



COPIA FIEL DEL ORIGINAL



Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

APRUEBA ANEXO III "ASEGURAMIENTO DE CALIDAD, REPORTE DE DATOS, SUSTITUCIÓN DE DATOS PERDIDOS Y ANÓMALOS, AUDITORIAS Y REVALIDACIONES" DEL PROTOCOLO PARA VALIDACION DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES [CEMS] EN CENTRALES TERMOELECTRICAS

RESOLUCIÓN EXENTA N° 583

Santiago, 03 OCT 2014

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que establece la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; 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° 48 de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente; en el Decreto con Fuerza de Ley N° 3 de 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que Fija la Planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 1.600 de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de Toma de Razón;

CONSIDERANDO:

1° El inciso primero del artículo 2° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que esta Superintendencia es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de los instrumentos de carácter ambiental que dispone la ley;

2° La letra ñ) del artículo 3° de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que la Superintendencia podrá 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 emisión;

3° Lo dispuesto en el artículo 7° del Decreto Supremo N° 13 de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas, que asigna el control y la fiscalización del cumplimiento de la misma a esta Superintendencia, de conformidad con lo establecido en el artículo segundo de la ley N° 20.417, así como lo establecido en su artículo 13°, en cuanto señala que esta 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.

4° El Oficio Ordinario N° 1231, de 11 de agosto de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente, dirigido al Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se acompañó el documento técnico "Anexo III: Aseguramiento de calidad, reporte de datos, sustitución de datos perdidos y anómalos, auditorias y revalidaciones", con la finalidad de solicitar su 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;

5° El Oficio Ordinario N° 143572, de 16 de septiembre de 2014, 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 favorablemente sobre el documento técnico;

RESUELVO:

1. **APRUEBA PROTOCOLO.** Apruébase el documento técnico "Anexo III: Aseguramiento de calidad, reporte de datos, sustitución de datos perdidos y anómalos, auditorias y revalidaciones", cuyo texto íntegro se acompaña a la presente resolución, entendiéndose formar parte de la misma. Dicho documento complementa el Protocolo para validación de sistemas de monitoreo continuo de emisiones [CEMS] en centrales termoeléctricas.

2. **ACCESIBILIDAD.** El texto original del anexo de protocolo que se aprueba mediante la presente resolución está archivado en la Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente, y es de acceso público en: <http://www.sma.gob.cl>

ANOTESE, PUBLIQUESE EN DIARIO OFICIAL, CUMPLASE Y ARCHIVESE



SUPERINTENDENTE CRISTIAN FRANZ THORUD
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE (TP)
DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO Y CONTROL
DIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Distribución

- Fiscalía
- División de Fiscalización
- Oficina de Partes



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**PROTOCOLO PARA VALIDACION DE SISTEMAS DE MONITOREO CONTINUO DE EMISIONES
"CEMS" EN CENTRALES TERMoeLECTRICAS.**

**ANEXO III:
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD, REPORTE DE DATOS, AUDITORIAS Y REVALIDACIONES.**

SANTIAGO, Septiembre 2014



1. INTRODUCCIÓN	2
2. ALCANCE	2
3. DEFINICIONES	2
4. REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	2
4.1. ESPECIFICACIONES DE CUMPLIMIENTO PARA LAS PRUEBAS RUTINARIAS DE AC.	4
5. REQUISITOS ESPECIFICOS DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	5
5.1. PARA TODOS LOS SISTEMAS DE MONITOREO	5
5.2. PARA CEMS DE GASES	5
5.3. PARA UNIDADES QUE USAN LAS METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS DE LOS ANEXOS D Y E	5
5.4. PARA CEMS DE MP	6
5.4.1. CHEQUEOS RUTINARIOS CEMS DE MP	6
5.4.2. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP	7
5.4.3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LAS AUDITORÍAS	8
5.4.4. FRECUENCIA PARA LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP	11
5.5. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE OPACIMETROS	11
6. REPORTE DE DATOS	11
6.1. OBTENCIÓN DE DATOS PROMEDIO HORARIO VÁLIDOS	11
6.2. REGISTRO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS	12
7. DATOS PERDIDOS (DATOS EN BLANCO) Y ANOMALOS	13
8. REVALIDACION DEL CEMS	13



