R_L$  = Valor numérico preestablecido del estándar de referencia en Cero.

$R_U$  = Valor numérico preestablecido del estándar de referencia de escala superior.

### 7.3. ENSAYOS DE CORRELACIONES

Para calcular los máximos y mínimos de una ecuación Polinomial se utiliza:

**Ecuación 10**

$$\text{Máximo o mínimo} = - \frac{b_1}{2 * b_2}$$

Para estimar las concentraciones de material particulado a partir de las respuestas de CEMS-MP se deberá emplear el método de los mínimos cuadrados. Para realizar los cálculos, cada medición de concentración de material particulado del Método de Referencia, EPA 5 o CH-5, debe ser tratado como un punto de datos discreto, en caso de realizar mediciones pareadas del Método de Referencia, deberán ser tratadas en forma separada.

A continuación, se describen los procedimientos para desarrollar cinco modelos de correlación, a saber: **Lineal, Polinomial, Logarítmico, Exponencial y de Potencia.**

#### 7.3.1. CORRELACIÓN LINEAL

Para calcularla se deberán seguir las siguientes ecuaciones:

Calcular la ecuación lineal de correlación en la forma de la ecuación 11, donde ( $\hat{y}$ ) representa la concentración estimada de material particulado, como una función de la respuesta del CEMS-MP ( $x$ ), como sigue:

**Ecuación 11**

$$\hat{y} = b_0 + b_1 * x$$

**Donde:**

$\hat{y}$  = Concentración estimada de material particulado.

$b_0$  = Intercepto para la curva de correlación, calculado según ecuación 12.

$b_1$  = Pendiente de la curva de correlación, calculado según ecuación 15.

$x$  = Valor de respuesta del CEMS-MP.

Considerando:

**Ecuación 12**

$$b_0 = \bar{y} - b_1 * \bar{x}$$

**Donde:**

$\bar{x}$  = Promedio de las respuestas del CEMS-MP según ecuación 13.

$\bar{y}$  = Promedio de los valores de material particulado según ecuación 14.

**Ecuación 13**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i$$

**Ecuación 14**

$$\bar{y} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n y_i$$

**Donde [para Ecuaciones 13 y 14]:**

$x_i$  = Valor de respuesta del CEMS-MP para el ensayo  $i$ .



$y_i$  = Valor de concentración de material particulado para el ensayo  $i$ .  
 $n$  = Número de puntos de datos.

Se debe calcular el valor de  $b_1$ , de acuerdo a:

**Ecuación 15**

$$b_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

**Dónde:**

$S_{xx}$  y  $S_{xy}$  se calculan de acuerdo a las ecuaciones 16 y 17, respectivamente, según:

**Ecuación 16**

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

**Ecuación 17**

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y}))$$

Para determinar el rango medio del intervalo de confianza del 95% (IC) para la concentración estimada de material particulado ( $\bar{y}$ ), al valor medio de ( $x$ ), se empleará la ecuación 18, de acuerdo a:

**Ecuación 18**

$$IC = t_{df, 1-a/2} * S_L * \sqrt{\frac{1}{n}}$$

**Dónde:**

IC = Rango medio para el intervalo de confianza de 95% para el valor medio de (X).

$t_{df, 1-a/2}$  = Valor para t estadístico entregado en la Tabla 7, para  $df = n-2$

$S_L$  = La dispersión o desviación de los valores de  $\hat{y}$  alrededor de la curva de correlación, el que se calcula según ecuación 19.

**Ecuación 19**

$$S_L = \sqrt{\frac{1}{n-2} * \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

Para determinar el porcentaje del intervalo de confianza de 95%, respecto al cumplimiento, se deberá utilizar la ecuación 20, de acuerdo a:

**Ecuación 20**

$$IC\% = \frac{IC}{LE} * 100\%$$

**Dónde:**

IC = Rango medio para el intervalo de confianza de 95% para el valor medio de X.

LE = Límite de emisión de material particulado, según la normativa vigente.

Para determinar el rango medio del intervalo de tolerancia (IT) al valor medio de (X), se debe emplear la ecuación 21, de acuerdo a:

### Ecuación 21

$$IT = kt * SL$$

**Dónde:**

IT = Rango medio del intervalo de tolerancia al valor medio de (X).

kt = calculado según ecuación 22.

SL = calculado según ecuación 19.

### Ecuación 22

$$k_t = u_{n'} * v_{df}$$

**Considerando:**

n' = El número de ensayos (n)

u<sub>n'</sub> = Factor de tolerancia para el 75%, dado en la Tabla 7.

v<sub>df</sub> = valor de la Tabla 7 para df = n-2

Para determinar el valor medio del Intervalo de Tolerancia, al valor medio de X, como porcentaje respecto al cumplimiento, se deberá utilizar la ecuación 23, de acuerdo a:

### Ecuación 23

$$IT\% = \frac{IT}{LE} * 100\%$$

**Dónde:**

IT = Rango medio del intervalo de tolerancia al valor medio de (X).

LE = Límite de emisión de material particulado, según la normativa vigente.

Para determinar el coeficiente de correlación lineal, se debe emplear la ecuación 24:

### Ecuación 24

$$r = \sqrt{1 - \frac{S_L^2}{S_y^2}}$$

**Dónde:**

S<sub>L</sub> = Calculado según ecuación 19

S<sub>y</sub> = Calculado según ecuación 25

Considerando:

### Ecuación 25

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

### 7.3.2. CORRELACIÓN POLINOMIAL

Para calcularla se deberán seguir las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación 26

$$\hat{y} = b_0 + b_1 * x + b_2 * x^2$$

**Dónde:**

$\hat{y}$  = concentración estimada de material particulado dada por la ecuación de correlación.

$x$  = Valor de respuesta del CEMS – MP

$b_0, b_1, b_2$  = Coeficientes determinados de la solución a la ecuación matricial dada por:

$$A * b = B$$

**Dónde:**

#### Ecuación 27

$$A = \begin{bmatrix} n & S_1 & S_2 \\ S_1 & S_2 & S_3 \\ S_2 & S_3 & S_4 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} S_5 \\ S_6 \\ S_7 \end{bmatrix}$$

**Dónde:**

#### Ecuación 28

$$S_1 = \sum_{i=1}^n (x_i), \quad S_2 = \sum_{i=1}^n (x_i^2), \quad S_3 = \sum_{i=1}^n (x_i^3), \quad S_4 = \sum_{i=1}^n (x_i^4),$$

#### Ecuación 29

$$S_5 = \sum_{i=1}^n (y_i), \quad S_6 = \sum_{i=1}^n (x_i * y_i), \quad S_7 = \sum_{i=1}^n (x_i^2 * y_i).$$

**Teniendo en cuenta que:**

$x_i$  = la respuesta del CEMS – MP para el ensayo  $i$ .

$y_i$  = concentración de material particulado del Método de Referencia para el ensayo  $i$ .

$n$  = Número de ensayos

Por otro lado, los coeficientes determinados de la solución de la ecuación Polinomial, se obtienen según:

#### Ecuación 30

$$b_0 = \frac{(S_5 * S_2 * S_4 + S_1 * S_3 * S_7 + S_2 * S_6 * S_3 - S_7 * S_2 * S_2 - S_3 * S_3 * S_5 - S_4 * S_6 * S_1)}{\det A}$$

#### Ecuación 31

$$b_1 = \frac{(n * S_6 * S_4 + S_5 * S_3 * S_2 + S_2 * S_1 * S_7 - S_2 * S_6 * S_2 - S_7 * S_3 * n - S_4 * S_1 * S_5)}{\det A}$$

#### Ecuación 32

$$b_2 = \frac{(n * S_2 * S_7 + S_1 * S_6 * S_2 + S_5 * S_1 * S_3 - S_2 * S_2 * S_5 - S_3 * S_6 * n - S_7 * S_1 * S_1)}{\det A}$$

Considerando que  $\det A$  se calcula, según:

**Ecuación 33**

$$\det A = n * S_2 * S_4 - S_2 * S_2 * S_2 + S_1 * S_3 * S_2 - S_3 * S_3 * n + S_2 * S_1 * S_3 - S_4 * S_1 * S_1$$

Para determinar el rango medio del intervalo de confianza (IC), se deben obtener los coeficientes  $C_i$  ( $C_0$  al  $C_5$ ), los que se calculan, según:

**Ecuación 34**

$$C_0 = \frac{(S_2 * S_4 - S_3^2)}{D}, C_1 = \frac{(S_3 * S_2 - S_1 * S_4)}{D}, C_2 = \frac{(S_1 * S_3 - S_2^2)}{D}$$

**Ecuación 35**

$$C_3 = \frac{(n * S_4 - S_2^2)}{D}, C_4 = \frac{(S_1 * S_2 - n * S_3)}{D}, C_5 = \frac{(n * S_2 - S_1^2)}{D}$$

Donde D, corresponde a:

**Ecuación 36**

$$D = n * (S_2 * S_4 - S_3^2) + S_1 * (S_3 * S_2 - S_1 * S_4) + S_2 * (S_1 * S_3 - S_2^2)$$

Determine  $\Delta$ , usando la ecuación 37, para cada valor de x, según:

**Ecuación 37**

$$\Delta = C_0 + 2 * C_1 * x + (2 * C_2 + C_3) * x^2 + 2 * C_4 * x^3 + C_5 * x^4$$

Determine el valor de x, correspondiente al mínimo valor de  $\Delta$ , esto es  $\Delta_{\min}$ , luego se calcula la dispersión o desviación ( $S_P$ ) de los valores de  $\hat{y}$  alrededor de la curva de correlación polinomial, de acuerdo a la expresión siguiente:

**Ecuación 38**

$$S_P = \sqrt{\frac{1}{n-3} * \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

Determinar el rango medio del intervalo de confianza del 95% (IC) al valor de x correspondiente a  $\Delta_{\min}$ , usando la ecuación 39 según:

**Ecuación 39**

$$IC = t_{df} * S_P * \sqrt{\Delta_{\min}}$$

Dónde:

$$df = n - 3$$

$t_{df}$  = obtenido de Tabla 7

Luego, para determinar el rango medio del intervalo de confianza al valor de x correspondiente a  $\Delta_{\min}$ , como un porcentaje del límite de emisión (IC%), se emplea la ecuación 40, según:

**Ecuación 40**

$$IC\% = \frac{IC}{LE} * 100\%$$

**Dónde:**

IC = Rango medio del intervalo de confianza al valor de (X), correspondiente a  $\Delta_{min}$ .

LE = Límite de emisión de material particulado, según la normativa vigente.

Para determinar el rango medio del intervalo de tolerancia al valor (X), correspondiente a  $\Delta_{min}$ , se debe utilizar:

**Ecuación 41**

$$IT = k_T * S_p$$

**Dónde:**

**Ecuación 42**

$$k_T = u_{n'} * v_{df}$$

Y con:

**Ecuación 43**

$$n' = \frac{1}{\Delta_{min}}$$

**Para:**

$u_{n'}$  = Valor indicado en Tabla 7.

$v_{df}$  = Valor indicado en Tabla 7 para  $df = n-3$ , si el valor de  $n$  es menor que 2, entonces  $n = 2$ .

Para determinar el rango medio del intervalo de tolerancia al valor de (X), correspondiente a  $\Delta_{min}$ , como porcentaje del límite de emisión, se debe utilizar:

**Ecuación 44**

$$IT\% = \frac{IT}{LE} * 100\%$$

**Dónde:**

IT = Rango medio del intervalo de tolerancia al valor medio de (X).

LE = Límite de emisión de material particulado, según la normativa vigente, correspondiente a  $\Delta_{min}$ .

Para determinar el coeficiente de la correlación polinomial, se debe emplear la ecuación 45, según:

**Ecuación 45**

$$r = \sqrt{1 - \frac{S_p^2}{S_y^2}}$$

**Dónde:**

$S_p$  = Calculado a través de la ecuación 38

$S_y$  = Calculado a través de la ecuación 25

### 7.3.3. CORRELACIÓN LOGARÍTMICA

Para calcularla se deberán seguir las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación 46

$$\hat{y} = b_0 + b_1 * \text{Ln}(x)$$

Y considerar la transformación de los valores de respuesta del CEMS-MP, esto es (X), usando la ecuación 47, como sigue:

#### Ecuación 47

$$x'_i = \text{Ln}(x_i)$$

**Dónde:**

$x'_i$  = Es el valor transformado de  $x_i$ .

$\text{Ln}(x_i)$  = Es el logaritmo natural de la respuesta del CEMS-MP para el ensayo  $i$ .

Luego, usando los valores para  $x'_i$ , en lugar de los valores para  $x_i$ , se deben ejecutar los mismos cálculos descritos para desarrollar la ecuación de correlación descrita en 7.3.1, quedando la ecuación resultante en la forma:

#### Ecuación 48

$$\hat{y} = b_0 + b_1 * x'$$

**Dónde:**

$x'$  = Es el logaritmo natural de la respuesta del CEMS-MP  $x_i$ , y las variables  $\hat{y}$ ,  $b_0$ ,  $b_1$  son calculadas según 7.3.1.

Usando los valores de  $x'_i$  en lugar de los  $x_i$ , se calcula el rango medio del intervalo de confianza al valor medio de  $x'_i$  como un porcentaje del límite de emisión (IC%), el rango medio del intervalo de tolerancia al valor medio de  $x'_i$  como un porcentaje del límite de emisión (IT%), y el coeficiente de correlación ( $r$ ), usando en los procedimientos descritos en 7.3.1.

### 7.3.4. CORRELACIÓN EXPONENCIAL

Para calcularla se deberán seguir las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación 49

$$\hat{y} = b_0 e^{b_1 x}$$

Se deberá ejecutar una transformación logarítmica de cada medición de material particulado (valores  $y_i$ ), según:

#### Ecuación 50

$$y'_i = \text{Ln}(y_i)$$

**Dónde:**

$y'_i$  = es el valor transformado de  $y_i$ .

$\text{Ln}(y_i)$  = es el logaritmo natural de la medición de concentración de material particulado para el ensayo  $i$ .

