



Fundación
Centro Nacional del Medio Ambiente
Av. Larrain N° 9975, La Reina, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 275 4100, <http://www.cenma.cl>



UNIVERSIDAD DE CHILE

Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos

INFORME FINAL

Preparado para
CONAMA

Octubre de 2003
SANTIAGO, CHILE

Contenidos

1	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes del proyecto y alcance.....	1
1.2	Planificación del aseguramiento de la calidad del monitoreo del aire (Antecedentes técnicos).....	2
1.3	Estructura y alcance del Manual.....	3
2	Diseño de Monitoreo	5
2.1	Planificación y objetivos del monitoreo	5
2.2	Objetivos de la calidad de los datos.....	6
2.3	Objetivos del aseguramiento y control de calidad del monitoreo del aire.....	7
2.4	Determinación de escalas de monitoreo	8
2.5	Selección de contaminantes a monitorear	10
2.5.1	Definición de frecuencias de medición	11
2.6	Selección de métodos de medición.....	12
2.6.1	Normativa vigente	12
2.6.2	Criterios de selección del equipo de medición	15
2.6.3	Instrumentos recomendados	16
2.7	Selección de sitios de instalación	16
2.7.1	Factores generales a considerar en la selección del sitio de medición ...	18
2.7.2	Clasificación de sitios de medición	20
2.7.3	Criterios de selección de sitios	20
2.7.4	Evaluación del sitio en visita a terreno (lista de verificación).....	23
2.7.5	Determinación de cantidad de sitios de medición	28
2.8	Implementación de la Estación de Monitoreo	29
2.8.1	Requerimientos generales.....	29
2.8.2	Equipamiento para la medición de calidad de aire y transmisión de datos 31	
2.8.3	Criterios de localización de equipos de monitoreo en la estación.....	31
2.8.4	Equipamiento de infraestructura general.....	33
2.8.5	Equipamiento de medición de variables meteorológicas	34
2.9	Organización para la operación de la red y/o estaciones de monitoreo.....	35
3	Operación y Mantenimiento de la Estación.....	38
3.1	Procedimientos administrativos y previos a la operación	38
3.2	Programa Operación y Mantenimiento global de la red	38

3.2.1	Programa de visita	38
3.2.2	Mantenimiento de estaciones.....	41
4	Control de Calidad.....	43
4.1	Calibración de equipos	43
4.1.1	Tipos de calibraciones	43
4.2	Representatividad de las mediciones.....	49
4.2.1	Verificación del sitio de monitoreo	49
4.2.2	Verificación de las condiciones internas de la estación	50
4.3	Manejo de muestras y cadena de custodia.....	50
4.3.1	Manejo de las muestras.....	50
4.3.2	Cadena de custodia	52
4.4	Mantenimiento de trazabilidad	53
4.5	Evaluación del personal.....	54
5	Procesamiento de Información	55
5.1	Recolección y distribución de información	55
5.2	Validación de información	55
5.2.1	Niveles de validación.....	56
5.2.2	Procedimiento de validación	57
5.2.3	Descripción del proceso de validación	58
5.2.4	Implementación del proceso de validación	59
5.2.5	Salidas de la validación	59
5.3	Generación de bases de datos estándar.....	60
6	Reportes de información.....	65
6.1	Generación de formatos estándar y estadística.....	65
7	Auditorías orientadas al mejoramiento continuo.....	75
7.1	Auditorías internas de operación	76
7.1.1	Evaluación de cumplimiento de objetivos.....	76
7.1.2	Evaluación del personal.....	76
7.1.3	Evaluación de operación interna	76
7.1.4	Evaluación de desempeño	77
7.1.5	Mejoramiento de operación de la red	77
7.2	Criterios de auditorías externas al sistema	80
7.2.1	Planificación de la auditoría	80
7.2.2	Actividades de auditoría	81
7.2.3	Informe de auditoría	82

7.2.4	Acciones correctivas y seguimientos.....	83
7.3	Evaluación	86
8	Bibliografía.....	87

Figuras

Figura 2-1. Esquema de organización básica para la determinación de los objetivos del monitoreo.....	5
Figura 2-2. Esquema general de selección del sitio.....	17
Figura 2-3. Distancia de monitores MP10 a caminos, de acuerdo a escala de medición	23
Figura 2-4. Ejemplo de distribución de equipos al interior de estación.	30
Figura 2-5. Otro ejemplo de distribución de equipos en la estación (EPA).....	30
Figura 2-6 Organización operacional mínima para red de monitoreo.....	35
Figura 4-1 Etiquetado de la muestra.....	51
Figura 4-2 Formulario de cadena de custodia	53
Figura 4-3 Formulario de cadena de custodia de laboratorio	53
Figura 5-1 Esquema de factores adicionales en el proceso de validación.....	56
Figura 5-2 .Proceso de validación de datos	58
Figura 6-1 Ejemplo de Reporte Diario mediciones continuas.....	68
Figura 6-2. Ejemplo de reporte de mediciones de MP10, monitores gravimétricos	69
Figura 6-3. Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases	70
Figura 6-4. Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases (continuación)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6-5. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas.	72
Figura 6-6. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación).....	73
Figura 6-7. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación).....	74

Tablas

Tabla 1-1 Esquema de desarrollo de plan de Aseguramiento y Control de calidad.....	2
Tabla 2-1. Consideraciones en la planificación de monitoreo ambiental.....	5
Tabla 2-2. Ejemplo de objetivos de monitoreo de aire.....	6
Tabla 2-3. Requerimientos de la calidad de los datos	7
Tabla 2-4. Principales objetivos de QA/QC del monitoreo de calidad de aire.....	7
Tabla 2-5. Definición de escalas para la realización de monitoreos ambientales	9
Tabla 2-6. Relación entre objetivos de monitoreo y escalas espaciales de representatividad.....	10
Tabla 2-7. Contaminantes a monitorear	11
Tabla 2-8. Número de Observaciones recomendadas para validar monitoreos	11
Tabla 2-9. Normas de calidad de aire vigentes en Chile	12
Tabla 2-10. Métodos de medición exigidos en la normas de calidad de aire	12
Tabla 2-11. Tabla comparativa de metodologías de monitoreo	13
Tabla 2-12. Utilidad de las metodologías en función con el objetivo establecido	14
Tabla 2-13. Factores de decisión en la selección del equipo de medición	15
Tabla 2-14. Factores de decisión de selección de sitio de instalación.....	18
Tabla 2-15. Resumen de influencia de topografía en dispersión de contaminantes.....	19
Tabla 2-16. Clasificación de sitios de monitoreo y sus definiciones	20
Tabla 2-17. Factores de infraestructura mínimos en los sitios de medición.....	21
Tabla 2-18. Resumen de criterios de ubicación del sitio por contaminante y escala de medición.	21
Tabla 2-19 Distancia de monitores a caminos, para O ₃ , NO _x y CO	22
Tabla 2-20 Consideraciones para la Ubicación de	24
Tabla 2-21 Ejemplo de Lista de Verificación.....	26
Tabla 2-22 Criterios para determinación de número de sitios de monitoreo.....	28
Tabla 2-23 Recomendaciones de número mínimo de estaciones	28
Tabla 2-24. Criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición.	32
Tabla 3-1. Resumen de actividades de visita al sitio de monitoreo.....	39
Tabla 3-2. Resumen de las funciones de visita.....	40
Tabla 5-1 Factores de conversión de [ppb] a [μ g/m ³]	61

1 Introducción

1.1 Antecedentes del proyecto y alcance

En Chile, la responsabilidad del monitoreo de calidad de aire está dispersa en una serie de instituciones y organismos. La tarea de la vigilancia de calidad de aire está bajo la responsabilidad de los Servicios de Salud (SS) de cada, correspondiéndoles realizar directamente el monitoreo o bien fiscalizar la operación de las redes privadas asociadas a planes de descontaminación o a proyectos de inversión.

Por otro lado, las empresas que tienen la obligación de mantener redes privadas de monitoreo, las operan directamente o bien encargan esta labor a empresas subcontratadas. Con excepción del SESMA, los SS se dedican mayoritariamente a la fiscalización de redes privadas, siendo una tarea más entre muchas que deben realizar, con limitaciones de recursos humanos, monetarios y una imposibilidad de especialización debido a las múltiples tareas que deben realizar sus funcionarios.

Lo anterior va en desmedro de la confiabilidad de la información generada por las redes privadas, que queda supeditada a la calidad del trabajo operacional de las instituciones que deben reportar sus resultados a las autoridades sin una debida fiscalización. Adicionalmente, no existen reglamentos ni protocolos de procedimientos comunes que cautelen la confiabilidad de la información. Cada red tiene sus propias metodologías de control y no hay supervisión de ellas clara y uniforme.

La ausencia de un sistema de aseguramiento de calidad de los datos generados en redes de monitoreo y la dispersión de la información puede repercutir en evaluación insuficiente de políticas ambientales con los consiguientes riesgos asociados a un diseño errado. Esto ocurre porque en muchas ocasiones la oportunidad en la cual aparece la información es tardía o posterior al desarrollo o seguimiento de las políticas.

En este marco, el inicio de la ejecución de un Programa de Control de Monitoreo de Calidad de Aire Nacional, cuyo objetivo principal es velar por el aseguramiento y control de la calidad de la información generada en las estaciones de monitoreo del país y por la optimización de la operación de las redes de monitoreo, cobra gran relevancia.

En este sentido se ha considerado prioritario avanzar en el desarrollo de reglamentos y protocolos de procedimientos relativos al monitoreo de la calidad de aire, que permitan una estandarización y el aseguramiento de la calidad del monitoreo que se realice en el país.

Es en este contexto que el aseguramiento de calidad y el control de calidad, QA/QC (por sus siglas en inglés), constituyen una parte esencial de todo sistema de medición. Ambos incluyen la secuencia global de actividades que aseguran que una medición cumpla las normas de calidad definidas con un nivel establecido de confiabilidad. La reunión de expertos en monitoreo convocados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizada en Ginebra el 1991 determinó que es esencial elaborar un **plan de aseguramiento de la calidad** para las redes de monitoreo a fin de garantizar la comparabilidad y compatibilidad de los datos provenientes de diferentes lugares.

1.2 Planificación del aseguramiento de la calidad del monitoreo del aire (Antecedentes técnicos)

Previo a la ejecución de un programa de medición de contaminantes atmosféricos, es necesario diseñar un programa de monitoreo que considere un plan de aseguramiento de calidad (QA) y control de la calidad (QC) en cada uno de los componentes que permita obtener datos confiables acorde a una calidad previamente definida.

Las actividades de aseguramiento de calidad incluyen las fases previas a las mediciones dentro del monitoreo: la determinación de los objetivos y de la calidad de los datos del monitoreo, la designación del sistema, la selección del sitio, evaluación del equipamiento y capacitación de los operadores.

Las funciones de control de calidad comprende las actividades realizadas para obtener la exactitud y precisión en la medición: operación y mantención, calibraciones, control de datos, auditorías, entrenamientos, etc.

La implementación exitosa de cada componente del esquema de QA/QC es necesaria para asegurar el éxito del programa completo. *WHO's Guidelines for Air Quality*, define QA/QC como una cadena de actividades diseñadas para entregar datos creíbles y exactos, en que cada una de sus fases debe resguardarse y establecerse como pieza fundamental en el logro de los objetivos, proponiendo el esquema que se presenta a continuación:

Tabla 1-1 Esquema de desarrollo de plan de Aseguramiento y Control de calidad

Desarrollo de un plan de aseguramiento de calidad		
Aseguramiento de la calidad	Definición de los objetivos del monitoreo	- Definir los objetivos del monitoreo - Definir los objetivos de la calidad de los datos
	Diseño de monitoreo	- Diseñar la red de monitoreo - Seleccionar los sitios - Evaluar y seleccionar el equipamiento de medición - Desarrollar un programa de capacitación
Control de calidad	Control de calidad	- Preparar protocolos (procedimientos normalizados de operación y mantenimiento de registros) para la operación en los sitios y para el mantenimiento de los equipos - Preparar protocolos para la calibración de los equipos - Preparar un cronograma de visitas al sitio - Preparar los protocolos para la inspección, verificación y validación de datos
	Evaluación de la calidad	Cronograma para auditorías en la red y reportes.

Fuente: Manuales de Metodologías de GEMS/Aire. Volumen 1.
Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano

El diseño de un plan efectivo del programa de QA/QC es sólo el primer paso en el proceso de control calidad. El programa necesita ser documentado totalmente, y condescendiente con los procedimientos y requerimientos de las actividades del monitoreo. Los programas de monitoreo evolucionan a menudo con el tiempo en función de un cambio en sus objetivos, la legislación vigente, los recursos para la

operación o cambios en la problemática de la contaminación del aire. Los programas de aseguramiento de la calidad, por consiguiente, deben ser revisados regularmente, para asegurar que ellos sigan dentro, y cumpliendo a la vez, con el marco de los objetivos.

Aunque el objetivo principal es que la planificación de QA/QC sea aplicado a toda la red, hay a menudo características diferentes en el énfasis y la aplicación práctica que se le da a algunas etapas en particular. Es común, que el énfasis en cualquier sistema de calidad de monitoreo necesita ser enfocado en el punto de las mediciones, ya que éstas no pueden corregirse luego de haberse realizado, luego considera como fundamental, el diseño y mantención del sistema, las visitas regulares al sitio de medición, auditorias e intercalibraciones, ya que estos juegan un rol fundamental en el aseguramiento de la calidad de la red.

Otro punto importante es la necesidad de protección y validación de los datos. En cualquier programa de medición, bien diseñado y operado, el funcionamiento defectuoso de un equipo, los errores humanos, fallos en la alimentación de corriente, interferencias y una variedad de otras perturbaciones pueden producir una colección de datos adulterados. Por consiguiente, se debe maximizar la integridad y utilidad de los datos y deben identificarse dichos datos impropios y extraerse antes de la resolución final.

1.3 Estructura y alcance del Manual

En el marco de la elaboración de un Programa de Aseguramiento y Control de las Mediciones del Monitoreo del Aire, este manual ha sido escrito para proporcionar:

1. Una introducción general del diseño de una red de monitoreo (compuesta por una o más estaciones)
2. Una guía práctica que detalla los procedimientos de operaciones estándar usados en las distintas etapas del sistema de monitoreo.

El manual es dividido en dos partes:

Parte A: es descriptiva y contiene la información base general sobre los objetivos, estructura y dirección de la red. Es decir, presenta las etapas que conforman el diseño de la red de monitoreo, entre las cuales se encuentran lo siguiente:

- Objetivos del monitoreo y de la calidad de las mediciones
- Escalas de medición
- Selección de contaminantes a medir
- Selección de métodos de medición (normativa vigente)
- Selección de sitios de medición
- Implementación de la estación

Parte B: contiene los procedimientos de operación a usar en los diferentes componentes de la red, las operaciones en el sitio y fuera de él. En esta parte se incluye lo siguiente:

- Procedimientos de aceptación, traslado e instalación de equipos
- Programa de operación y mantención de la red (programa de visita)

- Calibraciones de equipos
- Auditorías del sitio
- Evaluación del personal
- Mantenimiento de trazabilidad
- Procesamiento de información
- Reportes de información
- Auditorías internas y externas orientadas al mejoramiento continuo

2 Diseño de Monitoreo

2.1 Planificación y objetivos del monitoreo

Cualquier decisión en lo que respecta a la planificación del monitoreo es determinada finalmente por los objetivos globales del monitoreo, por la disponibilidad de recursos y por el usuario final de los datos procesados. En este contexto, las principales preguntas que se deben considerar en la planificación de un sistema de monitoreo se entrega en la tabla siguiente.

Tabla 2-1. Consideraciones en la planificación de monitoreo ambiental

Preguntas a considerar antes de monitorear
• ¿Cuáles son los objetivos del monitoreo? • ¿Qué recursos existen? ○ Recursos económicos ○ Recursos humanos ○ Tiempo • ¿Qué contaminantes se quiere monitorear? • ¿Qué tipo de datos se necesita? ○ ¿Que resolución de tiempos (intervalo de promediación)? ○ ¿Con qué exactitud y precisión? • ¿Qué método de monitoreo y equipamiento se debe usar? • ¿Para quién se generan los datos y en qué formato se desean?

Las respuestas a estas interrogantes, facilita el diseño del sistema de monitoreo y evita la generación de información innecesaria o la duplicación de esfuerzos producto de una organización y planificación errada o ligera de las actividades a realizar para el logro de los objetivos.

El esquema de la Figura 2-1 propone la organización básica que se debería adoptar para determinar en forma precisa los objetivos del monitoreo.

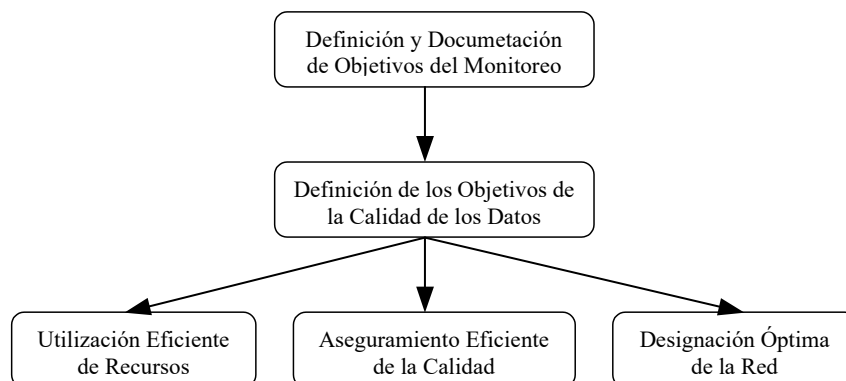


Figura 2-1. Esquema de organización básica para la determinación de los objetivos del monitoreo

Es fundamental que los objetivos sean claros y factibles de realizar. Una definición clara de los objetivos es esencial para permitir un desarrollo óptimo de la red de monitoreo, definir los contaminantes prioritarios y seleccionar los métodos de medición apropiados.

Debe considerarse que una red de monitoreo está diseñada para una variedad de funciones, como por ejemplo, desarrollo de estrategias y políticas de acción, planificación local o nacional, mediciones comparativas con estándares internacionales, identificación y cuantificación del riesgo en la salud y conocimiento público de la realidad local, entre otras.

Obviamente, los mismos objetivos no se aplican a todos los contaminantes ni a todos los sitios de monitoreo en una misma zona y, en general, son influenciados por las prioridades de la realidad del medio en el cual se emplazan.

Entre los objetivos más usuales de monitoreo del aire se tienen los señalados en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Ejemplo de objetivos de monitoreo de aire

Algunos de los objetivos del monitoreo del aire
• Determinar la exposición de la población y evaluar la influencia de la contaminación del aire sobre la salud y el ambiente • Cumplimiento de resoluciones de medición de contaminantes impuestas por la autoridad • Información del estado de la calidad del aire, sistema público • Determinación de conformidad con estándares nacionales e internacionales • Proveer las entradas para elaborar modelos de calidad del aire o información necesaria a los programas de control de calidad de aire • Desarrollo de políticas y prioridades de acción • Desarrollo de herramientas de control (modelamiento, sistemas de información geográfica de distribución de contaminación, exposición de personas, etc) • Verificación de la efectividad de las medidas de control • Determinación de necesidades del control de la contaminación en los niveles actuales o proyectados de calidad del aire • Activación de las medidas de contingencia cuando se requiera • Evaluación de inventarios de emisiones y modelos de predicción de la calidad del aire • Detección del transporte de largo alcance de los contaminantes • Monitoreo de tendencias de acumulación de contaminantes totales en la atmósfera

Nota: Recopilación de principales objetivos de monitoreo. Bibliografía del estudio, Ver anexos

2.2 Objetivos de la calidad de los datos

La definición de los objetivos determina los requerimientos de datos y su nivel de calidad que se necesiten para llevarlos a cabo.

De especial interés son los siguientes criterios de calidad para datos ambientales:

Tabla 2-3. Requerimientos de la calidad de los datos

Requerimientos de la calidad de los datos
• Exactitud (Que tan cerca llega el valor de la medición al valor real o de referencia) • Precisión (Reproducibilidad del dato) • Completitud (La cantidad de datos válidos obtenidos como fracción de lo que se tenía planificado a obtener) • Representatividad (Que la muestra de contaminación sea típica con respecto a las condiciones, al período y a la localidad para la cual se obtiene el dato) • Comparabilidad (extensión de redes)

2.3 Objetivos del aseguramiento y control de calidad del monitoreo del aire

Se debe enfatizar que la función de QA/QC no es entregar datos de la más alta calidad, ya que sería un objetivo poco realista atendiendo a los recursos prácticos que se tengan, sino más bien, que se cumplan con los objetivos realistas requeridos de la calidad de los datos.

Los objetivos del aseguramiento y control de calidad se resumen a continuación:

- Los datos obtenidos de los sistemas de medición deben ser representativos de las áreas bajo investigación.
- Las mediciones deben ser lo suficientemente exactas y precisas como para alcanzar los objetivos específicos del monitoreo.
- Los resultados del monitoreo deben ser internamente consistentes y comparables con normas internacionales u otras normas aceptadas, si existen.
- Los datos obtenidos deben ser consistentes en el tiempo. Esto es particularmente importante si los datos se van a analizar con miras a determinar tendencias de largo plazo.
- Con frecuencia, se requiere una tasa anual de recolección de datos superior a 75%. Pero en otras situaciones se requieren tasas de recolección muy altas, sobre 95%.

Tabla 2-4. Principales objetivos de QA/QC del monitoreo de calidad de aire

Objetivos del QA/QC
• Medidas exactas, precisas y confiables • Datos representativos del ambiente o de las condiciones del lugar de exposición • Resultados comparables y trazables con respecto a los patrones metrológicos • Medidas consistentes en el tiempo • Alta captura de datos, uniformemente distribuidos • Óptimo uso de recursos

Este Manual describe los procedimientos y registros básicos para asegurar que el conjunto de operaciones que forman parte del programa de monitoreo sea coherente con los objetivos del programa de QA/QC especificados anteriormente.

Para cumplir con los objetivos del programa de QA/QC no basta con seguir los procedimientos de operaciones de cada etapa del monitoreo. El entrenamiento de los operadores en el o los procedimientos específicos en los cuales se desempeñe dentro de las etapas del monitoreo, es la clave para llevar a cabo los objetivos planteados.

2.4 Determinación de escalas de monitoreo

La selección de la ubicación de las estaciones requiere hacer compatible el objetivo general del monitoreo con un lugar a una escala apropiada de representación espacial y luego escoger una ubicación de monitoreo que sea característica de esa escala espacial.

El concepto de escala espacial de representatividad de una estación de monitoreo se define, entonces, para clarificar la naturaleza de la relación entre objetivos de monitoreo y localización física de una estación de monitoreo.

Así, la escala espacial de representatividad está descrita en términos de las dimensiones físicas de la parcela de aire cercana a la estación de monitoreo para la cual las concentraciones de contaminantes son razonablemente similares.

Usualmente, se aplican seis escalas espaciales para la ubicación de sistemas de monitoreo de contaminación atmosférica, las cuales se describen a continuación:

Microescala. A esta escala se asocian volúmenes de aire ambiental que tienen dimensiones que van desde varios metros hasta aproximadamente 100 metros y corresponde a estaciones ubicadas muy cerca de la(s) fuente(s), (por ejemplo: O₃, CO y NO). Para los monitores de gases, esta escala se usa para evaluar la distribución del gas dentro del penacho, ya sea sobre terreno plano o sobre terreno complejo. En el monitoreo del total de partículas en suspensión (TSP) y de material particulado (PM), esta escala se usa para caracterizar las emisiones procedentes de las inmediaciones de fuentes puntuales. Este tipo de escala, también se puede usar para definir los efectos sobre la salud de ciertos individuos que permanecen cerca de una ubicación fija por largos períodos.

Escala media. Esta escala representa dimensiones que van de 100 metros a 0.5 kilómetros y caracteriza la calidad del aire en áreas de un tamaño equivalente a varias manzanas dentro de una ciudad. Corresponde a estaciones ubicadas a distancias considerables de las fuentes pero bajo su influencia. Algunos de los usos de los datos asociados con las mediciones de escala media, tanto de gases como de PTS/PM , incluyen la evaluación de los efectos de las estrategias de control para reducir las concentraciones urbanas y el monitoreo de episodios de contaminación ambiental.

Escala local. Las mediciones de la escala local caracterizan las condiciones sobre áreas con dimensiones que van desde 0.5 hasta 4 Km. Supone condiciones de homogeneidad en la parcela de aire correspondiente, por lo que no debe haber influencia significativa de alguna fuente en particular. Esta escala se aplica en áreas donde la tasa de aumento o disminución del gradiente de concentración gaseoso y de PTS/PM es relativamente baja (por ejemplo: principalmente áreas suburbanas en las cercanías de los centros urbanos) y en grandes secciones de pueblos y ciudades pequeñas. En general, estas áreas son homogéneas en términos de perfil de concentración. Las mediciones de la escala local

pueden ser asociadas con concentraciones de línea de base en áreas de crecimiento proyectado y en estudios sobre respuestas de la población a la exposición a contaminantes (por ejemplo: efectos sobre la salud). Asimismo, los máximos de concentración asociados con episodios de contaminación atmosférica pueden estar distribuidos de manera razonablemente uniforme sobre áreas de escala local. Las mediciones tomadas dentro de tales áreas representan concentraciones de escala local y de escala media. Finalmente, esta escala se usa para hacer comparaciones de una ciudad a otra y satisface la mayoría de los objetivos de planificadores y de personas que participan en el proceso de toma de decisiones a nivel urbano y regional.

Escala urbana. Las mediciones a escala urbana caracterizan las condiciones sobre un área metropolitana entera. Esta escala requiere a menudo más de un sitio para la definición. Debe representar condiciones homogéneas para un radio urbano amplio. Tales mediciones son útiles para calcular las tendencias de la calidad del aire en toda una ciudad y, por ende, para la eficacia de las estrategias de control de contaminación a gran escala. Las mediciones que representan áreas que abarcan toda una ciudad también sirven como base válida para hacer comparaciones entre diferentes ciudades.

Escala regional. Las mediciones de la escala regional representan las condiciones sobre áreas con dimensiones de cientos de kilómetros. Estas mediciones se aplican principalmente a grandes áreas homogéneas, particularmente aquellas que están escasamente pobladas. Tales mediciones proporcionan información acerca de la calidad de fondo del aire y del transporte de contaminación entre regiones.

Escala nacional o global. Esta escala de medición representa concentraciones que caracterizan a la nación o al mundo como un todo. Tales datos son útiles en la determinación de las tendencias contaminantes, el estudio de los procesos de transporte internacional y global y la evaluación de los efectos de las políticas de control a escala global.

Tabla 2-5. Definición de escalas para la realización de monitoreos ambientales

Categoría de Escala	Definición
Microescala	Define las concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros hasta 0.5 kilómetros.
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0,5 a 4 km.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 km.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.
Escala Nacional o Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación o del mundo como un todo.

Nota: Referencias a escalas de representatividad espacial relativas a cada contaminante
Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems,
 Vol. II: *Ambient Air Specific Methods, Appendix 6-A, 1997*
 Puede ser encontrada también en 40 CFR Part 58, Appendix D.

Cada escala espacial se diseña para satisfacer los objetivos específicos de monitoreo.

Los objetivos específicos de la mayoría de los diseños de redes de monitoreo se pueden resumir en:

- Determinar las concentraciones máximas que se espera que ocurran en el área cubierta por la red
- Determinar las concentraciones representativas en áreas de alta densidad de población
- Determinar el impacto de fuentes o categorías de fuentes significativas en los niveles de contaminante ambiental, y
- Determinar el fondo general o línea base de los niveles de concentración

La Tabla 2-6 entrega la relación entre los objetivos básicos de monitoreo y las escalas de representatividad generalmente más apropiadas para cumplir cada uno de esos objetivos.

Tabla 2-6. Relación entre objetivos de monitoreo y escalas espaciales de representatividad

Objetivos de monitoreo	Escalas espaciales apropiadas
Medición de altas concentraciones	Micro Media Local Urbana (en ocasiones)
Efectos en población	Local Urbana
Impacto de fuentes	Micro Media Local
General/De fondo/De base	Local Regional

2.5 Selección de contaminantes a monitorear

Los contaminantes atmosféricos son producidos por diversas fuentes, las cuales no sólo pueden generar un problema en su área vecina inmediata, sino también pueden viajar a grandes distancias, como también reaccionar químicamente en la atmósfera produciéndose contaminantes secundarios como lluvia ácida u ozono.

Las limitaciones técnicas y presupuestarias imposibilitan monitorear todos los contaminantes presentes en el aire, es por eso que los programas de monitoreo usualmente miden sólo un pequeño grupo de contaminantes que actúan como indicadores de la calidad del aire. Estos contaminantes específicos son seleccionados porque:

- Pueden causar efectos adversos significativos en la salud y en el ambiente.
- Son descargados a la atmósfera normalmente por fuentes conocidas o sospechosas.
- Proporcionan buenos indicadores de la calidad global del aire.

La naturaleza de las fuentes presentes en el área proporcionará una buena indicación de cuáles contaminantes monitorear. Por ejemplo, si los vehículos son la fuente primaria de

contaminantes, el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono y posiblemente el benceno y las partículas deberían ser monitoreadas. Si el área es afectada por las emisiones domésticas, consumo de la leña, etc. las partículas y posiblemente el monóxido de carbono se deben monitorear. En lugares donde el carbón es utilizado con frecuencia, en uso doméstico o industrial, el dióxido de azufre se debe monitorear.

Sin embargo, dependerá de los objetivos centrales del monitoreo la elección de los contaminantes a monitorear.

Este Manual ha sido diseñado para los cinco agentes contaminantes principales, denominados contaminantes criterios, que se identifican en la Normativa Ambiental Vigente de Chile:

Tabla 2-7. Contaminantes a monitorear

Material particulado	Gases
Material particulado respirable de diámetro <10µm, PM₁₀	Dióxido de azufre, SO₂ Monóxido de carbono, CO Dióxido de nitrógeno, NO₂ Ozono, O₃

2.5.1 Definición de frecuencias de medición

La determinación de la frecuencia de monitoreo de cada uno de los contaminantes está en función de los objetivos del monitoreo y en muchos casos de la normativa vigente que determina los períodos de evaluación desde valores horarios a anuales.

Para monitoreo no continuos de PM₁₀, en general, se efectúan mediciones de 24 horas a intervalos de 3 días, 6 días o según como lo requiera los objetivos del programa. El muestreo puede iniciarse y finalizar a la medianoche o fijar cualquier otra hora.

Para muestreos de gases mediante técnicas pasivas es usual frecuencias semanales o mensuales, sin embargo, estas mediciones no permiten resoluciones horarias de información si se pretende comparar con normas horarias.

En el caso de las mediciones con monitores continuos, las resoluciones de tiempo incluso pueden llegar a valores cada 1 minuto, los cuales posteriormente se promedian para generar valores horarios, diarios, semanales mensuales, anuales. En general, un mínimo del 75% de observaciones totales deben registrarse para el procesamiento de la información en cada una de las resoluciones de tiempo.