1. INTRODUCCIÓN

Considerando las exigencias contenidas en el artículo N° 8 del D.S.13/11 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) sobre "instalar y certificar un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) de acuerdo a lo indicado en la parte 75, volumen 40 del CFR de la US-EPA" y considerando las exigencias de ejecutar los diferentes ensayos para la validación de CEMS establecidos en el documento "Protocolo para la validación de CEMS en Centrales Termoeléctricas", (en adelante "Protocolo") es importante señalar que posterior a los ensayos de validación donde un CEMS haya cumplido y aprobado todos los requerimientos establecidos en el protocolo para ser considerado válido por esta Superintendencia, el titular de la fuente, deberá velar por el óptimo funcionamiento del CEMS validado, cumpliendo en todo momento con un sistema de aseguramiento de calidad y una serie de actividades orientadas al resguardo del buen funcionamiento del CEMS que ha sido instalado en la chimenea para medir sus emisiones.

2. ALCANCE

En virtud de lo anterior y considerando las especificaciones de la Parte 75, volumen 40 del CFR, el siguiente anexo N° III, complementario al Protocolo, aborda los criterios mínimos que se fijan para establecer un sistema de aseguramiento de calidad, reporte de datos y las respectivas auditorias y revalidaciones que se deben realizar para mantener la vigencia en la validación del CEMS.

3. DEFINICIONES

- 3.1. **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.
- 3.2. **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.
- 3.3. **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.
- 3.4. **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.
- 3.5. **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.
- 3.6. **CHEQUEO DE VOLUMEN DE MUESTRA:** significa 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.
- 3.7. **DATOS ALERTADOS:** significa datos indicados por el CEMS en los que el(los) valor(es) de respuesta(s) de uno o más subsistemas del CEMS son sospechosos o inválidos o el CEMS no está en el modo de operación de medición de la fuente.
- 3.8. **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.
- 3.9. **MAXIMO POTENCIAL DE TASA DE EMISION (MER):** Tasa de emisión de NO_x calculada de acuerdo al punto 3 del apéndice F de la parte 75, volumen 40 del CFR.
- 3.10. **PERIODO DE DATOS PERDIDOS:** 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.

4. REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD CEMS DE GASES

Después de llevar a cabo el proceso de validación de un CEMS de gases, el titular de la fuente debe implementar, documentar, mantener y auditar un sistema de aseguramiento de calidad al CEMS validado para asegurar que se continúan proporcionando datos exactos. 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 requeridas para el sistema de aseguramiento de calidad en CEMS de gases, se resumen en la tabla N° 1, de estas pruebas, solo la prueba anual de Exactitud Relativa deberá ser realizada por un entidad técnica de fiscalización ambiental autorizada para dichos efectos. Para el resto de las pruebas, el titular podrá ejecutarlas de manera interna con personal de planta o bien contratar los servicios de una entidad técnica de fiscalización ambiental, según estime conveniente.

**Tabla N° 1:
Requisitos de pruebas de Aseguramiento de Calidad (AC)**

Prueba AC	Aplicable a	Frecuencia	Calificaciones y excepciones
Prueba de Error de Calibración.	CEMS de Gases y Flujo	Diaria	No requeridas cuando la unidad esta fuera de operación.
Verificación o chequeo de Interferencia ¹ .	CEMS de Flujo	Diaria	No requeridas cuando la unidad esta fuera de operación.
Error de Linealidad	CEMS de Gases	Trimestral	No requeridas para CEMS de SO ₂ o NO _x 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 la SMA.
Verificación o chequeo de fugas ²	Monitores de flujo del tipo presión diferencial	Trimestral	-
Prueba de Exactitud Relativa (*)	CEMS de Gases y flujo	Anual	No requerida para CEMS de SO ₂ 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	-
Inspección primaria visual	Medidores de orificio, inyección y venturi certificados desde el diseño	Cada 3 años	-
Prueba de la tasa de emisiones de NO _x	Sistemas del Anexo E	Cada 5 años	-

(*) La ejecución anual del ensayo de Exactitud Relativa (ER) deberá ser realizada 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 del Protocolo. Sus resultados deberán ser remitidos a la SMA conforme a los plazos y puntos especificados en el numeral 4.4 del Protocolo sobre "Informe de Resultados de los Ensayos de Validación".