Luego, usando los valores de  $y'_i$  en lugar de los valores de  $y_i$ , realizar los mismos procedimientos usados para desarrollar la ecuación de correlación lineal descrita en 7.3.1, la ecuación resultante tendrá la forma de la ecuación 51, de acuerdo a:

**Ecuación 51**

$$\hat{y}' = b'_0 + b_1x$$

**Dónde:**

$\hat{y}'$  = el logaritmo del valor de concentración de MP estimado.

$b'_0$  = el logaritmo natural de  $b_0$ , y las variables  $b_0$ ,  $b_1$ , y  $x$  son determinados como en 7.3.1. Usando los valores de  $y'_i$  en lugar de los valores de  $y_i$ , calcule el rango medio del intervalo de confianza del 95% (CI') como se describe en la fórmula N° 18 de este Protocolo<sup>22</sup>.

Luego calcule el valor superior (UCL') e inferior (LCL') del 95% del límite de confianza para el valor medio  $\underline{y}'$  usando la ecuación 52 y 53:

**Ecuación 52**

$$LCL' = \underline{y}' - CI'$$

**Ecuación 53**

$$UCL' = \underline{y}' + CI'$$

**Dónde:**

LCL' = el límite menor de confianza del 95% para el valor medio  $\underline{y}'$ .

UCL' = el límite mayor de confianza del 95% para el valor medio de  $\underline{y}'$ .

$\underline{y}'$  = el valor medio del logaritmo transformado de concentración de MP y

CI' = El rango medio del intervalo de confianza del 95% para la concentración estimada de MP ( $\hat{y}'$ ) calculado según ecuación 18.

Calcular el rango medio del intervalo de confianza del 95% (CI) usando la ecuación 54.

**Ecuación 54**

$$CI = \frac{e^{UCL'} - e^{LCL'}}{2}$$

**Dónde:**

CI = El rango medio del intervalo de confianza del 95%

Calcule el rango medio del intervalo de confianza del 95% para el valor previsto de MP correspondiente al valor medio de  $x$  como un porcentaje del límite de emisión (CI%) usando la ecuación 20.

Usando los valores de  $y'_i$  en lugar de los valores de  $y_i$ , calcule el rango medio del intervalo de tolerancia (TI') como se describe en la fórmula N° 23 de este Protocolo<sup>23</sup>. Luego calcule el rango medio del límite de tolerancia al valor medio de  $\underline{y}'$  usando la ecuación 55 y 56:

**Ecuación 55**

$$LTL' = \underline{y}' - TI'$$

<sup>22</sup> El CI' está en escala logarítmica.

<sup>23</sup> El TI' está en escala logarítmica.

**Ecuación 56**

$$UTL' = \underline{y'} + TI'$$

**Dónde:**

LTL' = el 95 por ciento más bajo del límite de tolerancia para el valor medio  $y'$

UTL' = el 95 por ciento superior del límite de tolerancia para el valor medio  $y'$

$\underline{y'}$  = el valor medio de la transformación logarítmica de las concentraciones de MP

TI' = el rango medio del intervalo de tolerancia del 95 por ciento de la concentración MP estimada ( $\hat{y}'$ ). Calculada con la ecuación N° 21 de este Protocolo.

Calcular el rango medio del intervalo de tolerancia (TI) en la escala original de concentración de MP, usando la ecuación 57:

**Ecuación 57**

$$TI = \frac{e^{UTL'} - e^{LTL'}}{2}$$

**Dónde:**

TI = el rango medio del intervalo de tolerancia del 95 por ciento en la escala original de concentración de MP.

Calcule el rango medio del intervalo de tolerancia para predecir la concentración de MP correspondiente al valor medio de X como porcentaje del límite de emisión (TI%) usando la ecuación N° 23.

Para determinar el coeficiente de correlación ( $r$ ), emplee los valores para  $y'_i$  en el lugar de los valores para  $y_i$ , usando los procedimientos descritos en 7.3.1, usando la ecuación 24.

**7.3.5. CORRELACIÓN DE POTENCIA**

Para calcularla se deberán seguir las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 58**

$$\hat{y} = b_0 * x^{b_1}$$

Realizar las transformaciones logarítmicas de cada respuesta del CEMS-MP (valores x) y cada concentración medida de MP (valores y) usando las ecuaciones 47 y 50.

Usando los valores para  $x'_i$  en lugar de los valores de  $x_i$  y los valores para  $y'_i$  en lugar de los valores de  $y_i$ , realizar el mismo procedimiento usado para desarrollar la ecuación de correlación lineal, la ecuación resultante tendrá la siguiente forma:

**Ecuación 59**

$$\hat{y}' = b'_0 + b_1 * x'$$

**Dónde:**

$\hat{y}'$  = Valor logarítmico de la concentración de MP predictiva.

$x'$  = El logaritmo natural de los valores de respuesta del MP CEMS

$b'_0$  = El logaritmo natural de  $b_0$  y las variables  $b_0$ ,  $b_1$  y  $x$  son definidas en el punto 7.3.1

Utilizando el mismo procedimiento descrito para los modelos exponenciales de esta sección, calcular (i) el rango medio del intervalo de confianza del 95 por ciento de la concentración MP estimada correspondiente al valor medio de  $x'$  como un porcentaje del límite de emisión; y (ii) el rango medio del intervalo de tolerancia para la concentración MP estimada correspondiente al valor medio de  $x'$  como un porcentaje del límite de emisión.



Usando los valores de  $y_i$  en lugar de los valores de  $y$ , calcular el coeficiente de correlación ( $r$ ) usando la ecuación 24.

#### 7.4. DETERMINACIÓN DE EMISIONES EN MASA

En los casos de requerirlo, se define el siguiente procedimiento para determinar flujos de emisión, utilizando los datos recolectados por el Sistema de Monitoreo Continuo.

El valor de concentración, que en el caso de los gases se obtiene en unidades de ppm, se debe convertir a la unidad de  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , la que se obtendrá mediante el producto entre los ppm medidos y el factor correspondiente al parámetro señalado en la Tabla 6. Obtenido el valor horario de la concentración en masa y el valor del flujo de gases horarios en base seca, se debe determinar el valor de emisión horaria mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 62**

$$\text{Emisión (kg/h)} = \frac{\text{Concentración (mg/m}^3 \text{ N)} * \text{Caudal (m}^3 \text{ N/h)}}{1000000}$$

Donde el caudal está en base seca y normalizado a 25°C y una atmósfera de presión.  
Calculando la emisión diaria de la siguiente forma:

**Ecuación 63**

$$\text{Emisión diaria (kg/día)} = \sum_{\text{hora}=1}^{\text{hora}=24} \text{Emisión horaria (kg/h)}$$

Y la emisión anual:

**Ecuación 64**

$$\text{Emisión anual (Ton/año)} = \sum_{\text{hora}=1}^{\text{hora}=8760} \text{Emisión horaria (kg/h)}/1000$$

**Tabla 6:**  
**Factores de conversión de concentración**

Parámetro	Factor de conversión de ppm a $\text{mg}/\text{Nm}^3$
SO <sub>2</sub>	2,617
NO <sub>2</sub>	1,881
CO	1,144

En los casos de requerir la corrección de los valores de concentración de los gases por la concentración de oxígeno, según el porcentaje aplicable, se podrá utilizar la siguiente ecuación. La ecuación muestra un ejemplo de corrección de concentración (ppm) al 6% de oxígeno.

**Ecuación 65**

$$\text{ppm (corregido)} = \text{ppm (no corregido)} * \frac{20,9\% - 6,0\%}{[20,9\% - \% \text{O}_2 \text{ (seco)}]}$$

Para los casos que aplique la corrección de los valores por Humedad (%Bws), se corrige el muestreo húmedo con el contenido de humedad medido con el Método de Referencia EPA 4 ó CH-4. Cada serie de muestreo húmedo del CEMS se corrige utilizando la información correspondiente del monitor de humedad del CEMS según la siguiente ecuación:

**Ecuación 66**

$$\text{Concentración en ppm o \% (seca)} = \frac{\text{concentración en ppm o \% (húmeda)}}{\left(1 - \left(\frac{\%BWS}{100}\right)\right)}$$

Para determinar el porcentaje de disponibilidad de horas válidas de un CEMS, utilizar la siguiente ecuación.

**Ecuación 67**

$$\text{Porcentaje de horas de datos válidos} = \frac{\text{total de horas con datos válidos en el período acumulado}}{\text{total de horas acumuladas}} * 100$$

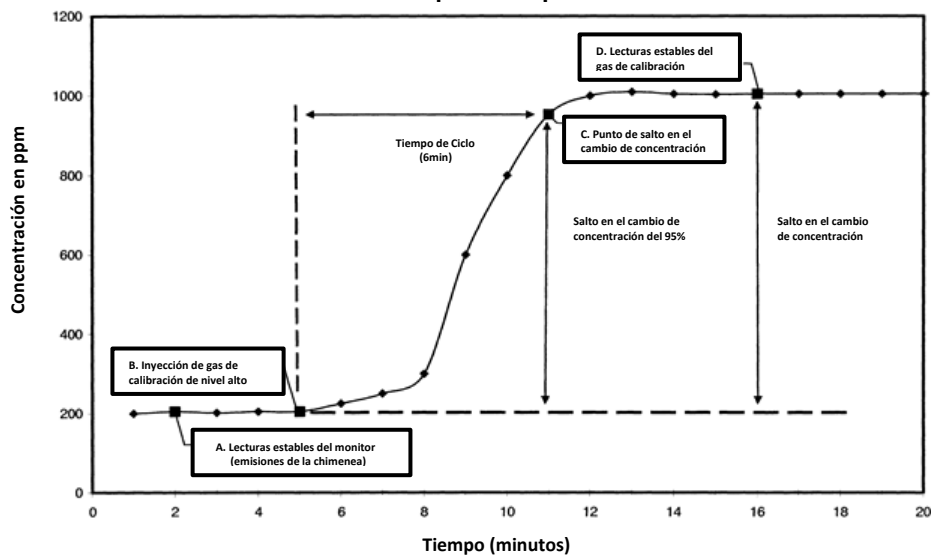
**Tabla 7:**  
**Factores para calcular el coeficiente de confianza  $t_{0,0025}$  y los rangos medios**  
**Para intervalos de Confianza y Tolerancia.**

<i>df o n° o (n-1)</i>	<i>t<sub>df</sub> o t<sub>0,0025</sub></i>	<i>V<sub>df</sub></i>	<i>U<sub>n</sub> (75)</i>
2	4,303	4,415	1,433
3	3,182	2,920	1,340
4	2,776	2,372	1,295
5	2,571	2,089	1,266
6	5,447	1,915	1,247
7	2,365	1,797	1,223
8	2,306	1,711	1,223
9	2,262	1,645	1,214
10	2,228	1,593	1,208
11	2,201	1,551	1,203
12	2,179	1,515	1,199
13	2,160	1,485	1,195
14	2,145	1,460	1,192
15	2,131	1,437	1,189
16	2,120	1,418	1,187
17	2,210	1,400	1,185
18	2,101	1,385	1,183
19	2,093	1,370	1,181
20	2,086	1,358	1,179
21	2,080	1,346	1,178
22	2,074	1,335	1,177
23	2,069	1,326	1,175
24	2,064	1,317	1,174
25	2,060	1,308	1,173
26	2,056	1,301	1,172
27	2,052	1,294	1,172
28	2,048	1,287	1,171
29	2,045	1,281	1,171
30	2,042	1,274	1,170
31	2,040	1,269	1,169
32	2,037	1,264	1,169
33	2,035	1,258	1,168
34	2,032	1,253	1,168
35	2,030	1,248	1,167
36	2,028	1,244	1,167
37	2,026	1,240	1,166
38	2,025	1,236	1,166
39	2,023	1,232	1,165
40	2,021	1,228	1,165
41	2,020	1,225	1,165
42	2,018	1,222	1,164
43	2,017	1,219	1,164
44	2,015	1,216	1,163
45	2,014	1,213	1,163

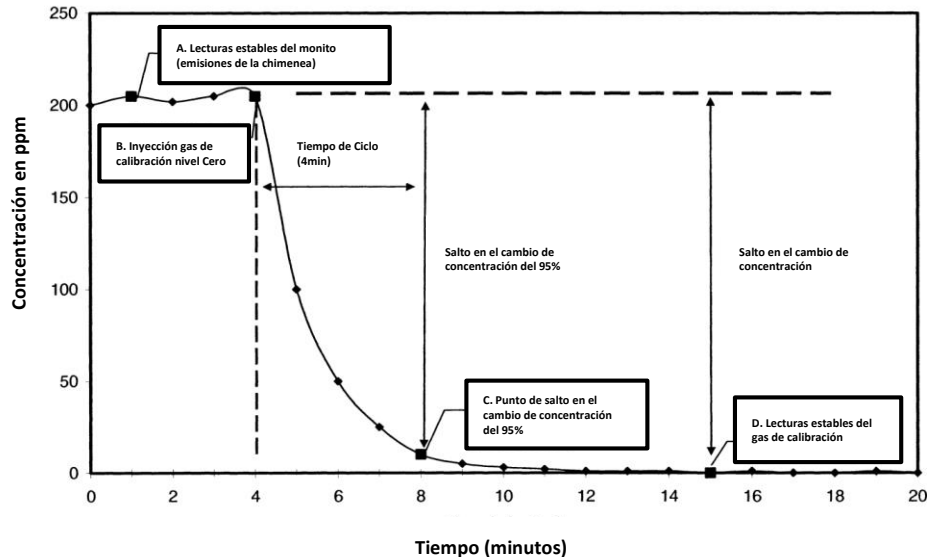
$df$ o $n' o (n-1)$	$t_{df}$ o $t_{0,0025}$	$V_{df}$	$U_n \cdot (75)$
46	2,013	1,210	1,163
47	2,012	1,207	1,163
48	2,011	1,205	1,162
49	2,010	1,202	1,162
50	2,009	1,199	1,162
51	2,008	1,197	1,162
52	2,007	1,194	1,162
53	2,006	1,191	1,161
54	2,005	1,189	1,161
55	2,005	1,186	1,161
56	2,004	1,183	1,161
57	2,003	1,181	1,161
58	2,002	1,178	1,160
59	2,001	1,176	1,160
60	2,000	1,173	1,160
61	2,000	1,170	1,160
62	1,999	1,168	1,160
63	1,999	1,165	1,159

**Figura 2:**  
Ejemplos para la determinación del tiempo de respuesta o de ciclo,

**a. Prueba del tiempo de respuesta del nivel alto**



**b. Prueba del tiempo de respuesta del nivel Cero**



- Para determinar el tiempo de ciclo de nivel alto (Figura 2 a), medir las emisiones de gases de combustión hasta que la respuesta se estabilice. Registre el valor estabilizado.
- Se inyecta un gas de calibración de nivel alto en el puerto que lleva a la celda de calibración (punto B), permitir que el analizador se estabilice. Registre el valor estabilizado.
- Determine el punto de salto en el cambio de concentración. El punto de salto es igual a la diferencia entre el valor final estable del gas de calibración (punto D) y el valor estabilizado de las emisiones de la chimenea (Punto A).
- Tomar 95% del valor de salto abrupto y sumar el resultado del valor estabilizado de las emisiones de la chimenea (Punto A). Determinar el tiempo en que se produce el 95% del salto abrupto (punto C).
- Calcular el tiempo de ciclo de nivel alto restando el tiempo en el que se inyecta el gas de calibración (punto B), desde el momento en que el 95% del salto abrupto se produce (punto C). En este ejemplo, el tiempo de ciclo de nivel alto es:  $(11 - 5) = 6$  minutos.
- Para determinar el tiempo de ciclo de nivel descendente de la escala (Figura 2 b), repetir los procedimientos anteriores, excepto que un gas cero se inyecta cuando las emisiones de gases de combustión se han estabilizado y 95% del cambio de paso en la concentración se resta del valor estabilizado de las emisiones de la chimenea.
- Compare los valores de tiempo de ciclo de nivel alto y nivel cero. El más largo de estos dos tiempos es el tiempo de ciclo para el analizador.