Tabla 2-8. Número de Observaciones recomendadas para validar monitoreos

Intervalo de tiempo	Número mínimo de observaciones
3 h promedio	3 observaciones horarias consecutivas
8 h promedio	6 observaciones horarias
24 h (1 día)	18 observaciones horarias
Mensual	61 promedios diarios
Trimestral	3 promedios mensuales consecutivos
Anual	9 promedios mensuales

Los valores de la Tabla 2-8 pueden ser aun más estrictos (aumentar el valor mínimo) en función de los objetivos fijados.

2.6 Selección de métodos de medición

Una variedad muy amplia de métodos para medir los contaminantes atmosféricos se encuentran disponibles en el mercado, los cuales varían tanto en precio como en precisión de las mediciones.

Sin embargo, cabe destacar que se recomienda que la selección del tipo de monitoreo y específicamente su método de medición, debe estar incluido dentro de las alternativas de métodos de medición que establece la Norma Primaria de calidad de aire de nuestro país.

La selección del tipo de tecnología de medición adecuada depende fundamentalmente de los objetivos de la calidad de los datos a generar. Además, se deben considerar otros aspectos como las limitaciones económicas particulares y la disponibilidad de personal calificado que participe en el programa de monitoreo. Factores como el costo de los instrumentos, así como la complejidad, la confiabilidad y el rendimiento de ellos juegan un papel importante en la selección.

2.6.1 Normativa vigente

Las normas ambientales son disposiciones legales que establecen, por acuerdo entre los distintos sectores de la sociedad, cuáles serán los niveles de sustancias contaminantes que serán considerados aceptables y seguros para la salud del ser humano y del medio ambiente. Las normas son herramientas de gestión ambiental, establecen los límites a aquellos elementos que presentan algún grado de peligro para las personas o el ambiente y señalan metodologías de medición para el contaminante. La Tabla 2-9 presenta las normas vigentes para los contaminantes considerados en el alcance de este Manual.

Tabla 2-9. Normas de calidad de aire vigentes en Chile

Contaminante	Decreto/Fecha de promulgación
Material particulado respirable (PM ₁₀)	D.S. N° 59 de 16 de marzo de 1998
Ozono (O ₃)	D.S. N°112 de 6 de agosto de 2002
Dióxido de azufre (SO ₂)	D.S. N°113 de 6 de agosto de 2002
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	D.S. N°114 de 6 de agosto de 2002
Monóxido de carbono (CO)	D.S. N°115 de 6 de agosto de 2002

La Tabla 2-10 presenta los métodos exigidos por las normas de calidad de aire para la medición de los contaminantes normados.

Tabla 2-10. Métodos de medición exigidos en la normas de calidad de aire

Contaminante	Método de medición
Material particulado respirable (PM ₁₀)	• Método gravimétrico de muestreador de alto volumen equipado con cabezal PM-10; • Método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal PM-10;

Contaminante	Método de medición
	- Método por transducción gravimétrica de oscilaciones inducidas. Microbalanza de oscilación de sensor en voladizo con cabezal PM-10; - Métodos basados en el principio de atenuación beta.
Ozono (O ₃)	- Quimiluminiscencia con etileno; - Fotometría de absorción ultravioleta; - Cromatografía líquida gas/sólido; - Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Dióxido de azufre (SO ₂)	- Fluorescencia ultravioleta; - Espectrometría de absorción diferencial con calibración in – situ.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	- Quimiluminiscencia; - Los que se basen en el método modificado de Griess-Saltzman; - Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Monóxido de carbono (CO)	Fotometría infrarroja no dispersiva.

En este contexto, las Normas Primarias de Calidad de Aire permiten “Un método de medición de referencia o equivalente designado o aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea”.

El monitoreo de calidad de aire se debe realizar con equipos que cumplan con los métodos de medición señalados en la Tabla 2-10 y que hayan sido reconocidos, aprobados o certificados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

Estos equipos de medición se encuentran clasificados en: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos. Existe una quinta categoría, bioindicadores, los cuales son usados principalmente para fines de investigación.

Las principales ventajas y desventajas de las diferentes técnicas se resumen en la Tabla 2-11 y sus descripciones se señalan en el Anexo B.

Tabla 2-11. Tabla comparativa de metodologías de monitoreo

Metodología	Contaminantes medidos	Ventajas	Desventajas	Inversión Us\$
Muestreadores Pasivos	Gases y partículas (para monitoreos exploratorios)	- Muy bajo costo - Muy simple - Útiles para estudios de línea base - No depende principalmente de electricidad	- Inapropiado para algunos contaminantes. - En general, sólo proporciona promedios semanales y mensuales - Requiere intenso análisis de laboratorio.	2 a 4 por muestra

Metodología	Contaminantes medidos	Ventajas	Desventajas	Inversión Us\$
			Procesamiento lento de los datos	
Muestreadores Activos	Material particulado	- Bajo costo - Fáciles de operar - Confiables en operación y funcionamiento - Historia de base de datos	- Proporcionan los promedios diarios - Intensa labor de colección de muestras - Requiere análisis de laboratorio	2.000 a 4.000 por unidad
Monitoreos Automáticos	Material particulado y gases	- Alto funcionamiento comprobado - Datos horarios - Información on line - Bajos costos directos	- Complejo - Caro - Requiere técnicos calificados - Altos costos periódicos de operación	10.000 a 20.000 por analizador
Sensores Remotos	Material particulado, gases y variables meteorológicas	- Proporcionan patrones de resolución de datos - Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmósfera - Mediciones de multicomponentes	- Muy complejos y caros - Difíciles de operar, calibrar y validar - No son siempre comparables con los analizadores convencionales	> 200.000 por sensor

Nota: Valores de referencia al año 2002. Fuente: PNUMA/OMS 2002
Manuales de Metodología de GEMS/Aire. Volumen 1. Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano

Los sistemas más costosos brindan datos más exactos pero, por lo general, su manejo es más complejo. Debido a que los costos de inversión y los costos operativos de las técnicas disponibles varían ampliamente, se recomienda elegir la tecnología más sencilla y económica pero considerando siempre que esta elección sea acorde con el cumplimiento de los objetivos de monitoreo establecidos.

La selección del método de medición a emplear en el programa de monitoreo debe entenderse, además de las recomendaciones señaladas por las Normas de Calidad de Aire, en función de los objetivos predefinidos del sistema de monitoreo a realizar. En este contexto, la Tabla 2-12 muestra el nivel de utilidad de cada metodología con respecto al objetivo fundamental del programa de monitoreo.

Tabla 2-12. Utilidad de las metodologías en función con el objetivo establecido

OBJETIVOS	METODOLOGÍAS				
	Muestreadores Pasivos	Muestreadores Activos	Analizadores Automáticos	Sensores Remotos	Bio indicadores
Vigilar el cumplimiento de los valores límite de calidad de aire.	1	3	3	1	1
Implementación de planes de contingencia.	1	3	3	2	
Alertas ambientales, vigilancia de valores	1	2	3	2	

OBJETIVOS	METODOLOGÍAS				
	Muestreadores Pasivos	Muestreadores Activos	Analizadores Automáticos	Sensores Remotos	Bio indicadores
máximos.					
Investigación del transporte de contaminantes atmosféricos	2	2	1	3	2
Barrido de contaminantes en una trayectoria.			2	3	
Rastreo de tendencias temporales de calidad de aire.	2	1	3	3	1
Medición del impacto de las medidas de control en la calidad de aire.	3	2	3	2	1
Calibración y evaluación de modelos de dispersión.	1	1	3	3	
Monitoreo de cuneta (kerbside).	3	3	1		
Efectos de la contaminación atmosférica global	2	2	2	1	3
Inventario de efectos.					
Estudios de salud pública.	3	3	1		1
Medición de concentraciones de fondo (background).	3	1	1		3
Monitoreos en fuentes fijas.	1	2	3	3	
Monitoreo perimetral a industrias riesgosas.	1	2	3	3	1

Nota: los valores del 1 al 3 indican el nivel de utilidad de la metodología, correspondiendo el número 3 a la metodología más recomendada para cumplir con el objetivo. La ausencia de valor indica que esa tecnología no es recomendable para cumplir con el objetivo en cuestión.

2.6.2 Criterios de selección del equipo de medición

Cualquier analizador de calidad de aire ambiental requiere una selección cuidadosa. No basta sólo con las especificaciones técnicas del equipo.

Los parámetros instrumentales son cuantificados fácilmente y, por lo tanto, mostrados por los fabricantes como las bondades del equipo en cuestión, estos incluyen especificaciones tales como exactitud y precisión, ruido, deriva, y rango de detección. Un resumen con los aspectos más importantes que se deben considerar en la selección del método, y por lo tanto del equipo de medición, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2-13. Factores de decisión en la selección del equipo de medición

Factores a considerar en la elección del método de medición	
•	Parámetros técnicos
○	<i>Selectividad:</i> indica el grado de independencia de interferencias del método.
○	<i>Especificidad:</i> indica el grado de interferencias en la determinación.
○	<i>Límite de detección</i>
○	<i>Sensibilidad:</i> Tasa o amplitud del cambio de la lectura del instrumento con respecto a los cambios de los valores característicos de la calidad del aire.
○	<i>Exactitud:</i> Grado de acuerdo o semejanza entre el valor real o verdadero y el valor medio o medido. Depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración; esta última dependen de la disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. Denota en que

Factores a considerar en la elección del método de medición	
	manera están ausentes errores por predisposición o sesgo o por azar
○	<i>Precisión, o reproducibilidad de las medidas:</i> grado de acuerdo o semejanza entre los resultados de una serie de mediciones aplicando un método bajo condiciones predescritas y el valor medio de las observaciones.
○	<i>Facilidad de calibración del instrumento:</i> Está asociada a la disponibilidad de gases de calibración en el mercado (estándares primarios) y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como a la necesidad de la frecuencia de su empleo.
○	<i>Disponibilidad de gases de calibración.</i> Gases primarios o secundarios.
○	<i>Volumen de gas necesario para la determinación:</i> Depende del comportamiento de las concentraciones de sustancias a medir.
○	<i>Tiempo de respuesta del instrumento:</i> Corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, o sea el período transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de la medición. Se suele distinguir dos partes: a) tiempo de retraso, aquel en que se alcanza el 10 % del cambio final en el instrumento de lectura, b) tiempo de crecimiento o caída, durante el cual se pasa del 10 % al 90 % del cambio final en el instrumento de lectura.
•	Parámetros operacionales
○	Disponibilidad de los sensores.
○	Resolución espacial.
○	Mantenimiento.
○	Porcentaje de intervalo de tiempo fuera de operación.
○	Equipamiento adicional necesario.
○	Mano de obra especializada requerida para operación y mantenimiento.
○	Simplicidad de aplicación
○	Simplicidad y facilidad de uso
○	Fiabilidad y compatibilidad
○	Costo de adquisición, operación y mantención
○	Soporte

2.6.3 Instrumentos recomendados

Existe una gran variedad de monitores automáticos en el mercado. Se recomienda elegir un equipo que cuente con aprobación EPA, que tenga servicio técnico en Chile y que corresponda a una tecnología que asegure una vigencia por al menos unos 8 años de uso.

US EPA en su sitio web www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html publica el listado de equipos con aprobación. Se recomienda verificar que el modelo de equipo seleccionado esté en esta lista.

2.7 Selección de sitios de instalación

La selección del lugar de medición apropiado, es una de las tareas más importantes en el diseño de una red de monitoreo, ya que debe ser la ubicación más representativa para monitorear las condiciones de la calidad del aire.

A continuación se presenta un esquema general de las etapas de selección de sitios de monitoreo:

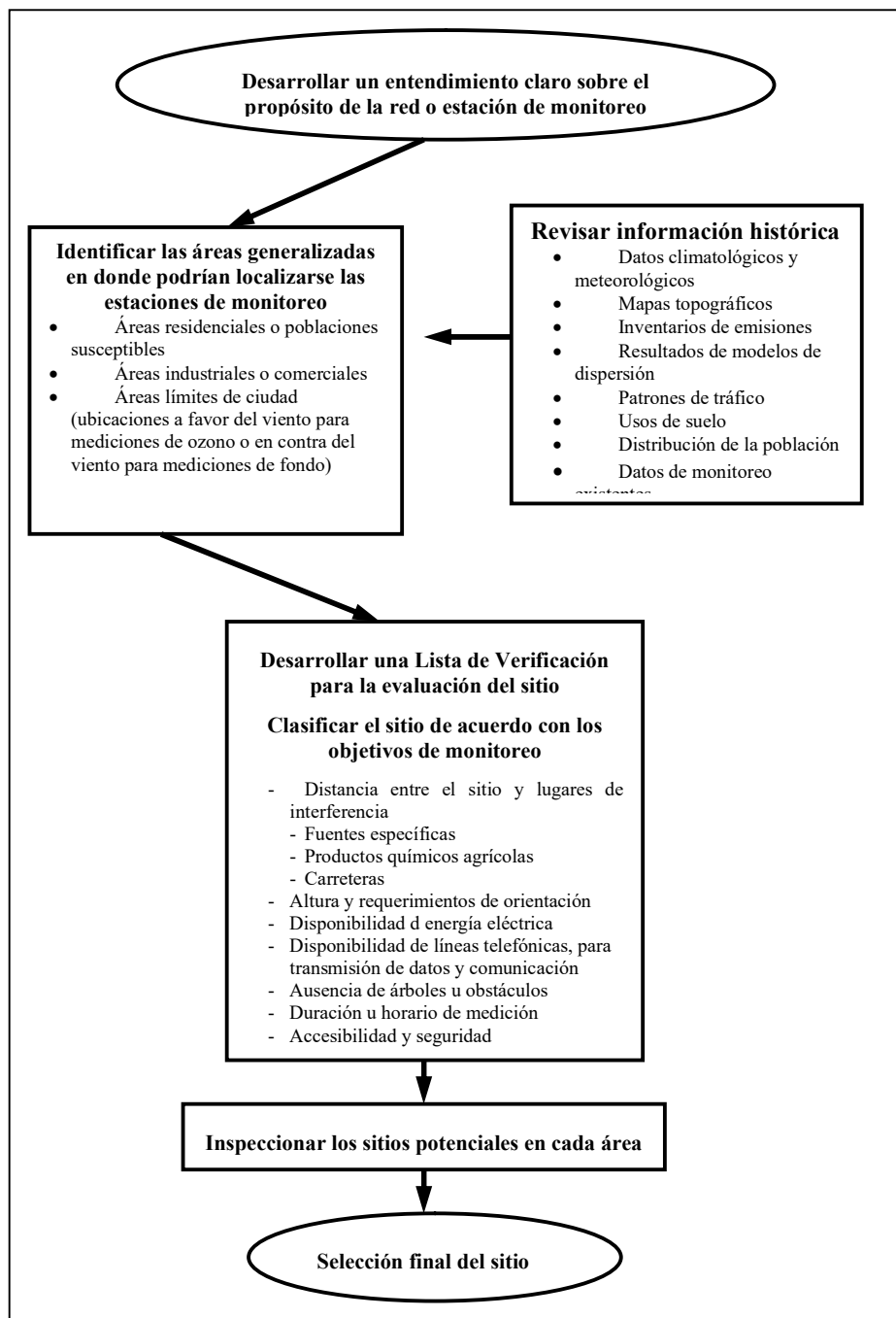


Figura 2-2. Esquema general de selección del sitio

2.7.1 Factores generales a considerar en la selección del sitio de medición

Para seleccionar las localizaciones más apropiadas en concordancia con los objetivos propuestos del monitoreo, es necesario manejar una serie de información que incluya, entre otros factores, información relativa a la ubicación de fuentes de emisiones, a la variabilidad geográfica o distribución espacial de las concentraciones del contaminante, condiciones meteorológicas y densidad de la población.

Tabla 2-14. Factores de decisión de selección de sitio de instalación

Factores de decisión para la instalación de estaciones
• Objetivo del monitoreo • Seguridad del sitio de instalación • Inventario de emisiones • Resultado de simulaciones de modelos • Consideraciones atmosféricas • Topografía • Otros Factores ○ Uso de los datos requeridos ○ Área a abarcar ○ Variabilidad espacial de los contaminantes ○ Disponibilidad de recursos ○ Despliegue de instrumentos

El proceso de selección del sitio de monitoreo, debe considerar los siguientes factores:

Objetivos generales del monitoreo. Generalmente, estos darán la pauta clave para la determinación de los tipos apropiados de áreas seleccionadas para el estudio. Por ejemplo, el monitoreo orientado hacia el tránsito puede incluir estaciones ubicadas en zonas de tránsito peatonal o cerca de las carreteras, mientras que los estudios epidemiológicos pondrán énfasis en los entornos periurbanos versus los entornos céntricos donde se produce la exposición humana.

Seguridad. La experiencia ha mostrado que en algunos casos, un sitio particular puede no ser apropiado para el establecimiento de una estación de monitoreo ambiental debido a los problemas con la falta de seguridad para la permanencia de los equipos, ya sea por actos vandálicos o por fenómenos de la naturaleza.

Inventario de emisiones o ubicación de fuentes emisoras. El conocer la información de localización de fuentes y sus niveles de emisión es un punto importante en la selección de los sitios. Si no es posible hacer un inventario total de emisiones, es importante conocer por lo menos la ubicación de las e información básica de qué contaminantes emiten.

Calidad del aire. Si sobre el área de estudios se ha realizado un monitoreo del aire, los datos generados pueden apuntar las localizaciones de áreas problemáticas. En caso contrario, es posible diseñar estudios de sondeo para proporcionar información sobre los problemas de contaminación en la localidad.

Modelos de dispersión. En caso de existir modelos de dispersión, los resultados de las simulaciones de estos se pueden usar para predecir la dispersión de los contaminantes, lo que puede ser de ayuda en la selección de sitios.

Consideraciones Atmosféricas. Las consideraciones atmosféricas pueden influir en la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes y en su transporte. Los efectos de edificios, fuentes de calor, en fin cualquier distractor de las trayectorias del aire pueden producir anomalías locales excesivas de concentraciones del contaminante. La meteorología debe ser considerada en conjunto con la situación geográfica del sitio y junto con ello factores como altura, dirección y extensión de las sondas de monitoreo. Los factores meteorológicos siguientes pueden influir de manera importante en la dispersión de contaminantes:

La **velocidad del viento** afecta el tiempo de viaje de la fuente del contaminante al receptor y la dilución del aire contaminado en la dirección que experimente el viento. Las concentraciones de contaminantes son inversamente proporcionales a la velocidad del viento.

La **dirección del viento** influye en los movimientos generales de contaminantes en la atmósfera.

La **variabilidad del viento** se refiere a los movimientos aleatorios en los componentes de velocidad horizontales y verticales del viento. Estos movimientos aleatorios pueden ser considerados como turbulencia atmosférica, mecánica (causada por estructuras y cambios en el terreno) o termal (causada por calentamiento o enfriamiento de masas de la tierra o cuerpos de agua). Si los fenómenos meteorológicos impactan con alguna regularidad, los datos necesitarán ser interpretados a la luz de estas condiciones atmosféricas.

Topografía. El transporte y la difusión de contaminantes del aire son complicadas por los rasgos topográficos. Antes de la selección final del sitio, revisar la topografía del área para asegurar que los objetivos del monitoreo en ese sitio no sean afectados de manera adversa. La Tabla 2-15 resume rasgos topográficos importantes, sus efectos en el flujo de aire y algunos ejemplos de influencias en la selección de sitios de monitoreo.

Otros datos. Información como datos demográficos, salud, población o usos de suelo, y sobre todo con el uso de sistemas de información geográfica, pueden servir en la identificación de sectores impactados o más susceptibles, por sus características, a la contaminación.

Tabla 2-15. Resumen de influencia de topografía en dispersión de contaminantes

Rasgo topográfico	Influencia en el flujo de aire	Influencia en la selección del sitio de monitoreo
Cuesta/Valle	Corrientes de aire descendentes por la noche y en los días fríos; levantamientos de vientos de valle en días limpios cuando ocurre un calentamiento de valle; tendencia cuesta-abajo en los vientos de valle.	Cuestas y valles son considerados como sitios especiales de monitoreo de aire porque generalmente se dispersan bien los contaminantes; los niveles de concentración no representan a otras áreas geográficas; posible ubicación de estación de monitoreo para determinar niveles de la concentración en una población o centro industrial en el valle.
Agua	Durante el día el agua se recoge por sobre la línea de la costa y por la noche abarca mayor superficie de tierra	Monitores sobre las líneas de la costa generalmente para las lecturas del fondo (background) o para obtener datos de contaminación sobre agua.

Rasgo topográfico	Influencia en el flujo de aire	Influencia en la selección del sitio de monitoreo
Colina	Cerros penetrantes que causan turbulencia; flujo aéreo alrededor de las obstrucciones durante las condiciones estables, pero encima de las obstrucciones durante las condiciones inestables.	Depende de la orientación de la fuente; las emisiones de fuente a viento-arriba generalmente se mezclan abajo de la cuesta, y ubicar la estación al pie de colina no es generalmente ventajoso; las emisiones de fuente de viento-abajo generalmente se limpian cerca de la fuente; monitorear cerca de una fuente generalmente es deseable si existe centro poblados adyacentes o si el monitoreo pretende proteger a trabajadores
Obstrucciones naturales o antropogénicas	Efectos remolino	Localizar estaciones cerca de obstrucciones no tiene, generalmente, lecturas representativas.

2.7.2 Clasificación de sitios de medición

Para permitir una evaluación más significativa y comparable de los datos obtenidos de las mediciones, los sitios de monitoreo pueden ser clasificados según el tipo de ambiente en que ellos se localizan. La descripción del sitio generalmente reflejará la influencia de una fuente contaminante en particular o del uso de la tierra global. Una categorización típica de los sitios de medición se señala en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16. Clasificación de sitios de monitoreo y sus definiciones

Clasificación del sitio	Descripción
Centro urbano	Representa una localización urbana de la típica población expuesta en ciudades céntricas.
Urbano/ aledaños (background) o de fondo	Localización urbana distanciada de fuentes y por consiguiente ampliamente representativa de las ciudades alejadas del núcleo central (Ej.: localidades elevadas, parques y áreas residenciales urbanas).
Suburbano	Tipo de localidad situada en una área residencial en las afueras de un pueblo o ciudad.
Sitio de borde (kerbside) o de cuneta	Sitio de monitoreo a 1 metro de un camino transitado.
Industrial	Área donde las fuentes industriales desarrollan una importante contribución.
Rural	Localidad de campo abierta, en un área de baja densidad de población, distanciada, hasta donde es posible, de caminos, poblados y áreas industriales.
Otras	Cualquier localidad o fuente especial relacionada a fuentes de emisión específicas como estacionamientos, aeropuertos, túneles, etc. Alternativamente, un sitio localizado como punto receptor (Ej: hospital o escuela)

2.7.3 Criterios de selección de sitios

Ciertos factores locales necesitan ser considerados en la selección de la localización precisa del sitio de monitoreo, para que éste sea ampliamente representativa de la calidad del aire experimentada por las personas.

Para asegurar comparaciones significantes de datos entre las diferentes estaciones de monitoreo, los sitios deben ser clasificados según lo detallado en la Tabla 2-16.

Así, una variedad de consideraciones prácticas se deben aplicar al seleccionar el sitio de monitoreo.

2.7.3.1 Criterios de infraestructura general del sitio

A continuación se listan criterios generales a considerar en cuanto a la infraestructura que debe tener asociado el sitio de medición.

Tabla 2-17. Factores de infraestructura mínimos en los sitios de medición

Factores a considerar en la infraestructura del sitio de medición	
•	Debe tener acceso a energía eléctrica
•	Posibilidad de conexión telefónica.
•	El sitio debe ser accesible para albergar vehículos que ingresen al lugar.
•	Debe permitir una entrega fácil de los cilindros de gas cerca del sitio y permitir la transferencia de ellos en el lugar sin dificultad.
•	Debe haber acceso fácil al sitio en todo momento.
•	El sitio debe estar en una área dónde el riesgo de vandalismo sea mínimo.

2.7.3.2 Criterios de ubicación del sitio

La Tabla 2-18 presenta un resumen de los criterios generales de localización del sitio de medición en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información se encuentra detallada en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 2-18. Resumen de criterios de ubicación del sitio por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Distancia a calles [m]
SO ₂ ^{B,C,D,E}	Media Local Urbana Regional	> 1	> 10	N/A
CO ^{C,D,F}	Microescala	>1	>10	2 -10
	Media Local			Tabla 2-19
O ₃ ^{B,C,D}	Media Local Urbana Regional	>1	>10	Tabla 2-19
NO ₂ ^{B,C,D}	Media Local Urbana	>1	>10	Tabla 2-19

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Distancia a calles [m]
PM ₁₀ ^{B,C,D,E,G}	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 –10
	Local Urbana Regional			Figura 2-3

N/A: No aplicable

^A. Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de goteo del árbol y debe estar a 10 metros de la línea de goteo cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor del sensor o muestreador; 180 grados si el sensor está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para microescalas de

sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 metros de una intersección de calle y preferiblemente en una localización del midblock.

^G. Para monitores de PM₁₀ una distancia de separación de 2 a 4 m entre los monitores colocados

Tabla 2-19 Distancia de monitores a caminos, para O₃, NO_x y CO

Promedio diario de tráfico vehicular [Vehículos/día]	Distancia mínima para monitores de CO Escala: Media y Local [m]	Distancia mínima para monitores de O ₃ y NO _x Para todas las escalas [m]
10.000	10	10
15.000	25	20
20.000	45	30
30.000	80	
40.000	115	50
50.000	135	
60.000	150	
70.000		100
110.000		250

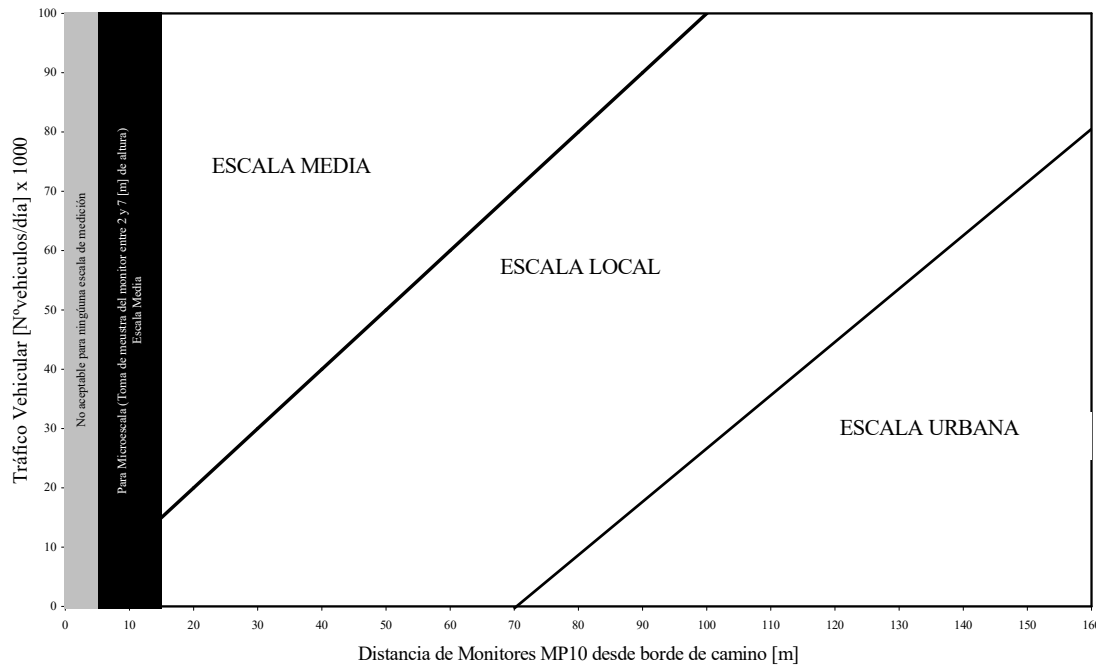


Figura 2-3. Distancia de monitores MP10 a caminos, de acuerdo a escala de medición

2.7.4 Evaluación del sitio en visita a terreno (lista de verificación)

Los criterios de localización del sitio de medición deben ser evaluados en terreno, primero para seleccionar los sitios potenciales y, posteriormente, para definir las localizaciones definitivas que tendrán los sitios en los que se instalarán las estaciones de monitoreo.

Durante la visita al lugar, los criterios de ubicación mencionados anteriormente se usan en combinación con otras informaciones específicas del lugar a fin de desarrollar recomendaciones sobre los sitios específicos de monitoreo. Se evalúa la información relativa a factores tales como clima, topografía y distribución de la población.

Además, para guiar la recopilación y evaluación de información específica del lugar, se revisa una cantidad de referencias técnicas sobre la ubicación y operación del monitor. Posteriormente, se preparan listas de verificación para facilitar las inspecciones del lugar.

La primera lista de verificación se diseña para ayudar en la evaluación de las ubicaciones posibles de lugares de monitoreo por medio del realce de los factores cruciales de las decisiones de ubicación de monitores.

Se trata de saber:

- Si la ubicación permitirá obtener una muestra representativa, incluyendo concentraciones promedio o concentraciones típicas en las áreas de interés.
- Si el lugar está sujeto a posibles interferencias de monitoreo o condiciones micrometeorológicas poco comunes.

- Si hay un camino de acceso adecuado, energía eléctrica y accesibilidad a los monitores.
- Si se pueden satisfacer los criterios de orientación y de colocación de la entrada de los muestreadores con respecto a las corrientes de aire ilimitadas, las líneas de goteo de los árboles, la distancia a obstáculos cercanos y caminos, la distancia sobre el nivel del terreno, la distancia por encima de la caseta del instrumento y la elevación del terreno.
- Si el lugar puede asegurarse contra el vandalismo.

Las consideraciones para construir una lista de verificación se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 2-20 Consideraciones para la Ubicación de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire

Consideraciones de selección de sitios de monitoreo
• Mediciones que deben hacerse en el sitio (NO_x, SO₂, O₃, CO, PM₁₀, parámetros meteorológicos) • Descripción del lugar (p. ej., material de la superficie, terrenos aledaños, obstrucciones cercanas, vías de acceso y cualquier característica poco común) • ¿Es la ubicación general representativa de un escenario de exposición prioritaria? Por ejemplo: ○ Áreas residenciales, escuelas, poblaciones de alta sensibilidad ○ Áreas comerciales o industriales ○ Emplazamiento en dirección a favor del viento cerca de los límites de la ciudad (especialmente para mediciones del ozono) ○ Emplazamiento contra el viento cerca de los límites de la ciudad (para mediciones de fondo) • ¿Está el sitio suficientemente lejos de fuentes de emisión que puedan tener influencias causar interferencia? Por ejemplo: ○ Fuentes puntuales: ▪ Instalaciones industriales ▪ Refinerías ▪ Centrales eléctricas ▪ Otros ○ Fuentes de áreas: ▪ Polvo fugitivo ▪ Aplicación de productos químicos agrícolas ▪ Caminos • ¿Hay alguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes puedan influir en los resultados (especialmente para los particulados)? • ¿Es el lugar apropiado para determinar los niveles de concentración promedio o típicos durante el período requerido para el cálculo del promedio? Por ejemplo: ○ Gases (NO, SO, CO) ○ Ozono (tomando en cuenta la hora del día y la dirección del viento cuando la reactividad fotoquímica es máxima) ○ Partículas (PM_{2.5} y plomo) • ¿Es adecuada la vía de acceso? • ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica y líneas de transmisión de datos? • ¿Puede asegurarse el lugar contra el vandalismo? • ¿Hay edificios cercanos, árboles, características del terreno u otras obstrucciones que podrían alterar los patrones de circulación o servir como sumideros o superficies reactivas? Por ejemplo: ○ ¿Pueden separarse las entradas del tomamuestra y los obstáculos cercanos una distancia equivalente a 2 ó 3 veces la altura que tiene el obstáculo por encima de la entrada de sonda? ○ ¿Puede proporcionarse una corriente de aire ilimitada (por lo menos 270°)?