La fecha de ingreso a la SMA del "Informe de resultados de los Ensayos de Validación" deberá ser previa al cumplimiento de 12 meses, contados a partir de la fecha establecida en la resolución otorgada por la SMA donde se aprueba el CEMS.

Nota: Para las pruebas diarias y trimestrales indicadas en la tabla N° 1, que requieran del uso de gases patrones de calibración, se 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 protocolo para verificar su concentración en forma previa a su uso. Los antecedentes que den cuenta de lo anterior podrán ser solicitados durante eventos de fiscalización.

En los casos que se presenten situaciones, tales como una interrupción forzada o fallas en la unidad que impidan que se puedan realizar las pruebas de Error de Linealidad o de Exactitud Relativa en el periodo establecido, se permitirá que las pruebas 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.

¹ 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.

² 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.

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 protocolo.
- 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 respecto al consumo de combustible y con el combustible normal de la unidad.
- 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 10% de carga media, 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.
 - O bien, el análisis de datos se puede hacer en base a la "tasa de energética"³ (GHR), que es el cociente de tasa de calor de entrada sobre la carga de unidad).

4.1. ESPECIFICACIONES DE CUMPLIMIENTO PARA LAS PRUEBAS RUTINARIAS DE AC.

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 SO₂, NO_x, CO₂, O₂ y flujo, son el doble al valor establecido en los ensayos de validación del Protocolo.
- Para los monitores de SO₂ y NO_x 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 SO₂ y NO_x 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 N° 2 se resumen los límites de aceptación.
- Para las pruebas trimestrales de Error de Linealidad y pruebas anuales de Exactitud Relativa los límites son los mismos especificados en los ensayos de validación del protocolo.

Tabla N° 2
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	$\leq 15,0\%$, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo no ajustadas por Bias.	$\leq 10,0\%$, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo ajustadas por Bias ⁴ .
Cociente de flujo/carga o tasa de calor	< 60 MW o < 500 klb/h de vapor	$\leq 20,0\%$, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo no ajustadas por Bias.	$\leq 15,0\%$, si en los cálculos se utilizaron tasas de flujo ajustadas por Bias.

³ El planteamiento de la tasa energética bruta incluye la concentración de gas de dilución (CO₂ u O₂) en la ecuación. Esta alternativa es más útil para las configuraciones comunes de chimenea.

⁴ 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.



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 AC, permiten una buena operatividad de los equipos de monitoreo continuo. Por el contrario, cualquier deficiencia en las variables mencionadas puede conllevar a eventos "Fuera de Control" de un CEMS.

Si los resultados de las pruebas rutinarias de aseguramiento de calidad superan los límites aplicables, 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. 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 en esta parte.

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 7 de este anexo del protocolo.

5. 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 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. Este plan de aseguramiento de calidad deberá estar disponible a la autoridad competente, cuando éste sea solicitado durante los eventos de fiscalización. Los requisitos específicos que se deben incluir en el plan se indican a continuación:

5.1. 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 del sistema de monitoreo.

5.2. 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 SO₂ o NO_x, 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.

5.3. PARA UNIDADES QUE USAN LAS METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS DE LOS ANEXOS D Y E:

- Expediente escrito de los procedimientos de pruebas de exactitud para los medidores de flujo de combustible, incluyendo (si aplica) los procedimientos de la calibración de transmisor y de la inspección visual.
- Expediente de todos los ajustes, mantenimientos o reparaciones de sistema de monitoreo de medidor de flujo de combustible.
- Expediente escrito de los procedimientos de muestreo y análisis periódicos del combustible.
- Para las unidades del Anexo E, una lista de parámetros de operación que se monitorean continuamente y los intervalos aceptables para los valores de estos parámetros.
- Expediente de procedimientos para pruebas de emisiones de NO_x, requeridas en el Anexo E.

Para las unidades de LME se deberán seguir las indicaciones establecidas en el anexo II del Protocolo.

5.4. 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 (CC) y Aseguramiento de Calidad (AC) para el CEMS-MP.