## 8. MONITOREO EN FUENTES COMUNES, BYPASS Y MÚLTIPLES CHIMENEAS

Si una unidad comparte una chimenea en común con otras unidades o tiene una chimenea bypass o emite por medio de múltiples chimeneas, el titular de la fuente deberá implementar procedimientos que aseguren la contabilidad total de las emisiones que se generan.

Dentro de la diversidad de configuraciones de unidades y chimeneas existentes podemos distinguir los siguientes tipos:

- Unidades que requieren de un CEMS que utilizan una chimenea en común con otras unidades que también requieren CEMS.
- Unidades que requieren CEMS que utilizan una chimenea en común con otras unidades que no requieren CEMS.
- Unidades con chimenea Bypass.
- Unidades con múltiples chimeneas o ductos.

Para los casos que califiquen dentro de estos ítems, el titular de la fuente deberá seguir y dar cumplimiento a los criterios establecidos en la **parte 75.16 al 75.18 de la parte 75, volumen 40 de CFR**, para satisfacer los requerimientos que aplican específicamente para los parámetros **SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COV y MP** para lo cual se deberá remitir a la Superintendencia del Medio Ambiente, al igual que en el numeral 4.1.1 de este Protocolo y con 30 días previos a su uso, el criterio que haya sido seleccionado demostrando que es el más adecuado y que cumple con las especificaciones dispuestas.

## 8.1. REQUISITOS GENERALES PARA SO<sub>2</sub>

### 8.1.1. UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMENEA COMÚN:

Si una unidad que requiere de un CEMS utiliza una chimenea en común, con una o más unidades que también requieren de CEMS, el titular de la fuente deberá optar por uno de los siguientes criterios:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en el ducto de la chimenea común de cada unidad afectada, o
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en la chimenea común y combinar las emisiones de las unidades afectas para el mantenimiento de registros.

El titular de la fuente deberá informar los métodos de prorrateo de SO<sub>2</sub> medidos en masa de las emisiones de la chimenea común para cada una de las unidades. El método deberá asegurar la contabilidad completa y exacta de todas las emisiones reguladas.

### 8.1.2. UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS Y CHIMENEA COMUN CON UNIDADES QUE NO REQUIEREN CEMS:

En estos casos el titular de la fuente deberá optar por uno de los siguientes criterios:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en los ductos que van a la chimenea común de cada unidad afecta.
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en la chimenea común y:
  - a. Designar las unidades no afectas como unidades afectas y combinar las emisiones (de estas últimas) para fines de mantenimiento de registros y de cumplimiento, o
  - b. Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en el ducto de cada unidad no afecta, determinar emisiones de masa de SO<sub>2</sub> de las unidades afectas como la diferencia entre el SO<sub>2</sub> emisiones de masa medidos en la chimenea común y las emisiones de masa de SO<sub>2</sub> medidos en los ductos de las unidades no afectas, que se informan a valor promedio por hora.
  - c. Se deberá proporcionar información sobre los métodos de prorrateo de las emisiones en masa de SO<sub>2</sub> medidos de la chimenea común a cada una de las unidades que utilizan la chimenea común y la presentación de informes de emisiones de masas de SO<sub>2</sub>. Los métodos deberán asegurar que existe una contabilidad completa y exacta de todas las emisiones reguladas en esta parte y que las emisiones procedentes de cualquier unidad afectada no se subestiman.

### 8.1.3. UNIDADES CON CHIMENEA BYPASS:

Siempre que una porción de gas de combustión proveniente de una unidad pueda ser redirigida a través de una chimenea bypass, el titular de la fuente deberá optar por utilizar uno de los siguientes criterios para efectos de reportar las emisiones horarias generadas por la chimenea bypass:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener por separado un CEMS de gases, MP y un sistema de monitoreo de flujo en la chimenea principal y en la chimenea de Bypass y calcular emisiones en masa de los parámetros medidos de la unidad como la suma de las emisiones de las dos chimeneas.
- (II) Monitorear las emisiones en masa en la chimenea principal usando un CEMS de gases, MP y un CEMS de flujo y en la chimenea de bypass utilizar los respectivos métodos de referencia para medir gases, MP, la tasa de flujo y calcular las emisiones de masa de los gases de la unidad como la suma de las emisiones registradas por el sistema de monitoreo instalado en la chimenea principal y las emisiones medidas por el método de referencia.
- (III) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de gases, MP y un sistema de monitoreo de flujo sólo en la chimenea principal. Si se elige esta opción, se deberá informar los siguientes valores para cada hora durante el cual las emisiones pasan a través de la

chimenea de bypass: el Máximo Potencial de Concentración (MPC) de SO<sub>2</sub> de acuerdo al punto 2.1.1.1 del apéndice A de la parte 75, volumen 40 del CFR o en su caso, la concentración del SO<sub>2</sub> medida por un monitor validado situado en la entrada del dispositivo de control y el valor de la tasa de flujo volumétrico por hora.

- (IV) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de gases, MP y un sistema de monitoreo de flujo sólo en la chimenea principal y en la chimenea bypass se deberá informar para cada hora durante el cual las emisiones pasan a través de la chimenea bypass, el valor promedio que resulte de las 9 o 15 corridas de medición realizadas durante la ejecución del último ensayo de Exactitud Relativa o Ensayo de Correlación (según corresponda) que haya sido ejecutado al CEMS de la chimenea Principal. Este valor promedio, podrá ser utilizado como un valor de concentración “por defecto” para ser reportado en cada hora de funcionamiento de la chimenea bypass. Si se requiere reportar un valor de “emisión”, se deberá multiplicar el valor por defecto que se haya obtenido, por un valor histórico de flujo que resulte de la aplicación del respectivo método de referencia considerando una carga mínima sobre el 50% de funcionamiento de la fuente. El valor de flujo deberá ser actualizado a lo menos 1 vez al año al igual que el valor promedio de la prueba de Exactitud Relativa o Ensayo de Correlación.
- (V) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de gases y un sistema de monitoreo de flujo sólo en la chimenea principal y en la chimenea bypass reportar los valores de emisión de acuerdo al uso de los factores de emisión del AP-42 de la US-EPA.
- (VI) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de gases, MP y un sistema de monitoreo de flujo en la chimenea principal y en la chimenea bypass instalar una sonda y cordón umbilical que permita conducir los gases de la chimenea bypass a los analizadores (comunes) de la chimenea principal. Lo anterior, no aplica para CEMS que sean del tipo In Situ. Se deberá cumplir con lo siguiente:
  - a. Realizar una prueba de estratificación en la chimenea bypass para determinar presencia de flujo ciclónico.
  - b. Si los resultados de esta prueba arrojan una estratificación significativa en la chimenea bypass se deberá entonces realizar una prueba de Exactitud Relativa (ER) de manera de verificar el punto de muestro de la chimenea bypass.
  - c. Si los resultados de la Exactitud Relativa son favorables se confirmará el punto de muestreo de la chimenea bypass y con ello el tramo del sistema toma muestra. Por el contrario, si los resultados de la ER son desfavorables, se deberá ubicar otro punto de muestro en la chimenea bypass que permita cumplir con el ensayo de ER.
  - d. Por otra parte, si los resultados de la prueba de estratificación indican ausencia de estratificación, entonces bastará con solo realizar una prueba de Error de Linealidad (EL) para verificar el óptimo funcionamiento del sistema toma muestra de la chimenea bypass. En los casos de aquellos parámetros que no les aplica la prueba de EL, se deberá realizar una prueba de Error de calibración de cero y Span.
- (VII) Para el caso en que, por condiciones técnicas debidamente justificadas, no sea posible la medición (continua, discreta u otra) del parámetro flujo, la fuente podrá estimarlo, basándose en cálculos estequiométricos.

#### **8.1.4. UNIDADES CON MÚLTIPLES CHIMENEAS O DUCTOS:**

Cuando los gases de combustión procedentes de una unidad afecta utiliza dos o más ductos de alimentación a dos o más chimeneas (que pueden incluir los gases de combustión procedentes de otras unidades afectas o no afectas), o cuando los gases de combustión utiliza dos o más ductos de alimentación a una sola chimenea y se elige monitorear en los ductos en lugar de la chimenea, el titular de la fuente deberá:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en cada ducto de alimentación de la(s) chimenea(s) y determinar las emisiones de masa de SO<sub>2</sub> de cada unidad afecta como la suma de las emisiones de masa de SO<sub>2</sub> registrado para cada ducto.
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de SO<sub>2</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en cada chimenea. Determinar emisiones de masa de SO<sub>2</sub> de cada unidad afecta como la suma de las emisiones máscas de SO<sub>2</sub> registradas en cada chimenea. No obstante, si

otra unidad también evacua los gases de combustión a una o más chimeneas, el titular de la fuente deberá cumplir también con los requisitos aplicables de chimeneas comunes indicada anteriormente para determinar y registrar las emisiones en masa de SO<sub>2</sub> de las unidades en esa chimenea y deberán calcular y reportar las emisiones en masa de SO<sub>2</sub> de las unidades afectadas y las chimeneas, de acuerdo a un plan que asegure que estas emisiones no se subestiman.

#### **8.1.5. TASA DE ENTRADA DE CALOR:**

El titular de la fuente de una unidad que usa una chimenea en común, chimenea bypass o múltiples chimeneas, deberá registrar la entrada de calor de acuerdo a los siguientes criterios:

- (I) El titular de la fuente de una unidad que usa una chimenea común, bypass o múltiples chimeneas con un monitor de dilutor y un monitor de flujo en cada chimenea podrá usar los monitores de la tasa de flujo y dilutor para determinar la tasa de entrada de calor para la unidad utilizando los procedimientos especificados para las unidades con chimeneas en común y bypass de esta sección.
- (II) La ecuación aplicable en el apéndice F<sup>24</sup> de la parte 75, volumen 40 del CFR se podrá utilizar para calcular la tasa de entrada de calor a partir de la tasa horaria de flujo, las mediciones del monitor de dilutor, y (si la ecuación en el apéndice F requiere una corrección para el contenido de humedad del gas de la chimenea) mediciones de la humedad por hora.
- (III) También se deberá determinar e informar la entrada de calor de cada unidad individual.
- (IV) En los casos de que el titular de la fuente con una chimenea Bypass no instale un monitor de dilutor y un sistema de monitoreo de flujo en la chimenea de bypass, el titular deberá determinar la tasa total de entrada de calor a la unidad para cada hora de operación de la unidad durante la cual se utiliza la chimenea de bypass de acuerdo con lo dispuesto en el punto 75.36 de la parte 75 volumen 40 del CFR o de los procedimientos de cálculo de tasa de entrada de calor a partir de muestras de combustible y análisis de la sección 5.5 del apéndice F de la parte 75, volumen 40 del CFR.
- (V) El titular de la fuente que tenga un monitor de dilutor y un monitor de flujo instalado en una chimenea común para determinar la tasa de entrada de calor, podrá elegir prorratear la tasa de entrada de calor de la chimenea común a cada unidad afectada utilizando la chimenea común mediante el uso de cualquiera de los dos métodos siguientes, a condición de que todas las unidades que utilizan la chimenea común queman combustible con el mismo F-factor establecido en la sección 3 del apéndice F de la parte 75, volumen 40 del CFR.
- (VI) La tasa de entrada de calor puede distribuirse ya sea mediante el uso de la relación de la carga para cada unidad individual y la carga total de todas las unidades que utilizan la chimenea en común o mediante el uso de la relación de la carga de vapor para cada unidad individual y la carga total de vapor de todas las unidades que utilizan la chimenea en común, en conjunto con la unidad apropiada y los tiempos de funcionamiento de la chimenea. Si utiliza cualquiera de estos métodos de prorrateo, el titular de la fuente deberá prorratear de acuerdo a la sección 5.6 del apéndice F.

---

<sup>24</sup> Protocolo para la aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S. 13/2011 MMA y otros instrumentos de carácter ambiental específicos para estas fuentes.

## 8.2. REQUISITOS GENERALES PARA NO<sub>x</sub>

El titular de la fuente de una unidad que utilice una chimenea bypass, además de seguir lo establecido en el punto 75.17 de la parte 75 volumen 40 del CFR US-EPA para el monitoreo de emisiones de NO<sub>x</sub>, deberá también cumplir con las disposiciones para el seguimiento de la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> establecida en los puntos 75.71 y 75.72 de la parte 75, volumen 40 del CFR.