Consideraciones de selección de sitios de monitoreo
alrededor de la entrada de la sonda? ○ Para las mediciones de ozono ¿puede ubicarse el monitor en una colina pequeña para reducir el proceso destructivo de superficie? ¿Pueden evitarse las áreas bajas? ○ Para las mediciones de partículas ¿está el lugar a por lo menos 20 metros de la línea de goteo de los árboles? • ¿Pueden colocarse las entradas de 3 a 15 metros por encima del nivel del terreno (idealmente tan cerca como sea posible de la zona de respiración pero lo suficientemente alto como para disminuir la posibilidad de vandalismo)? (para el particulado, el nivel especificado es de 2 a 15 metros.) • ¿Pueden colocarse las entradas a 1 ó 2 metros por encima de la caseta del instrumento (por lo menos a 2 metros para las mediciones de particulado)? ¿Pueden evitarse las entradas que sobresalen por encima de las paredes de la caseta? • ¿Se satisfacen los siguientes criterios de distancia mínima del camino a la ubicación del monitor? • Distancia según el tráfico vehicular

La lista de verificación a implementar en el programa de monitoreo puede seguir el siguiente formato:

Tabla 2-21 Ejemplo de Lista de Verificación

SITIO:										NOMBRE VERIFICADOR:										
DIRECCIÓN:																				
COORDENADAS:					LATITUD:					LONGITUD:					ALTITUD:					
MEDICIONES QUE DEBEN HACERSE EN EL SITIO																				
CONTAMINANTES										VARIABLES METEOROLÓGICAS										
PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	NO	NO _x	CO	O ₃				VV	DV	T°	H							
CLASIFICACIÓN DEL SITIO QUE SE REQUIERE SEGÚN OBJETIVO												CARACTERIZACION DE LA ZONA								
Centro urbano			De borde			Fuente de emisión específica (Ej: aeropuerto)						Residencial			Agrícola					
Fondo			Industrial			Punto receptor (Ej: Escuela, hospital)						Comercial			Natural					
Suburbano			Rural									Industrial								
ENTORNO LOCAL (de 100 m. a algunos Km)										ENTORNO INMEDIATO (de 0 a 100 m.)										
Urbano Comercial				Zona comercial				Patio interior, escuela, hospital				Otros:								
Urbano Industrial				Zona residencial				Árboles												
Urbano residencial				Puerto				Área grande y llana												
Mezcla de comercial, industrial y residencial				Aeropuerto				Vega, prado												
Concentración industrial alta				Parque, bosque, campos naturales				Terraza o tejado												
Concentración industrial media				Zona agrícola				Frente a fachada de edificio												
Concentración industrial ligera				Montañas, Valles				Paseo peatonal												
Tráfico rodado alto				Costa de mar o lago				Calle con tráfico de intenso												
Tráfico rodado medio				Otros:				Calle con tráfico moderado												
Tráfico rodado ligero							Calle con tráfico leve													
MACRO REQUERIMIENTOS																				
Proporciona datos sobre áreas que registren concentraciones altas que afecten a la población.																				
Proporciona datos sobre niveles en otras áreas.																				
MICRO REQUERIMIENTOS																				
El sitio se encuentra suficientemente lejos de fuentes de emisión que puedan causar interferencias (ver Anexo A)																				
Se puede separar las entradas de toma muestra de los obstáculos cercanos a una distancia de 2 a 3 veces la altura del obstáculo por encima de la entrada de toma muestra																				
Puede proporcionarse una corriente de aire ilimitada (al menos 270°) alrededor de la entrada de la sonda																				
Para mediciones de partículas, ¿Se encuentra el sitio a más de 20 m de la línea de goteo de los árboles?																				
Se pueden colocar las entradas de 3 a 15 m por encima del nivel del terreno (2 a 15 m para medición de partículas)																				
Se pueden colocar las entradas a 1 o 2 m por encima de la caseta del instrumento (más de 2 m para particulado) (ver Anexo C)																				
Se satisfacen los criterios de distancia mínima del camino y la estación (ver Anexo B)																				
Se cumplen las condiciones de seguridad contra vandalismo																				
El acceso al sitio es adecuado.																				
Disponibilidad de energía eléctrica																				
Disponibilidad de líneas telefónicas de transmisión de datos, si corresponde.																				
Ausencia de impacto visual y urbanístico.																				
No existe ninguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes influyan en los resultados																				

Continuación Tabla 2-21. Ejemplo Lista de Verificación

A. Fuentes de emisión que pueden causar interferencias

Fuentes puntuales	Fuentes de área
Industrias	Polvo fugitivo
Refinerías	Aplicación de productos químicos agrícolas
Centrales hidroeléctricas	Caminos
Otros	Otros

B. Requerimientos de distancias mínimas en función del tráfico vehicular

Promedio diario de tráfico vehicular [veh/día]	Distancia mínima para monitores de CO Escalas: Media y Local [m]	Distancia mínima para monitores de O₃ y NO_x Para todas las escalas [m]
10.000	10	10
15.000	25	20
20.000	45	30
30.000	80	
40.000	115	50
50.000	135	
60.000	150	
70.000		100
110.000		250

C. Requerimientos de distancias mínimas en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
2	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

Pautas más específicas se mencionan en los siguientes documentos publicados por la EPA:

- Selección de sitios para el monitoreo de contaminantes atmosféricos fotoquímicos, Site Selection for the Monitoring of Photochemical Air Pollutants, US-EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-600/7-88-022.
- Pautas para el monitoreo ambiental y la prevención de una deterioración significativa (PDS), Ambient Monitoring Guidelines for Prevention of Significant Deterioration (PSD), USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-450/2-77-010.
- Diseño de redes y criterios de exposición de sitios óptimos para materias de particulado, Network Design and Optimum Site Exposure Criteria for Particulate Matter, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 1983.
- Diseño de redes para las estaciones locales y estatales de monitoreo del aire (ELEMA) y las estaciones nacionales de monitoreo del aire (ENMA), Network Design for State and Local Air Monitoring Stations (SLAMS) and National Air

Monitoring Stations (NAMS), USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, Code of Federal Regulations, Title 40, Part 58, Appendix D, 1990.

- Diseño de redes y criterios de exposición de sitios para hidrocarburos orgánicos sin metano, Network Design and Site Exposure Criteria for Nonmethane Organic Hydrocarbons, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, SYSAPP-89/138, 1989.

2.7.5 Determinación de cantidad de sitios de medición

El número y distribución de estaciones de monitoreo depende, además del objetivo central del monitoreo y de los factores antes mencionados, del área a ser cubierta, de la variabilidad espacial de los contaminantes y del uso final de los datos requeridos, de la disponibilidad de recursos y de la factibilidad del despliegue de instrumentos.

Existen diferentes criterios para determinar el número de estaciones o puntos de muestreo que se aplican dependiendo de la información con que se cuenta cuando se va a implementar un estudio de monitoreo.

Tabla 2-22 Criterios para determinación de número de sitios de monitoreo

Algunos criterios en la determinación del número de estaciones de monitoreo	
•	La cantidad de población que habita en el área que se pretende vigilar.
•	La problemática existente en el área que se define en base al tipo de zonas que conforma esa área y a los resultados obtenidos de tomar en cuenta los factores y consideraciones para elegir localizaciones de zonas de muestreo.
•	Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

En función de la población la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo de calidad de aire que dependen del parámetro que se pretenda medir. Estos criterios se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2-23 Recomendaciones de número mínimo de estaciones

Población urbana [millones]	Parámetros de Monitoreo					
	MP10	SO ₂	NO _x	Oxidantes	CO	Meteorológicos (1)
Menos de 1	2	4	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
Más de 8	10	10	5	4	5	3

(1) Velocidad y dirección del viento, Temperatura, Humedad, Gradiente de temperatura

Los valores aquí señalados pueden ser modificados si se consideran los siguientes aspectos:

- En ciudades con alta densidad industrial deben instalarse más estaciones de medición de partículas y dióxido de azufre.
- En zonas en donde se utilicen combustibles pesados se debe incrementar el número de estaciones de dióxido de azufre.
- En zonas con tráfico intenso se deben duplicar las estaciones de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.

- En ciudades con poblaciones mayores a 4 millones de habitantes, con tráfico ligero, se pueden reducir las estaciones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.
- En regiones con terreno accidentado, puede ser necesario incrementar el número de estaciones.

También existen criterios que recomiendan un número de estaciones basándose no sólo en la cantidad de población de una zona, sino en la **concentración del contaminante** que se va a medir. En este contexto, se recomienda un mayor número de estaciones en aquellas zonas que presentan mayor densidad de población con altas concentraciones de contaminantes, que excedan los valores límite.

2.8 Implementación de la Estación de Monitoreo

2.8.1 Requerimientos generales

Siempre en el marco del aseguramiento de la calidad de las mediciones, el diseño de las estaciones de monitoreo debe realizarse en función de satisfacer los requerimientos de operación normal de los equipos e implementos asociados, así como también en brindar al operador la facilidad de acceso a los equipos en el proceso de operación y mantención de ellos.

Requerimientos generales para implementar una estación de monitoreo:

- La estación debe tener los resguardos suficientes (contra vandalismo) y acceso limitado (cerraduras y mallas de seguridad)
- Su estructura debe ser amigable y de fácil acceso a los procesos de operación y mantención rutinaria de la instrumentación.
- Debe ser adecuada a las condiciones de tiempo del área local.
- La caseta debe confeccionarse con materiales de aluminio y acero.
- La estación debe ser diseñada para controlar las vibraciones y la luminosidad excesivas sobre los instrumentos.
- El diseño de la estación debe asegurar suministro eléctrico

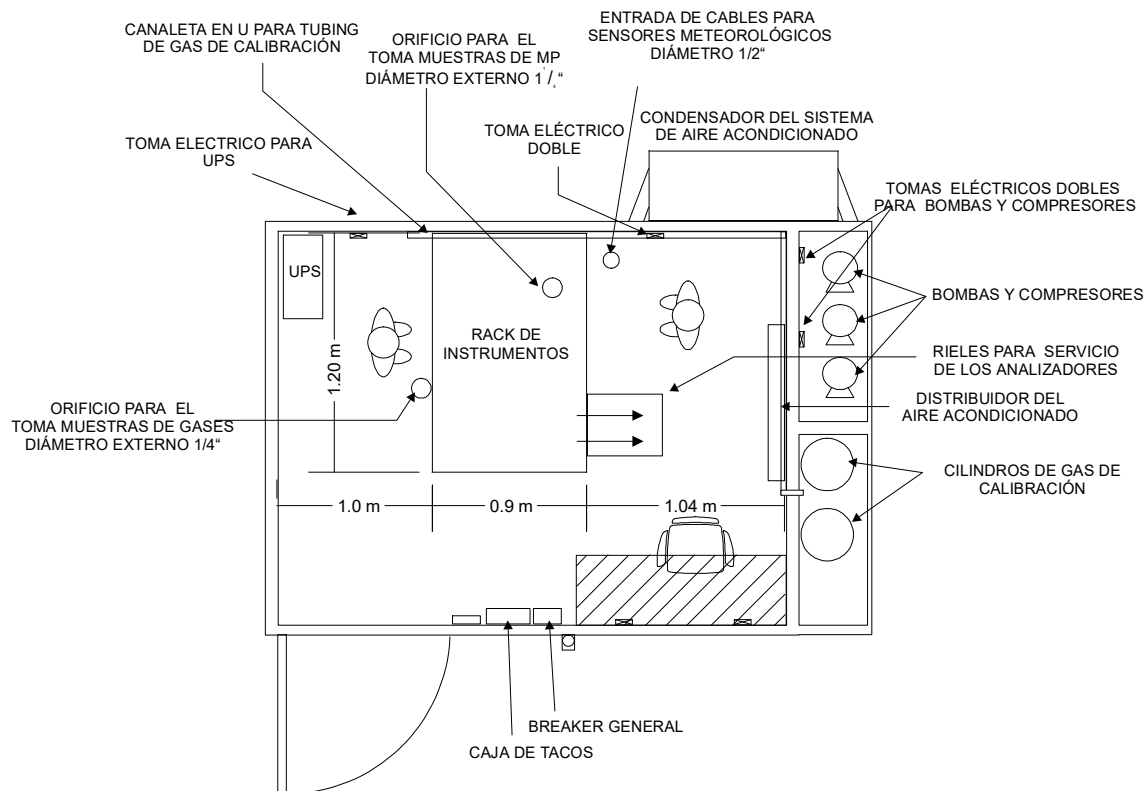


Figura 2-4. Ejemplo de distribución de equipos al interior de estación.

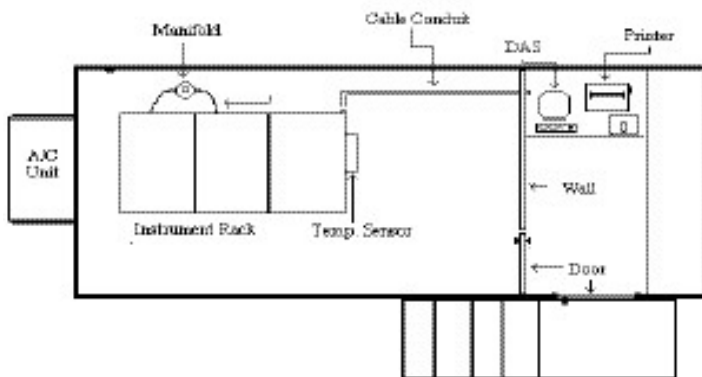


Figura 2-5. Otro ejemplo de distribución de equipos en la estación (EPA)

Los equipos de monitoreo requieren temperaturas estables en el rango de 20 a 25°C, por lo cual se requiere un sistema de aire acondicionado. También, asegúrese que los circuitos eléctricos puedan llevar la carga necesaria. Los equipos de medición deben localizarse en un rack, en el cual sus partes delanteras y traseras deben quedar al descubierto para facilitar las futuras operaciones de mantenimiento y operación.

Algunas estaciones de monitoreo son instaladas en nuevas localizaciones mientras que otras estaciones son ubicadas dentro de sitios privados o públicos con variados usos. Ejemplo de esta última situación es instalar la estación dentro de recintos cerrados pero de acceso público diurno como el caso de una estación de la Red MACAM ubicada

dentro del Parque O'Higgins. Cuando este sea el caso, es necesario hacer los arreglos pertinentes con el personal de la organización o del recinto, para asegurar que el acceso al sitio y la movilidad dentro del lugar esté disponible cuando sea necesario.

La construcción de la caseta debe tener un tamaño adecuado, (3.0 m x 2.0 m x 2.5 m alto) para acomodar la instrumentación especificada. Cada caseta debe ser acondicionada con lo que se señala a continuación.

2.8.2 Equipamiento para la medición de calidad de aire y transmisión de datos

La estación debe equiparse con los siguientes sistemas:

- Equipos de medición de partículas y/o de gases según corresponda y su equipamiento asociado.
- Sistemas de recolección de datos
- Sistemas de transmisión de datos (algunos sitios, que requieran transmitir datos en tiempo real).
- Sistemas de respaldo eléctrico ante cortes

Equipos de monitoreo de calidad de aire

Los equipos de monitoreo a instalar en la estación dependerán de los objetivos del programa, de los recursos disponibles y de los métodos de medición adecuados para el cumplimiento del objetivo y que se encuentren dentro del listado presentado en la normativa vigente señalados en la sección 2.5 de este Manual.

Sistemas de recolección de datos

Los datos generados en los monitores de gases y partículas deben ser almacenados continuamente.

Existen diversos sistemas y software comerciales que permiten centralizar, en una unidad electrónica en el interior de la estación (computador o datalogger), los datos generados en los diferentes equipos. Se recomienda elegir un sistema que permita almacenar además de los datos, parámetros de funcionamiento de los equipos y valores de calibraciones para las posteriores correcciones y validaciones de datos.

Sistemas de transmisión de los datos

La caseta puede contar con un sistema de transmisión de datos obtenidos en la estación remota a la estación central por medio de telemetría, telefonía celular o de línea telefónica o bien la más adecuada dependiendo de los recursos disponibles.

Sistemas de respaldo ante cortes eléctricos

Para proteger los equipos ante variaciones de voltaje en el suministro eléctrico, el circuito eléctrico debe contar con adecuadas protecciones eléctricas como también una UPS para mantener en funcionamiento los equipos (al menos la electrónica) durante cortes eléctricos (una capacidad al menos de 15 minutos).

2.8.3 Criterios de localización de equipos de monitoreo en la estación

Muestreadores de material particulado, como el de alto volumen, son generalmente localizados al aire libre sobre la caseta, mientras que los monitores automáticos de partículas y gases son ubicados dentro de la estación (en racks) recibiendo la muestra de aire del exterior a través de mangueras de material inerte (recomendable teflón).

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, existen algunas condiciones de localización de toma muestra para cada equipo de monitoreo. Existen diferentes recomendaciones de distancias y elevaciones pertinentes para cada contaminante en particular. La Tabla 2-24 muestra un resumen de criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E. Las diferencias en los rangos específicos de alturas se basan en los gradientes verticales de la concentración. Para el CO, los gradientes en la dirección vertical son muy grandes para la microescala, es por eso que se usa un rango pequeño de alturas. El límite superior de 15 metros fue especificado para la consistencia entre los agentes contaminadores y permitir el uso de un solo monitor múltiple para monitorear más de un contaminante.

La entrada del muestreador debe protegerse de manera adecuada de condiciones de tiempo como altas temperaturas, luz solar intensiva, lluvia y viento fuerte, entre otras.

Tabla 2-24. Criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^B [m]
SO ₂ ^{C,D,E,F}	Media Local Urbana Regional	3 – 15	> 1
CO ^{D,E,G}	Microescala	3±0.5	>1
	Media Local	3 – 15	
O ₃ ^{C,D,E}	Media Local Urbana Regional	3 – 15	>1
NO ₂ ^{C,D,E}	Media Local Urbana	3 – 15	>1
PM ₁₀ ^{C,D,E,F,H}	Microescala	2 – 7	>2, solo horizontal
	Local Urbana Regional	2 - 15	

^A. Aplicable solo a escala de monitoreo de CO de centro o de vecindad y todas las escalas aplicables para monitoreos de SO₂, O₃, precursores O₃, y NO₂.

^B. Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^C. Debe ser > 20 metros de la línea de goteo del árbol y debe estar a 10 metros de la línea de goteo cuando el árbol actúa como obstrucción.

^D. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^E. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor del sensor o muestreador; 180 grados si el sensor está en el lado de un edificio.

^F. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^G. Para microescalas de sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 metros de una intersección de calle.

^H. Para monitores de PM₁₀ una distancia de separación de 2 a 4 m entre los monitores colocados

2.8.4 Equipamiento de infraestructura general

Se requiere que la caseta cuente como mínimo con lo siguiente:

- Instalación eléctrica interior
- Aire acondicionado
- Almacenaje de cilindros de gases
- Estantería adecuada
- Infraestructura para el operador

Sistema eléctrico

El diseño de la estación debe asegurar suministro eléctrico para los equipos que inicialmente se encuentren funcionando dentro de la estación y para también para futuras agregaciones.

La instalación eléctrica interior se debe ajustar conforme a la regulación vigente. Se debe proporcionar circuitos eléctricos separados de acuerdo a lo siguiente:

Se recomienda colocar cuatro circuitos diferentes y separados, cada uno de los cuales debe tener protección para el personal y circuito de emergencia, para:

- a) Procesamiento de datos y comunicación
- b) Sistema de muestreo y medición
- c) Acondicionador de aire
- d) Ventilación e iluminación

Cuando el circuito de emergencia para los circuitos a) y b) es activado, la ventilación y la luz debe permanecer en operación.

El circuito de emergencia de las casetas debe estar provisto de fuentes que no produzcan contaminación que pudiese ser detectada con los monitores. Para ello se debe instalar en el interior de la caseta un sistema de baterías (UPS) solo para los monitores y sistemas de almacenaje y comunicaciones. La ventilación e iluminación deben permanecer en operación considerando lo anterior y así, siempre será posible la instalación de un generador alejado del sitio de medición para suplir estas dos necesidades.

Las casetas deben estar protegidas frente a la caída de rayos y el exceso de voltaje. Se debe prever la colocación de un pararrayos, con la correspondiente puesta a tierra.

Aire acondicionado

La humedad relativa interna normal debe estar entre 30 y 60 %. Esto es importante pues con humedad arriba del 60 % será difícil tener mediciones reales de SO₂ dado que tiende a reaccionar en condiciones muy húmedas.

La temperatura interior debe estar dentro del intervalo de +15 °C y +30 °C. No debe variar más de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Típicamente, los monitores pueden operar adentro en un rango de temperatura que oscila entre los 15 y los 35°C. Sin embargo, para asegurar una respuesta estable del instrumento es importante reducir la variación de temperatura a un valor mínimo. También es importante que se realicen las calibraciones del instrumento dentro de un rango de temperatura conocido, consistente y estable. Debido a que una temperatura constante debe mantenerse dentro del recinto, las puertas deben mantenerse cerradas,

siempre que sea posible, durante la operación en el interior de la caseta y, además, para evitar la entrada de aire contaminado y desfavorecer en intercambio de calor con el medio.

El control de temperatura en la unidad de sistema de aire acondicionado debe necesitar ajuste solamente al principio de las estaciones de verano e invierno.

La unidad de aire acondicionado debe mantener la temperatura interior entre 20 y 25°C considerando la disipación del calor de los equipos de monitoreo (del orden de 3KW) y una temperatura ambiente (externa) que puede oscilar entre los -5 y 35°C.

El flujo de aire desde el acondicionar de aire debe ser filtrado antes de su emisión dentro de la estación. El aire de acondicionamiento debe ser descargado hacia afuera de la estación de forma tal que no influya en la toma de muestra de aire.

Almacenamiento de cilindros

Es necesario mantener los cilindros de gases patrones comprimidos en el sitio de instalación con el propósito de realizar la calibración de los monitores de gases.

El gas de calibración en exceso debe ser descargado a través de un bypass, a fin de evitar sobrepresión cuando el sistema es conmutado de medición a calibración. Todo el gas en exceso y de descarga debe ser emitido en forma segura desde la estación de medición. En los casos de defecto del sistema o falla de potencia, la descarga incontrolada de los gases de calibración y operación debe ser prevenida, por dispositivos de seguridad, tanto como sea posible.

Dependiendo del número de analizadores en el sitio, los cilindros serán algunos o todos los siguientes: NO_x, SO₂, CO y CH₄

Infraestructura de trabajo del operador

- Tablero general con interruptores termomagnéticos y un regulador de voltaje
- Mesa de trabajo para el equipo de adquisición de datos (dataloggers) y equipos de comunicaciones
- Mesa de trabajo para operador de estación

2.8.5 Equipamiento de medición de variables meteorológicas

Para apoyar las mediciones de calidad de aire es recomendable incluir una estación meteorológica simple para ayudar en la interpretación y predicción de la dispersión de contaminantes.

La estación meteorológica, debería constar con sensores de:

- velocidad y dirección del viento
- humedad relativa
- temperatura

Si se cuentan con recursos suficientes se puede incluir sensores de:

- radiación solar
- presión barométrica
- radiación ultravioleta

Los sensores pueden ser instalados a un mástil o torre de 10 m de altura (para las mediciones de velocidad y dirección del viento) el que puede estar o no adosado a la caseta de instalación. Las señales de medición de los parámetros meteorológicos pueden estar centralizadas en el datalogger de la estación o bien almacenadas en forma autónoma en otro dispositivo.

2.9 Organización para la operación de la red y/o estaciones de monitoreo

Una vez establecidos los parámetros de diseño de la red, esta debe tener una organización funcional que permita su continuo mejoramiento y establezca los procedimientos para que el funcionamiento sea óptimo.

El esquema de la figura siguiente establece los requerimientos mínimos de organización para la operación de la red de monitoreo.

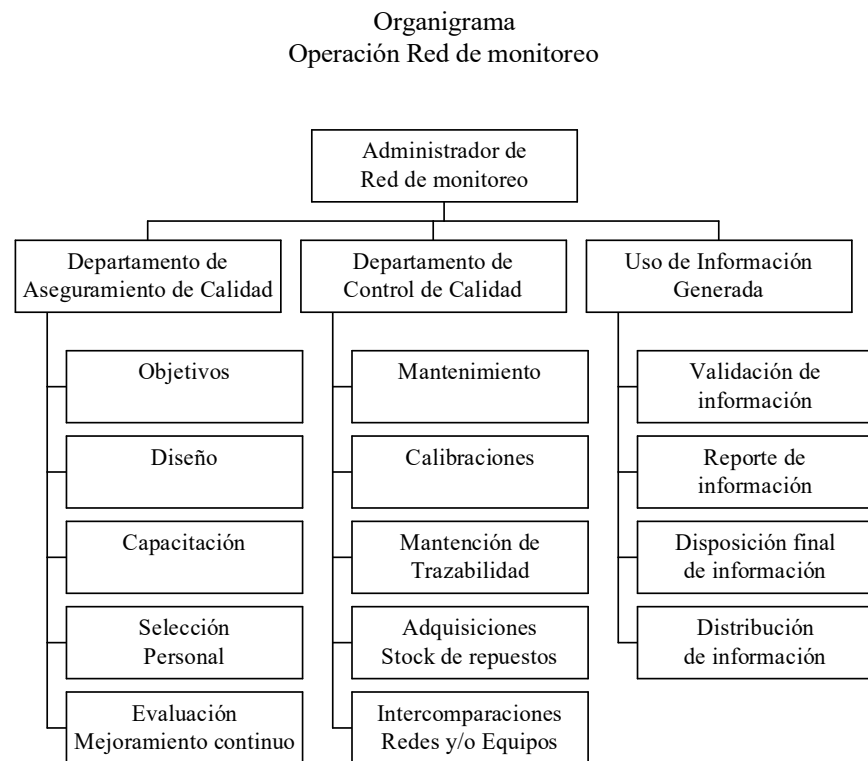


Figura 2-6 Organización operacional mínima para red de monitoreo

Esta organización mínima permite aplicar un plan de aseguramiento y control de calidad a las operaciones de monitoreo.

Administrador de la red de monitoreo

El administrador de la red de monitoreo es el responsable final de todas las operaciones que en ella se desarrollen, incluidas las de control y aseguramiento de la calidad. Debe planificar la ejecución de las mediciones y organizar los recursos para cumplir con los objetivos del monitoreo. Debe coordinar la transferencia de información y su distribución con los mandantes de las mediciones.

Además debe se el soporte de las unidades de la red, en los ámbitos administrativos y técnicos.

Departamento de Aseguramiento de Calidad

El departamento de aseguramiento de la calidad organiza los recursos asignados para proveer a la red de toda la información requerida para que el Control de calidad pueda ser realizado. Debe procurar la especificación de los objetivos del monitoreo de acuerdo a las necesidades de medición, mantener líneas de comunicación entre los usuarios finales de la información generada y los gestores de la medición, como así mismo coordinar con terceros (en general prestadores de servicios de mantenimiento de equipos y sitios) las acciones para el establecimiento del Control de calidad de la información generada.

Además debe procurar la actualización de las técnicas de medición y la capacitación correspondiente del personal involucrado en la operaciones de la red, su selección y la evaluación de los procedimientos de operación de la red.

Las tareas específicas que debe coordinar son:

- Reportes y análisis de medición
- Elaboración y revisión de procedimientos e instructivos de operación
- Diseño del monitoreo
- Auditorias y acciones correctivas
- Mantenimiento preventivo
- Metodologías de validación

En general, el administrador del aseguramiento de calidad, de ser independiente de los gestores de la medición.

Departamento de Control de Calidad

El departamento de control de calidad organiza las operaciones tendientes a la mantención operativa de los equipos de medición, para lo cual debe procurar los elementos y acciones necesarios para cumplir con los objetivos de la medición.

Debe organizar al personal para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, calibraciones y adquisición de información (manual o automática) desde los sitios de medición, debe gestionar la adquisición de material de referencia, repuestos y equipos de calibración requeridos para el cumplimiento de objetivos

Además debe coordinar con otros grupos rondas de intercomparación (a nivel nacional e internacional) para conservar la trazabilidad de los equipos de medición.

Reporte y uso de información

Este departamento es el encargado de la realización de las actividades de validación de la información generada en la red, su reporte y disposición final.

Los planes de validación de información contemplan varios niveles de validación, dependiendo del tipo de medición que se realice y de las variables medidas. En general se recomienda usar al menos los niveles de validación 0 y 1, de manera que una vez realizado la validación de nivel 1 la información pueda quedar disponible para su uso posterior, tanto en investigación como el algún tipo de sistema de gestión de calidad de aire o similar.

En algunas organizaciones es posible unir los departamentos de control y aseguramiento de calidad en uno sólo, dependiendo de la magnitud de la red y los objetivos de la medición

3 Operación y Mantenición de la Estación

Las acciones de aseguramiento de la calidad de las mediciones, además de aplicarse en las operaciones efectuadas en el sitio de monitoreo, se efectúan también en la recepción y aceptación de los equipos y suministros que serán utilizados en la operación de monitoreo y en las medidas que aseguren un traslado y una instalación adecuada de los equipos.

Luego que los equipos son aceptados trasladados e instalados al sitio de monitoreo, comienza la ejecución del programa de visita y mantención de estaciones que se describe en los párrafos siguientes.

3.1 Procedimientos administrativos y previos a la operación

El control de suministros y de materiales consumibles que serán utilizados es importante para el éxito del programa de aseguramiento de calidad.

Los procedimientos de aceptación de equipos, partes y piezas recomendados en esta Guía detallan los criterios de aceptación generales dadas las características de los equipos o suministros en general a recepcionar.

Es recomendable que los requisitos de aceptación de estos suministros se encuentren especificados para cada artículo, equipo o parte componente, y se encuentren disponibles durante al proceso de adquisición y recepción para ser verificados por el operador correspondiente.

El procedimiento de Aceptación General de Equipos así como el de Aceptación Técnica de Equipos, Partes y Piezas se describen en esta Guía. Refiérase a los Instructivos RDM/CA/ATEQ,y RDM/CA/AAEQ.