Se deberá desarrollar e implementar un programa de CC para el CEMS-MP, el que deberá incluir procedimientos escritos que detallen paso a paso las actividades detalladas en el protocolo, los que deberán estar disponibles en la fuente 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 periodo 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 CC son aceptables para el CEMS-MP, se debe considerar los siguientes criterios:

- Los procedimientos de CC son inadecuados o el CEMS-MP es incapaz de entregar datos de calidad si se reprueba 2 auditorías de CC 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 CC, ajustar, modificar o bien reemplazar el CEMS-MP para corregir las deficiencias que causan las imprecisiones excesivas.

5.4.1. 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%.

5.4.2. 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 N° 1:

Ecuación N° 1

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

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.

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 periodo 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 N° 2:

Ecuación N° 2

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

Dónde:

V_M = Volumen del gas de muestra determinado por el CEMS de MP, por ejemplo: cm³ seco.

V_R = Volumen de gas medido por el dispositivo de referencia independiente calibrado, por ejemplo cm³ 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 del Protocolo de validación de CEMS, 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.
-

5.4.3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LAS AUDITORÍAS

▪ **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 N° 3

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

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 N° 4

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

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 ó 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 considerarse 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:
 - 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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 auditoria 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 auditorias 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.

5.4.4. FRECUENCIA PARA LAS AUDITORÍAS DEL CEMS DE MP

- 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.

5.5. 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 Protocolo.

6. REPORTE DE DATOS

6.1. 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 validados de mayor periodo.
- 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.

6.2. 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", 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.

7. DATOS PERDIDOS (DATOS EN BLANCO) Y ANOMALOS

Por norma, 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 se aprueba un CEMS o cuando expira el plazo de certificación o validación de un CEMS o bien no se han pasado todas las pruebas requeridas).
- Fallas en las pruebas de aseguramiento de calidad o episodios de "Fuera de Control" (según lo definido en el numeral 33 del Anexo I del 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 fuera de control, generando datos perdidos (datos en blanco), datos anómalos o de calidad no asegurada, el titular de la fuente deberá notificar en forma inmediata a la Superintendencia del Medio Ambiente, por medio de un informe detallado (en formato digital), el estatus de fuera de control que afecta al CEMS y deberá monitorear y reportar los datos por uno de los siguientes medios:

- Usar los datos de un CEMS de respaldo debidamente validado (si se dispone).
- Usar el respectivo Método de Referencia aprobado para el parámetro específico regulado en el Protocolo, a fin de proporcionar datos de calidad confiable durante el tiempo de interrupción del CEMS. La aplicación del Método de Referencia deberá ser ejecutada por un laboratorio debidamente autorizado para dichos efectos por algún organismo del estado.

El tiempo que transcurra entre el inicio del periodo fuera de control del CEMS, y el inicio de las mediciones por la ETFA a través de los respectivos métodos de referencia, serán considerados para efectos de evaluación de la norma, dentro del 5% o 30% (según corresponda) de las horas que establece el DS13/11 como probables fallas.

El informe de notificación 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 intervenciones mayores que afecten la integridad del CEMS de deberán considerar los criterios definidos en el numeral 8 de este anexo.

8. REVALIDACION DEL CEMS

Todo Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones que haya cumplido con los ensayos de validación y obtenido su aprobación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, perderá automáticamente su aprobación, siendo deber del titular de la fuente, someter a un proceso de revalidación y re aprobación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, cumpliendo con todos los ensayos respectivos establecidos por el protocolo (como si se tratara de la primera vez) 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.

El titular de la fuente deberá notificar a la Superintendencia del Medio Ambiente por medio de un informe detallado (en formato digital), cualquier intervención que se realice al CEMS (descritas anteriormente), en forma previa a su ejecución y con una anticipación de 10 días hábiles. 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 Previo de Validación (IPV) del CEMS donde se proporcionen todos los antecedentes incluyendo los nuevos equipos o modificaciones realizadas al CEMS. El nuevo IPV dejará sin efecto el IPV ingresado anteriormente y dará inicio al nuevo proceso de revalidación del CEMS.

Nota: Para el caso de los analizadores de O₂ 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:

1. Notificar a la SMA según lo indicado anteriormente.
2. Seguir las instrucciones del proveedor para el reemplazo de la celda y realizar los diagnósticos que este instruya.
3. 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.
4. Enviar los resultados a la SMA para demostrar que el equipo sigue operando sin inconvenientes.