### 8.2.1. UNIDADES QUE REQUIEREN UN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMENEA COMÚN CON OTRAS UNIDADES QUE REQUIEREN CEMS:

Si una unidad que requiere un CEMS utiliza una chimenea en común con una o más unidades que también requieren CEMS, el titular de la fuente deberá optar por uno de los siguientes criterios:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de NO<sub>x</sub> en el ducto a la chimenea común de cada unidad afectada.
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de NO<sub>x</sub> en la chimenea común.

Si las unidades tienen un límite de emisión de NO<sub>x</sub>, el titular correspondiente deberá presentar a esta Superintendencia un plan de que asegure que:

- (I) Cada unidad cumplirá con el más restrictivo límite de emisión de NO<sub>x</sub> de cualquier unidad que utilice la chimenea común.
- (II) Cada unidad cumplirá con el límite de emisión aplicable de NO<sub>x</sub> mediante el promedio de las emisiones con las otras unidades que utilizan la chimenea común.
- (III) Cada unidad cumplirá con el límite de emisión aplicable de NO<sub>x</sub> mediante un método de prorrateo de cada una de las unidades, combinando la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> (en kg / mmBtu) medida en la chimenea común. El titular de la fuente deberá asegurar que hay una estimación completa y precisa de todas las emisiones reguladas en esta parte y en particular, que las emisiones procedentes de cualquier unidad, con un límite de emisión de NO<sub>x</sub>, no están subestimadas.

Si ninguna de las unidades tiene un límite de emisión de NO<sub>x</sub>, el titular de la fuente podrá registrar y reportar una combinación de tasa de emisión NO<sub>x</sub> (en Kg/mmBtu) para las unidades utilizando la chimenea común.

Si al menos una de las unidades tiene un límite de emisión NO<sub>x</sub> y al menos una de las unidades no tiene un límite de emisión NO<sub>x</sub>, el titular de la fuente deberá:

- (I) Instalar, validar, operar, mantener un CEMS de NO<sub>x</sub> y monitores de dilutor en los ductos de las unidades afectadas, o
- (II) Desarrollar, demostrar y proporcionar información en los métodos de prorrateo de la tasa de emisión combinada de NO<sub>x</sub> (en Kg/mmBtu) medida en la chimenea común en cada una de las unidades. Se deberá asegurar una estimación completa y precisa de todas las emisiones reguladas.

### 8.2.2. UNIDADES QUE REQUIEREN UN CEMS Y QUE UTILIZAN UNA CHIMENEA COMÚN CON OTRAS UNIDADES QUE NO REQUIEREN CEMS:

En estos casos el titular de la fuente deberá optar por uno de los siguientes criterios:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de dilutor de NO<sub>x</sub> en el ducto de cada unidad afecta.
- (II) Desarrollar, demostrar y proporcionar métodos de prorrateo de la tasa de emisión combinada de NO<sub>x</sub> (en Kg/mmBtu) medida en la chimenea común para cada una de las unidades. El titular de la fuente deberá asegurar la estimación completa y precisa de todas las emisiones reguladas.



### 8.2.3. UNIDADES CON MÚLTIPLES CHIMENEAS O DUCTOS:

Cuando los gases de una unidad se descargan a la atmósfera a través de dos o más chimeneas o cuando el flujo de gas de una unidad utiliza dos o más ductos de alimentación dentro una sola chimenea y el titular elige controlar en los ductos en lugar de la chimenea, el titular de la fuente deberá monitorear la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> de una manera representativa de cada unidad optando por uno de los siguientes criterios:

- (I) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de dilutor de NO<sub>x</sub> y un sistema de monitoreo de flujo en cada chimenea o ducto y determinar la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> para la unidad como el promedio ponderado de BTU de las tasas de emisión NO<sub>x</sub> medidos en las chimeneas o los ductos mediante los procedimientos de estimación de entrada de calor que establece el apéndice F en la parte 75, volumen 40 del CFR. Alternativamente, para las unidades que pueden aplicar los procedimientos del apéndice D, el titular de la fuente puede controlar la entrada de calor y la tasa de emisión de NO<sub>x</sub> a nivel de unidad, en lugar de instalar monitores de flujo en cada chimenea o ducto. Si esta alternativa de monitoreo se lleva a cabo, se deberá informar, para cada hora de funcionamiento de la unidad, la tasa de emisión más alta medida por cualquiera de los sistemas de monitoreo de dilutor de NO<sub>x</sub> instalados en las chimeneas individuales o de los ductos como la tasa de emisión horaria de NO<sub>x</sub> para la unidad y se deberá informar de la entrada de la unidad de calor por hora de acuerdo a lo establecido en el apéndice D, de la parte 75, volumen 40 del CFR.
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de NO<sub>x</sub> en una chimenea o conducto de la unidad afectada y registrar el valor medido como la tasa de emisión NO<sub>x</sub> para la unidad. El titular de la fuente deberá contabilizar las emisiones de NO<sub>x</sub> de la unidad durante todo el tiempo que la unidad entra en combustión de combustible. Se deberá seguir el procedimiento descrito en la parte 75.17 (d) de la parte 75, volumen 40 del CFR para las unidades con chimenea de bypass.

### 8.2.4. UNIDADES CON CHIMENEA BYPASS:

Para una unidad que cuenta con una chimenea principal y una chimenea bypass, el titular de la fuente deberá optar por uno de los siguientes criterios:

- (I) Seguir los criterios de las unidades con múltiples chimeneas o ductos párrafo I.
- (II) Instalar, validar, operar y mantener un CEMS de NO<sub>x</sub> sólo en la chimenea principal. Para cada hora de funcionamiento de la unidad en la que se utiliza la chimenea de bypass y las emisiones no son controladas, se deberá informar el máximo potencial de NO<sub>x</sub>. El máximo potencial de tasa de emisión de NO<sub>x</sub> puede ser específico para el tipo de combustible quemado en la unidad durante el bypass, según la parte 75,33 (c) (8).
- (III) Se podrán también utilizar las opciones descritas en la chimenea bypass para el parámetro SO<sub>2</sub>.

## 8.3. REQUISITOS GENERALES PARA MP y OPACIMETROS

A continuación se presentan los requisitos generales para CEMS de MP y opacímetros, en chimeneas comunes y bypass.

### 8.3.1. UNIDADES CON CHIMENEA COMÚN:

Cuando una unidad que requiere un CEMS de MP u opacidad utiliza una chimenea común con otras unidades afectadas o unidades no afectadas, el titular de la fuente deberá cumplir con las disposiciones de control aplicables establecidos para los parámetros MP:

- (I) Cuando una normativa o un instrumento de carácter ambiental requiera la instalación de un sistema de monitoreo continuo de MP u opacidad en cada unidad afectada, el titular de la fuente deberá instalar, validar, operar y mantener un sistema de monitoreo continuo de MP u opacidad en cada unidad.
- (II) Cuando no se requiera la instalación de un sistema de monitoreo continuo de MP u opacidad en cada unidad afectada y donde la fuente afectada no esté sujeta a ninguna

regulación de MP u opacidad, el titular de la fuente deberá instalar, validar, operar y mantener un sistema validado de monitoreo continuo de opacidad en cada chimenea común para el efluente combinado.

### 8.3.2. UNIDADES QUE UTILIZAN UNA CHIMENEA BYPASS:

El titular de la fuente deberá instalar, validar, operar y mantener un sistema de monitoreo continuo de emisiones de MP u opacidad en cada chimenea de bypass, ducto de gas o chimenea de gas, a menos que:

- (I) Algún instrumento de gestión ambiental exima a la unidad de la obligación de instalar un sistema de monitoreo continuo de opacidad en la chimenea de bypass.
- (II) Un sistema de monitoreo continuo de opacidad ya instalado y validado en la entrada de los controles de emisiones.
- (III) El titular de la fuente utilice los Métodos de referencia respectivos para medir las emisiones de MP a través de la chimenea de bypass.
- (IV) Se podrán considerar las opciones descritas en la chimenea bypass del parámetro SO<sub>2</sub> (Punto 8.1.3).

## 9. REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE CEMS (QA/QC)

Después de haber aprobado el proceso de validación inicial y/o revalidación de un CEMS, el titular de la fuente debe **implementar, documentar, mantener, auditar y reportar** un sistema de aseguramiento de calidad (QA/QC) al CEMS que ha sido validado de manera de asegurar que se continúan proporcionando datos de calidad asegurada. Para ello, se deberá seguir y dar cumplimiento a los requisitos que le sean aplicables bajo el **anexo B de la parte 75, Volumen 40 del CFR y la parte 75.21 de la Subparte C de la parte 75, volumen 40 del CFR** considerando lo siguiente:

Las pruebas QA/QC requeridas para el sistema de aseguramiento de calidad en CEMS de gases, flujo y MP, se resumen en la Tabla 8.

Para el caso particular de estas pruebas para CEMS de gases y flujo, solo la prueba de Exactitud Relativa deberá ser realizada por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) autorizada para ejecutar los respectivos Métodos de Referencia requeridos por este ensayo o bien, una consultora que subcontrate los servicios de una ETFA. El resto de las pruebas no requieren obligatoriamente de la utilización de una ETFA. De igual forma se procederá para el caso del CEMS de MP en aquellas auditorías donde se requiera de la ejecución de un Método de Referencia.

**Tabla 8:**  
**Requisitos de pruebas de Aseguramiento de Calidad**

Pruebas QA/QC	Aplicable a	Frecuencia	Calificaciones y excepciones
Prueba de Error de Calibración	CEMS de Gases y Flujo	Diaria	No requeridas cuando la unidad está fuera de operación
Verificación o chequeo de Interferencia <sup>25</sup>	CEMS de Flujo	Diaria	No requeridas cuando la unidad está fuera de operación
Margen de error	CEMS de MP	Diaria	-
Error de Linealidad	CEMS de Gases	Trimestral	No requeridas para CEMS que por sus emisiones tengan un rango de medición inferior o igual a 30 ppm de SO <sub>2</sub> o NO <sub>x</sub> , con valores de Span ≤ 30 ppm
Cociente flujo/carga o prueba de tasa energética	CEMS de Flujo	Trimestral	Configuraciones de chimeneas complejas pueden quedar excluidas, previa solicitud fundada a la SMA
Verificación o chequeo de fugas <sup>26</sup>	Monitores de flujo del tipo presión diferencial	Trimestral	-
Auditoría de correlación absoluta (ACA)	CEMS de MP	Trimestral	-

<sup>25</sup> Realizar un chequeo diario de interferencia del monitor de flujo de acuerdo a lo establecido en el punto 2.2.2.2 del apéndice A de la parte 75 volumen 40 del CFR, mientras la fuente opera en condiciones normales.

<sup>26</sup> Realizar un chequeo de fuga para monitores de flujo del tipo presión diferencial de acuerdo a lo establecido en el punto 2.2.2 del apéndice A de la parte 75 volumen 40 del CFR.

Pruebas QA/QC	Aplicable a	Frecuencia	Calificaciones y excepciones
Auditoría de volumen de muestra (AVM)	CEMS de MP	Trimestral	-
Auditoría de respuesta relativa (ARR)	CEMS de MP	Anual	-
Prueba de Exactitud Relativa <sup>27</sup>	CEMS de Gases y flujo	Anual	No requerida para CEMS de SO <sub>2</sub> si la unidad solo quema combustible de muy bajo contenido de azufre. La autoridad podrá requerir su ejecución en los casos que lo amerite
Prueba de Exactitud para un medidor de flujo	Sistemas de medidor de flujo de combustible	Anual	-
Auditoría de correlación de respuesta (ACR)	CEMS de MP	Cada 3 años	-
Inspección primaria visual	Medidores de orificio, inyección y venturi certificados desde el diseño	Cada 3 años	-
Prueba de la tasa de emisiones de NO <sub>x</sub>	Sistemas del Apéndice E	Cada 5 años	-

Las pruebas diarias y trimestrales indicadas en la Tabla 8, que requieran del uso de gases patrones de calibración, podrán utilizar cilindros de gases patrones EPA Protocol o bien cilindros de gases patrones de procedencia nacional, para este último caso, se deberá demostrar el porcentaje de incertidumbre inferior al 2% y cumplir con las especificaciones dispuestas en el Numeral 5.4 del presente Protocolo para verificar su concentración en forma previa a su uso. Los antecedentes que den cuenta de lo anterior podrán ser solicitados durante fiscalizaciones.

En los casos en que se presenten situaciones, tales como una interrupción forzada o fallas en la unidad que impidan realizar las pruebas de Error de Linealidad o de Exactitud Relativa en el periodo establecido, se permitirá que estas se realicen en un periodo de gracia el cual será: (i) para el Error de Linealidad de un máximo de 7 días de operación de la unidad después que finalice su interrupción y (ii) para la Exactitud Relativa un máximo de 30 días de operación de la unidad después que finalice su interrupción. Para efectos de los registros, se podrá considerar los valores de la última prueba realizada hasta que se hayan obtenido los valores de la prueba realizada dentro del periodo de gracia. El titular de la fuente deberá mantener un registro que dé cuenta de las fallas incurridas y las fechas en que se llevaron a cabo las pruebas en los periodos de gracia los cuales podrán ser solicitados en eventos de fiscalización.