Posterior a la aceptación de los equipos y antes del proceso de operación, los equipos y/o partes componentes deben ser trasladados al sitio de monitoreo e instalados adecuadamente cumplimiento con los requisitos de instalación y ubicación de toma muestras y sensores.

En estos procedimientos se recomienda describir los requisitos de embalaje que aseguren un adecuado traslado de los equipos, cerciorándose que el equipo no sufra daños que puedan influenciar en la exactitud de las mediciones. El operador que desempeñe esta función debe verificar que el equipo llegue a la estación en las mismas condiciones en las que fue despachado cumpliendo con los requisitos o condiciones señaladas en el formulario de traslado de equipo que corresponda.

En los instructivos RDM/CA/IEQ1, RDM/CA/IEQ2, RDM/CA/IEQ3, RDM/CA/IEQ4, anexados a esta Guía, se describen los procedimiento de Embalaje y Traslado de Equipos Muestradores Dicotómicos, de Gases, de Alto Volumen, y Monitores TEOM, respectivamente, y en los instructivos RDM/CA/TEQ1, RDM/CA/TEQ2, RDM/CA/TEQ3, RDM/CA/TEQ4, los procedimientos de Armado e Instalación de Equipos en el mismo orden señalado anteriormente.

3.2 Programa Operación y Mantención global de la red

3.2.1 Programa de visita

Las visitas al sitio también constituyen un componente esencial de todo esquema de QA/QC. Los programas de operación y de mantención de la red incluyen visitas al sitio por parte del operador, verificaciones de cero y span, mantenciones, calibraciones y documentación a una frecuencia regular y preestablecida.

El programa de visita se compone de todas aquellas actividades que son desarrolladas en el sitio del monitoreo. En él se detallan las operaciones de cambio de filtros, chequeos de funcionamiento de los equipos de muestreo y monitoreo automático, las mantenciones preventivas a frecuencias predeterminadas, las verificaciones y calibraciones de los equipos y del sistema de monitoreo.

La Tabla 3-1 entrega un resumen de las actividades que debe incluir un programa de visita a cada estación o sitio de monitoreo.

Tabla 3-1. Resumen de actividades de visita al sitio de monitoreo

Acciones de operación en la estación	Actividad desarrollada por (o personal a cargo)	Frecuencia de ejecución
Visita regular al sitio (Operación y mantención)	Operador del sitio	Semanalmente
Verificación de Cero y Span	Técnico de calibración (u operador del sitio si corresponde)	Semanalmente
Calibración de equipos	Técnico de calibración	Semestralmente Después de reparaciones Al instalar el equipo en la estación
Auditoria interna del sistema	Empresa auditora u otro técnico distinto al operador rutinario	Anualmente
Auditoria externa del sistema	Empresa auditora externa	Cada dos años

Aunque los sistemas de adquisición de datos por medio de telemetría u otro medio de transferencia automática están teniendo un uso extensivo en las redes de monitoreo, las visitas regulares al sitio por parte del operador de la estación siguen siendo esenciales para asegurar la operación apropiada de los instrumentos y maximizar la obtención de datos íntegros de las muestras de aire.

Cada visita del operador, y las actividades efectuadas, deben ser documentadas en la bitácora de campo. La siguiente lista de actividades señala las actividades que son efectuadas por el operador respectivo dependiendo de la acción que por programa corresponda realizar en la visita programada al sitio de monitoreo:

- Examinar las condiciones externas del sitio. Asegurar que se cumplan los criterios iniciales de localización.
- Revisar el sistema registrador de flujos (cartas de registro si corresponde) o el sistema de adquisición de datos para los equipos de medición automática y registrar cualquier cambio inusual ocurrido desde la última visita.
- Asegurar que el o los equipos estén funcionando correctamente de acuerdo con los procedimientos normalizados de operación. Realizar chequeos de funcionamiento según corresponda y registrar cualquier desviación ocurrida desde la última visita.
- Verificar que la entrada de toma muestra no esté bloqueada o dañada. Examinar las entradas múltiples (manifold) y las líneas de transferencia por posible acumulación de suciedad y presencia de fugas en el sistema.
- Examinar los filtros de entrada y cambiarlos cuando sea necesario, si el operador tiene la función y está capacitado para dicha actividad, o bien señalarlo en el libro de registro del sitio para que personal de mantención desarrolle la actividad.

- Registrar las situaciones encontradas que deban corregirse por personal entrenado para esos fines.
- Efectuar verificaciones de cero y span a los equipos que corresponda y verificar la cantidad restante de presión de gas en los cilindros. Cambiar el cilindro cuando la presión de gas sea menor que 1,500 (215 psig). Registrar cualquier cambio significativo en los valores de cero y span indicados por los analizadores.
- Calibrar los instrumentos y realizar verificaciones, según corresponda.
- Minimizar toda inoperatividad de los instrumentos hasta donde sea posible, mediante la previsión de problemas antes de que se manifiesten alterando la exactitud de las mediciones.
- Ejecutar funciones de rutina esenciales, tales como cambio de filtros para partículas y limpieza del tubo colector.
- Realizar auditorías internas en los sistemas de calibración automática (si estuvieran instalados).
- Instalar un equipo nuevo o reemplazar las unidades cuando sea necesario.

Tabla 3-2. Resumen de las funciones de visita

Funciones de la visita al sitio	
• • • • • • •	Revisar todos los datos obtenidos en el registro desde la última visita
	Asegurar el funcionamiento adecuado del equipo
	Realizar controles de calibración y diagnóstico
	Anticipar problemas futuros
	Cambiar filtros y limpiar los tubos colectores
	Instalar y reemplazar el equipo
	Verificar las condiciones externas del sitio

3.2.1.1 Documentación de las visitas de sitio

Para realizar estas funciones de manera eficiente y sistemática, se debe crear un calendario de visitas regulares a todos los sitios de monitoreo. Las actividades efectuadas en estas visitas, chequeos de funcionamiento, calibraciones y mantenciones preventivas y correctivas deben quedar registradas y se deben conservar para una auditoría posterior de QA/QC.

En su visita al sitio, el operador puede encontrar problemas con el funcionamiento de los equipos, averías en el sistema neumático, problemas eléctricos, fallas en los sistemas de transmisión de datos, entre otros. Si el problema no puede ser resuelto por el operador del sitio, entonces el operador debe registrar los problemas encontrados para que el personal entrenado respectivo repare, si es posible, la avería o se tomen las medidas para el reemplazo de la parte en cuestión.

Copia de todos los manuales de los instrumentos que se mantienen en la estación deben encontrarse en la estación de monitoreo o deben ser transportadas durante las visitas (o al menos una copia reducida de los manuales). Registros de las calibraciones realizadas a los instrumentos deben mantenerse en la bitácora de campo la cual a posterior será sujeta a auditoría. Además, cualquier observación o nota sobre resultados de

calibraciones inusuales, cambio de estándares, recargo de baterías y operaciones y mantenencias efectuadas deben también ser registradas en la bitácora de campo.

3.2.2 Mantenición de estaciones

El propósito principal del mantenimiento es verificar y mantener el normal funcionamiento de los dispositivos automáticos y no automáticos de medición y confirmar y garantizar la apropiada salida de los datos de monitoreo.

La importancia de los procedimientos de mantención para los equipos de monitoreo de la calidad del aire no siempre es suficientemente reconocida. Sin embargo, esta etapa es fundamental dentro del programa de QA/QC para asegurar mediciones exactas y fidedignas que cumplan con los objetivos planteados al inicio del programa de monitoreo. Solo a través del tratamiento adecuado de los instrumentos, los sistemas de monitoreo podrán operar satisfactoriamente y durante periodos prolongados en el sitio. Si bien esta Guía entrega las pautas generales y las recomendaciones de frecuencias de mantención, los cronogramas para el reemplazo de las partes que se pueden deteriorar, las pruebas de funcionamiento y diagnóstico y los ajustes del equipo deben seguir las recomendaciones del fabricante.

El mantenimiento de los analizadores automáticos de contaminación del aire implica invertir capital de manera permanente en el equipo a fin de apoyar los esfuerzos de monitoreo, mantener el equipo en estado operativo y asegurar que se recolecten datos significativos, además de la inversión en recursos del personal capacitado para este proceso, por lo cual estos gastos deben ser tenidos en consideración a la hora de la selección del equipamiento adecuado acorde con el cumplimiento de los objetivos planteados.

Se recomienda, además, examinar la limpieza del interior y exterior de la estación de monitoreo y de mantener su interior en condiciones que aseguren el normal funcionamiento de los equipos. Si el ambiente interior de la estación no es manejado apropiadamente, podría causar el malfuncionamiento de los dispositivos de medición y datos inadecuados de salida. Es importante tomar medidas de modo que el interior de la estación no esté expuesto a la luz directa del sol. Se recomienda mantener la estación a una temperatura lo más cercana posible a aquella con la que los instrumentos han sido calibrados. Sin embargo, si la diferencia de temperatura entre el aire libre (exterior) y el interior de la estación es demasiado grande (en especial en meses de verano), es posible que se produzca una condensación de humedad dentro del tubo de muestra.

Dentro de los Procedimientos de Monitoreo de Calidad de Aire y Meteorología anexados en esta Guía se señalan las acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas que aseguran el apropiado funcionamiento de los equipos y la calidad de las mediciones resultantes. Cada uno de estos procedimientos de monitoreo separados en equipos Muestreadores de Partículas de Alto Volumen, Dicotómicos, Monitores TEOM y de Gases y equipos de monitoreo de variables meteorológicas, hacen referencia a instructivos particulares de mantención, de limpieza de sus componentes y de chequeos de funcionamiento tales como chequeos cero y span, pruebas de fugas y verificaciones de flujo, los cuales deben ser seguidos como recomendaciones y considerar que las instrucciones referidas por el fabricante del equipo en cuestión son la principal referencia debido a la variedad de modelos que representan maneras particulares de mantención.

Para los analizadores automáticos, antes de realizar chequeos de cero y span se debe considerar que tipo de metodología se va a emplear, entre las cuales se tienen las siguientes:

- a) Generador de aire cero - Multicalibrador - Gas patrón certificado.
- b) Aire ultra cero patrón - Multicalibrador - Gas patrón certificado.
- c) Generador de aire cero - gas patrón con concentración específica.
- d) Aire ultra cero patrón - gas patrón con concentración específica.

4 Control de Calidad

El control de calidad tiene un rol importante en el proceso de medición, sobre todo si la información generada servirá como base para la toma de decisiones relativas a un problema ambiental particular.

Para minimizar el riesgo de tomar decisiones erradas la información generada debe tener una cierta exactitud, definida en los objetivos de los planes de medición.

Así, el propósito principal del control de calidad es asegurar que las mediciones operen con un cierto nivel de desempeño, definido en el plan de medición, que maximice la exactitud de las mediciones. Además permite identificar donde se producen los errores, cual es la magnitud del error y sus consecuencias en la toma de decisiones.

Se describen a continuación las actividades de Control de calidad más relevantes.

4.1 Calibración de equipos

La mayoría de los equipos para monitoreo de calidad de aire y meteorología (incluyendo dataloggers) deben ser calibrados cada cierto intervalo de tiempo para corregir sesgos y corrimientos instrumentales. Un registro de los procedimientos de calibración, valores obtenidos y observaciones deben ser mantenidos y estar disponibles cuando sean requeridos. La calidad de los datos dependerá de la adecuada calibración de los equipos.

La norma Chilena NCh-ISO10012/1 define Calibración como: Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición o por un sistema de medición, o los valores representados por una medida física o un material de referencia y los valores correspondientes de una magnitud realizados por un patrón de referencia.

Existe una amplia variedad de métodos de calibración, los cuales dependen del tipo de equipo y de la calidad deseada, pueden ser desde un simple chequeo de la operación del equipo hasta un detallado examen de componentes individuales y mediciones multipuntos de mezclas de contaminantes.

Para realizar las calibraciones se utilizan instrumentos y materiales, tales como medidores de flujo, indicadores de presión, cilindros de gases, dilutores, volúmetros y toros, todos ellos deben tener certificados vigentes de exactitud y trazabilidad a estándares primarios.

4.1.1 Tipos de calibraciones

Las calibraciones en monitores continuos de gases y partículas, al menos deben considerar:

- Calibración de flujos
- Calibración de señales analógicas
- Calibración de concentraciones

1. Calibración de flujos

La concentración de gases medida en los monitores continuos considera que el flujo de muestra de gas aspirado por el monitor y sensado en la cámara de reacción se mantiene constante en el valor de operación fijado. Luego, la calibración de flujos consiste en verificar que el flujo aire aspirado por el monitor (en general entre 0.5 y 1.0 lt/min en monitores de gases) se encuentre en los rangos de operación recomendados por el

fabricante. Para esta verificación existen diferentes instrumentos, algunos de ellos entregan valores aproximados y otros, entre ellos los considerados de referencia, entregan valores con mayor exactitud.

Es recomendable que la calibración de flujos sea realizada con un equipo considerado de referencia (BIOS de pistón seco o similar) para su trazabilidad a estándar primario.

2. Calibración de señales analógicas

Las concentraciones obtenidas en los monitores son expresadas en las salidas analógicas de éstos en rangos de voltaje, por ejemplo el rango 0 y 1 V puede ser equivalente a un rango 0 a 1000 ppb (o mgr/m³) en concentraciones, variando linealmente en el tramo.

Luego, mediante el uso de volímetros o tester digital (lecturas con 4 decimales o más), se debe verificar y/o ajustar si es necesario las escalas de voltaje según las indicaciones de los manuales de operación respectivo de cada equipo.

En algunos casos, también se requiere realizar un ajuste de controladores de flujos de los monitores, en los cuales un flujo determinado está asociado a un valor de voltaje.

Dependiendo del monitor, podría ser necesario realizar test adicionales de verificación de señales analógicas, lo cual será definido en el respectivo manual de operación y mantención suministrado por el fabricante o proveedor de equipos.

3. Calibración de concentraciones

Este proceso consiste en verificar la exactitud de un monitor utilizando para ello una muestra de aire con contaminante de concentración conocida por un período determinado de tiempo.

La concentración conocida puede ser obtenida de diversas formas. En el caso de monitores de gases, se pueden utilizar cilindros de gases con concentración conocida (debidamente certificada), la cual puede ser introducida en la toma de muestra del monitor directamente (sin diluir) o previamente en otro equipo denominado dilutor, disminuir la concentración a un valor deseado mezclándola con aire limpio para luego ingresarla al monitor.

Otra opción es la utilización de tubos de permeación, los cuales son instalados en el interior de los monitores, para una determinada temperatura permitir la liberación de una concentración conocida del gas. Este método es considerado solamente como estándar de transferencia, es decir requiere de verificación adicional para ser trazable a un estándar primario.

En el caso de monitores de ozono, se utilizan lámparas para generar concentraciones conocidas de ozono. Este método también es considerado como estándar de transferencia.

En el caso de los monitores continuos de material particulado, los métodos son diferentes. Para monitores TEOM, se utilizan filtros de masa conocida para estimar la concentración en forma indirecta verificando la frecuencia de oscilación en la unidad sensora de masa. En los monitores BETA, el método también es indirecto verificando la atenuación de rayos beta mediante el uso de cintas con opacidad conocida. Esta calibración se realiza al menos cada 3 meses o luego de una reparación de los equipos.

Durante la operación de las estaciones de monitoreo, existen diferentes tipos de calibración de las concentraciones de los monitores de gases:

a) Calibración CERO y SPAN

Consiste en verificar el cero del equipo, es decir, la respuesta ante una muestra de aire limpio (aire cero) y la respuesta ante una concentración conocida o “SPAN”, la cual normalmente es del orden del 80% del rango de medición del equipo. El tiempo de verificación es del orden de 10 a 15 min por cada punto de medición. Una vez verificado el equipo se ajusta el equipo, es decir, se interviene el equipo de manera tal que éste responde con valores muy cercanos ante una fase Cero o SPAN. Los equipos modernos permiten ajustar cero y span fácilmente manipulando las pantallas o teclas, para lo cual basta con seguir las recomendaciones de los manuales de operación y mantención de cada equipo.

Estas calibraciones pueden ser realizadas mediante uso de cilindros sin diluir, es decir un cilindro de aire cero y un cilindro con la concentración span, o bien mediante el uso de cilindros de gases de alta concentración, dilutores y generadores de aire cero, en este caso, en el dilutor se mezcla el gas y el aire cero para obtener la concentración span y posteriormente se ingresa al monitor. En el caso de monitores de ozono se utilizan lámparas de ozono, proceso que viene incorporado en los monitores de ozono (con autocalibración) o en los dilutores para calibración múltiple (multicalibradores)

b) Verificación CERO y SPAN

Esta operación es similar a la calibración CERO y SPAN, pero no se ajusta el equipo. Es decir, solo verifica que el equipo se mantiene en los rangos normales de operación. Sin embargo, si existen desviaciones considerables (ver criterios de aceptación de valores) en la respuesta del monitor respecto a los valores cero o span se debe realizar un ajuste.

En la mayoría de las redes, esta operación es realizada en forma automática con frecuencias diarias o semanales (u otros intervalos) a las horas de menor concentración del contaminante para evitar perder información de los máximos niveles, ya que el proceso puede demorar desde 40 minutos hasta 1 hora. Por ejemplo, se recomienda verificar cero y span en la madrugada, e ir alternado las horas, lo cual es importante al construir ciclos diarios de concentración.

c) Calibración multipunto

Este proceso además de la verificación del cero, considera la verificación de al menos tres puntos adicionales, los cuales generalmente corresponden a los valores equivalentes al 20%, 40% y 60% de la escala. Esta operación también incluye ajustar el equipo.

En general, se recomienda realizar como mínimo, calibraciones multipunto:

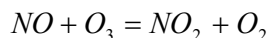
- A intervalos de 6 meses para todos los analizadores de la estación
- Antes de comenzar a reportar datos (o luego de instalarlo en el sitio de medición)
- Previo al retiro o traslado de un equipo
- Luego de una reparación
- Mensualmente o cada 3 meses en analizadores nuevos para establecer la estabilidad de las mediciones.

d) Calibración GPT

Calibración GPT (Gas Phase Titration) o titulación en fase gaseosa es utilizada para calibrar generadores de ozono y analizadores que están siendo utilizados para calibrar

monitores de NO_x. También puede ser utilizada para verificar la concentración de un tubo de permeación y determinar la eficiencia de un convertidor de NO₂.

La calibración GPT usa una reacción estequiométrica entre NO y ozono, produciendo NO₂:



La frecuencia y el tipo de calibraciones de terreno requeridas por un analizador se deben definir en el plan de aseguramiento de calidad para la red. Un esquema habitual incluirá la calibración automática cada 24 horas a través del uso en el lugar de hornos de tubos permeables o cilindros de gas y la calibración manual mediante fuentes independientes usadas durante cada visita. Además de estos procedimientos específicos del sitio, debe disponerse todo lo necesario para las intercalibraciones de la red realizadas en forma regular (generalmente, de 6 a 12 meses) por un equipo de auditores.

2.1.1 Criterios de aceptación de valores

Los objetivos de calidad, planteados en la fase de diseño de la red deberán establecer valores límites para aceptar las mediciones realizadas.

En general, se acepta hasta un 15% de desviación de los valores medidos (flujos y/o concentraciones) respecto al esperado durante una etapa de verificación o calibración contra patrones primarios o secundarios (referidos a un estándar primario), en caso contrario se debe realizar un ajuste del equipo y una nueva calibración.

Para las verificaciones automática de cero y span realizadas a los monitores de gases con frecuencias diarias o intervalos diferentes (cada 2 días, semanales, etc), se recomienda controlar cada uno de los valores obtenidos y compararlos contra los valores esperados a fin de realizar las acciones correctivas prontamente evitando generación de información que pueda ser invalidada o no apta para los propósitos de las mediciones. US EPA propone como valores límites de desviación ± 15 ppb para el cero (1.5 ppm para monitores de CO) y $\pm 15\%$ para span (con un span cercano al 80% de la escala de medición), en caso de superar estos valores se debe ajustar el equipo, realizar una calibración multipunto e invalidar las mediciones desde la última verificación válida.

US EPA también propone un control dinámico para las verificaciones automáticas de span en función de las desviaciones estándares (σ) de los últimos valores de span (por ejemplo desde el último ajuste o últimas 30 verificaciones, etc). En base a esto, el equipo funciona en forma aceptable si la desviación del span es inferior a 1σ . Si la desviación está entre 1σ y 3σ , entonces se recomienda ajustar el equipo, en cambio si la desviación es superior a σ es necesario ajustar el equipo, realizar una calibración multipunto e invalidar las mediciones desde la última verificación válida.

Algunas agencias ambientales, tienen recomendaciones más estrictas para la verificación de cero y span, por ejemplo Environment Canada propone ajustar el equipo si, en cualquiera de las fases se tiene:

- 1 valor (span o cero) con desviación sobre $\pm 3\sigma$
- 2 valores sucesivos con desviación sobre $\pm 2\sigma$
- 4 valores sucesivos con desviación sobre $\pm 1\sigma$

- 7 valores consecutivos menores (o mayores) que el valor fijado
- 7 valores consecutivos con tendencia en aumento (o en descenso)
- 8 ciclos recurrentes

Para las calibraciones multipunto también existen indicadores de calidad. En primer lugar se debe graficar los valores obtenidos (con los valores obtenidos en el eje y) , calculando la pendiente **a**, el intercepto **b** y el coeficiente de correlación **R²** de la ecuación de la recta para los puntos ($y = ax + b$). Luego, en función de los valores a, b y R² se evalúa la calibración:

Evaluación	a	b	R ²
Excelente	0.95 a 1.05	≤ 3% (del rango)	0.995 a 1.000
Satisfactorio	0.85 a 0.94 o 1.06 a 1.15	≤ 3% (del rango)	0.995 a 1.000
Insatisfactorio	>1.15 o <0.85	>3%	<0.995

Cuando se obtiene uno de los indicadores en la categoría insatisfactoria debe revisarse la información para determinar si es necesario aplicar factores de corrección o bien invalidar datos.

2.1.2 Corrección de valores

Consideraciones previas:

El manejo de datos involucra el procesamiento y manipulación de los datos crudos que han sido recibidos o bajados desde las unidades de monitoreo. Esto incluye:

- Aplicar factores de corrección en función de las calibraciones o verificaciones
- Calcular valores promedios a partir de los datos
- Manejo de valores ausentes o perdidos ya sea por fallas en los equipos u otras causas

La primera actividad consiste en verificar que la información (datos) recibida en la central de recepción de datos (en estación de monitoreo o en oficina central) corresponden a los datos generados en los monitores. Para esto debe redactarse un instructivo que permita verificar la coherencia en los valores de salida de las señales análogas (o digitales) de los monitores, expresadas en unidades de voltaje (volts o milivolts) con los valores almacenados en los monitores (o mostrados en sus respectivas pantallas) y con los valores guardados en las unidades centrales de almacenamiento de información.

Además, es necesario establecer criterios para:

- Definir las unidades a utilizar: [ppb], [ppm] o [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Definir la zona horaria y formato de fecha
- Definir los períodos de promediación o intervalos de tiempo
- Registrar períodos de pérdida de información: Estos períodos pueden corresponder a las calibraciones, verificaciones automáticas de cero y span, mantención de equipos, fallas de equipos, cortes de luz o cualquier actividad que podría significar invalidar datos o aplicar factores de corrección. Para tales efectos se deben establecer planillas

que permitan registrar cada uno de los eventos, información que será necesaria en la etapa de validación de datos.

Factores de corrección

Las concentraciones de gases y material particulado deben estar normalizadas, es decir referidas a condiciones estándares de presión y temperatura (1 Atm y 25°C). Para estos efectos se debe verificar si las concentraciones entregadas por los monitores están referidas a las condiciones normales de presión y temperatura, en caso contrario se debe corregir el mediante la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_a * \left(\frac{T_a}{P_a} \right) * \left(\frac{P_s}{T_s} \right)$$

Donde :

T : Temperatura, en K

P : Presión Atmosférica, en Atm

P_s = Presión Estándar, 1 Atm P_a = presión Atmosférica

T_s = Temperatura Estándar, 25°C T_a = Temperatura Ambiente

Q_s = Concentración Estandarizada Q_a = Concentración medida

Por otro lado, producto de la verificación o calibración de cero y span, como también de las calibraciones multipunto de los monitores continuos de gases puede ser necesario aplicar factores de corrección a los valores registrados en estos.

En el caso de las verificaciones automáticas de cero y span (con frecuencias diarias o distintas) se recomienda no realizar intervención alguna sobre los datos crudos en las unidades de almacenamiento de información, sino que posteriormente en la etapa de validación de datos aplicar los factores de corrección necesarios.

Para corregir los valores se considera la ecuación de la recta

$$Q_{sc} = a * Q_c + b$$

Donde :

Q_{sc} = Concentración no corregida

Q_c = Concentración corregida

En función de la ecuación, los datos corregidos son:

$$Q_c = \frac{Q_{sc} - b}{a}$$

Donde :

Q_{sc} = Concentración no corregida

Q_c = Concentración corregida

$b = z(\text{cero medido})$

$a = \frac{(s - z)}{SPAN}$, con $s = \text{span medido}$ y $SPAN = \text{span seteado}$

En el caso de las calibraciones multipunto a y b se calculan a partir de la ecuación de correlación entre los valores (aproximación por mínimos cuadrados)

4.2 Representatividad de las mediciones

4.2.1 Verificación del sitio de monitoreo

El registro de la estación es una cronología de los acontecimientos que ocurren en la estación de monitoreo, en el cual deben estar señalado tanto los registros de mantención efectuados en ella como los problemas generados y la solución implementada a dichos problemas. La verificación al sitio de monitoreo incluye una revisión de las condiciones generales del sitio, la calidad de la información en la bitácora de campo y el ambiente global alrededor del sitio comparado con los criterios originales de ubicación.

La exposición de las entradas de aire, toma muestras y sensores constituye un factor significativo en los resultados de las mediciones de calidad de aire y meteorología, por consiguiente, a fin de que las observaciones puedan ser comparables, las exposiciones deben ser similares.

Los sensores y toma muestras deben quedar fuera de la influencia inmediata de obstáculos, como edificios y/o árboles; esta distancia depende de la variable a medir, así como el tipo de obstrucción. Las medidas deben ser representativas de condiciones de calidad de aire y meteorológicas del área de interés. Consideraciones secundarias, tal como accesibilidad y necesidad de seguridad deben ser tomadas en consideración, pero sin que ello comprometa la calidad de los datos.

En la verificación del sitio, entonces, se debe evaluar la información descrita en el párrafo anterior relativa a factores de emplazamiento y exposición de los sensores, así como la representatividad de las observaciones. Se debe verificar, también, los criterios de localización del sitio de medición que fueron evaluados en terreno al seleccionar, al inicio del programa, el sitio definitivo en el cual se instalaría la estación de medición.

A partir de lo descrito anteriormente, se debe verificar que los registros incluyan:

- La fecha del registro de las acciones efectuadas
- El nombre de la persona (o las personas) que han efectuado las acciones de operación y mantención efectuadas en el sitio correspondiente a las fechas antes señaladas.
- Breve descripción del tiempo (es decir, despejado, lloviendo, ventoso, etc)
- Breve descripción de las condiciones exteriores del sitio. Cualquier cambio que pudiera afectar los datos debe estar registrado. Por ejemplo, la presencia masiva de camiones cerca del sitio puede explicar los altos valores de Nox. En genberal deben estar registradas cualquier situación inusual o fuera de lo común.
- Descripción del trabajo efectuado en el sitio (es decir, instrumentos calibrados, analizador reparado). Información detallada sobre los instrumentos que necesitan reparación.

Además, se debe verificar:

- Si la ubicación permite obtener una muestra representativa, incluyendo concentraciones promedio o concentraciones típicas en las áreas de interés.
- Si el lugar carece de interferencias al monitoreo o de condiciones micrometeorológicas poco comunes.

- Si hay un camino de acceso adecuado, energía eléctrica y accesibilidad a los monitores.
- Si se satisfacen los criterios de orientación y de colocación de la entrada de los muestreadores o toma muestras con respecto a las corrientes de aire ilimitadas, la distancia a obstáculos cercanos y caminos, la distancia sobre el nivel del terreno, la distancia por encima de la caseta del instrumento y la elevación del terreno.
- Si el lugar es seguro contra el vandalismo.

Así, para efectuar este proceso se debe verificar que se cumplan las condiciones que señale la Lista de Verificación inicial del sitio. La Tabla 2-20 y 2-21 entregan recomendaciones de consideraciones y un ejemplo de tabla de verificación, respectivamente, que puede ser empleadas en la confección de la tabla de verificación del sitio de monitoreo como parte del control de calidad. La lista de verificación debe estar diseñada para ayudar a la evaluación de los lugares de monitoreo por medio del realce de los factores cruciales para las mediciones. En la sección 7.1 de esta Guía se presenta una lista de verificación orientada a este tema.

4.2.2 Verificación de las condiciones internas de la estación

Dentro de las acciones de verificación de la estación, se debe verificar o comprobar que la estación ha sido mantenida a una base periódica como parte del programa de mantenimiento preventivo. Aunque no necesariamente las acciones siguientes se realizan a una frecuencia predefinida, éstas pueden realizarse según como sea necesario. Lo importante es que estas acciones hayan quedado registradas dentro de la bitácora de campo. Entre las acciones que deben estar registradas y verificadas como parte del control de calidad se tiene las siguientes:

- limpieza del piso
- inspección de la seguridad de la caseta
- mantención y/o reparación del aire acondicionado
- registro de temperaturas (verificar valores requeridos)
- mantención y/o reparación del techo de la caseta
- limpieza general

4.3 Manejo de muestras y cadena de custodia

Una actividad crítica dentro de cualquier fase de recolección de datos es el proceso de manejo de muestras en el campo, a través de las fases del transporte, almacenamiento y fases analíticas. Asegurar y documentar este manejo apropiado de la muestras forma parte de lo que se denomina el registro de custodia.

4.3.1 Manejo de las muestras

Un adecuado manejo de las muestras obtenidas en terreno es crucial para todo programa de monitoreo. Sólo con un detallado tratamiento de ellas es posible asegurar que las muestras recolectadas no sufran modificaciones, pérdidas ni alteraciones en la información final obtenida. El manejo de muestras incluye las siguientes etapas:

- Etiquetado (antes y después del muestreo)
- Recolección de muestras
- Transporte

1. Identificación y etiquetado de la muestra

Todas las muestras deben ser etiquetadas para asegurar una identificación apropiada a lo largo de todo el proceso de monitoreo en el campo, transporte y análisis de laboratorio.

Cada contenedor de muestras (sobre con los filtros en el caso de muestreadores de alto volumen o bolsas con las cápsulas de petri para muestreadores dicotómicos, etc) debe tener una única identificación (ID) irrepetible en el transcurso del programa de monitoreo con el fin de evitar la posibilidad de intercambio entre muestras. Los números identificadores deben ser correlativos a fin de facilitar la detección de posibles extravíos de muestras. El número identificador del contenedor debe registrarse simultáneamente en el formulario de datos de análisis. La Figura 4-1 muestra un ejemplo de identificación estandarizada. Puede agregarse información adicional dependiendo del programa particular de monitoreo.

Las muestras deben ser apropiadamente manejadas para asegurar que no haya contaminación y que las condiciones en las cuales se analice la muestra sean las mismas que fueron reportadas en el momento de recolección de la muestra en el campo. Por esta razón, las muestras deben mantenerse con las medidas de seguridad correspondientes durante el transcurso de tiempo entre la recolección y el proceso de análisis. Las medidas de seguridad tomadas deben ser documentadas a través de un registro firmado por el encargado de manejo de las muestras.

(Nombre de la Organización a cargo del monitoreo)	
N° ID muestra	
Tipo de muestra	
Fecha remoción	
Nombre del sitio	
Dirección del sitio	
Muestreador	

Figura 4-1 Etiquetado de la muestra

2. Recolección de muestras

Para reducir la posibilidad de invalidar los resultados, las muestras deben removerse cuidadosamente del dispositivo de monitoreo y sellarse en un contenedor adecuado. El método apropiado de sellado depende del recipiente; en general, se recomienda usar cinta adhesiva sobre la entrada del sobre o contenedor para evitar su apertura accidental. Sin embargo, cuando existe la posibilidad de acceso temporal a las muestras por personal desautorizado, la cinta adhesiva o medio sellador debe ser de tal manera que, bajo cualquier circunstancia el sobre o recipiente que contenga las muestras haya sido abierto sin autorización, queden las marcas que indiquen que el contenedor ya ha sido abierto con anterioridad, indicio por el cual la muestra podría ser invalidada.

Luego de recolectada la muestra de campo y etiquetada con la debida identificación, las muestras deben entregarse entonces al laboratorio para el análisis correspondiente. Se recomienda que esta entrega se haga el mismo día que la muestra fue recolectada del muestreador. En el caso de que esto no sea posible, ya sea por factores de distancia o

problemas de transporte, todas las muestras deben ser resguardadas con el fin de protegerlas de posible contaminación, rotura o pérdida.

3. Transporte de muestras

En el transporte de muestras y otros datos de monitoreo, es importante tomar precauciones para eliminar la posibilidad de destrucción accidental y/o acción física y química sobre la muestra. Situaciones que pueden afectar la integridad de las muestras incluyen temperaturas extremas, presión atmosférica (en transporte aéreo) y el manejo físico de muestras por personas ajenas al programa que carecen de las nociones de cuidado que se le debe dar. Estas consideraciones prácticas deben ser tomadas en cuenta en todos los sitios de monitoreo y deben ser documentadas en los procedimientos.

La persona encargada de la custodia de las muestras debe poder testificar que éstas no han sufrido ningún manejo inadecuado.

Después de la entrega al laboratorio, las muestras deben mantenerse en un lugar seguro.

4.3.2 Cadena de custodia

Dada la importancia de los resultados del programa de monitoreo, un registro escrito de custodia de los datos debe mantenerse en todo momento. Sin este registro de cadena de custodia el personal no puede estar seguro que los datos del monitoreo sean los mismos que los datos reportados en un momento particular o que los filtros enviados a terreno sean los mismos entregados para análisis de laboratorio. Los datos deben ser manejados solo por personas asociadas con el programa de monitoreo.

Cada persona que reciba en algún momento del proceso de monitoreo las muestras de campo debe ser capaz de señalar con seguridad de quien recibió la muestra o artículo y a quien fue entregado. Se recomienda confeccionar un formulario de cadena de custodia que acompañe a las muestras en todo momento, del campo al laboratorio. Todas las personas que reciban o entreguen en algún momento las muestras deben firmar el formulario.

Los siguientes aspectos deben ser incluidos en un formulario de cadena de custodia:

- Nombre proyecto
- Muestreador
- Tipo de muestra
- ID muestra
- Número y tipo de contenedores
- Descripción de la estación
- Requerido por (firma)
- Recibido por (firma)
- Fecha
- Hora
- Comentarios

La Figura 4-2 muestra un ejemplo de formulario de cadena de custodia.

Formulario N°		Nombre Proyecto		Tipo de Muestra	Número y Tipo de Contenedor						Observaciones
Muestreadores											
N° Sitio	Fecha	Hora	Descripción Estación								
Enviado por (firma)		Fecha	Hora	Recibido por (firma)		Timbre (fecha/sección)			Comentarios		

Figura 4-2 Formulario de cadena de custodia

Si se utiliza el servicio de correo para transportar los datos del monitoreo se debe conservar el recibo de envío y de retorno. El paquete debe marcarse e indicar que debe ser entregado sólo al destinatario, y debe dirigirse a la persona específica autorizada para recibir el paquete.

Una vez que las muestras llegan a su destino, éstas deben ser verificadas para asegurar primero que su integridad se mantenga intacta. Cualquiera muestra que indique que su integridad es cuestionable debe marcarse y estas marcas deben llevarse a lo largo de todo el análisis hasta que la validez de las muestras pueda demostrarse. Un formulario de cadena de custodia debe usarse, entonces, para rastrear el manejo de las muestras a través de las fases de almacenamiento, proceso y análisis en el laboratorio. La Figura 4-3 es un ejemplo de un formulario de cadena de custodia de laboratorio.

Laboratorio/Planta: _____					
ID Muestra	ID Contenedor	Descripción de la Muestra			
Persona responsable para muestras		Hora:		Fecha:	
ID Muestra	Enviado por:	Recibido por:	Hora:	Fecha:	Razón para cambio en custodia

Figura 4-3 Formulario de cadena de custodia de laboratorio

4.4 Mantenimiento de trazabilidad

La trazabilidad es la propiedad de un instrumento de medida que permite referirlo a patrones de medida que generalmente son patrones internacionales o nacionales, a través de una cadena de comparaciones. Todos los patrones que se utilicen en la calibración de instrumentos han de tener trazabilidad con patrones de orden superior (patrones primarios) pertenecientes a un laboratorio acreditado, es decir, que a su vez hayan sido calibrados con un patrón de mayor precisión por un organismo oficial. Estos patrones primarios deben ir acompañados de su certificado de calibración, en donde se indique la fuente de procedencia, la fecha de calibración, la incertidumbre y las condiciones bajo las cuáles se obtuvieron los resultados.

En diversas normas internacionales relacionadas con implementaciones de sistemas de calidad y estándares de mediciones, se hace referencia a la necesidad de mantenimiento de trazabilidad. Así, en la norma ISO-9001:2000 de sistemas de calidad, se especifica que cuando sea necesario, los equipos de medición deben calibrarse o verificarse a intervalos especificados, garantizando siempre que sea posible, la cadena de trazabilidad de las medidas obtenidas hasta patrones nacionales o internacionales. De este modo, los ensayos y las mediciones que se realicen con equipos o sistemas de medida debidamente calibrados, garantizarán la adecuada intercomparación de resultados con otros laboratorios de ensayos.

En la norma ISO 10012/1:1994 (Requisitos de aseguramiento de calidad para equipos de medición - Parte 1: Sistema de confirmación metrológica del equipo de medición), en la cual se toma como referencia el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), se define como aparato o instrumento de medida, todo aquel dispositivo destinado a realizar una medida asociada a unos equipos anexos y se define como patrón toda aquella medida materializada, equipo de medida, material de referencia o sistema de medida destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o los valores de un sistema de medida transmitidos por comparación con otros instrumentos de medida.

De esta misma manera, en la norma ISO 17025:2001 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración) se señala que un laboratorio de calibración demuestra la trazabilidad de sus propios patrones de medida con respecto al Sistema Internacional por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los relacionan con los correspondientes patrones primarios de las unidades de medida del Sistema Internacional.

4.5 Evaluación del personal

Como una medida de control de calidad la organización a cargo del monitoreo debe evaluar al personal encargado de las distintas etapas del monitoreo, verificando las capacidades que tengan estos para ejercer sus funciones, en base al reconocimiento de estudios previos efectuados por el personal en el área específica de trabajo y la experiencia que tienen en las operaciones a su cargo.

Se recomienda capacitar al personal en la medida que vayan surgiendo mejoras tecnológicas y éstas sean introducidas a los procedimientos del programa de monitoreo. El personal debe mantenerse informado de las nuevas metodologías que implementa la organización como medida de mejoramiento continuo de la misma. En este mismo contexto, en la sección 7.1 de esta Guía se señalan las acciones de auditoría interna que la organización debe realizar en el marco del mejoramiento continuo del programa de monitoreo. En dicha sección se hace referencia a las distintas evaluaciones a realizar y específicamente se señalan pautas para la evaluación del personal y una lista de verificación de los aspectos relevantes a considerar en dicho proceso de evaluación.

5 Procesamiento de Información

5.1 Recolección y distribución de información

La transferencia de información desde las estaciones al sistema central de adquisición y procesamiento de datos, se puede realizar mediante comunicación telefónica (red fija o móvil), comunicación radial (UHF,VHF, etc), satelital, cable u otro sistema de transmisión de datos.

Para asegurar la calidad de la información recibida, se recomienda verificar cada paso de transferencia de información, y el sistema en forma integral.

La etapa inicial es la traducción de la variable ambiental a una señal eléctrica, realizada por el monitor respectivo. Ese proceso debe ser asegurado por la correcta calibración del equipo de monitoreo. Se debe verificar que la señal indicada en el display del monitor, coincida con las salidas eléctricas entregadas por el monitor, que pueden ser de tipo análogo (voltajes) o digitales (por ejemplo, salida RS232).

La señal que recibe el datalogger puede estar perturbada por caídas de tensión, cuando se conecta a las salidas análogas. Se debe verificar que se mantiene el valor correcto de señal. La conversión de señal análoga a señal digital realizada en el datalogger también debe ser verificada. Se recomienda medir las salidas del monitor, entrada a datalogger y datos guardados por el datalogger, durante las calibraciones y en las verificaciones de funcionamiento. Todas las señales deberían ser consistentes entre sí.

Para asegurar que el sistema de comunicación no introduce perturbaciones, se debe verificar la consistencia de datos entre el datalogger y el sistema central de adquisición.

Se recomienda verificar la consistencia global de toda la cadena de transferencia de datos, registrando en el sistema central los datos generados durante las calibraciones multipunto.

Por otro lado se debe verificar que la distribución de información desde el sistema central de datos a los usuarios finales se realice manteniendo la consistencia de la información generada, para ello se recomienda comparar periódicamente grupos de datos, escogidos arbitrariamente, y obtenidos de cada una de las bases de datos para periodos iguales, verificando que su contenido permanezca sin alteración atribuida a los sistemas de envío y recepción de información.

5.2 Validación de información

Antes que los datos sean aceptados en la base de datos final, los datos erróneos deben ser filtrados o extraídos. Este proceso de validación es vital para maximizar la integridad de los datos. Depende del método de monitoreo o del equipo de medición utilizado, la validación puede ser hecha manualmente o por sistemas de análisis de datos preprogramados. Cual sea el proceso usado se requiere un alto grado de juicio para aceptar o rechazar los datos sospechosos.

Tendencia de cero y span, resultados de calibraciones y ajustes efectuados en los parámetros de operación, desarrollo e historia de los servicios realizados a los equipos, cambio en las condiciones estacionales, cambio climático inusual, y los niveles de otros contaminantes durante el mismo período son alguno de los factores considerados en el proceso de validación. Es recomendado que una inspección manual diaria de todos los datos se lleve a cabo por un analista con experiencia en análisis de datos entendido en el área de contaminación de aire, método de medición del analizador y condiciones meteorológicas.

La Figura 5-1 muestra un esquema que resume los factores adicionales a la propia información generada para la realización de la validación.

Se recomienda reforzar la relación entre las actividades de operación de la red y de procesamiento de la información. Se deben desarrollar procedimientos estandarizados de validación de la información, que incluyan todos los aspectos relevantes de la operación de la red. Esos procedimientos deben ser desarrollados en conjunto con los encargados de la operación de la red.

Se recomienda que el sistema de información incorpore el seguimiento de las variables de estado de operación de cada monitor (voltajes, temperaturas y otras), y genere reportes de advertencia cuando se detecten desviaciones significativas.

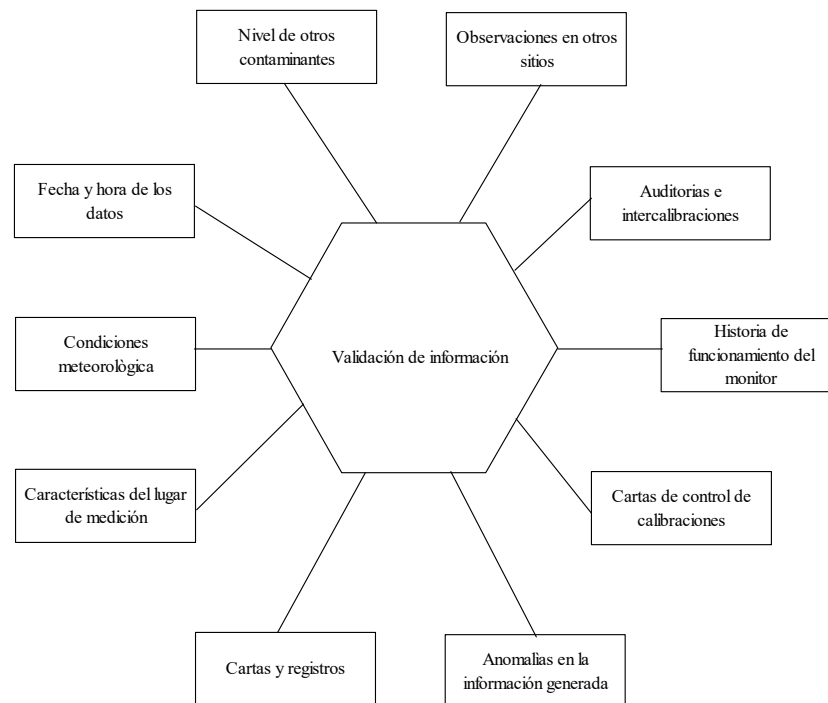


Figura 5-1 Esquema de factores adicionales en el proceso de validación

Se recomienda realizar las operaciones de validación de información con un desfase no superior a los tres meses, para potenciar su uso. Periodos mayores de desfase podrían inducir a errores, debido a la pérdida de la información adicional descrita en la Figura 5-1. Para objetivos que involucren decisiones operativas la validación, al menos la validación cuantitativa de Nivel 1 (descrita en la párrafos siguientes), debería ser un proceso continuo, desfasado a lo más en un par de horas respecto de la medición.

5.2.1 Niveles de validación

Los niveles de validación, cada uno por separado, entregan códigos, por ejemplo numéricos, que indica la confiabilidad de la información generada, los cuales son adicionados a la información cruda para su uso posterior.

Así, es posible definir cuatro niveles de validación:

Validación de nivel 0

La validación de nivel cero se realiza esencialmente a la información cruda proveniente de los sistemas de medición, la que puede ser revisada, pero no editada ni modificada. Esta información no debe recibir ningún tipo de ajuste de tendencias o por problemas detectados durante las operaciones de mantenimiento o calibración. Se puede usar para verificar el funcionamiento del monitor pero no se debe usar para estudios o aplicaciones de regulación sin antes al menos recibir la validación de nivel 1.

Validación de nivel 1

La validación de nivel uno se realiza para la verificación cuantitativa y cualitativa de la exactitud, integridad y consistencia de la información generada, la cual se puede realizar en forma manual o mediante el uso de software especializado, por personal entrenado y calificado para su ejecución. Se debe completar una base de datos con codificación de estatus de validación para cada uno de los valores y variables medidas.

Este nivel de validación usa como parámetros para su ejecución el comportamiento de valores de variables relacionadas o dependientes, los valores conocidos de estatus de calibración y los parámetros de diseño de los equipos de medición.

Este nivel de validación permite verificar la consistencia temporal de la información, con respecto a valores esperados para época de año, valores esperados respecto al ciclo diario, etc., y verificar la consistencia espacial.

Validación de nivel 2

La validación de nivel dos se realiza para determinar el funcionamiento de equipos de medición mediante la comparación entre mediciones independientes de una misma variable. Esta comparación quita los sesgos que un monitor podría generar con motivo de su uso.

Validación de nivel 3

La validación de nivel tres permite evaluar la información generada utilizando criterios de interpretación y uso de ésta, es decir, se reporta como válida la información en nivel tres cuando la totalidad de la información tiene una interpretación física del fenómeno.

El sistema de información debe, además, generar reportes de estadísticas de captura de datos, tipos de fallas más frecuentes, y otros que apoyen la operación de la red.

El personal dedicado a la validación de la información debe tener la preparación y experiencia necesaria para realizar en forma eficiente esas labores. La infraestructura del sistema de información de adquisición y el software para captura de datos y procesamiento, deben ser adecuados para las funciones realizadas.

Se recomienda generar procedimientos automatizados de validación de información, que permitan reducir el tiempo de operación de estas actividades. El personal podrá entonces dedicar mayor tiempo a desarrollar procedimientos de análisis de información y podrá incorporar mayor valor agregado a la información básica que genera la red.

5.2.2 Procedimiento de validación

Cada sistema de medición debe preparar procedimientos propios de validación los cuales deben contemplar criterios cuantitativos y cualitativos. Los criterios cuantitativos hacen referencia a información histórica del sitio de medición, estado operacional de los equipos, calibraciones, rango de medición, etc..

Los criterios cualitativos, además incorporar información relevante respecto de las condiciones de la medición, observaciones adicionales, tales como meteorología u otros contaminantes, mediciones independientes de otras estaciones u otros sistemas de medición, etc., que ayuden a la toma de decisión respecto de los datos sospechosos.

La Figura 5-2 muestra un esquema general de estructuración del proceso de validación, aplicados a sistemas de medición que incluyen los procesos analíticos de laboratorio, los cuales podrían no estar incorporados dentro de una misma organización o institución que se dedique al monitoreo de contaminantes.

Cada etapa del proceso de validación debe estar documentada con procedimientos o instructivos de operación, que faciliten la ejecución de la validación.

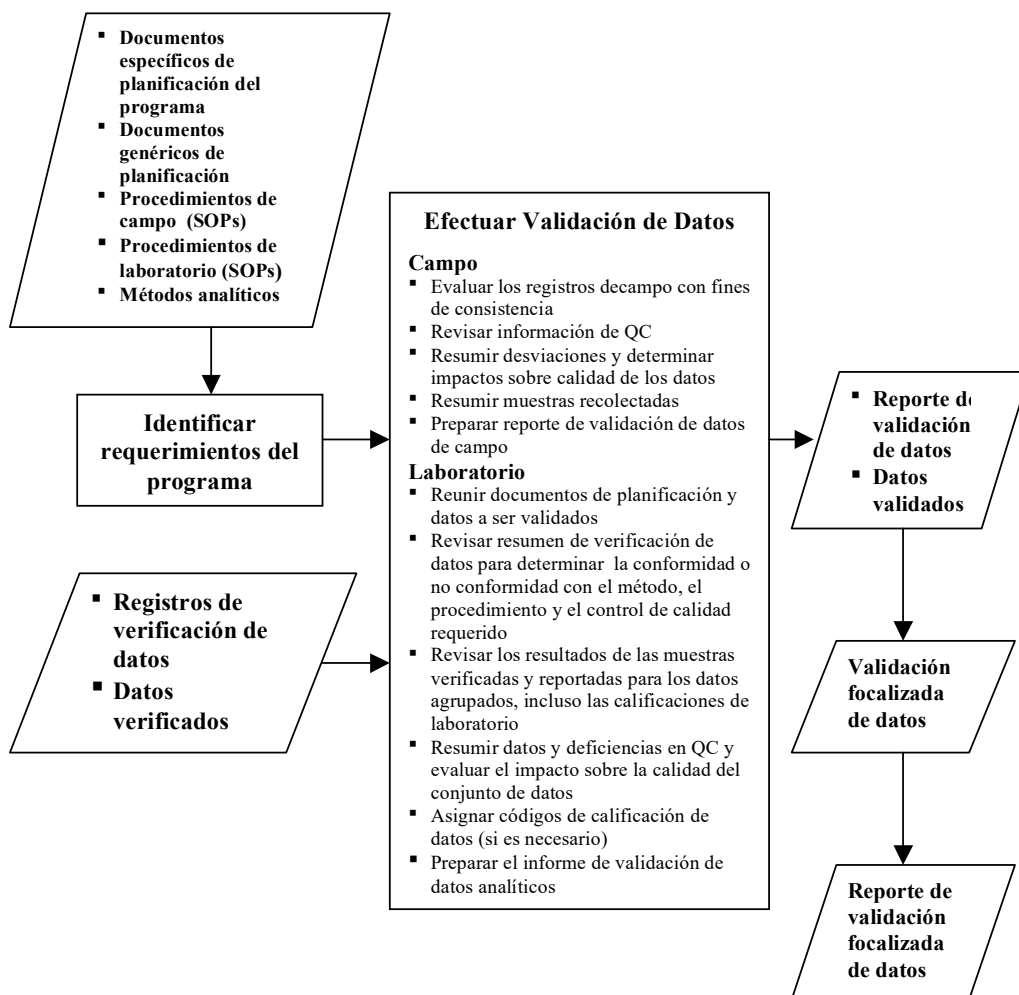


Figura 5-2 .Proceso de validación de datos

5.2.3 Descripción del proceso de validación

El proceso de validación comienza con identificar los requerimientos del proyecto y conocer las salidas provenientes del proceso de verificación de datos. Los datos verificados y los registros de verificación de datos, inclusive la declaración de certificación, deben pasar a través del encargado de la validación.

Entre las entradas que deben ser entregadas al encargado de validación se tiene los documentos y registros generados en las actividades de campo, entre los cuales se tiene:

- Registros de calibración de instrumentos
- Libro de campo con el registro de las actividades diarias
- Documentación de las muestras recolectadas
- Documentación de cadena de custodia

Respecto a las entradas provenientes de las actividades analíticas de laboratorio, el encargado de validación debe conocer la documentación necesaria que se debe entregar producto de las actividades de laboratorio. Debido a la particularidad de cada programa de monitoreo, el encargado de validación debe revisar la documentación adecuada que permita determinar la calidad de los datos que se deberían obtener.

Entre las etapas de recepción, preparación, análisis y reportes de información se puede generar numerosa documentación. El encargado de validación debe determinar que todos los archivos apropiados sean generados antes del proceso de validación.

5.2.4 Implementación del proceso de validación

Los tres pasos básicos del proceso de validación incluye:

- Identificar las necesidades del proyecto y los registros que se debieron haber generado
- Obtener los registros que se producen durante la verificación de datos
- Validar los registros apropiados para determinar la calidad de datos y evaluar si las necesidades o requerimientos del proyecto fueron resueltas realizando la validación.

El primer paso, identificar las necesidades del proyecto, empieza con una revisión de los documentos de planificación, en los cuales no solo se debe identificar los objetivos del análisis sino también los requerimientos específicos que deben ser reunidos, y determinar cuáles son los documentos y archivos específicos a evaluar durante el proceso de validación.

En el segundo paso, se debe obtener los datos verificados y los registros de verificación de datos, incluyendo los registros de campo y análisis; es importante asegurar que el encargado de validación posea toda la documentación necesaria antes de iniciar el proceso de validación. En caso de no contar con toda la información requerida la validación de los datos estará incompleta.

A través de este proceso, el encargado de validación debería asegurar que todas las muestras recolectadas y los datos generados para esas muestras están basados en un completo soporte mediante documentación validada.

En algunos casos, se pueden asignar calificaciones a los registros de datos generados con el fin de identificar deficiencias potenciales sobre la calidad de los datos.

En el recuadro del centro de la Figura 4, se indican los pasos específicos a realizar en la implementación del proceso de validación relativas a las actividades realizadas en el campo y en los proceso analísticos de laboratorio.

5.2.5 Salidas de la validación

Los tres productos resultantes del proceso de validación, incluyen los datos validados, los registros de validación y los reportes de validación.

La primera salida es un conjunto de datos que ha sido validado y aprobado por el encargado del sistema de medición o bien por el usuario de los datos. Los datos validados deberían ser los mismos que los datos verificados sumados a cualquier calificador de validación que haya sido asignado por el encargado de validación. Cualquier corrección o cambios realizados durante la revisión de los datos verificados deben estar reflejados en el dato validado.

El segundo producto generado son reportes de validación. El propósito de este reporte es proporcionar un resumen de validación de los datos al usuario. Es importante que el informe refleja todos los detalles de validación poniendo énfasis a cualquier deficiencia encontrada para poder determinar y describir el impacto de tales deficiencias en la calidad de los datos global.

Si se le han asignado calificadores a los datos validados, se debe incluir un resumen de los calificadores de validación, sus definiciones y las razones de las asignaciones efectuadas. El reporte debe incluir el detalle suficiente para que el usuario de los datos pueda tener una idea global de la calidad y del grado de cumplimiento de las necesidades del programa de monitoreo.

El tercer producto generado en el proceso de validación es un reporte de validación focalizado de datos, el cual es aplicable sólo en algunos casos y siempre que en programa de monitoreo se haya establecido.

Para obtener mayor información acerca de la organización y estructuración de los proceso de validación y de las herramientas de cálculo y verificación de información refiérase a los siguientes documentos:

- EPA Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs), EPA QA/G-6. March 2001. Office of Environmental Information, Washington, DC. ISBN EPA/240/B-01/004
- EPA Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation EPA QA/G-8. November 2002. Office of Environmental Information, Washington, DC.
- EPA Guidance for Data Quality Assessment Practical Methods for Data Analysis, EPA QA/G-9. July 2000, QA00 Update. Office of Environmental Information, Washington, DC.
-

5.3 Generación de bases de datos estándar

En las redes modernas, la información generada en las estaciones de monitoreo es transmitida a una central de información en la cual debe existir personal calificado para proceder a la validación, análisis e interpretación de ésta, dejándola disponible y en los formatos adecuados para su posterior uso y aplicación en bases de datos.

Los principales usuarios de las bases de datos serán:

- Servicios gubernamentales (CONAMA, SAG, MINSAL, etc)
- Organizaciones ambientales
- Público general
- Estudiantes
- Universidades e institutos de investigación
- Medios de comunicación

La administración de la información recolectada requiere la utilización de bases de datos estandarizadas, en las cuales es necesario establecer previamente criterios para:

a) Definir las unidades a utilizar: [ppb], [ppm] o [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], se recomienda utilizar

- [ppb] para SO_2 , O_3 , NO , NO_2 y NO_x ,
- [ppm] para CO , CH_4 y HCNM
- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] para material particulado

Al momento de establecer las conversiones se debe definir la temperatura y presión utilizada en la conversión de unidades. A modo de ejemplo, la tabla siguiente presenta los factores de corrección de [ppb] a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Tabla 5-1 Factores de conversión de [ppb] a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Contaminante	Símbolo	0°C	25°C
Dióxido de azufre	SO_2	2.85	2.62
Óxido nítrico	NO	1.34	1.23
Dióxido de nitrógeno	NO_2	2.05	1.88
Ozono	O_3	2.14	1.96
Monóxido de carbono	CO	1.25	1.15
Metano	CH_4	0.714	0.654

b) Definir la zona horaria y formato de fecha

Se recomienda mantener el horario oficial de Chile continental de invierno (GMT -4). Esta convención evita perder horas por efectos de los cambios horarios (adelantamiento y retraso de 1 hora) en los meses de marzo y octubre.

- Se recomienda establecer el formato de fecha:
aaaammdd por ejemplo 20031015 para el 15 de octubre de 2003
- Se recomienda establecer el formato de hora:
hhmm, por ejemplo 1525 para las 15:25

c) Definir los períodos de promediación o intervalos de tiempo

- Definición de hora: se recomienda usar el criterio de la “hora posterior”, es decir asignar por ejemplo a la hora 1, el período comprendido entre las 01:00 a 01:59. Otros criterios son la hora precedente (período 00:01 a 01:00), hora centrada (00:30 a 01:29) o cualquier convención que se adopte.
- Definición de inicio de día: Se recomienda definir la hora 00:00 (medianoche) como inicio de día, luego el día estará comprendido entre las 00:00 y las 23:59

Otro punto importante es definir los requerimientos mínimos de información que permitan identificar la estación de monitoreo en el interior de la base de datos. Se recomienda considerar el protocolo de intercambio de información de la comunidad Europea que establece los siguientes tópicos:

Tema	Descripción de información
• INFORMACIÓN SOBRE LAS REDES	
	- Nombre - Abreviatura - Tipo de red (industria local, ciudad, zona urbana, aglomeración urbana, provincia, región, país, internacional) - Organismo responsable de la gestión de la red (Nombre, Nombre y apellidos de la persona responsable, Dirección, Teléfono y fax, Correo electrónico, Sitio de Internet) - Referencia horaria (GMT, local)
INFORMACIÓN SOBRE LAS ESTACIONES	
Información general	- Nombre de la estación - Nombre de la ciudad o localidad, si procede - Número de referencia o código nacional y/o local - Código de la estación - Nombre del organismo técnico responsable de la operación de estación - Organismos o programas a los que se remiten los datos - Objetivo(s) del monitoreo - Coordenadas geográficas (según la norma ISO 6709: longitud y latitud geográficas y altitud geodésica) - Contaminantes medidos - Parámetros meteorológicos medidos - Otra información pertinente: dirección predominante del viento, relación entre distancia y altura de los obstáculos más cercanos, etc.
Clasificación de las estaciones	
Tipo de zona	- Urbana: zona edificada continua - Suburbana: zona muy edificada, zona continua de edificios separados combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas) - Rural: todas las zonas que no satisfacen los criterios establecidos para las zonas urbanas/suburbanas
Tipo de estación en relación con las fuentes de emisión predominantes	- Tráfico: - Industria - Niveles de fondo - estaciones que no están influenciadas ni por el tráfico ni por la industria
Información complementaria sobre la estación	- Zona de representatividad (radio - población de la ciudad - Estaciones “tráfico”: volumen de tráfico estimado (tráfico medio diario anual), distancia con respecto al bordillo de la acera, porcentaje del tráfico correspondiente a los vehículos pesados, velocidad del tráfico, distancia entre las fachadas de los edificios y altura de los edificios (calle de tipo cañón), anchura de la calle/carretera (calles distintas de las de tipo cañón) - Estaciones “industria”: Tipo de industria(s), Distancia de la fuente/zona fuente - Estaciones rurales, subcategorías; próxima a una ciudad, regional, aislada
INFORMACIÓN SOBRE LA CONFIGURACIÓN DE LAS MEDICIONES POR COMPUESTO	
Equipos (para cada equipo)	- Nombre - Principio analítico o método de medición

Tema	Descripción de información
Características del muestreo	- Localización del punto de toma de muestras (fachada de edificio, calzada, bordillo, patio) - Altura del punto de toma de muestras - Tiempo de integración del resultado - Tiempo de toma de muestras.