Para asegurar que las pruebas sean llevadas a cabo de manera correcta, el titular de la fuente deberá tomar las siguientes consideraciones:

- Las pruebas de Error de Calibración, Verificación de la Interferencia y Error de Linealidad se deben ejecutar mientras la unidad este en operación (quemando combustible) de acuerdo a lo establecido en el Numeral 6.1.1 y 6.1.2 del presente Protocolo.
- Para los casos de CEMS de doble rango de medición (alto y bajo), las pruebas de Error de Calibración y Linealidad, deberán ser ejecutadas en ambos rangos (alto y bajo).
- Las pruebas de Exactitud Relativa, se deben hacer según lo establecido en el Protocolo y mientras la fuente se encuentre operando a más del 50% de la máxima capacidad de funcionamiento de la fuente y con el combustible principal de la unidad si aplica.
- Para los monitores de flujo instalados en las unidades Peak y las chimeneas con Bypass se podrán realizar las pruebas de Exactitud Relativa a una sola carga simple de flujo.
- La prueba “cociente de flujo/carga” de un monitor de flujo corresponde a un análisis de datos, que, en la mayoría de los casos, se realiza automáticamente por el DAHS. El propósito de la prueba es asegurar que el monitor de flujo continúa proporcionando datos exactos en medio de pruebas de Exactitud Relativa. La prueba se realiza como sigue:
  - El cociente horario del flujo de gas sobre la carga de unidad se calcula para un segmento de datos trimestrales de flujo (es decir, las horas donde la carga estaba dentro del  $\pm 10\%$  de carga media (promedio), durante el último flujo de carga normal de Exactitud Relativa).
  - Estos cocientes horarios se comparan con el cociente de flujo/carga de “referencia”, que es el cociente de flujo promedio del Método de Referencia sobre la carga promedio de unidad de la última carga normal de la Exactitud Relativa.

<sup>27</sup> La ejecución del ensayo de Exactitud Relativa (ER) y auditoría ARR/ACR de MP, deberán ser realizadas de acuerdo a lo establecido en el Protocolo y deberá ser notificada previamente a la SMA bajo el “Aviso de Ejecución de los Ensayos de validación” que establece el numeral 4.2.2 del Protocolo. Sus resultados deberán ser remitidos a la SMA conforme a los plazos y puntos especificados en el numeral 4.2.3 “Informe de Resultados de los Ensayos de Validación”.

- O bien, el análisis de datos se puede hacer en base a la “tasa energética”<sup>28</sup> (GHR), que es el cociente de tasa de calor de entrada sobre la carga de unidad.

## 9.1. ESPECIFICACIONES DE CUMPLIMIENTO PARA LAS PRUEBAS RUTINARIAS DE QA/QC

El titular de la fuente deberá considerar los siguientes límites aplicables para las pruebas de aseguramiento de calidad que se lleven a cabo:

- Las pruebas diarias de Error de Calibración de los parámetros SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, TRS (H<sub>2</sub>S), Hg, COV o COT humedad y flujo, son el doble al valor establecido en los ensayos de validación del presente Protocolo.
- Para los monitores de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> con valores de Span mayor a 50 ppm y menos de 200 ppm, podrá cumplir también con una especificación alternativa de  $|R - A| \leq 10$  ppm.
- Para los monitores de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> con valores de Span menor a 50 ppm como especificación alternativa se podrá cumplir con  $|R - A| \leq 5$  ppm.  
Para la prueba de cociente de flujo/carga el criterio de aceptación es la desviación promedio absoluta de los cocientes de flujo/carga por hora. En la Tabla 9 se resumen los límites de aceptación.
- Para las pruebas trimestrales de Error de Linealidad y pruebas de Exactitud Relativa los límites son los mismos especificados en los ensayos de validación de la presente instrucción.

**Tabla 9:**  
**Límites de aceptación para las pruebas de cocientes de flujo/carga**

Prueba	Si la unidad de carga (o la combinación de cargas de una chimenea común) durante último flujo de carga normal de RATA fue:	Para pasar la prueba, la desviación absoluta de promedio de porcentaje del cociente de referencia o de la tasa de calor debe ser:	
Cociente de flujo/carga o tasa de calor	≥ 60 MW o ≥ 500 klb/h de vapor	≤ 15,0%, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo no ajustadas por Bias.	≤ 10,0%, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo ajustadas por Bias <sup>29</sup> .
Cociente de flujo/carga o tasa de calor	< 60 MW o < 500 klb/h de vapor	≤ 20,0%, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo no ajustadas por Bias.	≤ 15,0%, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo ajustadas por Bias.

El adecuado mantenimiento y control de los CEMS, el uso apropiado de insumos de calidad garantizada junto a la aplicación correcta y permanente de las pruebas rutinarias de QA/QC, permiten asegurar una buena operatividad de los equipos de monitoreo continuo. Por el contrario, cualquier deficiencia en las variables mencionadas puede conllevar a periodos “Fuera de Control” de un CEMS.

Si los resultados de las pruebas rutinarias de aseguramiento de calidad superan los límites aceptables, se considera al CEMS “Fuera de Control”. Los datos registrados por el monitor o sistema de monitoreo no se podrán considerar de calidad asegurada y no podrán ser utilizados para establecer conformidad sobre algún límite de emisión. El titular de la fuente deberá realizar los ajustes correspondientes y repetir las pruebas hasta que el monitor o sistema haya cumplido con éxito los criterios establecidos.

Durante el tiempo que dure el periodo “Fuera de control” de un CEMS, el titular de la fuente deberá aplicar los procedimientos que se establecen en el numeral 10.3 de este Protocolo.

## 9.2. REQUISITOS ESPECIFICOS DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

El titular de la fuente deberá desarrollar e implementar un Sistema de Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad (QA/QC) para los CEMS que hayan sido validados, el que debe incluir un plan escrito que detalle los procedimientos y las operaciones de las actividades importantes. El **plan de aseguramiento de calidad deberá estar disponible en una carpeta (físico o digital) en la misma caseta de los CEMS para su fiscalización** por parte de la autoridad competente, cuando esta lo requiera. Los requisitos específicos que se deben incluir en el plan se indican a continuación:

<sup>28</sup> El planteamiento de la tasa energética bruta incluye la concentración de gas de dilución (CO<sub>2</sub> u O<sub>2</sub>) en la ecuación. Esta alternativa es más útil para las configuraciones comunes de chimenea.

<sup>29</sup> Tasas de flujo ajustadas por BIAS se refiere al Error sistemático que resulta en la medición bajo el método de referencia y que puede ser levemente mayor o menor en comparación al valor de referencia.

### 9.2.1. PARA TODOS LOS SISTEMAS DE MONITOREO

- Procedimientos de mantenimiento rutinario del sistema de monitoreo y el calendario de mantenimiento.
- Procedimientos usados para implementar los requisitos de reporte y de registros.
- Expedientes de todas las pruebas, ajustes, mantenimientos y reparaciones del sistema de monitoreo.
- Expedientes de las acciones correctivas tomadas en respuesta a interrupciones o fallas del sistema de monitoreo.

### 9.2.2. PARA CEMS DE GASES

- Expedientes con los procedimientos utilizados para ejecutar las pruebas aseguramiento de calidad (Desviación o Error de la Calibración, Error de Linealidad, Exactitud Relativa, etc.).
- Procedimientos utilizados para el ajuste de CEMS para asegurar la exactitud.
- Para unidades con controles de emisión de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, TRS (H<sub>2</sub>S), Hg COV o COT una lista de parámetros que se monitorean durante las interrupciones del monitor, para verificar que los controles estén trabajando correctamente y los parámetros tengan valores y se encuentren en intervalos aceptables.

### 9.2.3. PARA CEMS DE MP

El CEMS-MP deberá ser capaz de ejecutar chequeos diarios para determinar el Margen de Error en cero y en escala superior. Los chequeos deberán ser ejecutados en forma automática. Además, el CEMS-MP deberá ser capaz de generar alarmas respecto al estado anómalo del instrumento, enviando dicha información al registrador de datos.

El titular de la fuente que tenga instalado un CEMS-MP deberá establecer los procedimientos mínimos que permitan evaluar la efectividad de los procedimientos de Control de Calidad (QC) y Aseguramiento de Calidad (QA) para el CEMS-MP.

Se deberá desarrollar e implementar un programa de QC para el CEMS-MP, el que deberá incluir **procedimientos escritos** que detallen paso a paso las actividades detalladas en este Protocolo, los que deberán estar **disponibles en medio físico o digital en la fuente (caseta CEMS) para su revisión e inspección durante los eventos de fiscalización**. Estos procedimientos deberán contener a lo menos:

- Chequeos de márgenes de error en cero, escala superior y de volumen, diarios.
- Métodos de ajustes al CEMS-MP, basado en los resultados de los chequeos de cero, escala superior y de volumen.
- Mantención preventiva del CEMS-MP, incluir inventario de repuestos.
- Registro de datos, cálculos y reportes.
- Procedimientos de Auditoría de Correlación de Respuesta y de Respuesta Relativa, que incluya métodos de muestreo y análisis, estrategia de muestreo y estructuración de condiciones de ensayo en el rango prescrito de concentraciones de material particulado.
- Procedimiento para ejecutar las Auditorías de Correlación Absoluta y de Volumen de Muestras, y los métodos para ajustar la respuesta del CEMS-MP, basados en los resultados de éstas.
- Programa de acción correctiva para el CEMS-MP con falla, que incluya el período de datos con alarmas o alertados.
- En el caso de CEMS-MP extractivos, procedimientos para el chequeo de ductos del sistema extractivo, respecto a la acumulación de material.

Para saber si los procedimientos de QC son aceptables para el CEMS-MP, se debe considerar los siguientes criterios:

- Los procedimientos de QC son inadecuados o el CEMS-MP es incapaz de entregar datos de calidad si se reprueba 2 auditorías de QC consecutivas (esto es, condiciones fuera de control resultantes de las auditorías anuales, trimestrales o chequeos diarios).

- De lo anterior, si se reprueba 2 auditorías consecutivas, se debe revisar los procedimientos de QC, ajustar, modificar o bien reemplazar el CEMS-MP para corregir las deficiencias que causan las imprecisiones excesivas.

#### 9.2.4. CHEQUEOS RUTINARIOS CEMS DE MP

Los chequeos rutinarios forman parte del aseguramiento de calidad, permitiendo asegurar además la operación correcta de la electrónica, óptica del sistema, fuentes, detectores de luz y radiación, entre otros, es por ello que se debe, como mínimo, verificar los parámetros de operación del sistema en forma diaria. Algunos CEMS-MP pueden realizar estas funciones de manera automática o como parte integral de las operaciones de las unidades, en otros equipos CEMS-MP se deben realizar estas funciones o chequeos de forma manual, se podrá consultar con el representante de los equipos metodologías para estos chequeos.

- Chequear diariamente el Margen de Error en cero y en escala superior para asegurar la estabilidad de la respuesta del CEMS-MP con respecto al valor de chequeo en cero y escala superior, se deberá ajustar el CEMS-MP cada vez que se exceda en 4%, el valor del estándar.
- Para CEMS-MP del tipo dispersión y extinción de luz, se deberá chequear diariamente la óptica del sistema de medición y asegurar que la respuesta no ha sido alterada por la condición de los componentes ópticos como por ejemplo, neblina en el lente y dispositivos de monitoreo del comportamiento de la luz.
- Se deberán registrar los datos de respuesta del Margen de Error antes de ejecutar cualquier ajuste, si los ajustes fueran automáticos, el sistema debe ser capaz de registrar e informar los valores antes del ajuste.
- En aquellos equipos que se obtiene el volumen y es usado para entregar el cálculo del valor de salida, deberá ser chequeado diariamente en la tasa de muestreo normal y deberá ser ajustado cada vez que el chequeo diario exceda 10%.

#### 9.3. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP

- **Auditoría de Correlación Absoluta (ACA).**

El titular de la fuente deberá realizar la Auditoría de Correlación Absoluta en forma trimestral de acuerdo a lo establecido en el PS-11 considerando los siguientes criterios:

- Se deberá contrastar el CEMS-MP con un estándar de auditoría o una referencia de auditoría equivalente, para reproducir la medición del CEMS-MP en tres puntos, dentro de los siguientes rangos:

Punto de auditoría	Rango de auditoría
1.....	0 a 20 por ciento del rango de medición
2.....	40 a 60 por ciento del rango de medición
3.....	70 a 100 por ciento del rango de medición

De esta forma:

- Se deberá contrastar tres veces el CEMS-MP en cada punto de auditoría y usar el promedio de las tres respuestas en cada punto, para determinar la precisión en cada uno de ellos.
- Se debe usar un estándar separado para cada punto de auditoría.
- Se debe asegurar que la respuesta del CEMS-MP se ha estabilizado.
- Se debe operar el CEMS-MP en el modo, manera y rango que especifica el fabricante.

Se debe almacenar, mantener y usar los estándares de auditoría según lo recomienda el fabricante. Usar la diferencia entre el valor conocido real del estándar de auditoría y la respuesta del CEMS-MP, para evaluar la precisión de éste, de acuerdo a la Ecuación siguiente:

$$\text{Precisión de la ACA} = \frac{|\bar{R}cems_{mp} - Rv|}{Rv} * 100$$

Dónde:

Precisión de la ACA= La precisión del ACA, en cada punto de Auditoría, en porcentaje.

$\bar{R}cems_{mp}$  = Promedio de la respuesta del CEMS-MP al estándar de referencia, en cada punto de muestreo.

Rv = Valor del estándar de referencia.

▪ **Auditoría de Volumen de Muestra (AVM)**

El titular de la fuente deberá realizar una Auditoría de Volumen de Muestra en forma trimestral, de acuerdo a lo establecido en el PS-11 considerando los siguientes criterios:

- Medir el volumen de gas de muestra extraído, independiente de la chimenea o ducto en cada ciclo o período de tiempo, con un dispositivo calibrado.
- Se medirá a la entrada o salida del CEMS-MP, la medición se debe realizar antes de incluir dilución y/o reciclaje de aire.
- Comparar el volumen medido con el reportado por el CEMS-MP, para el mismo período o ciclo de tiempo, para calcular la precisión del volumen de muestra.
- Se deben realizar mediciones durante tres ciclos de muestreo para los sistemas extractivos por lote, por ejemplo equipos Beta o durante tres períodos de al menos 20 minutos en CEMS-MP extractivos continuos.
- Si fuera necesario, se podrá condensar, recolectar y medir la humedad del gas de muestra previo al dispositivo de medición calibrado, por ejemplo, en medidor de gas seco, para luego corregir los resultados de contenido de humedad. En cualquier caso, los volúmenes medidos por el dispositivo calibrado y el CEMS-MP, deben ser consistentes en presión, temperatura y humedad.
- Se debe procurar corregir los volúmenes de gas de muestra medidos por el CEMS-MP y el dispositivo de referencia independiente calibrado, para una misma base de temperatura, presión y contenido de humedad, se deberá documentar todos los datos y los cálculos.