Los datos son almacenados en las bases de datos como series de tiempo, identificados por lugar, fecha (día-hora), frecuencia de almacenamiento (resolución temporal, ya sea minutos, horas, días), indicadores de calidad de datos, etc.

Uno de los problemas que se presentan en los organismos públicos, privados y los fiscalizadores es la diferencia de formatos en los reportes y archivos con datos que reciben desde los operadores de redes. En este contexto, es necesario estandarizar los reportes de envío de información de las redes de monitoreo para lo cual se propone utilizar un formato único, en el cual se reporten todas las variables (contaminantes y parámetros meteorológicos) y sus códigos de validación, rellenando con -99 en aquellos casos cuando la variable no es monitoreada.

Luego se propone la siguiente estructura para cada línea de información:

Id, aaaammdd, hhmm, MP10, c1, SO2, c2, CO, c3, NO, c4, NO2, c5, NOx, c6, CH4, c7, HCNM, c8, TEMP, m1, HR, m2, WS, m3, WD, m4, SDWS, m5, SDWD, m6, RAIN, m7, PRES, m8, RS, m9

Donde:

Campo	Identificación
Id	Código identificación de la estación
aaaammdd	Fecha (ejemplo: 20001225 para el 25 de diciembre de 2000)
hhmm	Hora (ejemplo 1325 para la 01:25 PM)
MP10	Concentración de MP10 (ug/m3)
c1	Código validación para MP10(ver tabla)
SO2	Concentración de SO2 (ppb)
c2	Código validación para SO2
CO	Concentración de CO (ppm)
c3	Código validación para CO
NO	Concentración de NO (ppb)
c4	Código validación para NO
NO2	Concentración de NO2 (ppb)
c5	Código validación para NO2
NOx	Concentración de NOx (ppb)
c6	Código validación para NOx
O3	Concentración de Ozono (ppb)
c7	Código validación para O3
CH4	Concentración de CH4 (ppm)
c8	Código validación para CH4
HCNM	Concentración de HCNM (ppm)
c9	Código validación para NMHC
TEMP	Temperatura ambiente (°C)
m1	Código validación para
HR	Humedad relativa (%)
m2	Código validación para
WS	Velocidad de viento (m/s)
m3	Código validación para WS
WD	Dirección de viento (°deg)

Campo	Identificación
m4	Código validación para WD
SDWS	Sigma velocidad de viento (m/s)
m5	Código validación para SDWS
SDWD	Sigma dirección de viento (°deg)
m6	Código validación para SDWD
PRES	Presión Atmosférica (ba)
m7	Código validación para Presión
RS	Radiación Solar (Wat)
m8	Código validación para radiación solar

Además, se propone utilizar 4 códigos de validación, los cuales son:

Código	Descripción
0	Dato ausente
1	Dato validado
2	Dato invalidado
9	Variable no monitoreada

6 Reportes de información

Se deben diseñar formatos para la transferencia de información que sean apropiados tanto para las capacidades de la red como para los usuarios finales de la información. La comunicación de los datos o de la información se puede realizar mediante varios métodos de transmisión:

- Reporte escrito (en papel). Esto puede proporcionar el acceso a la información de calidad de aire a los usuarios finales, los cuales no tienen acceso a salidas de información más sofisticadas.
- Reportes almacenados en medios magnéticos (discos compactos, diskettes de alta densidad, cinta, etc). Este método de transferencia de los reportes de información es, generalmente, el método más aplicable para los usuarios finales, ya que dispone de la información para su manejo posterior permitiendo su reproducción fácilmente. La información contenida se encuentra agregada no pudiendo acceder a la información base.
- Reportes por medios de comunicación electrónicos, por ejemplo Internet vía página web, correo electrónico, servidores FTP, etc. Es otro método de transmisión de reportes que se está usando corrientemente, bajo las mismas condiciones que el medio anterior.

6.1 Generación de formatos estándar y estadística

Los resultados de los datos de monitoreo pueden ser reportados a los usuarios de la información de varias maneras:

a) Un reporte sobre superaciones de las normas de calidad de aire

Puede ser necesario someter a una evaluación anual respecto a las conformidades con las normas primarias de calidad de aire. El reporte puede incluir, por ejemplo, información de aquellos sectores en los cuales fueron superadas las normas de calidad de aire, su ubicación geográfica, concentraciones asociadas y los períodos en los cuales fueron excedidas dichas normas. En algunos casos, el reporte puede requerir detalles de las medidas que serán tomadas para mejorar la situación.

b) Reportes mensuales de medición

Se debe reportar las condiciones de las mediciones para el mes calendario correspondiente, utilizando para ello formatos estandarizados que permitan visualizar la información recolectada, a través de tablas de datos, resúmenes estadísticos y gráficos.

Las mediciones continuas (mediciones de material particulado y gases) deben reportar los siguientes aspectos de las mediciones:

- Series de tiempo, que permita evaluar superaciones de los valores de referencia de las normas vigentes.
- Ciclo diario promedio, permite evaluar el comportamiento promedio de los contaminantes.
- Valores extremos (máximo, mínimo) y promedios diarios y mensuales. Permiten evaluar estadísticamente los comportamientos de largo plazo de los contaminantes medidos.
- Porcentaje de datos recolectados, que permiten evaluar la eficiencia las mediciones.

Las mediciones discretas (material particulado gravimétrico), se deben reportar los siguientes aspectos de las mediciones:

- Valor diario de concentraciones
- Relación MP25/MP10, para el caso de los monitores Dicotómicos
- Superación de normas, número de días de superación y valores alcanzados.

La información del sitio de monitoreo debe ser incluida en los resúmenes de reportes debido a su importancia en la interpretación de los datos resultantes.

c) Reporte anual de calidad de aire

Con la información validada de periodos anuales, se debe generar un reporte que presente un resumen estadístico de los resultados anuales, los cuales pueden ser empleados para propósitos de investigación, especialmente para estudios de efectos en la salud o para fines de modelamiento de contaminantes atmosféricos, así como también para fines de planificación y control. Este resumen estadístico puede contener:

- Estadísticas anuales tales como recolección de datos, media aritmética y geométrica de los valores horarios, de ocho horas y de 24 horas, según sea el contaminante que se esté analizando y la norma primaria de calidad de aire a la cual se haga referencia.
- Comparación de resultados anuales con estándares internacionales y con estándares dictados por las autoridades ambientales nacionales por medio de las Normas Primarias de Calidad de Aire.
- Estadísticas de tendencias diurnas, mensuales y de largo plazo (varios años)
- La información del sitio de monitoreo debe ser incluida en los resúmenes de reportes debido a su importancia en la interpretación de los datos resultantes.

La estructura de un reporte diario de información de concentraciones del contaminantes analizado, debe incluir información de identificación de la estación y la fecha del monitoreo realizado. Además, debe contener una tabla resumen en que se indiquen los valores de concentraciones máximas del contaminante, en concentraciones de 1, 8 o 24 horas, según sean los requisitos indicados en la Norma Primaria de Calidad de Aire para el contaminante que se esté midiendo para mediciones continuas con equipos automáticos de medición, o bien en concentraciones de 24 horas para monitoreos discretos de MP10 con equipos gravimétricos de medición. Refiérase al resumen presentado en el Anexo C para detalles de periodos de medición y valores normados en cada período para cada uno de los contaminantes en cuestión.

El reporte debe contener, además, el horario en que se registraron las concentraciones máximas y el número de horas del día de análisis en que la norma fue superada.

La Figura 6-1 muestra un ejemplo del formato de reporte resumen diario de MP10 con monitoreo continuo en una estación de monitoreo.

Así también, en un reporte semanal, se debe incluir el período de medición, el nombre de la estación y una tabla resumen con los valores de concentraciones del contaminante.

En esta tabla se debe señalar el ciclo semanal indicando cada uno de los días de la semana y su fecha correspondiente, las concentraciones máximas registradas en cada uno de los días y para cada uno de los períodos que indique la Norma Primaria de Calidad de Aire (1, 8 o 24 horas o anual en el caso de reportes anuales), y las horas asociadas a las ocurrencias de las concentraciones máximas antes señaladas y los números de horas de cada día de la semana en que fue excedida la norma.

En general, esta información debe ser incorporada en cada reporte que se realice indicando, además, un resumen de información estadística asociada, promedios móviles de 24 horas o del horario que establezca la norma, el porcentaje de horas con información válida, el promedio de valores de concentraciones para cada período de medición y los números de días en que fue excedida la norma.

La Figura 6-5 muestra un ejemplo de Reporte Semanal de información de concentraciones de MP10 en una estación de monitoreo.

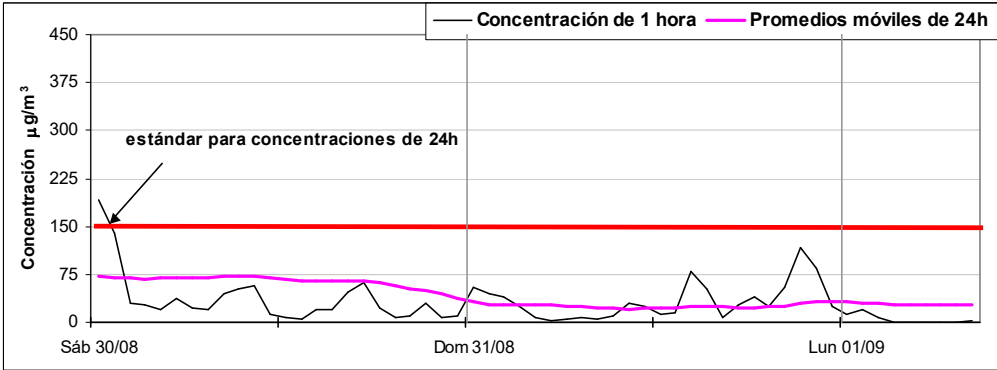
Un reporte de concentraciones de material particulado con muestreadores gravimétricos debe contener, en general, la misma información de encabezado que los reportes anteriores, el número de días que se registraron por sobre la Norma Primaria de Calidad de Aire y, en caso de muestreadores gravimétricos dicotómicos señalar las relaciones de concentración de MP2.5 sobre MP10. Esta relación debe también manifestarse en un gráfico de barras en el ciclo de tiempo de evaluación, indicando el valor de la norma para material particulado en las fracciones que se estén analizando. La Figura 6-2 muestra un ejemplo de este tipo de reportes.

Con respecto a los reportes mensuales de mediciones continuas, estos deben incluir el resumen de concentraciones diarias para cada uno de los días del período mensual de medición desagregado en las 24 horas del día. Se deben incorporar los valores diarios promedios, máximos y mínimos registrados a lo largo del mes y los valores horarios promedios, máximos y mínimos registrados a fin de generar los ciclos diarios promedios máximos y mínimos del período mensual de evaluación. El reporte debe incluir también, gráficos de series de tiempo y promedios cada 8 horas del ciclo mensual. La Figura 6-4 muestra un ejemplo de reporte mensual.

Reporte diario de MP10
 Estación de monitoreo XXXXXXXXXXXX
 Domingo 31 de agosto de 2003
 (Valores preliminares, sujetos a modificación posterior)

Tabla: Resumen de valores de MP10

Día reportado	Concentraciones de 1h			Concentración de 24h ¹ [µg/m³]	Excede estándar > 150 ²
	Máximo [µg/m³]	Hora ocurrencia	No. horas >150[µg/m³]		
Dom 31/08/03	117.9	21:00	0	33.3	NO



Concentraciones de 1h y promedios móviles de 24h de MP10 - Las Encinas (últimos 2 días)

¹ El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como concentración de 24h el valor máximo de los promedios móviles de 24h registrados entre las 00 y 23h del día reportado.
² El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como límite para concentración de 24 horas el valor 150 µg/m³.

Comentarios generales

Figura 6-1 Ejemplo de Reporte Diario mediciones continuas

Monitores Gravimétricos

Información del Monitor Utilizado	
Monitor:	
Marca:	
Modelo:	
Nº serie:	

Fecha	MP2.5 [µg/m³]	MP10 [µg/m³]
01-Jul-02	82	92
02-Jul-02	88	140
03-Jul-02	32	38
04-Jul-02	128	156
05-Jul-02	112	132
06-Jul-02	40	48
07-Jul-02	134	159
08-Jul-02	68	78
09-Jul-02	62	72
10-Jul-02	140	169
11-Jul-02	30	38
12-Jul-02	26	28
13-Jul-02	39	49
14-Jul-02	23	30
15-Jul-02	29	31
16-Jul-02	94	111
17-Jul-02	126	156
18-Jul-02	110	137
19-Jul-02	14	15
20-Jul-02	15	17
21-Jul-02	22	22
22-Jul-02	10	11
23-Jul-02	27	30
24-Jul-02	85	92
25-Jul-02	16	18
26-Jul-02	13	15
27-Jul-02	44	49
28-Jul-02	10	14
29-Jul-02	7	10
30-Jul-02	77	83
31-Jul-02	101	119

69

Variable Medida	Ozono, O3																							Estación UTM Este UTM Norte	Panguipulli 368.2 6258.5	Periodo del reporte	Enero 2003				
Fecha	HORAS																							Promedio	Valores diarios		Promedio	Máximo	Mínimo		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23							
01/01/2003	2.93	10.10	5.49	13.28	11.83	11.22	25.47	14.11	8.81	26.28	17.38	26.22	89.22	122.14	97.82	117.76	52.65	46.40	5.08	6.90	10.90	6.61	4.55	5.61	30.78	122.14	2.93				
02/01/2003	9.07	11.79	2.50	8.25	8.06	13.63	10.22	21.76	2.76	15.08	50.06	54.88	94.13	29.90	90.41	70.39	7.97	52.71	52.36	13.38	7.00	4.99	5.63	11.46	27.02	94.13	2.50				
03/01/2003	9.14	8.22	9.14	7.11	3.31	6.75	25.74	31.41	30.95	24.96	30.29	69.37	44.71	116.87	39.59	73.12	8.45	32.10	44.09	14.18	8.81	8.38	9.45	13.13	27.89	116.87	3.31				
04/01/2003	8.59	2.69	11.57	5.39	8.35	4.83	21.54	29.36	16.81	48.71	16.01	19.10	69.64	106.22	32.28	80.08	108.83	58.27	13.96	21.03	9.92	6.69	6.40	3.88	29.59	108.83	2.69				
05/01/2003	7.41	9.88	4.88	1.62	9.25	7.65	18.37	27.70	31.56	32.21	38.47	54.50	62.02	86.66	13.17	45.52	6.83	6.83	43.29	5.51	8.50	11.89	6.49	8.45	22.86	86.66	4.88				
06/01/2003	12.03	11.01	9.32	11.02	4.56	4.15	24.91	21.63	18.36	38.56	30.71	71.40	42.05	5.72	91.48	83.28	53.35	64.86	37.55	24.02	1.86	10.48	1.26	11.06	28.53	91.48	1.26				
07/01/2003	9.14	8.22	9.14	7.11	3.31	6.75	25.74	31.41	30.95	24.96	30.29	69.37	44.71	116.87	39.59	73.12	8.45	32.10	44.09	14.18	8.81	8.38	9.45	13.13	27.89	116.87	3.31				
08/01/2003	6.62	3.57	9.74	6.17	5.19	7.36	10.62	26.09	7.42	7.07	63.89	37.31	50.77	8.22	18.76	96.29	13.61	77.34	36.75	22.98	11.05	10.94	7.02	3.23	22.83	96.29	3.23				
09/01/2003	6.17	9.86	11.83	4.74	11.48	11.68	21.09	24.95	17.98	42.04	46.60	10.89	35.39	110.58	6.90	109.36	72.47	28.18	45.72	24.46	11.51	8.77	10.13	8.89	28.82	110.58	4.74				
10/01/2003	6.94	5.34	10.26	2.97	9.01	11.07	12.62	12.73	11.64	47.09	10.18	59.09	46.90	121.30	57.11	84.93	97.34	44.78	20.44	6.73	7.39	7.41	11.39	2.54	29.47	121.30	2.54				
11/01/2003	7.90	3.95	5.51	9.94	5.76	10.93	23.77	26.75	12.86	21.65	10.64	24.18	71.54	102.65	52.05	137.44	26.80	23.13	48.25	34.19	10.68	5.33	11.46	11.88	29.13	137.44	3.95				
12/01/2003	7.13	5.87	4.58	5.93	8.74	6.61	8.22	5.77	14.89	44.43	49.79	33.35	76.80	23.27	45.08	19.06	48.20	55.52	48.34	22.43	11.26	7.59	4.30	6.58	23.49	76.80	4.30				
13/01/2003	3.98	6.99	8.18	9.31	12.51	11.81	20.29	12.49	18.87	10.29	30.34	20.56	98.94	34.91	85.79	12.60	74.66	57.51	36.49	9.01	3.75	3.50	5.42	10.57	24.95	98.94	3.50				
14/01/2003	5.87	6.29	9.27	4.21	6.23	7.81	22.33	20.62	17.80	36.15	29.79	54.53	108.09	118.04	120.04	117.60	59.15	19.90	47.65	18.79	3.13	8.16	4.79	12.77	35.79	120.04	3.13				
15/01/2003	11.49	10.60	5.61	11.11	11.98	7.41	15.43	26.26	21.85	36.67	35.86	18.57	94.12	57.75	13.29	116.31	90.11	74.28	30.15	14.32	9.04	3.32	6.76	4.74	30.29	116.31	3.32				
16/01/2003	4.49	6.93	5.77	14.11	4.98	9.12	23.99	21.14	7.94	17.81	56.08	45.58	59.04	70.44	60.23	4.87	74.62	30.59	18.42	13.40	13.40	7.21	11.58	7.82	24.56	74.62	4.49				
17/01/2003	10.88	7.86	3.70	6.90	4.87	6.22	29.69	10.38	22.05	33.80	45.68	19.70	64.30	48.21	26.04	14.57	31.47	46.14	13.10	7.75	12.57	5.40	7.48	6.27	20.21	64.30	3.70				
18/01/2003	6.56	8.66	9.72	9.00	4.34	4.57	22.94	19.53	13.95	22.09	24.95	15.74	79.90	64.17	86.84	146.54	45.01	49.45	45.21	2.09	13.49	4.73	10.98	1.75	29.68	146.54	1.75				
19/01/2003	13.43	4.91	4.80	6.80	5.52	4.13	20.00	13.83	28.55	8.08	55.01	47.98	41.29	15.76	36.20	16.50	35.88	88.14	41.08	16.12	12.62	5.89	10.68	4.54	22.41	88.14	4.13				
20/01/2003	7.34	6.22	6.82	5.90	3.66	10.99	16.59	24.01	19.29	9.36	13.20	28.60	70.66	115.17	53.05	112.72	62.92	9.06	19.31	5.89	9.56	6.81	9.78	6.59	26.40	115.17	3.66				
21/01/2003	8.89	4.63	10.11	4.33	3.27	7.34	10.71	24.19	25.07	21.91	11.13	34.26	32.18	83.33	128.48	126.60	56.44	6.61	5.84	20.78	2.72	8.38	12.24	11.58	27.54	128.48	2.72				
22/01/2003	12.96	10.67	8.20	10.12	12.51	3.61	31.10	6.06	9.82	22.29	27.82	68.08	54.35	94.94	81.27	106.04	81.67	83.36	46.97	13.30	7.21	8.23	3.96	7.58	33.84	106.04	3.61				
23/01/2003	11.50	9.04	10.41	4.01	7.59	11.63	17.83	19.79	17.37	6.82	55.61	58.42	79.71	21.73	37.26	44.80	47.59	45.71	5.20	20.21	9.30	8.98	11.23	3.71	23.56	79.71	3.71				
24/01/2003	10.96	3.58	3.77	8.54	11.85	9.28	33.83	18.12	27.97	36.81	59.20	65.64	88.34	28.57	104.54	82.48	53.02	46.01	7.53	10.77	5.59	9.84	4.91	2.50	30.49	104.54	2.50				
25/01/2003	6.53	7.61	11.63	4.21	5.47	1.80	21.81	13.24	35.49	22.67	11.63	6.63	71.40	59.71	73.72	51.93	53.07	70.80	57.87	27.41	12.35	6.24	2.40	8.18	26.78	73.72	1.80				
26/01/2003	9.21	8.22	5.18	6.30	9.59	8.46	28.45	16.78	23.50	33.91	27.28	43.08	88.41	118.22	18.18	91.18	64.81	15.27	28.70	25.65	9.65	13.22	11.65	7.58	29.69	118.22	5.18				
27/01/2003	8.02	12.23	9.99	8.04	6.91	10.63	26.18	8.08	12.98	30.18	30.80	17.56	61.39	27.99	125.88	8.42	68.26	47.44	30.53	25.58	9.46	10.66	1.29	13.09	25.48	125.88	1.29				
28/01/2003	5.55	13.42	8.15	8.60	5.92	10.86	26.43	21.20	15.37	34.78	15.02	38.68	31.01	50.27	22.89	123.79	84.12	72.02	26.12	16.50	10.25	11.16	10.86	5.59	27.90	123.79	5.55				
29/01/2003	5.76	12.41	4.25	9.59	11.45	2.68	16.31	14.61	12.22	22.88	17.10	2.93	3.90	100.71	84.74	138.60	70.75	56.68	47.95	11.63	6.01	5.13	2.82	12.15	28.05	138.60	2.68				
30/01/2003	7.28	10.02	8.44	2.25	5.50	12.47	24.27	21.24	23.77	19.45	4.45	26.03	62.60	31.29	40.67	7.17	41.55	84.51	21.25	21.02	6.53	9.00	5.14	4.50	20.85	84.51	2.25				
31/01/2003	9.15	5.30	6.63	10.49	2.82	5.34	11.92	3.03	9.16	15.69	56.85	56.51	28.94	82.96	84.91	83.79	97.24	29.20	9.27	18.77	12.88	5.26	3.41	6.02	27.31	97.24	2.82				
Promedio	7.97	8.02	7.47	7.24	7.59	7.93	20.54	18.74	18.16	26.26	31.91	38.73	61.53	69.17	59.34	77.15	55.35	47.05	30.47	16.88	8.95	7.67	7.14	7.51				Promedio mensual	27.03		
Máximo	13.43	13.42	11.83	14.11	12.78	13.63	33.83	31.41	33.49	48.71	63.89	71.40	108.09	122.14	128.48	146.54	108.83	88.14	57.87	34.19	13.49	13.22	12.24	13.13				Máximo mensual	146.54		
Mínimo	2.93	2.69	2.50	1.62	2.82	1.80	8.22	3.03	2.76	6.82	4.45	2.93	3.90	5.72	6.90	4.87	6.83	6.61	5.08	2.09	1.86	3.32	1.26	1.75				Mínimo mensual	1.26		
Sensor																								Realizado por:							
Marcas:																								Aprobado por:							
Modelos:																								Institución:							
Nº Serie:																								Fecha del reporte:							

Ciclos diarios Ozono
Estación Panguipulli
Periodo Enero 2003

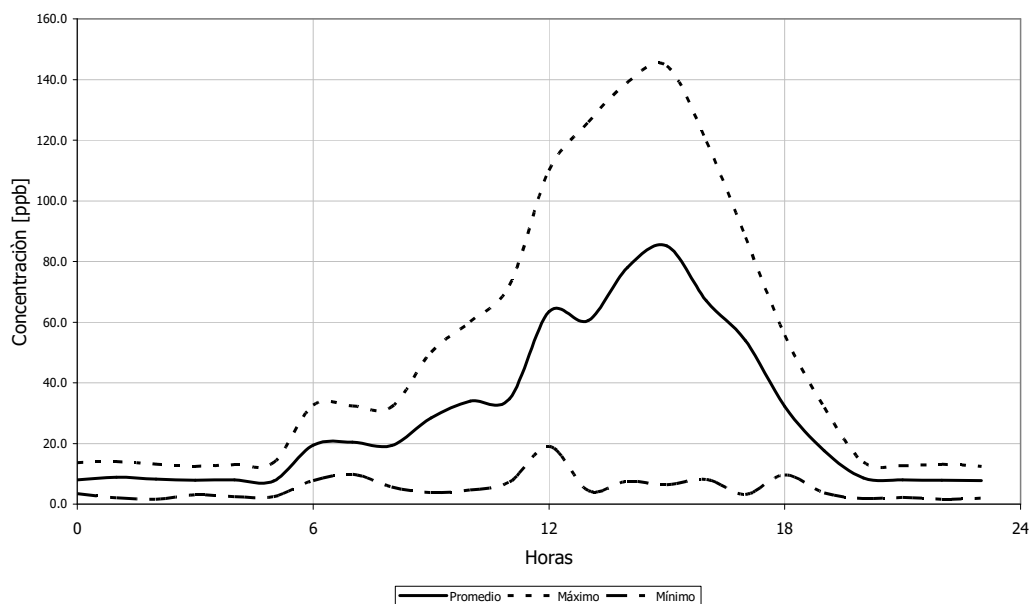
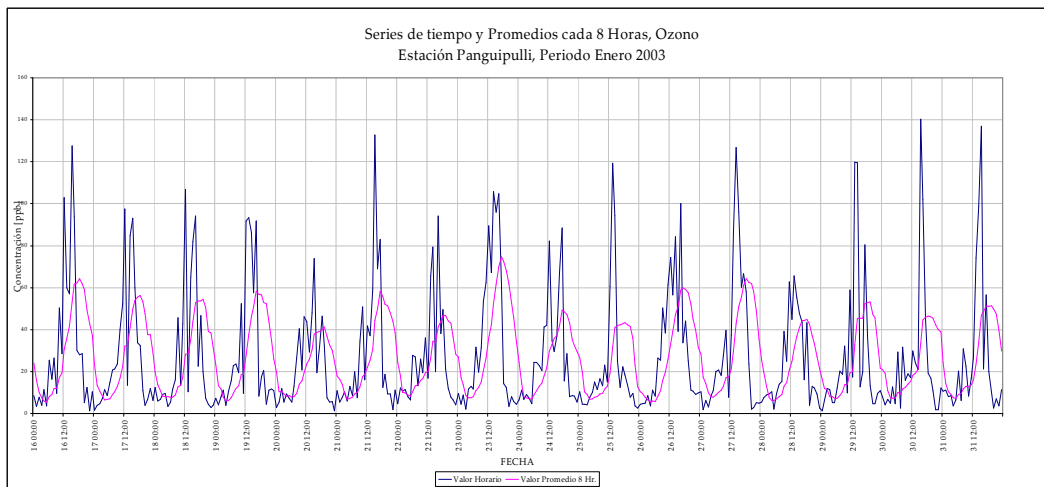
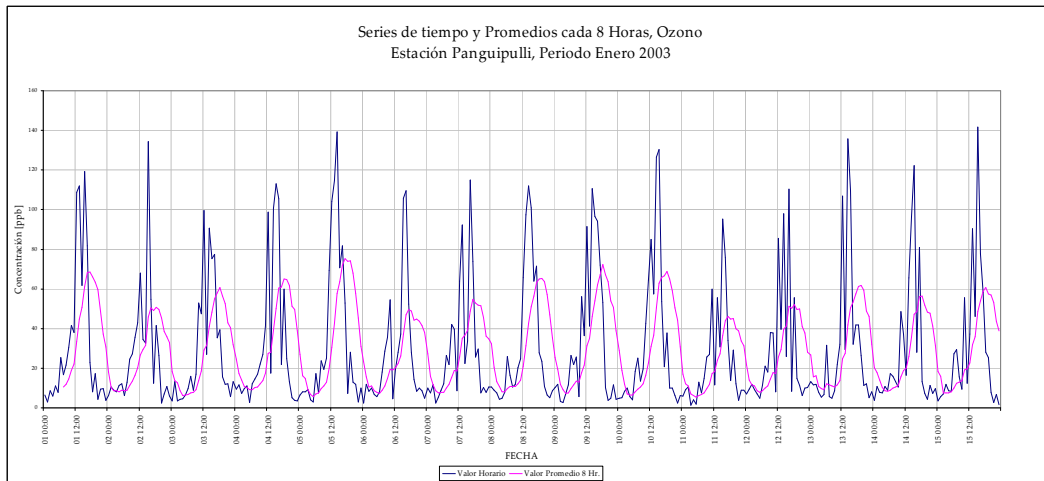


Figura 6-3. Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases



**Figura 6-4 Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases
(continuación)**

Estación Ejemplo de monitoreo de calidad de aire y meteorología

Reporte Semanal de MP10 y Meteorología

Semana 35, período: 25 al 31 de agosto de 2003

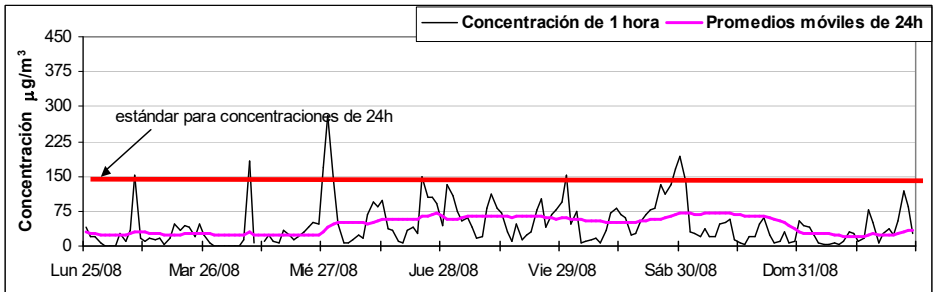
(Valores preliminares, sin factores de corrección, sujetos a modificación posterior)

Resumen de valores de MP10

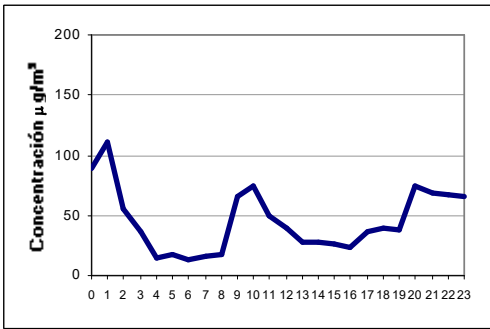
Fecha	Concentraciones de 1h			Concentración de 24h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Excede estándar ? 150 ¹
	Máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Hora ocurrencia	No. horas >150[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
Lun 25/08	151.7	10:00	1	31.9	NO
Mar 26/08	181.6	09:00	1	29.7	NO
Mie 27/08	280.1	01:00	2	70.0	NO
Jue 28/08	131.5	01:00	0	65.4	NO
Vie 29/08	166.3	23:00	2	67.2	NO
Sab 30/08	192.3	01:00	1	72.7	NO
Dom 31/08	117.9	21:00	0	33.3	NO

¹ El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como límite para concentración de 24 horas el valor 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Serie semanal de concentraciones de 1 y promedios móviles de 24 horas de MP10



Ciclo diario de concentraciones MP10



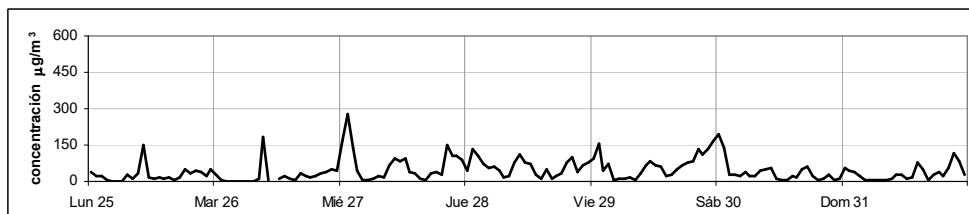
Resumen estadístico a la fecha

Mes	% horas con inform. Válida	Promedio período [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	No. días Excede estándar
Enero	99	25.2	0
Febrero	99	30.9	0
Marzo	95	25.9	0
Abril	95	30.4	0
Mayo	99	63.8	1
Junio	100	70.4	3
Julio	99	70.5	4
Agosto	98	51.1	1

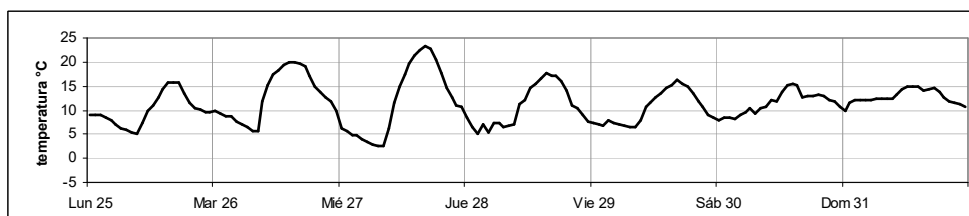
Figura 6-5. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas.

Series de valores horarios de Material Particulado y Variables Meteorológicas

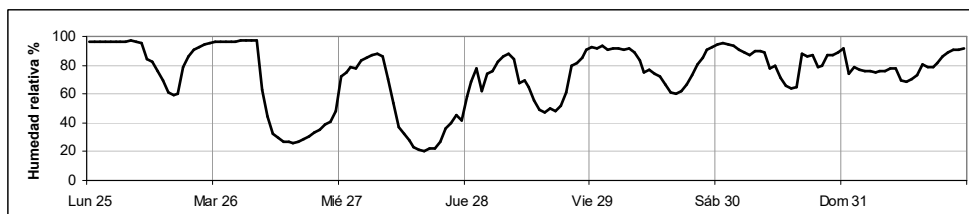
Valores horarios de concentración de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



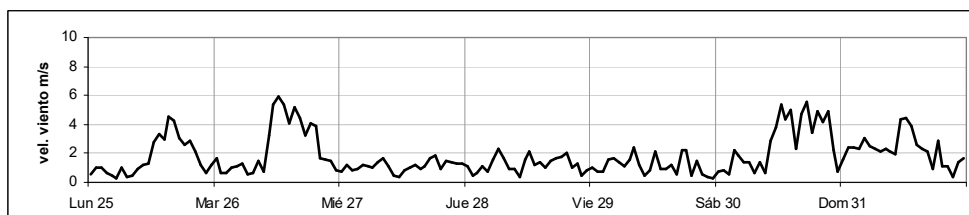
Valores horarios de Temperatura ($^{\circ}$)



Valores horarios de Humedad Relativa (%)



Valores horarios de Velocidad del Viento (m/s)



Valores horarios de Dirección del Viento ($^{\circ}$)

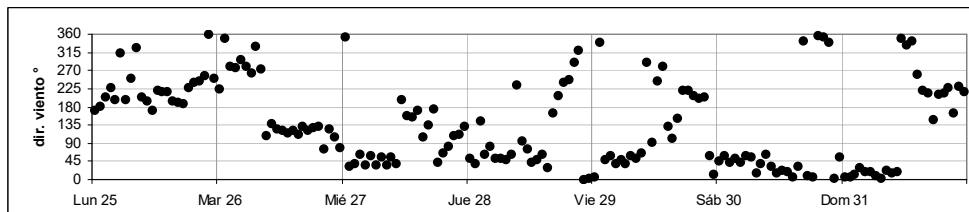


Figura 6-6. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)

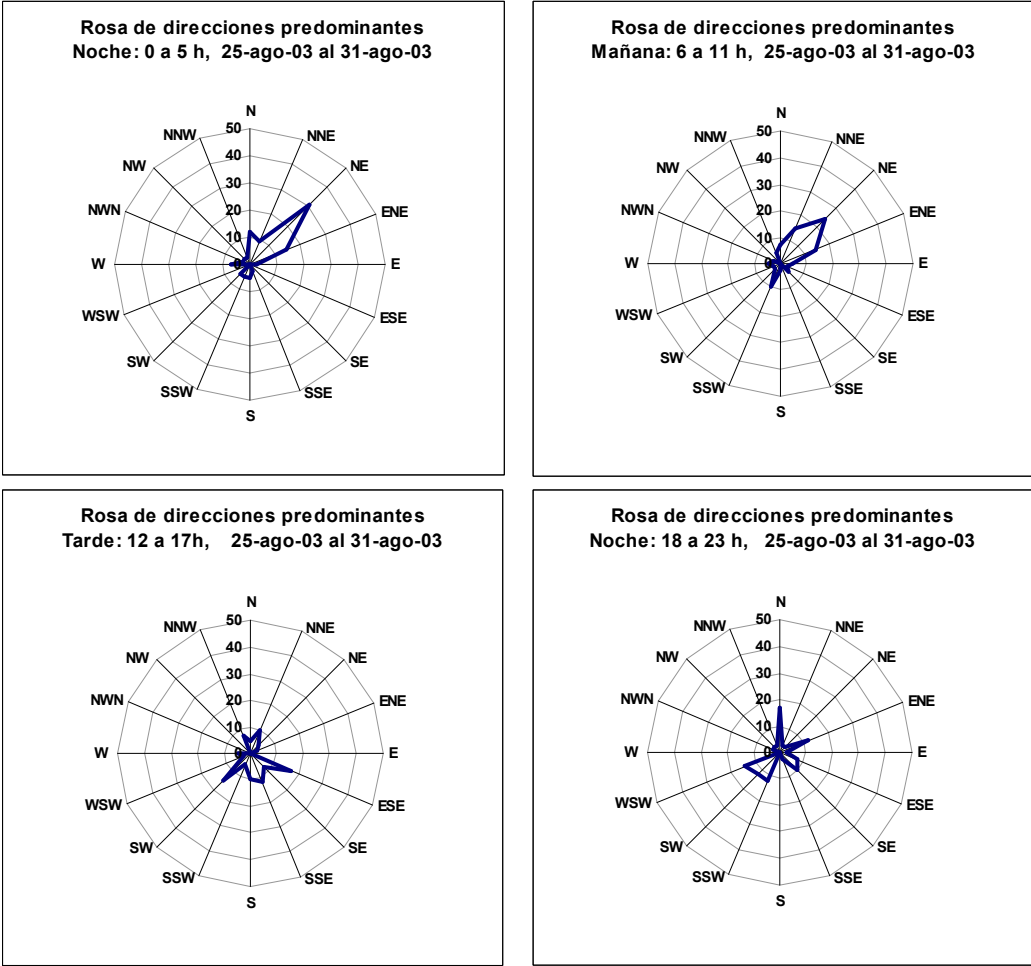


Figura 8: Rosas de direcciones de viento predominantes

Comentarios Generales

Figura 6-7. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)

7 Auditorías orientadas al mejoramiento continuo

Según como se establece en la NCh-ISO 10011/1 (*Guía para la auditoría de sistemas de calidad - Parte 1*), “la auditoría de calidad es un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad cumplen con las disposiciones previamente establecidas y si estas disposiciones se han aplicado efectivamente y son adecuadas para lograr los objetivos”

Así, la auditoría del sistema de monitoreo de la calidad del aire es la evaluación realizada por un grupo de auditoría, interno o externo a la institución auditada, para determinar el desempeño de la implementación del programa de monitoreo. El propósito es apoyar al administrador del sistema de monitoreo para que identifique los aspectos satisfactorios, aquellos que requieren atención y los mecanismos para mejorar las falencias; para determinar la conformidad o no conformidad de los elementos del sistema de calidad con respecto a los requisitos preestablecidos; y para entregar al auditado una oportunidad de mejorar su sistema de calidad.

El informe de la evaluación resume los detalles del desempeño del sistema de monitoreo, incluidos el entorno, los procedimientos de muestreo y análisis, mantenciones y calibraciones, los equipos, las instalaciones, la capacidad del personal y la estructura de la institución. El informe debe evaluar esos componentes, enumerar los aspectos satisfactorios e insatisfactorios y sugerir medidas correctivas.

El propósito del monitoreo de la calidad del aire es brindar los datos necesarios para que se tomen decisiones que permitan mejorar la calidad del aire en beneficio de la salud y el ambiente. Esas decisiones requieren datos relevantes sobre calidad del aire. Luego de una evaluación detallada, la institución responsable puede estar segura de que se brinda la información necesaria para la toma de decisiones, lo que conduciría a la mejora de la calidad del aire y al establecimiento de prioridades en la asignación de recursos destinados a la solución de los problemas más graves.

Es importante que se realice una evaluación interna de la calidad de los datos antes de la evaluación con personal externo. Se recomienda que las auditorías internas sean realizadas a una frecuencia de seis meses y que las evaluaciones con personal externo se efectúen cada dos años. En todo caso, la necesidad de efectuar una auditoría es determinada por la organización tomando en cuenta requisitos especificados o cambios significativos e la dirección, organización, políticas u objetivos, técnicas o tecnología que puedan afectar al sistema de calidad o cambios en los resultados.

Como medida para facilitar las investigaciones del auditor, se pueden incluir una serie de documentación de apoyo, entre las cuales se tiene:

- Listas de verificación usadas para evaluar los elementos del sistema de calidad, las cuales pueden ser preparadas por el auditor, dependiendo de los elementos y requisitos de calidad de los datos definidos al inicio del programa de monitoreo.
- Formularios para informar las observaciones de la auditoría y para documentar la evidencia objetiva de respaldo a las conclusiones.

En resumen, en una visita de auditoría a una estación, los criterios de ubicación, características técnicas, mediciones, calibraciones y transmisión de datos, junto con otras informaciones específicas son tenidas en cuenta, no solo para evaluar la calidad de las observaciones, sino también para proponer recomendaciones con el fin de mejorar las mismas. Para facilitar las inspecciones se han preparado listas de verificación, las cuales, junto con el desarrollo de estos temas, son presentadas a continuación.

7.1 Auditorías internas de operación

Una auditoría es un proceso de evaluación usado para medir el funcionamiento o la eficacia de un sistema de monitoreo. Dentro del sistema de auditoría interna, las siguientes evaluaciones son realizadas al programa de monitoreo de calidad de aire y meteorología. Se pueden elegir uno o varios tipos de evaluaciones. Se pueden seleccionar evaluaciones diferentes, en momentos distintos y para propósitos diversos o bien centrar la atención en los componentes del programa que tienen mayor posibilidad de generar problemas.

La auditoría debe ser realizada por personal que no tenga responsabilidad directa en el área que está siendo auditada, pero preferentemente debe trabajar en colaboración con el personal de ese sector

- Evaluación de cumplimiento de objetivos
- Evaluación del personal
- Evaluación de operación interna
- Evaluaciones de desempeño

7.1.1 Evaluación de cumplimiento de objetivos

Este tipo de evaluación está enfocada a verificar el cumplimiento de los objetivos del monitoreo, la determinación de los datos requeridos y el nivel de calidad asociado a dichos requerimientos. En este sentido, la evaluación de cumplimiento de objetivos debe verificar la exactitud y precisión de los datos validados y reportados; la completitud, es decir, la cantidad de datos válidos obtenidos como fracción de lo que se tenía planificado a obtener; la representatividad, es decir, que la muestra de contaminación sea típica con respecto a las condiciones, al período y a la localidad para la cual se obtiene el dato; y verificar la comparabilidad en el contexto de extensión de redes.

Así, la evaluación de cumplimiento de objetivos es más bien una prueba cuantitativa de los componentes individuales del sistema de monitoreo que permite determinar si opera de acuerdo con las especificaciones. Por ejemplo, puede incluir muestras de referencia que serán analizadas como muestras de rutina a fin de determinar la exactitud de un procedimiento analítico. Este tipo de evaluación es sumamente útil porque permite identificar si un procedimiento cumple con los objetivos de la calidad de los datos.

7.1.2 Evaluación del personal

La evaluación del personal consiste en evaluar los recursos humanos disponibles por la institución a cargo del programa de monitoreo para la operación, el mantenimiento y la calibración de los instrumentos, sensores y equipos utilizados. La lista de verificación asociada incluye preguntas relacionadas con disponibilidad, experiencia, capacitación, nivel de habilidad y ubicación del personal dentro de la estructura del sistema de monitoreo.

7.1.3 Evaluación de operación interna

La evaluación de operación interna consiste en una evaluación de todo el sistema de medición, incluidos los sitios de monitoreo, sus alrededores, procedimientos de muestreo y análisis, de calibración y de mantenimiento del equipo, de instalaciones de

laboratorio, actualización de registros, validación de datos, reportes, control de calidad, etc. Es una evaluación cualitativa que permite identificar los componentes que operan satisfactoriamente y los que se necesitan mejorar.

7.1.4 Evaluación de desempeño

Luego de verificado el cumplimiento de los objetivos iniciales del programa de monitoreo y de la calidad predefinida de los datos, la evaluación del personal a cargo de las distintas operaciones de la red y la auditoría a las distintas etapas de operación interna del sistema de monitoreo, se debe realizar una evaluación final que entregue como resultado una calificación al desempeño global del programa de monitoreo en base a todas las evaluaciones antes mencionadas.

Al finalizar la auditoría al auditor debe entregar el informe final de auditoría a la gerencia del programa de monitoreo (o al jefe del programa) e el cual se deben identificar las no conformidades detectadas en base a una evidencia objetiva respaldada por los documentos antes señalados.

7.1.5 Mejoramiento de operación de la red

Los resultados de la auditoría pueden ser usados por la gerencia del programa de monitoreo para mejorar el desempeño de la organización e iniciar las acciones correctivas necesarias para corregir una no conformidad o para corregir la causa de una no conformidad.

Tal como lo señala la NCh-ISO 10011/1, uno de los propósitos de una auditoría de calidad es evaluar la necesidad de mejoramiento o de acciones correctivas. Por lo tanto, las actividades de una auditoría no deben entenderse como actividades de supervisión o inspección efectuadas con propósitos de control o fiscalización sino como una alternativa de mejoramiento continuo.

A continuación se entregan listas de verificaciones asociadas a la auditoría de calidad del sistema de monitoreo.

7.1.5.1 Lista de verificación para la ubicación de estaciones de calidad de aire y meteorológicas

1. ¿Cuál es el nombre e identificación de la estación?
2. ¿Quién es el responsable de la estación?
3. ¿Cuáles son las características generales del sitio (fotografías si es posible)
4. ¿Hay planos de ubicación de la estación? En caso negativo hacer un plano preliminar.
5. ¿Qué contaminantes y variables meteorológicas se miden?
6. Descripción del lugar (p. ej.: terrenos aledaños, obstrucciones cercanas, vías de acceso y cualquier característica poco común).
6. Es la ubicación general representativa de un escenario uniforme? Por ejemplo: áreas residenciales, áreas comerciales o industriales, etc.
7. ¿Se encuentra el sitio suficientemente lejos de fuentes que puedan tener influencias o causar interferencia en las mediciones? Por ejemplo: Aeropuertos, paradero de buses, etc., siempre que el objetivo no sea precisamente conocer las concentraciones de contaminantes en dichas áreas especiales.

8. ¿Hay alguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes puedan influir en los resultados?
9. ¿Es adecuada la vía de acceso?
10. ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica y líneas de transmisión de datos?
11. ¿Puede asegurarse el lugar contra el vandalismo?
12. ¿Hay edificios cercanos, árboles, características del terreno u otras obstrucciones que podrían alterar los patrones de circulación?
13. ¿Pueden colocarse los sensores y toma muestras en las alturas específicas, pero lo suficientemente altas como para disminuir la posibilidad de vandalismo?
14. ¿Se satisfacen los criterios de distancia mínima entre las vías y la ubicación de la estación?
15. Verificar la información de la localización del sitio y ubicación toma muestras y sensores.
16. Observaciones
17. Recomendaciones

7.1.5.2 Lista de verificación de control de instrumentos, sensores y/o equipos

1. ¿Qué contaminantes y parámetros meteorológicos se miden?
2. ¿Qué métodos de medición se utilizan?
3. Verificar si hay un inventario de instrumentos, sensores y/o equipos meteorológicos.
4. ¿Qué instrumentos, sensores y/o equipos meteorológicos funcionan?
5. ¿Qué instrumentos no funcionan? ¿Por qué?
6. ¿Se dispone de las instrucciones de operación de cada instrumento, sensores y/o equipos? ¿Cuáles?
7. ¿Se dispone de los materiales, suministros y/o equipos relacionados con la transmisión de datos? ¿Cuáles?
8. ¿Se dispone de suministro eléctrico adecuado? ¿Qué sistema alterno usa y cuál es el tiempo de autonomía?
9. ¿Se dispone de una bitácora o libro de observaciones o de los instrumentos, sensores y/o equipos? Indicar alteraciones como irregularidades en el funcionamiento, cambios de instrumental, sensores y/o equipos, notificación y corrección de fallas, hora y fecha de las alteraciones?
10. ¿Se disponen de aparatos de seguridad, como extinguidores de incendio?
11. ¿Los instrumentos, sensores y/o equipos se encuentran ordenados y bien mantenidos?
12. ¿Los instrumentos, sensores y/o equipos cumplen con las especificaciones establecidas en los requerimientos de calidad de los datos, como exactitud, precisión, representatividad y completitud que se señalan en los objetivos de la calidad de los datos del monitoreo?
13. Observaciones
14. Recomendaciones

7.1.5.3 Lista de verificación de documentos para evaluación de operación interna

1. ¿Se dispone de un inventario del instrumental, sensores y equipos?
2. ¿Se dispone de procedimientos de operación y mantención?
3. ¿Se dispone de procedimientos de calibración de cada instrumento?

4. Se dispone de los procedimientos para la transmisión de datos?
5. Se dispone de bitácora de campo?
6. Se dispone de manuales de los equipos?
7. Se disponen de normas para verificación, mantenimiento y corrección del sistema para garantizar el cumplimiento de los objetivos del monitoreo?
8. Se han efectuados cambios tecnológicos, de metodologías de medición o de estructura interna del sistema que puedan afectar el resultado de las mediciones o de los objetivos de la calidad de los datos requerida? Si la respuesta es afirmativa, se han establecido nuevos procedimientos al respecto?

7.1.5.4 Lista de verificación enfocada a las mediciones

1. Horario y frecuencia de las mediciones.
2. Cuáles son los procedimientos para datos incompletos y no registrados?
3. Cómo se verifica y corrige la red para garantizar que cumpla con los objetivos de monitoreo?
4. Existe un sistema de almacenamiento de archivos de datos?
5. El sistema tiene posibilidad de ejecución de cálculos predefinidos o programables?
6. El sistema tiene capacidad de enlace con impresora, a fin de obtener en forma continua una copia impresa de los archivos de datos?
7. El sistema de telemetría es realizado a través de módem telefónico?
8. El sistema tiene capacidad para llamar la atención a datos dudosos o sospechosos?
9. El sistema consta de un servicio de autodiagnóstico?
10. El sistema dispone de un reloj accionado por pilas para mantener la hora correcta durante apagones y recarga automática del programa.
11. El sistema calcula parámetros derivados?
12. El sistema dispone de un registrador gráfico en banda de papel continuo?
13. El voltaje de cada sensor es el adecuado para generar un dato confiable?
14. Con cuantos minutos de observación se produce la información horaria? Si la información es de otro periodo diferente indicar la cantidad mínima.

7.1.5.5 Lista de verificación de mantenimiento, calibración

- 1.Cuál es la frecuencia de mantenimiento y calibración?
2. Se dispone de los procedimientos de calibración de cada instrumento o sensor?
3. Qué métodos de calibración se usan? ¿Qué estándares se usan?
4. Los instrumentos están calibrados adecuadamente?
5. Se dispone de todos los materiales, elementos y equipos para el mantenimiento y calibración?

7.1.5.6 Lista de verificación de recursos de personal

1. ¿Cuáles son los nombres y las ubicaciones en las oficinas centrales del personal disponible para operar y darle servicio a las estaciones de calidad de aire y meteorología?
2. ¿El personal disponible tiene capacitación y/o experiencia necesarias en las siguientes áreas?
 - Operación de estaciones de calidad de aire y meteorología

- Mantenimiento y calibración de estaciones de calidad de aire y meteorología y su equipamiento asociado
 - Análisis de datos y operación de computadora personal
3. ¿Quién efectúa la reparación de la estación y del instrumental, sensores y equipos? Tiene la experiencia y calificación necesaria?
 4. ¿Quién controla suministros de insumos y repuestos de las estaciones?
 5. ¿Quién controla el presupuesto para operar y darle servicio a las estaciones?
 7. ¿Quién atiende las fallas en la operación de estaciones? ¿Responde inmediatamente con medidas efectivas?

7.2 Criterios de auditorías externas al sistema

El programa de auditoría externa debe hacerse de manera independiente, con personal externo a la organización auditada. Esta auditoría externa tiene como objetivo general informar a la institución encargada del monitoreo sobre el logro de las metas y garantizar que la institución responsable del monitoreo de la calidad del aire y meteorología obtengan beneficios como los siguientes:

- Mejor calidad de la información
- Intercambio de conocimientos y experiencia
- Establecimiento de contactos personales para mayor información y asesoría
- Capacitación informal
- Mejor calidad en las mediciones
- Mayor motivación de los participantes debido al reconocimiento de su trabajo
- Reconocimiento de la necesidad y posibilidades de apoyo
- Acceso a literatura técnica y asesoría de expertos
- Aprobación nacional e internacional
- Reportes e información en general
- Metodologías más eficientes que reconozcan e identifiquen problemas técnicos

El proceso de auditoría externa evalúa los resultados que está entregando el programa de monitoreo en relación a los objetivos del programa y de la calidad de los datos, lo que se está haciendo bien, lo que necesita ser mejorado, verifica la presencia de no conformidades y sugiere medidas que posibiliten las mejoras.

El programa de auditoría brinda la oportunidad y una fecha límite para que la gerencia y el equipo de monitoreo centren su atención en la calidad de los datos, en las posibles mejoras a las metodologías actuales y a resolver las no conformidades identificadas en el proceso de evaluación.

7.2.1 Planificación de la auditoría

El plan de auditoría diseñado por la organización auditora debe ser aprobado por la organización auditada. Este plan de auditoría debe incluir en general, lo señalado a continuación, y en particular todo lo referido en la NCh-ISO 10011/1:

- los objetivos y alcances de la auditoría
- la identificación de las personas que tendrá responsabilidades significativas en el cumplimiento de los objetivos alcances antes señalados
- la identificación de la unidades dentro de la estructura organizacional que serán auditadas
- la identificación de los documentos que serán tomados como referencias (manual de calidad del auditado y procedimientos relacionados a la unidad (es) auditada (s))
- fecha, lugar y duración de cada actividad auditora

7.2.2 Actividades de auditoría

El equipo auditor debe reunirse inicialmente con el director de la organización auditada o el representante, para discutir el alcance, duración y actividades involucrados con la auditoría. Se recomienda que en esta reunión participen, también, los responsables de las distintas unidades del programa que serán auditadas: planificación del programa de monitoreo, operaciones de campo, operaciones de laboratorio, control de calidad y procesamiento y reportes de información. No siempre se tiene una persona distinta para cada una de estas secciones del programa de monitoreo, lo importante es que la o las personas responsables de las distintas etapas se encuentren presentes para facilitar y optimizar el proceso de auditoría.

Luego de realizadas estas reuniones introductorias al proceso de auditoría, el equipo auditor puede comenzar con su trabajo de evaluación en las distintas etapas, sitios y laboratorios. Para aumentar la uniformidad de las evaluaciones, se sugiere que se desarrolle una lista de verificación como la señala en el Anexo 1.

El encargado de representar a la organización auditada debe colaborar con el equipo auditor proporcionándole información como la siguiente:

- ¿Cuáles son los objetivos del programa de monitoreo?
- ¿Qué se monitorea?
- ¿Cuáles son los objetivos de la calidad de los datos?
- ¿Cómo, dónde y cuándo se monitorea la calidad del aire y las variables meteorológicas?
- ¿Quiénes realizan el monitoreo? ¿Cuál es la posición de cada uno en la estructura institucional? ¿Cómo se capacita al personal?
- ¿Cómo se verifica, mantiene y corrige el sistema para que cumpla con los objetivos del monitoreo?
- ¿Cómo se procesa y reporta la información?
- ¿Cómo se usan los datos? ¿Según auditorías internas, el sistema cumple con los objetivos del monitoreo?

A su vez, el equipo auditor debe proporcionar al representante de la organización auditada información sobre:

- ¿Qué desea revisar el equipo?

- ¿En qué sitios se debe efectuar la evaluación?
- ¿Cuándo se debe llevar a cabo y cuál es el programa tentativo?
- ¿Quiénes conformarán el equipo de evaluación? ¿Cuáles son sus calificaciones y experiencia?
- ¿Cómo se evaluará la red?
- ¿Cuáles son los acuerdos del informe?

En la implementación de la auditoría se debe dedicar el tiempo necesario y el detalle suficiente de modo que el equipo auditor tenga una clara comprensión de los parámetros evaluados basados en una documentación adecuada.

Se debe establecer un formato de detección de no conformidades (o de no cumplimiento de requisitos especificados), que puedan comprometer la calidad de los datos y por lo tanto, puedan requerir acciones correctivas específicas. El siguientes es un formato de ejemplo de documentación de no conformidades.

REPORTE DE NO CONORMIDADES	
Auditoría: _____	Nº no conformidades: _____
No conformidades:	
Comentarios:	
Encargado de Aseguramiento de Calidad: _____	Firma: _____
Institución auditada: _____	Fecha: _____

7.2.3 Informe de auditoría

Luego de realizada la evaluación el equipo auditor debe confeccionar un informe preliminar de auditoría que será presentado al auditado para comentar los resultados obtenidos de la evaluación de la red y los posibles desacuerdos que puedan existir entre las partes. Este informe debe incluir una breve descripción de:

- ¿Por qué se realizó la evaluación?
- ¿Por qué se monitorea la calidad del aire en esa ubicación?
- ¿Qué se revisó?
- ¿Dónde se realizó la evaluación?
- ¿Cuándo se realizó y qué programa se siguió?
- ¿Quién formó parte del equipo de evaluación y cuáles eran sus calificaciones y experiencia?
- ¿Quién fue el intermediario entre el equipo auditor y la organización auditada?
¿Cuál fue su posición y responsabilidades dentro de la estructura institucional?
- ¿Cómo se evaluó la red y las distintas unidades en base a evidencia objetiva?
- ¿Cuáles fueron los resultados? ¿Cómo se interpretaron? Si hubo desacuerdos, ¿cuál fue su naturaleza?
- ¿Cuáles fueron las recomendaciones referentes a las prioridades para mejorar la red y los objetivos de las evaluaciones subsecuentes?
- ¿La evaluación logró cumplir con los objetivos trazados?

Posteriormente, se debe preparar el informe de auditoría, el cual debe incluir:

- Nombre de la organización auditora e información identificadora
- Nombres del equipo auditor y representantes de la organización auditada
- Información base del proyecto, propósito de la auditoría, fechas de la auditoría y una descripción breve del proceso de la auditoría
- Resumen, conclusiones de la auditoría, observaciones de no conformidades
- Documentos anexos que incluyen todas las evaluaciones realizadas y formularios de no conformidades

7.2.4 Acciones correctivas y seguimientos

Basándose en lo señalado en la NCh-ISO 10011/1, la organización auditada es responsable de determinar e iniciar las acciones correctivas necesarias para corregir las no conformidades o las causas de una no conformidad identificadas y señaladas por el equipo auditor en el informe de auditoría y en los formularios de detección de no conformidades. Cabe destacar que el auditor solamente es responsable de identificar las no conformidades.

Como parte del programa de auditoría, las acciones correctivas, al igual que las auditorías de seguimiento, deben verificarse dentro del plazo acordado entre el auditado y la organización auditora. El siguiente es un ejemplo de formato de respuesta de acción ante la presencia de no conformidades

FORMULARIO DE RESPUESTA DE NO CONFORMIDADES	
Auditoría: _____	Nº no conformidades: _____
No conformidad: Causa del problema: Acciones tomadas o planeadas para corrección: Responsables y tiempo de respuesta para acción: Preparado por: _____ Fecha: _____	
Revisado por: _____ Fecha: _____ Firma: Fecha de cierre del proceso de auditoría:	

7.2.4.1 Anexo 1. Lista de verificación para la evaluación con personal externo

Antecedentes generales

1. ¿Cuál es la situación general de la contaminación del aire en la ciudad?
2. ¿Hay datos disponibles de emisión y fuentes principales de contaminación del aire?
3. ¿Cuál es la información disponible sobre la meteorología y topografía local?
4. ¿Existen medidas disponibles de control de la contaminación del aire?
5. ¿Por qué se monitorea la calidad del aire en este sitio?
6. ¿Cuáles fueron los objetivos de calidad?
7. ¿Qué se revisó?
8. ¿Dónde se realizó la evaluación?
9. ¿Cuándo se realizó la evaluación y qué programa se siguió?
10. ¿Quién formó parte del equipo de evaluación? ¿Cuáles fueron sus calificaciones y experiencia?
11. ¿Quién fue el intermediario entre el equipo y el colaborador local? ¿Cuál fue su posición y responsabilidad dentro de la estructura de la institución?

12. ¿Cómo se monitorea la calidad del aire?
13. ¿Dónde se monitorea?
14. ¿Cuándo se monitorea?
15. ¿Quién realiza el monitoreo? ¿Cuál es su posición dentro de la estructura de la institución? ¿Cómo se capacita al personal?
16. ¿Cómo se verifica y corrige la red para garantizar que cumpla con los objetivos de monitoreo?
17. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del sitio de muestreo

1. ¿Cuál es el nombre e identificación de la estación?
2. ¿Cuál es la institución o individuos responsables del sitio.
3. ¿Cuáles son las características generales del sitio (incluidas fotografías)?
4. ¿Cuáles son los métodos de monitoreo y análisis?
5. ¿Qué instrumentos se usan?
6. ¿La calibración es adecuada?
7. ¿Cuál es la frecuencia del monitoreo?
8. ¿La ubicación de los toma muestras y/o sensores cumple con lo requerido?
9. ¿EL diseño del toma muestras es apropiado?
10. ¿El tipo de filtro y el soporte son adecuados?
11. ¿Se controlan los filtros antes de la exposición?
12. ¿Se hace el acondicionamiento de los filtros?
13. ¿El tipo, tamaño, limpieza y reemplazo de tubos son adecuados?
14. ¿Se controla el flujo y se mide la velocidad del flujo?
15. ¿El procedimiento para el cambio de los filtros de muestras es apropiado?
16. ¿El almacenamiento de filtros es adecuado?
17. ¿El transporte de muestras es adecuado?
18. ¿Existen fuentes de contaminación e interferencias?
19. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del laboratorio

Aspectos generales

1. ¿Cuál es el nombre del laboratorio?
2. ¿Cuál es el nombre de la institución?
3. ¿Quién el jefe del laboratorio?
4. ¿Quiénes son los responsables de los análisis de laboratorio?