Para determinar la precisión, en porcentaje, para cada uno de los tres ensayos de AVM o el chequeo de volumen diario, se deberá emplear la Ecuación siguiente:

$$\text{Precision de AVM} = \left( \frac{V_R - V_M}{FS} \right) * 100$$

Dónde:

$V_M$  = Volumen del gas de muestra determinado por el CEMS de MP, por ejemplo: cm<sup>3</sup> seco.

$V_R$  = Volumen de gas medido por el dispositivo de referencia independiente calibrado, por ejemplo cm<sup>3</sup> seco. para la AVM o el valor de referencia para el chequeo de volumen de muestra diario.

FS = Valor de escala total (full-scale).

▪ **Auditoría de Correlación de Respuesta (ACR).**

El titular de la fuente deberá realizar una Auditoría de Correlación de Respuesta de acuerdo a lo establecido en el PS-11, considerando los siguientes criterios:

- El titular podrá elegir realizar un ACR en reemplazo del ACA para el trimestre en curso.
- Para la ACR, se deberán seguir los procedimientos descritos para obtener la curva de correlación característica del CEMS-MP empleado en la fuente de emisión, descrito en el numeral 6.4.2 de este Protocolo, debiendo considerar un mínimo de 12 ensayos para la ACR, en lugar de los 15 especificados para obtener la curva de correlación.

- **Auditoría de Respuesta Relativa (ARR).**

El titular de la fuente deberá realizar una Auditoría de Respuesta Relativa de acuerdo a lo establecido en el PS-11, considerando los siguientes criterios:

- El titular podrá elegir realizar un ACR en reemplazo del ARR para el trimestre en curso.
- Se deberá recolectar simultáneamente tres mediciones con el método de referencia y con el CEMS-MP, en la condición de operación normal de la fuente.
- Se recomienda usar mediciones pareadas para el método de referencia.

#### 9.4. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP

- **Margen de error en cero y en escala superior,**

El CEMS-MP se considera fuera de control, si el margen de error en cero o en escala superior, excede 4% en cinco períodos diarios consecutivos, o bien, excede 8% en cualquier período diario único, calculados según:

a,- Para el error en escala superior (ES):

Ecuación 70

$$ES = \left| \frac{R_{cems} - R_u}{R_u} \right| * 100$$

Dónde:

$R_{cems}$  = Respuesta del CEMS de MP al valor de chequeo en escala superior.

$R_u$  = Valor de chequeo en escala superior.

b,- Para el error en cero (EC):

Ecuación 71

$$EC = \left| \frac{R_{cems} - R_l}{R_u} \right| * 100$$

Dónde:

$R_{cems}$  = Respuesta del CEMS de MP al valor de chequeo en cero.

$R_l$  = Valor de chequeo en cero.

$R_u$  = Valor de chequeo en escala superior.

- **Auditoría de Correlación Absoluta (ACA).**

El CEMS-MP está fuera de control:

- Si los resultados de cualquier ACA sobrepasan  $\pm 10\%$  del valor de auditoría promedio o el 7,5% del estándar aplicable, el que sea mayor de los dos.

- **Auditoría de Volumen de Muestra (AVM).**

El CEMS-MP está fuera de control:

- Si el chequeo del volumen de muestra excede 10% por cinco períodos diarios consecutivos o bien, excede el 20% durante cualquier día único.



- **Auditoría de Respuesta Relativa (ARR).**

El CEMS-MP está fuera de control, en cualquiera de estas situaciones:

- Si para alguno de los tres puntos de datos, el valor de la respuesta del CEMS-MP es mayor que el valor de respuesta más alto usado para desarrollar la curva de correlación.
- Si para dos de los tres puntos de datos, el valor de la respuesta de CEMS-MP está fuera del rango de salida del CEMS-MP usado para desarrollar la curva de correlación.
- Si para dos de las tres series de mediciones del CEMS-MP y método de referencia, caen fuera de la misma área especificada, de un gráfico de la recta de regresión de correlación, según lo requerido por la ACR.

- **Auditoría de Correlación de Respuesta (ACR).**

El CEMS-MP está fuera de control, en cualquiera de estas situaciones:

- Si para alguno de los 12 puntos de datos, el valor de la respuesta del CEMS-MP es mayor que el valor de respuesta más alto usado para desarrollar la curva de correlación.
- Si más de tres puntos de datos de los 12, están fuera del rango de salida del CEMS-MP usado para desarrollar la curva de correlación.
- Si menos del 75% de un número mínimo de 12 series de mediciones de CEMS-MP y método de referencia, caen dentro de un área especificada en un gráfico de la recta de regresión de correlación, definida por dos rectas paralelas a la curva dada por la correlación, separadas a una distancia de  $\pm 25\%$  del valor numérico posible de emitir, con respecto a la curva de correlación.

Si el CEMS-MP se encuentra en un periodo “Fuera de Control”, se deberán realizar las siguientes acciones:

- Se debe efectuar la acción correctiva necesaria para eliminar el problema y realizar ensayos, según sea apropiado, para asegurar que la acción correctiva fue exitosa.
- Siguiendo a la acción correctiva, se debe repetir la auditoria previamente reprobada, para confirmar que su CEMS-MP está operando dentro de las especificaciones.
- Si el CEMS-MP reprobó una ARR, se debe efectuar una acción correctiva hasta que su CEMS-MP apruebe los criterios de ARR, si los criterios de la ARR no se pueden cumplir, se deberá realizar una ACR.
- Si el CEMS-MP reprobó una ACR, se debe seguir los procedimientos que se indican en el PS-11 para ACR.
- Se debe reportar ambas auditorias, la que muestra que su CEMS-MP está operando dentro de las especificaciones.
- Después de reprobado una ACR, se deberán efectuar los siguientes pasos a continuación:
  - Combine los datos de la ACR con los datos de la correlación del CEMS-MP y efectúe las evaluaciones para desarrollar una correlación de CEMS-MP, incluyendo el análisis de modelos de correlación lineal, polinomial, logarítmico, exponencial y de potencia. Si los datos y la correlación revisada cumplen los criterios estadísticos, use la correlación revisada.
  - Si los criterios especificados del punto anterior no se logran, se debe desarrollar una nueva correlación de CEMS-MP, basándose en los datos revisados. Los datos revisados deberán estar constituidos solamente de los resultados de la ACR. Los nuevos datos podrán considerar un número mínimo de sets de mediciones del CEMS-MP y método de referencia de 12 en vez del mínimo de 15 sets requerido por el PS-11. El CEMS-MP no se considerará fuera de control si la correlación revisada cumple todos los criterios de funcionamiento.
  - Si los pasos de esta sección no resultan en una correlación aceptable, se deberá evaluar la causa y cumplir con las siguientes acciones indicadas dentro de 90 días después de completar la ACR reprobada:
    - a. Inspeccione completamente el CEMS-MP, con relación a problemas mecánicos u operacionales. Si se encuentra un problema mecánico u operacional, repare su CEMS-MP y repita la ACR.

- b. Se puede necesitar reubicar el CEMS-MP a un lugar de medición más apropiado. Si se reubica el CEMS-MP, debe realizar un nuevo ensayo de correlación, de acuerdo con los procedimientos especificados en el Protocolo.
- c. Las características del MP o gas en el flujo de combustión de la fuente pueden haber cambiado de tal modo que la tecnología de medición del CEMS-MP ya no sea apropiada. Si éste es el caso, se debe instalar un CEMS-MP con tecnología de medición apropiada para las características del gas de combustión de la fuente. Se debe realizar un nuevo ensayo de correlación de acuerdo con los procedimientos especificados en este Protocolo.
- d. Si las acciones correctivas de los párrafos de esta sección no fueron exitosas, se podrá proponer a la autoridad competente la aprobación de criterios alternativos o una opción para el monitoreo continuo de MP.

Cabe señalar que el periodo fuera de control termina como resultado del último ensayo o verificación de auditoría o chequeo de margen de error completado con éxito. Los datos registrados por el CEMS-MP durante un periodo fuera de control, no podrán ser usados para verificar cumplimiento de emisiones.

Toda información que respalde los chequeos rutinarios, los resultados de las auditorías realizadas (sean estas favorables o no), así como también las acciones correctivas ejecutadas y periodos fuera de control, deberán ser almacenadas y estar disponibles en planta para inspección por parte de la autoridad competente por un periodo de 5 años.

#### **9.5. FRECUENCIA PARA LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP**

Las frecuencias de las auditorías a las que se deberá someter un CEMS de MP una vez que ha sido validado por esta Superintendencia son las siguientes:

- Se debe someter el CEMS-MP a una Auditoría de Correlación Absoluta (ACA) y una Auditoría de Volumen de Muestra (AVM) trimestralmente.
- La AVM debe ser realizado y aprobado antes de las Auditorías de Correlación de Respuesta (ACR) o Auditoría de Respuesta Relativa (ARR).
- Se debe someter el CEMS-MP a una Auditoría de Respuesta Relativa (ARR) una vez cada año.
- Se debe someter el CEMS-MP a una Auditoría de Correlación de Respuesta (ACR) una vez cada tres años.
- En los chequeos periódicos, las Auditorías realizadas con mayor frecuencia pueden ser reemplazadas por aquellas de menos frecuencia, al coincidir las fechas de ejecución.

#### **9.6. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE OPACIMETROS**

El titular de la fuente deberá asegurar la calidad de los datos y funcionamiento del COMS implementando un sistema de aseguramiento de calidad con procedimientos escritos que detallen paso a paso la operación para llevar a cabo las auditorías de funcionamiento y los límites aplicables de al menos las siguientes pruebas:

- Chequeo de desviación del cero o valor de nivel bajo (entre 0 y 20 por ciento del valor del rango de escala) y del valor span o nivel alto (50 al 100 por ciento del valor del rango de escala), a lo menos una vez al día, en conformidad con un procedimiento escrito. Se deberá chequear automáticamente las desviaciones de calibración, los valores de cero y span deben, como mínimo, ser ajustados siempre que, la desviación de cero en 24 horas o la desviación de span en 24 horas sobrepase dos veces el límite de la especificación de funcionamiento aplicable establecida en el PS-1, esto es 2% dentro del periodo de 24 horas.
- Auditorías anuales de las pruebas de funcionamiento que incluyan al menos la Alineación Óptica y el Error de calibración descritas en el este Protocolo.

### 9.7. REPORTE DE LAS PRUEBAS QA/QC A LA SMA

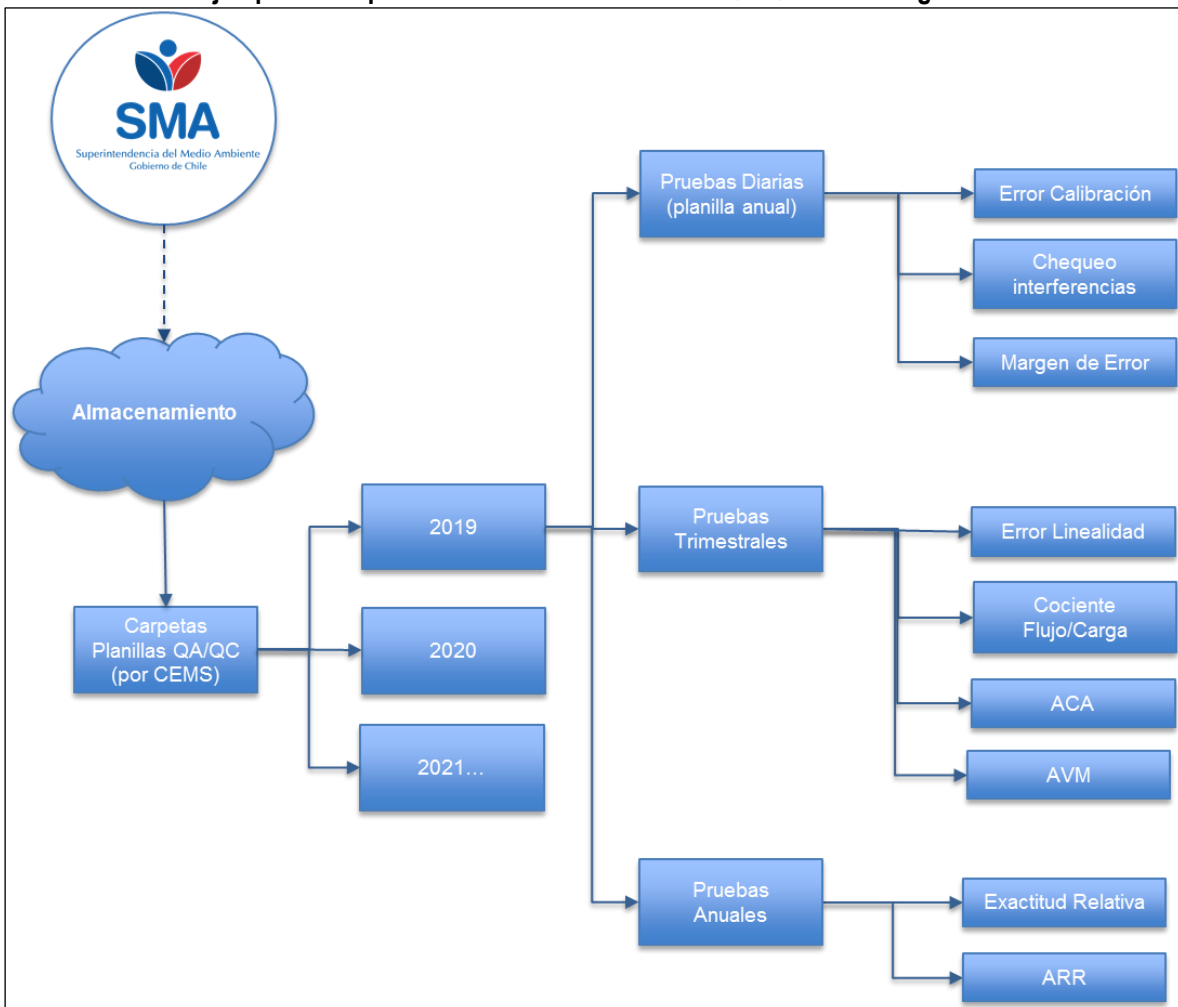
Una vez validado el CEMS, (concluida exitosamente el último ensayo de validación) el titular de la fuente deberá reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los resultados de las pruebas QA/QC para los CEMS de gases, así como también las respectivas pruebas y auditorías requeridas para CEMS de flujo y MP.

Esta Superintendencia dispondrá los medios electrónicos que permitirá el reporte de estas pruebas, definiendo la forma, modo y plazo de presentación de los antecedentes por los titulares. No obstante, se podrá solicitar vía requerimiento dicha información hasta su implementación. Por este motivo se recomienda almacenar la información, de la siguiente manera.

#### 9.7.1. ESQUEMA ESPECÍFICO PARA EL RESPALDO DE LAS PRUEBAS QA/QC

Se deberá disponer, bajo un orden cronológico, el respaldo por cada año de las correspondientes planillas QA/QC. Se deberán considerar carpetas anuales por CEMS, las que deberán incorporar planillas en formato Excel, por tipo de prueba ejecutada para todos los parámetros según corresponda. Los resultados anuales de las respectivas pruebas QA/QC se podrán disponer de acuerdo al siguiente esquema que se presenta a continuación:

**Figura 3:**  
**Ejemplo de disposición de la información del QA/QC CEMS de gases**



En la figura se presenta un esquema a modo de ejemplo, con el orden en que se puede implementar el reporte de las planillas QA/QC. Este esquema considera la consolidación de los resultados por tipo de prueba ejecutada.

## 10. MANEJO DE DATOS DEL CEMS

### 10.1. OBTENCIÓN DE DATOS PROMEDIO HORARIO VÁLIDOS

El titular de la fuente deberá procurar que los resultados obtenidos de las mediciones sean registrados, procesados y presentados en forma adecuada, a fin de que la Superintendencia pueda comprobar el cumplimiento o exigencias que le sean aplicables. Para ello se deberán considerar los siguientes criterios:

- El “dato crudo” corresponderá a la información con resolución de un minuto, obtenida directamente de los equipos de monitoreo, sin filtro alguno.
  - El dato crudo será la base sobre la cual se deben construir los promedios horarios validados de mayor período.
  - Los valores promedios horarios validados y los valores promedios de 15 minutos, se determinarán dentro del tiempo de funcionamiento de la unidad, el que considera desde el inicio de la operación de encendido hasta el término de la operación de apagado.
  - Los valores promedios de 15 minutos, se obtendrán a partir del promedio aritmético de al menos 12 valores “crudos” de 1 minuto, la falta de más de 3 minutos de “valores crudos”, invalidará dicho promedio.
  - Los valores promedio horarios validados, se determinarán a partir del promedio aritmético de al menos 3 valores promedios de 15 minutos, obtenidos dentro del rango de la hora a validar,
  - La falta de más de un valor promedio de 15 minutos, invalidará el valor promedio horario de dicho rango.
- Cuando se obtenga un valor promedio horario invalidado, se deberán aplicar los respectivos criterios de sustitución de datos, salvo que la fuente disponga de un CEMS de respaldo, en cuyo caso, se deberá proceder a reportar la hora registrada por dicho CEMS.
- Para el caso particular de las plantas de celulosas, se deberá proceder de acuerdo a los criterios establecidos en la Resolución Exenta N° 1291/2018 de la SMA o aquella que la reemplace.

### 10.2. REGISTRO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

El titular de la fuente deberá registrar y almacenar la información validada operacionalmente considerando los siguientes criterios:

- Los datos almacenados deberán permitir la generación de los informes solicitados por la autoridad.
- Se deberá verificar que se esté cumpliendo adecuadamente el registro de las emisiones atmosféricas generadas, lo cual podrá ser verificado durante los eventos de fiscalización.
- La infraestructura del sistema de información de adquisición y el software para el registro de datos y procesamiento, deben ser adecuados para las funciones realizadas.
- El titular de la fuente deberá procurar que los sistemas de software y hardware utilizados para el almacenamiento de datos, aseguren que los datos sean almacenados de forma consistente e inviolable, tanto los de medición como los de calibración.
- Contar con un sistema que evite la pérdida de datos y asegure la inviolabilidad de los datos registrados.
- Los sistemas deben incluir procedimientos automatizados de validación de datos.
- Los sistemas utilizados deben ser capaces de generar y mantener reportes de estadísticas de captura, tanto de “datos crudos” como “datos validados” de calidad asegurada, registro de otros eventos que apoyen la correcta validación de los datos, registros que faciliten la fiscalización y las auditorías.
- La información validada deberá ser almacenada por un mínimo de 3 años, mediante el uso de software y hardware apropiados.

### 10.3. DATOS PERDIDOS (DATOS EN BLANCO) Y ANÓMALOS

Los datos de las emisiones deben ser monitoreados (medidos y reportados) en forma continua por el CEMS para cada hora de operación de la unidad, no obstante, existen situaciones en las que se generan falta de datos, datos anómalos o bien no es posible disponer de datos de calidad asegurada, tales situaciones pueden ser producto de:

- Fallas en la unidad.
- Deficientes procesos de mantenimiento de los equipos.
- Procesos de validación de los CEMS (cuando no se aprueba un CEMS, cuando expira el plazo de validación de un CEMS o bien cuando no se han pasado todas las pruebas requeridas, incluyendo las pruebas QA/QC).
- Fallas en las pruebas de aseguramiento de calidad o periodos de “Fuera de Control” (según lo definido en el numeral 46 del Anexo I de este Protocolo).

En tales situaciones, los datos registrados por el sistema de monitoreo continuo se consideran inválidos y no podrán ser utilizados en los cálculos de emisiones.

Si el CEMS se encuentra en el estatus de “fuera de control”, generando datos perdidos (datos en blanco), datos anómalos o de calidad no asegurada, el titular de la fuente deberá informar dicha situación a esta Superintendencia en el respectivo reporte del instrumento de carácter ambiental (ICA) que le sea aplicable.

Se podrá monitorear, reemplazar o sustituir sus emisiones utilizando uno de los siguientes métodos que se establecen a continuación en orden de prioridad:

- I. CEMS de respaldo redundante o no redundante, (si se dispone).
- II. Método de referencia para el parámetro específico, aplicado, por una ETFA, una vez iniciado el periodo de fuera de control y hasta el término de la misma.
- III. En caso de no disponer del punto I y II, aplicar los Criterios de sustitución de datos,

El reporte de falla o periodo “Fuera de Control” del CEMS deberá dar cuenta de: **(i) el periodo de tiempo en que el CEMS dejó de operar, (ii) la falla generada, (iii) el método utilizado para medir las emisiones, y (iv) las medidas correctivas y preventivas aplicadas para evitar que el evento vuelva a ocurrir.** En los casos de periodos Fuera de Control producto de alguna falla del CEMS donde se requieran realizar intervenciones mayores que afecten la integridad del CEMS validado, deberán seguir los criterios definidos en el numeral 11 de este Protocolo.

Esta Superintendencia podrá establecer instrucciones específicas, sobre este tema, como la Resolución Exenta N° 1209 del 19 de agosto de 2019, que “Aprueba procedimiento de sustitución y/o reemplazo de datos para sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) y revoca Resolución Exenta N° 33, de 19 de enero de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente” o aquella que la reemplace.

## 11. REVALIDACIÓN DEL CEMS

Todo Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) que haya cumplido con los ensayos de validación y obtenido su validación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, podrá perder dicha validación, en los siguientes casos:

- Reemplazo de un analizador.
- Reemplazo total de un CEMS.
- Reemplazo, cambio de ubicación u orientación de la sonda de muestreo.
- Reemplazo del medidor de flujo de combustible.
- Cualquier modificación u otro cambio que pueda afectar la capacidad del sistema para medir exactamente las emisiones.
- Cualquier cambio al sistema de manejo de los gases de chimenea o forma de operación de la unidad que afecte el perfil de flujo o el perfil de concentración en la chimenea.
- Otras intervenciones al CEMS que la Superintendencia estime necesario someter a revalidación.

Sera deber del titular de la fuente, someter a un proceso de revalidación del CEMS, cumpliendo con todos los ensayos establecidos por el Protocolo (como si se tratara de la primera vez).

El titular de la fuente deberá notificar por medio de un informe detallado (en formato digital) a través del respectivo reporte del instrumento de carácter ambiental (ICA) que le sea aplicable, cualquier intervención que se realice al CEMS (descritas anteriormente). El informe deberá dar cuenta de la situación por la cual se está realizando la modificación al CEMS, las acciones correctivas que serán aplicadas, el responsable de su ejecución, el tiempo estimado que tomará la intervención y la forma en que serán monitoreadas las emisiones

durante el tiempo que demore la intervención. La Superintendencia podrá requerir de más antecedentes en los casos que lo estime conveniente.

Después de haber finalizado la intervención del CEMS, el titular de la fuente deberá ingresar a la Superintendencia del Medio Ambiente un nuevo informe inicial (catastro inicial) del CEMS donde se proporcionen y actualicen todos los antecedentes incluyendo los nuevos equipos o modificaciones realizadas al CEMS. El nuevo catastro dejará sin efecto el anterior y dará inicio al nuevo proceso de revalidación del CEMS.

Para el caso de los analizadores de O<sub>2</sub> cuyo principio de funcionamiento sea a base de una celda electroquímica, cada vez que se realice el cambio de una celda electroquímica, el titular de la fuente deberá:

- I. Seguir las instrucciones del proveedor para el reemplazo de la celda y realizar los diagnósticos que este instruya.
- II. Aplicar una prueba de Error de calibración cero y span (de 1 solo día), seguida de una prueba de Error de linealidad de manera de verificar que el analizador está leyendo correctamente.
- III. Informar a la SMA en el respectivo reporte del instrumento de carácter ambiental (ICA) que le sea aplicable.

## 12. ZONA HORARIA DE REPORTABILIDAD

Se define la hora como aquel periodo de 60 minutos que parte en el minuto cero de la hora y se extenderá hasta el minuto 59 de la misma, así por ejemplo, la hora 19 del día corresponde al periodo comprendido entre las 19:00 a las 19:59 horas inclusive.

- I. Se utilizará para el monitoreo de contaminantes el horario oficial de Chile continental de invierno (GTM-4).

### 13. ANEXO I: DEFINICIONES APLICABLES

1. **ANALIZADOR DE CONTAMINANTES:** *Componente del CEMS que mide la concentración de contaminantes y genera una salida proporcional.*
2. **AP-42:** *Compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos de la US-EPA.*
3. **ÁREA CENTROIDAL:** *Es el área concéntrica, que es geométricamente similar a la sección transversal de la chimenea o ducto y que no es mayor que el 1% del área seccional de la chimenea o ducto.*
4. **ASME:** *Sociedad Americana de ingenieros mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).*
5. **ASTM:** *Asociación Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials).*
6. **ATENUADORES:** *Dispositivos (filtros de vidrio o malla que reducen la transmisión de luz).*
7. **AUDITORÍA DE CILINDROS DE GAS:** *Es una auditoría del CEMS, donde se verifica al sistema de medición con gases de calibración certificados a dos niveles de concentración.*
8. **AUDITORÍA DE CORRELACIÓN ABSOLUTA (ACA):** *Es una evaluación de la respuesta del CEMS-MP a una serie de estándares de referencia que cubren la totalidad del rango de medición del instrumento, por ejemplo, 4 a 20 mA.*
9. **AUDITORÍA DE CORRELACIÓN DE RESPUESTA (ACR):** *Es la serie de ensayos que se realiza para asegurar la continua validez de la correlación de su CEMS-MP.*
10. **AUDITORÍA DE RESPUESTA RELATIVA (ARR):** *Es la serie de ensayos que se realiza entre ACRs consecutivas, para asegurar la continua validez de la correlación de su CEMS-MP.*
11. **AUDITORÍA DE VOLUMEN DE MUESTRA (AVM):** *Es una evaluación de la medición de volumen de muestra de su CEMS-MP, si éste determina la concentración de material particulado basado en una medición de la masa de material particulado en un volumen de muestra extraído y una determinación independiente del volumen de muestra.*
12. **CHEQUEO DE MARGEN DE ERROR:** *Es un chequeo de la diferencia entre las lecturas de salida del CEMS-MP y el valor de referencia establecido de una norma o procedimiento de referencia, después de un período establecido de operación durante el cual se realizaron acciones de mantenimiento, reparaciones o ajustes no programados. Los procedimientos usados para determinar el margen de error son específicos a los principios de operación del CEMS-MP específico. Un chequeo de margen de error incluye un chequeo en valor Cero y otro en escala superior.*
13. **CHEQUEO DE VOLUMEN DE MUESTRA:** *Es un chequeo o revisión de la diferencia entre la lectura de volumen de muestra del CEMS-MP y el valor de referencia de volumen de muestra.*
14. **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r):** *Es una medida cuantitativa de la asociación entre las salidas (outputs) del CEMS-MP y las mediciones del Método de Referencia.*
15. **CONDICIONES NORMALES (N):** *Es la normalización de los datos a 25°C y 1 atmósfera.*
16. **CORRELACIÓN DE POTENCIA:** *Es una ecuación de potencia usada para definir una relación o función entre la salida del CEMS-MP y la concentración del Método de Referencia.*
17. **CORRELACIÓN DEL CEMS-MP:** *Es la relación específica a la planta (esto es, una ecuación de regresión) entre la salida del CEMS-MP (ejemplo, mA) y la concentración de particulado, determinada por el Método de Referencia. La correlación del CEMS-MP se expresa en las mismas unidades que la concentración de material particulado, medida por el CEMS-MP (ejemplo mg/Nm<sup>3</sup>). Se debe derivar esta relación a partir de los datos de respuesta del CEMS-MP y datos del Método de Referencia manual que fueron recogidos simultáneamente. Estos datos deben ser representativos del rango total de condiciones de la fuente y el dispositivo de control que se espera que ocurran.*
18. **CORRELACIÓN EXPONENCIAL:** *Es una ecuación exponencial usada para definir la relación entre la salida (output) del CEMS-MP y la concentración de material particulado del Método de Referencia.*
19. **CORRELACIÓN LINEAL:** *Relación matemática de primer grado entre la salida del CEMS-MP y la concentración de material particulado del Método de Referencia que es lineal en forma.*
20. **CORRELACIÓN LOGARÍTMICA:** *Es una relación matemática de primer grado entre el logaritmo natural de la salida del CEMS-MP y la concentración de material particulado del Método de Referencia que es lineal en forma.*
21. **CORRELACIÓN POLINOMIAL:** *Es una ecuación de segundo grado usada para definir la relación entre la salida del CEMS-MP y la concentración de material particulado del Método de Referencia.*
22. **CORRELACIÓN:** *Es la relación matemática principal para relacionar la salida (output) del CEMS-MP con una concentración de material particulado, según lo determinado por el Método de Referencia. La correlación se expresa en las unidades de medida que son consistentes con las condiciones de medición (ejemplo: miligramos por metro cúbico estándar seco, miligramos por metro cúbico real) del CEMS-MP.*
23. **DATOS ALERTADOS:** *Son datos indicados por el CEMS en los que el(los) valor(es) de respuesta(s) de uno o más subsistemas del CEMS son inválidos o el CEMS no está en el modo de operación de medición de la fuente.*

24. **DESVIACIÓN DE CALIBRACIÓN (DC):** Es la diferencia en la lectura de salida del CEMS y un valor de referencia, después de un período de operación, durante el cual no se ha hecho mantenimiento no programado, reparación o ajustes.
25. **ENTIDAD TECNICA DE FISCALIZACION AMBIENTAL:** Persona jurídica habilitada para realizar actividades de fiscalización ambiental, según el alcance de la autorización que le ha otorgado la Superintendencia de acuerdo a las normas del reglamento.
26. **ERROR DE CALIBRACIÓN (EC):** Es la diferencia entre la concentración indicada por el CEMS y una concentración o valor de referencia.
27. **ESCALA DE MEDICIÓN:** Corresponde al o los rangos de medición propios del analizador o monitor.
28. **ESTÁNDAR DE REFERENCIA:** Es un material o procedimiento de referencia que produce una respuesta conocida o no cambiante al ser aplicado a la parte de monitoreo de contaminante del CEMS. Se debe usar estos estándares para evaluar la operación general del CEMS-MP, pero no para desarrollar una correlación del CEMS-MP.
29. **EXACTITUD RELATIVA:** Es la diferencia media absoluta entre la concentración del contaminante determinada por el CEMS y el valor determinado por el Método de Referencia (MR), más el error del 2,5% del coeficiente de confianza, de una serie de pruebas divididas por el promedio de las pruebas del MR o el límite de emisión que se aplique.
30. **FACTOR DE CAPACIDAD:** Es la relación entre la producción eléctrica anual real de la unidad (expresada en MW/hr) y la capacidad nominal de la unidad (o carga máxima observada en el horario punta) dentro de 1 año, o la relación entre la producción de calor anual de la unidad y la capacidad máxima nominal de producción de calor por la unidad en 1 año.
31. **F-FACTOR:** factor que se relaciona con el volumen de gas de la chimenea o del CO<sub>2</sub> producido por la combustión del poder calorífico del combustible quemado, Los “F-factor” específicos de combustibles se enumeran en el apéndice F de la Parte 75, volumen 40 del CFR.
32. **FUENTE DE BAJA EMISIÓN:** Es una fuente que, operada a no más del 50 por ciento del límite de emisiones durante el ensayo de funcionamiento más reciente y basándose en la correlación del CEMS de MP, sus emisiones diarias promedio, medidas en las unidades del límite de emisiones aplicable, no han excedido el 50 por ciento del límite de emisión para cualquier día desde el ensayo de funcionamiento más reciente.
33. **GAS EPA-PROTOCOL:** Es la mezcla de gas de calibración preparada y analizada de acuerdo a la sección 2 del “EPA Traceability Protocol for Assay and Certification of Gaseous Calibration Standards”, Septiembre de 1997.
34. **HORAS DE OPERACIÓN DEL MONITOR:** cualquier hora de operación de la unidad o porción del mismo sobre el cual un CEMS aprobado está operando independiente del número de mediciones recolectadas durante la hora o porción de una hora.
35. **INTERFAZ DE MUESTREO:** Es el componente del CEMS utilizada para una o más de las siguientes acciones: adquisición de muestras, envío de muestras, acondicionamiento de muestras o protección del monitor de los efectos del efluente de la chimenea.
36. **INTERVALO DE TOLERANCIA:** El intervalo dentro del cual obligatoriamente debe estar un porcentaje especificado de la concentración, con un nivel de confianza dado.
37. **MAXIMO POTENCIAL DE TASA DE EMISION (MER):** Tasa de emisión de NO<sub>x</sub> calculada de acuerdo al punto 3 del apéndice F de la parte 75, volumen 40 del CFR.
38. **MÉTODO DE REFERENCIA:** Corresponde al método oficializado como método de aplicación para el muestreo y/o análisis de un contaminante en el aire, como se especifica en las normativas aplicables.
39. **MONITOR DE DILUTOR Y OTRO(S) MONITOR(ES) DE DATOS AUXILIAR(ES)** (si es aplicable): Es el componente del CEMS que entrega la concentración de gas dilutor (tal como el O<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>, según sea especificado por las regulaciones aplicables), temperatura, presión y/o contenido de humedad, y genera una salida (output) proporcional a la concentración de gas dilutor o propiedad del gas.
40. **MONITOR DE FLUJO:** Es el componente del CEMS que mide el flujo volumétrico del gas de salida.
41. **MONITOR DE GAS DILUENTE:** Es el componente del CEMS que mide la concentración del gas diluyente en la corriente de gases de una fuente.
42. **MUESTREO POR LOTES:** Significa que el gas es muestreado de manera intermitente y concentrada en un medio colector antes de los análisis y consiguientes reportes intermitentes. Los CEMS-MP tipo Indicadores Beta son un ejemplo de dispositivos de muestreo por lotes.
43. **NIST:** Instituto Nacional Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology).
44. **PERIODO DE DATOS PERDIDOS:** Es el número total de horas consecutivas durante las cuales cualquier CEMS validado o sistema de monitoreo alternativo aprobado, no provee datos de calidad asegurada independiente de la razón.



45. *PERÍODO DE PRUEBA OPERACIONAL: Es un período de tiempo (168 horas) durante el cual se espera que el COMS opere dentro de las especificaciones de funcionamiento establecidas, sin ningún mantenimiento no programado, reparaciones o ajustes.*
46. *PERÍODO FUERA DE CONTROL: El período de tiempo en el cual el CEMS es incapaz de generar datos válidos, como demostración de una falla en el sistema.*
47. *PRECISIÓN DEL CEMS O PRECISIÓN: Es la cercanía de una medición al valor medido, expresado como la incerteza asociada con mediciones repetidas de la misma muestra o de diferentes muestras del mismo proceso, Una técnica de medición, se determina por tener cada vez mayor "precisión", como la variación entre las mediciones repetidas disminuye.*
48. *PRECISIÓN DEL MONITOR: Es la cercanía de las mediciones efectuadas por un CEMS, al valor de referencia de las emisiones o el flujo volumétrico medido, expresado como la diferencia entre la medición y el valor de referencia.*
49. *RANGO DE MEDICIÓN: Es un rango de medición capaz de registrar la totalidad o la mayoría de las lecturas que cumplen con mantenerse entre el 20 y 80% de este.*
50. *RANGO MEDIO DE INTERVALO DE CONFIANZA (IC): Es el término estadístico para un medio del ancho del intervalo de confianza del 95%, alrededor de la concentración media estimada de material particulado (valor y), calculada al valor de respuesta del CEMS-MP (valor x) donde el intervalo de confianza es más angosto.*
51. *RANGO MEDIO DE INTERVALO DE TOLERANCIA (IT): Es un medio del ancho del intervalo de tolerancia con límites superior e inferior, dentro del cual un porcentaje especificado de la población de datos futura, es contenido con un nivel dado de confianza, según lo definido por las respectivas ecuaciones del rango medio de intervalo de tolerancia.*
52. *REGISTRADOR DE DATOS: Es el componente del Sistema de monitoreo continuo que entrega un registro permanente de datos del monitor, en términos de respuesta y estado (indicadores – flags). El registrador de datos puede también tener capacidades de reducción automática de datos y control del CEMS.*
53. *SERIES PAREADAS: Son dos series del Método de Referencia que se usan para realizar mediciones simultáneas de concentraciones de material particulado.*
54. *SISTEMA CEM DE UN PUNTO: CEMS que mide las concentraciones de contaminantes en un único punto o a lo largo de una travesa, de largo inferior al 10% del diámetro equivalente de la chimenea o ducto.*
55. *SISTEMA CEM IN SITU: Es un CEMS que analiza la corriente de gases en la chimenea. Puede ser en un punto o en una travesa.*
56. *SISTEMA CEM CON EXTRACCIÓN Y DILUCIÓN: Es un CEMS que extrae y diluye una alícuota de la corriente de gas con aire seco y limpio antes del análisis. La humedad permanece en la muestra, pero se diluye a un punto, bajo el punto de rocío y así no se condensará durante el análisis.*
57. *SISTEMA CEM DE TRAVERSA: Es un CEMS que mide las concentraciones de contaminantes a lo largo de una travesa de más del 10% del diámetro equivalente de la chimenea o ducto.*
58. *SISTEMA CEM EXTRACTIVO: CEMS que remueve una alícuota de gas de la chimenea para el análisis.*
59. *SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y MANEJO DE DATOS (DAHS): Componente del CEMS que recolecta los datos del analizador y realiza los cálculos básicos.*
60. *SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (CEMS-MP): Es todo el equipamiento requerido para la determinación de la concentración de masa de material particulado en unidades de la norma de emisión. La interfaz de muestreo, monitor de contaminante, monitor de dilutor, otro(s) monitor(es) auxiliar(es) de dato(s), y el registrador de datos constituyen los mayores subsistemas del CEMS-MP.*
61. *SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES (CEMS): Es el equipamiento total requerido para la determinación de la concentración de un contaminante.*
62. *SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES DE GASES: Es el equipamiento requerido para la determinación de la concentración de un contaminante gaseoso.*
63. *TIEMPO DE CICLO: Es el tiempo requerido para completar un ciclo de muestreo, medición y reporte. Para un CEMS-MP de muestreo por lotes, el tiempo de ciclo comienza cuando el gas de muestra es extraído del ducto/chimenea y termina cuando la medición de esa muestra está completa y se produce un nuevo resultado para ella en el registrador de datos.*
64. *TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD: Es la fracción de la hora en que la unidad quema el combustible, es decir, 1,00 si la unidad opera para la hora completa, 0,50 si opera solamente para la mitad de la hora, etc.*

65. *TIEMPO DE RESPUESTA: Corresponde al intervalo de tiempo entre la partida de un cambio de paso en la entrada del sistema y el tiempo en que la salida del analizador alcanza un 95% del valor final (esperado).*
66. *UBICACIÓN DE MUESTREO DEL MÉTODO DE REFERENCIA PARA MATERIAL PARTICULADO: Es la ubicación en el ducto de escape de la fuente, en la que recolecta muestra utilizando el Método de Referencia manual para desarrollar la correlación del CEMS-MP y para ejecutar auditorías de respuesta relativa (ARRs) y auditorías de correlación de respuesta (ACRs).*
67. *UNIDAD CON CHIMENEA BYPASS: Cualquier ducto, chimenea o conducto a través del cual las emisiones de una unidad pueden aumentar o sustituir al principal sistema de evacuación durante algún periodo de operación de la unidad.*
68. *UNIDAD CON MULTIPLES CHIMENEAS: Se refiere a la configuración de escape en el que las emisiones de una unidad en particular se descargan a través de dos o más chimeneas o ductos.*
69. *UNIDAD QUE QUEMA COMBUSTIBLE DE MUY BAJO CONTENIDO DE AZUFRE: Aquella que quema combustible con las siguientes condiciones: (i) el contenido de azufre no supera el 0,05% en peso de azufre, (ii) combustiona gas natural o (iii) combustiona gas con un contenido de azufre que no supera los 0,2 g/m<sup>3</sup> estandarizados, (iv) informar el tipo y características del combustible en cuanto a contenido de S, el cual debe ser concordante con el D.S. 60/2012 del Ministerio de Energía, publicado el 17 de marzo de 2012, o el que lo reemplace.*
70. *UNIDAD DUAL PETROLEO-GAS: Aquella unidad que quema algún combustible líquido, tales como un derivado del petróleo y gas natural.*
71. *UNIDAD LME: Aquella unidad Dual Petróleo Gas y que califica para usar la metodología LME (Low Mass Emissions).*
72. *UNIDAD PEAK: Es aquella unidad que cumple con la definición de unidad a gas o dual Petróleo - Gas y que tiene: (i) un factor de capacidad promedio de no más del 10% durante los últimos tres años anteriores y (ii) un factor de capacidad de no más de 20% por ciento en cada uno de esos tres años.*
73. *UNIDADES CON CHIMENEA COMUN: Dos o más unidades cuyo escape de emisiones se realiza a través de una sola chimenea o ducto en común.*
74. *VALOR DE CHEQUEO DE ESCALA SUPERIOR: Es la respuesta esperada a un estándar o procedimiento de referencia usado para chequear la respuesta de escala superior del CEMS-MP.*
75. *VALOR DE CHEQUEO EN CERO: Es la respuesta esperada a un estándar o procedimiento de referencia usado para chequear la respuesta de su CEMS-MP a condiciones de libres o baja concentración de material particulado.*
76. *VALOR DE CORRELACIÓN EN PUNTO CERO: Representa un valor agregado a los datos de la correlación del CEMS-MP, para representar datos de concentración de material particulado bajos cercanos a cero.*
77. *VALOR DE REFERENCIA O SEÑAL DE REFERENCIA: Es la concentración conocida de un gas de calibración, el valor conocido de una señal electrónica de calibración o el valor conocido de cualquier otro estándar de medición aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente, asumido como el valor real del contaminante o la concentración del diluyente o el flujo volumétrico que está siendo medido.*
78. *VALOR DE SPAN: Es el límite superior del rango de medición de la concentración del contaminante.*