Análisis químicos

1. ¿Qué métodos se usan?
2. ¿Qué instrumentos se usan?
3. ¿Cuál es la calidad del reactivo (grado analítico, general)?
4. ¿Hay retraso entre el monitoreo y el análisis?
5. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento de la muestra?
6. Oros comentarios

Control y aseguramiento de la calidad

1. ¿Se cuenta con un plan de aseguramiento de la calidad? ¿Se implementa?
2. ¿Qué métodos de calibración se usan? ¿Qué estándares se usan? ¿Con qué frecuencia?
3. ¿Cuál es la exactitud y reproducibilidad de las técnicas usadas?
4. ¿Qué comparaciones entre muestras se usan?
5. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del procesamiento y reporte de datos

1. ¿Cuál es el nombre de la institución?
2. ¿Quiénes son los responsables del análisis de datos?
3. ¿Quiénes son los responsables del reporte de datos?
4. ¿Cómo es el proceso de verificación y reporte de datos?
5. ¿Cómo se procesan los datos incompletos y no registrados?
6. ¿Cómo se procesan los resultados por debajo del límite de detección?
7. ¿Cómo se procesan los datos no procesados para producir el reporte final requerido para la gestión?
8. ¿Qué controles y auditorías se realizan?
9. Señalar qué mejoras y observaciones se sugieren

7.3 Evaluación

1. ¿Los datos generados por la red de monitoreo se aplican a los objetivos de monitoreo?

8 Bibliografía

- 40 CFR (Code of Federal Regulations), Parts 50 and 58. Washington, D.C.: Protection of the Environment. National Archives and Records Administration; 1994.
- ANSI/ASQC E4-1994, Specifications and Guidelines for Quality Systems for Environmental Data Collection and Environmental Technology Programs, American National Standard, January 1995.
- Air Monitoring Quality Assurance Plan. February 1999, Washington State Department of Ecology Air Quality Program,
- Ambient air monitoring requirements for the air pollution control division of the Colorado department of public health and environment. Technical Services Program Air Pollution Control Division April 2001.
- Diagnóstico, Evaluación y Proposición de Mejoramiento de Redes de Monitoreo de Agua y Aire, Enero 1998. Elaborado por SGS Ecocare para CONAMA.
- Diagnóstico y Mejoramiento Integral de la Medición de la Contaminación del Aire en la Región Metropolitana, Agosto 1996. Elaborado por Intec-Chile para SESMA
- Division of environment Quality management plan Part III: Ambient air monitoring Standard operating procedures, Diciembre 2000, Kansas Department of Health and Environment, Division of Environment Bureau of Air and Radiation.
- EEA Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC for the European Commission DG Environment. Abril 2002.
<http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/guidancetoannexes97101ec.pdf>
- EMMA, 1998. A Practical Guide to Air Quality Monitoring, European Commission EMMA Programme (Integrated Environmental Monitoring Forecasting and Warning Systems in Metropolitan Areas), Agosto 1998, National Environmental Technology Centre, UK. <http://www.axp.mdx.ac.uk/emma/index.html>
- EPA Quality Control Practice in Processing Air Pollution Samples. US. Environmental Protection Agency. APTD- 1132. March 1973
- EPA Guidelines for Development of a Quality Assurance Program--Reference Method for the Continuous Measurement of Carbon Monoxide in the Atmosphere.

EPA-R4-73-028a, Office of Research and Monitoring, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. June 1973.

- EPA Air Quality Monitoring Site description Guideline, US. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C. OAQPS No. 1.2-019, 1974. Draft
- EPA Guidelines for Evaluation of Air Quality Data. US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. OAQPS No. 1.2-015. January 1974. P. 21
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System. Volume 1-Principles. EPA-600/9-76-005, March 1976.
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume II-Ambient Air Specific Methods. EPA-600/4-77/027a, May 1977.
- US EPA (1979). Guideline for the Implementation of the Ambient Air Monitoring Regulations 40 CFR Part 58, EPA-450/4-79-038, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, November 1979.
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. EPA. Vol. I: A Field Guide to Environmental Quality Assurance. April, 1994. Office of Research and Development Washington, DC 20460. ISBN EPA/600/R-94/038a
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II: Part 1 Ambient Air Quality Monitoring Program Quality System Development, August 1998. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711. ISBN EPA-454/R-98-004.
- EPA Requirements for Quality Management Plans. EPA QA/R-2. March 2001. Office of Environmental Information Washington, DC 20460. ISBN EPA/240/B-01/002
- EPA Requirements for Quality Assurance Project Plans, EPA QA/R-5, March 2001. Office of Environmental Information Washington, DC 20460. ISBN EPA/240/B-01/003
- EPA Guidance for the Data Quality Objectives Process, EPA QA/G-4, August 2000. Office of Environmental Information Washington. ISBN EPA/600/R-96/055

- EPA Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs), EPA QA/G-6. March 2001. Office of Environmental Information, Washington, DC. ISBN EPA/240/B-01/004
- EPA Guidance on Technical Audits and Related Assessments for Environmental Data Operations, EPA QA/G-7, January 2000. Office of Environmental Information Washington, DC. ISBN EPA/600/R-99/080
- Japan, 1990. Manual for Continuous Monitoring of Air Quality. December 1990. Air Quality Bureau Environment Agency, Government of Japan.
- Korc, M. 2001. Programa Regional de Evaluación de los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire en América Latina y El Caribe. **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente.** Lima, Perú <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/qaqc/qaqc.html>
- NAPS, 1995. National Air Pollution Surveillance Network Quality Assurance and Quality Control Guidelines. Report PD 95-8. December 1995. Environmental Technology Centre. Ottawa. Ontario K1A 0H3
- NSW, 2001. Approved methods for the sampling and analysis of air pollutants in New South Wales, Julio 2001. NSW Environment Protection Authority, Sydney, Australia.
- NZ, 2000. Good-practice guide for air quality monitoring and data management, December 2000. Published by the Ministry for the Environment of New Zealand, ISBN 0-478-24005-2.
- OMS/PNUMA GEMS: Selected Methods of Measuring Air Pollutants. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS/PNUMA GEMS: Air Monitoring Programme Design for Urban and Industrial Areas. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OPS (2000). Plan regional sobre calidad del aire urbano y salud para el período 2000-2009. Washington: OPS. OPS/CEPIS/99.21
- PNUMA/OMS 2002, Manuales de Metodología de GEMS/Aire. Volumen 1. Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano Traducción del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS)

- UNEP/WHO. 1994. GEMS/AIR Methodology Reviews. Vol. 1: Quality assurance in urban air quality monitoring. WHO/EOS/94.1, UNEP/GEMS/94.A.2. UNEP Nairobi.
- UK, 2001. Automatic Urban Network, Site Operator's Manual. National Environmental Technology Centre, United Kingdom, October 1998. (<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/reports/lsoman/lsoman.html>)
- WHO (1999). Air quality guidelines
- WILLIAMS, M Y BUCKMANN, P, 2001. Guía sobre mediciones de MP10 e intercomparaciones con el método de referencia para los estados miembros de la comunidad europea, marzo 2001. <http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/finalwgreportes.pdf>
- Workshop Proceedings 2nd EIONET workshop on air quality monitoring and assessment Brussels, 22-23 September 1997. Technical report No. 13. European Environment Agency. http://reports.eea.eu.int/TEC13/index_html
- Workshop on Air Quality Management and Assessment. Technical report No. 21 European Environment Agency. June 1999. http://reports.eea.eu.int/TEC21/index_html
- Workshop proceedings Fourth EIONET workshop on Air quality management and assessment Nomikos Conference Centre, Santorini, 23-24 September 1999. http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_57/index_html

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTÁNDAR

CALIBRACIÓN DE SENSORES DE HUMEDAD RELATIVA (De tipo capacitivo)

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Ingeniero ...

Revisado por : _____

Jefe Departamento ...

Aprobado por : _____

Comisión Nacional del Medio Ambiente

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/CALHUM

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Antecedentes	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Aspectos constructivos	1
1.1.2 Principios de funcionamiento	1
2 Resumen del procedimiento.....	2
3 Instrumentos y materiales requeridos	3
4 Procedimiento	4
4.1 Generalidades	4
4.2 Preparación de instrumental.....	4
4.3 Revisión de sensor antes de calibración.....	5
4.4 Realización de la calibración.....	6
4.4.1 Punto seco.....	6
4.4.2 Punto Humedo	9
5 Reportes	9
6 Anexos	12
6.1 Tabla de Calibración de Greenspan	12
6.2 Tabla para el cálculo de Humedad para valore entre los valores de Tabla de Greenspan.....	12
6.3 Preparación de sales de calibración.....	13

1 Antecedentes

Este procedimiento de calibración está diseñado para instrumental de medición de humedad relativa que usa como principio de medición la variación de capacidad eléctrica de los materiales como función de la humedad adsorbida por los mismos. Estos sensores pueden estar montados sobre carcasas que además contienen medidores de temperatura, dependiendo de los modelos de los distintos fabricantes.

La estabilidad de las mediciones realizadas por este tipo de sensor, permite tener periodos de calibración extensos, en general se recomienda una calibración de humedad cada 2 años de operación. Sin embargo se hace necesaria la intercomparación de las mediciones de los sensores en terreno con un sensor que se ha calibrado contra los patrones de laboratorio.

De esta manera durante la operación y mantenimiento preventivo de la red se realiza la verificación de las mediciones para tener control sobre aquellos sensores que pudieran tener una falla entre los periodos de calibración.

En este documento se describe la calibración de los sensores de humedad.

1.1 Introducción

1.1.1 Aspectos constructivos

Los sensores de humedad se montan sobre un circuito electrónico que consiste básicamente en la medición de la capacidad eléctrica del elemento sensor. El circuito electrónico se monta a su vez sobre una carcasa, la cual varía en su forma de acuerdo al modelo del sensor.

La exposición del elemento sensor al medio es de suma importancia en la construcción de sensor de humedad, para la obtención de medidas que reflejen en forma eficiente las condiciones del medio, así, en la mayoría de los instrumentos de medición se expone el elemento sensor protegido de la radiación solar para evitar el calentamiento mediante la circulación de aire ambiente entre las paredes de la protección.

El sensor queda en contacto con el aire ambiente protegido de la suciedad por una membrana porosa.

1.1.2 Principios de funcionamiento

En general el sensor está compuesto de dos electrodos separados por una membrana delgada que puede absorber o exudar humedad permitiendo que la capacidad eléctrica del dieléctrico cambie de acuerdo a una relación conocida y que mediante la electrónica del sensor se pueda convertir en valores medibles de humedad.

En la Figura 1 se puede apreciar el aspecto constructivo del elemento sensor de los medidores de humedad relativa.

Figura 1 Esquema sensor de humedad relativa. Aspectos constructivos

La electrónica del medidor de humedad capta los cambios que se producen en la capacidad eléctrica del elemento sensor y los transforma a señales analógicas de voltaje las cuales pueden ser registradas en distintos medios (scrip chart, dataloggers, etc.) seteando la entrada de ellos para que exista una distribución lineal entre el valor mínimo y máximo que el sensor entrega.

2 Resumen del procedimiento

El procedimiento de calibración de los sensores de humedad permite determinar el estado operacional del sensor durante el periodo de funcionamiento, para la obtención de los factores de corrección de la información recolectada y/o el reemplazo por mal funcionamiento, asumiendo que la mantención preventiva se ha realizado en forma periódica de acuerdo al Plan de mantenimiento.

El periodo de calibración en laboratorio recomendado por el fabricante es de 24 meses, asumiendo intercomparaciones rutinarias de terreno.

Dependiendo de la configuración de la red de medición y de los planes de mantenimiento y calibración, se recomienda la intercomparación cada 30 días en las estaciones de recolección manual, y cada 60 días en las estaciones de recolección automática, que se encuentran en la misma Región. Si la red tiene una extensión que abarca más de una Región se recomienda comparaciones de funcionamiento cada 90 días, asumiendo que ellas tienen recolección automática de información.

Los sensores que presentes evidencias claras de mal funcionamiento tienen prioridad para el mantenimiento correctivo y la calibración.

El procedimiento consiste en la verificación del funcionamiento utilizando el set de calibración HMK15 Humity Calibrator, construido por Visala, Inc.

El método consiste en la verificación de cuatro puntos de medición (11.1%, 33.3%, 75.5%, 97.6%), los cuales se logran mediante la mezcla de sales y agua desionizada, en las proporciones que se indican en el manual de uso del calibrador¹.

3 Instrumentos y materiales requeridos

Para la realización de la calibración de los sensores de humedad se debe tener disponibles los siguientes instrumentos y materiales

1.1 Instrumentos

- Termómetro de precisión, es parte integrante del sistema de calibración
- Computador portátil
- Interfase RS232 para datalogger y computador
- Datalogger
- Cronómetro o reloj

1.2 Materiales

- Mezclas de sales, Cloruro de Litio, Cloruro de Manganeso, Cloruro de Sodio, Sulfato de Potasio
- Cable de conexión a datalogger
- Elementos de limpieza
- Base para la calibración

Además debe tener disponible las hojas de calibración y de anotación de valores medidos.

¹ En los anexos se muestra parte del manual de uso del calibrador, en las secciones referidas a la preparación de las sales de calibración

4 Procedimiento

4.1 Generalidades

- Usualmente, los errores durante la calibración de humedad se deben a las diferencias de temperatura. Diferencias de temperatura de ± 1 C a $+20$ C entre el aire interno de la cámara de sales y el sensor causa un error de ± 3 %HR a 50% HR y un error de ± 6 %HR a 97% HR. Cuanto más difiera la temperatura interna de la cámara y el medio, mayor será en tiempo de estabilización para realizar la calibración.
- En usos de laboratorio, el calibrador debería ser almacenado en el lugar donde la temperatura permanezca lo más estable posible, además debe quedar cubierto de la acción directa de los rayos solares y de las fuentes de calor.
- Para la mayoría de los sensores de humedad se debe chequear primero en el punto más seco y luego en puntos de humedad mayor.
- Se debe tomar el calibrador lo menos posible y evitar el contacto con las manos de las cámaras y las partes del calibrador cuando la calibración se esta realizando, ya que esto puede causar errores de medición.

La realización del procedimiento de calibración asume las siguientes actividades

4.2 Preparación de instrumental

1. Estabilice la temperatura del recinto donde se realizará la calibración en 22 C. Si el recinto no cuenta con elementos de aire acondicionado, registre la temperatura durante el procedimiento de calibración. Registre además la hora de medición².
2. Disponga el sensor que se calibrará y el calibrador de humedad dentro de la sala y fuera de los estuches de transporte.
3. Conecte los terminales del sensor de humedad al datalogger³
4. Deje estos elementos y vuelva dentro de una hora
5. Además disponga de la hoja de calibración para el registro de la información de la calibración.

² Se recomienda mantener una sala con la mayor estabilidad posible de temperatura. Idealmente se recomienda una sala con control de temperatura, tipo laboratorio.

³ Refiérase a los manuales de los sensores para la conexión, seleccione o programa el datalogger de acuerdo al tipo de sensor que va a calibrar.

4.3 Revisión de sensor antes de calibración

1. Disponga de la hoja de calibración
2. Anote los datos del sensor (Nº de serie, procedencia, etc)
3. Anote su nombre y fecha de la calibración
4. Mida la humedad y temperatura de las sales con el sensor que calibrará, para ello siga las siguientes instrucciones:
5. Desmonte el termómetro de la posición de transporte
6. Destape la cámara que contiene la mezcla de sales, ponga en su reemplazo la tapa de medición, verifique que la tapa de medición corresponda a la mezcla que usará
7. Saque la tapa protectora del bulbo del termómetro e insértelo en el orificio etiquetado por TERM en la tapa de medición
8. Saque la tapa protectora del sensor e insértelo en el orificio correspondiente
9. Espere para la estabilización de la medición alrededor de 15 a 20 minutos
10. Anote el valor medido en la hoja de calibración
11. Saque la tapa de medición y coloque nuevamente la tapa de la cámara de sales
12. Repita las instrucciones anteriores para todas las sales en el siguiente orden
 - LiCl, Cloruro de litio
 - MgCl₂, Cloruro de manganeso
 - NaCl, Cloruro de Sodio
 - K₂SO₄, Sulfato de Potasio
13. Disponga el sensor para la calibración si lo requiere⁴

⁴ Recuerde que algunos constructores de medidores de humedad no permiten la modificación de la electrónica para realizar una modificación del punto de operación del equipo. En estos casos solo se podrá verificar el estado de funcionamiento del equipo.

4.4 Realización de la calibración

4.4.1 Punto seco

1. Desmonte el termómetro de la posición de transporte
2. Destape la cámara que contiene la mezcla de Cloruro de Litio (LiCl), ponga en su reemplazo la tapa de medición. Sea cuidadoso al poner la tapa, verifique que la etiqueta de la tapa corresponda a la mezcla de sal que usará
3. Saque la tapa protectora del bulbo del termómetro. Debe tener cuidado al manejar el termómetro para evitar daño en el bulbo de mercurio. No toque el bulbo. Una vez descubierto el termómetro se debe ver como en la Figura 2.

Figura 2 Termómetro de Calibrador de Humedad sin tapa protectora de bulbo

Saque la tapa de goma del orificio de 13.5 mm, identificado con el rótulo TERM. Inserte el termómetro en él, para ello hunda el termómetro hasta que este pase el O-ring sentirá que la resistencia a la inserción disminuye lo que indica el fin de la carrera de instalación del termómetro. Nota: En la Figura 3 se muestra el montaje del termómetro en la tapa de medición de la cámara.

Figura 3 Montaje de termómetro en tapa de medición de cámara de sales

4. Saque la tapa protectora del sensor de humedad. Sea cuidadoso de no dañar el elemento sensor y por ningún motivo debe tocarlo. En la Figura 4 se muestra como queda el sensor de humedad sin la tapa protectora.

Figura 4 . Sensor de humedad sin la tapa protectora de elemento sensor

5. Saque el protector de goma del hoyo de la tapa de medición que usará. Inserte el sensor en él. Un pequeño tiempo entre la apertura del hoyo de medición y la inserción del sensor se traduce en un pequeño tiempo de estabilización para la medición. El sensor

quedará bien insertado cuando pase el O-ring de sellado del hoyo. Note que sentirá que la resistencia a la inserción disminuye cuando el sensor llega a la posición de uso.

6. Espere que la medición de humedad se estabilice, esto toma alrededor de 10 a 20 minutos. En la Figura 5 se muestra como quedan el montaje para la medición de humedad.

Figura 5 Montaje para la medición

7. Lea la temperatura de la cámara de sales con el termómetro y lea la humedad que debería existir en el interior de la cámara. (Refiérase a la Tabla de Calibración de Greenspan para la solución de LiCl)
8. Ajuste el tornillo (D) del sensor hasta alcanzar el valor de la tabla⁵, en la figura se puede ver donde está ubicado dicho tornillo.
9. Una vez ajustada la medición al punto de calibración cambie el sensor a la solución de Sulfato de Potasio, siguiendo las indicaciones para ello.

⁵ En el anexo encontrará la tabla de calibración de Greenspan y las correspondientes curvas de calibración para valores intermedios de temperatura.

4.4.2 Punto Húmedo

1. Destape la cámara que contiene la mezcla de Sulfato de Potasio (K_2SO_4), ponga en su reemplazo la tapa de medición. Sea cuidadoso al poner la tapa, verifique que la etiqueta de la tapa corresponda a la mezcla de sal que usará
2. Saque la tapa de goma del orificio de 13.5 mm, identificado con el rótulo TERM. Inserte el termómetro en él.
3. Saque el protector de goma del hoyo de la tapa de medición que usará. Inserte el sensor en él. Un pequeño tiempo entre la apertura del hoyo de medición y la inserción del sensor se traduce en un pequeño tiempo de estabilización para la medición.
4. Espere que la medición de humedad se estabilice, esto toma alrededor de 10 a 20 minutos. Note que para humedad alta el riesgo de errores se incrementa, por lo tanto el tiempo de estabilización para la realización de la medición debería ser mayor, alrededor de 20 a 30 minutos.
5. Lea la temperatura de la cámara de sales con el termómetro y lea la humedad que debería existir en el interior de la cámara. (Tabla de Calibración de Greenspan, solución de K_2SO_4).
6. Ajuste el tornillo (W) del sensor hasta alcanzar el valor de la tabla, en la figura se puede ver donde está ubicado dicho tornillo.
7. Verifique nuevamente el punto seco siguiendo las instrucciones mostradas en el párrafo 4.2.1 y luego verifique nuevamente el punto húmedo.
8. Repita las veces que sea necesario las instrucciones de los párrafos 4.2.1 y 4.2.2 hasta que no se produzcan desviaciones mayores a 0.5% HR en los puntos de calibración.
9. Verifique las mediciones del sensor en los puntos de calibración intermedios (33.1%HR y 75.5%HR).
10. El procedimiento para la verificación de los puntos intermedios de calibración es similar al mostrado en el párrafo 4.2.1, pero para las sales Cloruro de Manganeso ($MgCl_2$) y Cloruro de Sodio ($NaCl$).

5 Reportes

Una vez finalizada la calibración se debe reportar mediante la emisión de un certificado el estado operacional del sensor calibrado. El modelo de certificado se muestra en la Figura 6. El modelo de la hoja de calibraciones se puede ver en la Figura 7.

<i>Certificado de Calibración Sensores de Humedad</i>	
<i>En el Laboratorio de Calibración y Mantenimiento de Instrumental Meteorológico, de CENMA</i>	
<i>se ha realizado la calibración del sensor. Marca</i>	<i>Nº de serie</i>
<i>Obteniendo el siguiente resultado</i>	
<i>Medición de 11.3 %:</i>	
<i>Medición de 33.1 %</i>	
<i>Medición de 77.5%</i>	
<i>Medición de 97.6 %</i>	
<i>Error :</i>	
<i>Por lo tanto este sensor quedará disponible para :</i>	
<i>Calibración fue realizada por :</i>	
<i>Fecha :</i>	

Figura 6 Modelo de Certificado de calibración de sensores de humedad

El resultado de la calibración indicará el estado operativo del sensor

La hoja y certificado de calibración deben ser archivados en la carpeta de calibraciones, realizando al menos 2 copias de ambos.

Las observaciones realizadas durante la calibración deben quedar reportadas en la hoja de calibración.

La disposición final del sensor deberá quedar indicada en la hoja de calibraciones.

Estado de Recepción de Sensor			
Humedad Patrón	Temp Amb. [C]	Temp Sales [C]	Medición [%]
11.3 ± 0.3 @ 20 C			
33.1 ± 0.2 @ 20C			
75.5 ± 0.1 @ 20 C			
97.6 ± 0.5 @ 20 C			

Estado de Calibración de Sensor			
Humedad Patrón	Temp Amb. [C]	Temp Sales [C]	Medición [%]
11.3 ± 0.3 @ 20 C			
33.1 ± 0.2 @ 20C			
75.5 ± 0.1 @ 20 C			
97.6 ± 0.5 @ 20 C			

[illegible]

Figura 7 Modelo de hoja de calibración

6 Anexos

6.1 Tabla de Calibración de Greenspan

Tabla de calibración de Greenspan				
°C	LiCl	MgCl ₂	NaCl	K ₂ SO ₄
0	*	33.7 ±0.3	75.5 ±0.3	98.8 ±1.1
5	*	33.6 ±0.3	75.7 ±0.3	98.5 ±0.9
10	*	33.5 ±0.2	75.7 ±0.2	98.2 ±0.8
15	*	33.3 ±0.2	75.6 ±0.2	97.9 ±0.6
20	11.3 ±0.3	33.1 ±0.2	75.5 ±0.1	97.6 ±0.5
25	11.3 ±0.3	32.8 ±0.2	75.3 ±0.1	97.3 ±0.5
30	11.3 ±0.2	32.4 ±0.1	75.1 ±0.1	97.0 ±0.4
35	11.3 ±0.2	32.1 ±0.1	74.9 ±0.1	96.7 ±0.4
40	11.3 ±0.2	31.6 ±0.1	74.7 ±0.1	96.4 ±0.4
45	11.3 ±0.2	31.1 ±0.1	74.5 ±0.2	96.1 ±0.4
50	11.3 ±0.2	30.5 ±0.1	74.4 ±0.2	95.8 ±0.5

* Si la solución de LiCl es usada o almacenada en temperaturas menores que 18 C, el equilibrio de la humedad cambia constantemente

Greenspan, L.: Journal of Research of National Bureau of Standards

A Physics and Chemistry Vol. 81A, N° 1 January-February 1977, pp 89 - 95

6.2 Tabla para el cálculo de Humedad para valores entre los valores de Tabla de Greenspan

Temperatura	LiCl	MgCl ₂	NaCl	K ₂ SO ₄
0 < T _s < 5		33.7 - 0.02 * (T _s - 0)	75.5 + 0.04 * (T _s - 0)	98.8 - 0.06 * (T _s - 0)
5 < T _s < 10		33.6 - 0.02 * (T _s - 5)	75.7 + 0 * (T _s - 5)	98.5 - 0.06 * (T _s - 5)
10 < T _s < 15		33.5 - 0.04 * (T _s - 10)	75.7 - 0.02 * (T _s - 10)	98.2 - 0.06 * (T _s - 10)
15 < T _s < 20	11.3 ±0.3	33.3 - 0.04 * (T _s - 15)	75.6 - 0.02 * (T _s - 15)	97.9 - 0.06 * (T _s - 15)
20 < T _s < 25	11.3 ±0.3	33.1 - 0.06 * (T _s - 20)	75.5 - 0.04 * (T _s - 20)	97.6 - 0.06 * (T _s - 20)
25 < T _s < 30	11.3 ±0.2	32.8 - 0.08 * (T _s - 25)	75.3 - 0.04 * (T _s - 25)	97.3 - 0.06 * (T _s - 25)
30 < T _s < 35	11.3 ±0.2	32.4 - 0.06 * (T _s - 30)	75.1 - 0.04 * (T _s - 30)	97 - 0.06 * (T _s - 30)
35 < T _s < 40	11.3 ±0.2	32.1 - 0.1 * (T _s - 35)	74.9 - 0.04 * (T _s - 35)	96.7 - 0.06 * (T _s - 35)
40 < T _s < 45	11.3 ±0.2	31.6 - 0.1 * (T _s - 40)	74.7 - 0.04 * (T _s - 40)	96.4 - 0.06 * (T _s - 40)
45 < T _s < 50	11.3 ±0.2	31.1 - 0.12 * (T _s - 45)	74.5 - 0.02 * (T _s - 45)	96.1 - 0.06 * (T _s - 45)

6.3 Preparación de sales de calibración

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 14 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 15 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 16 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 17 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 18 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 19 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 20 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 21 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 22 de 26

RDM/MET/CALHUM

Revisión V 1.0
Fecha 03/09/2003
Página 23 de 26

Instructivo de Calibración de Sensores de Presión

Preparado por : _____ Fecha: 03/09/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/CALPRES

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Antecedentes.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.1.1 Aspectos constructivos	5
1.1.2 Principios de funcionamiento	6
2 Resumen del procedimiento	6
3 Instrumentos y materiales requeridos	7
3.1 Instrumentos	7
3.1 Materiales	7
4 Procedimiento	8
3.1 Realización de la calibración.....	8
5 Reportes	9
6 Anexos	11

RDM/MET/CALPRES

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Antecedentes

Este procedimiento de calibración está diseñado para los sensores de presión atmosférica construidos por Vaisala Inc, modelo PTB100B.

La característica estabilidad de las mediciones realizadas por este sensor, permite tener periodos de calibración extensos, en general se recomienda realizar una calibración durante periodos de mediciones no superiores a los dos años. Sin embargo se deben realizar comparaciones de control durante las visitas a terreno para verificar el funcionamiento del sensor, si se detectan desviaciones apreciables el sensor debe ser recalibrado mediante el procedimiento que se muestra a continuación.

El procedimiento descrito en este documento muestra como se debe realizar la calibración de los sensores de presión atmosférica utilizando para ello un barómetro de mercurio, tipo fortín.

1.1 Introducción

1.1.1 Aspectos constructivos

El sensor de presión atmosférica está constituido por el elemento sensor Barocap® desarrollado por Vaisala Inc., montado sobre un circuito electrónico que permite la medición de las variaciones de a capacidad eléctrica con la presión y la transformación de ellas a lecturas de presión.

Este conjunto se monta en una caja que permite la toma de presión y las conexiones para el registro de las mediciones, en la Figura 1 se puede se muestra al sensor y sus elementos de muestreo y conexiones.

Figura 1 Sensor de Presión Atmosférica PTB100B

1.1.2 Principios de funcionamiento

Barocap® es un sensor de presión absoluta, construido de silicio micromaquinado. Posee excelentes propiedades de histéresis y repetibilidad y su característica de estabilidad con la temperatura y el tiempo es muy buena.

En la Figura 2 se puede ver un esquema de Barocap®, en donde se muestra como se construye.

Cuando la presión cambia el diafragma de silicio se curva y cambia la altura del espacio de vacío, la capacidad eléctrica del conjunto cambia cuando el espacio de vacío cambia la que es medida por la electrónica del dispositivo y transformada a mediciones analógicas proporcionales a las mediciones de presión.

Figura 2 Estructura interna del sensor de presión

2 Resumen del procedimiento

El procedimiento de calibración de los sensores de presión permite determinar el estado operacional del sensor durante el periodo de funcionamiento, y las acciones correctivas para lograr que este realice mediciones con la mayor exactitud.

El procedimiento consiste en la verificación del funcionamiento del sensor, para lo cual se utiliza un barómetro de mercurio, tipo fortín, el que se encuentra instalado en el laboratorio

de instrumentación meteorológica. Se realizan mediciones y se calibra el sensor mediante el tornillo de ajuste.

Se registran los valores medidos en la hoja de calibración y se emite el informe correspondiente.

3 Instrumentos y materiales requeridos

Para la realización de la calibración de los sensores de presión se debe tener disponibles los siguientes instrumentos y materiales

3.1 Instrumentos

- Barómetro de mercurio
- Computador portátil
- Interfase RS232 para datalogger y computador
- Datalogger

3.1 Materiales

- Cable de conexión a datalogger
- Elementos de limpieza

Además debe tener disponible las hojas de calibración y de anotación de valores medidos.

4 Procedimiento

La realización del procedimiento de calibración asume las siguientes actividades

3.1 Realización de la calibración

1. Instale el sensor en la ubicación dispuesta en el laboratorio para ello.
2. Cargue el programa de calibración de sensores de presión en el datalogger¹.
3. Conecte los cables del sensor, para ello refiérase a la documentación del programa de calibración que tiene disponible. Vea que el sensor se encuentre midiendo. Anote el valor instantáneo de la presión en la hoja de calibración.
4. Mida con el barómetro la presión, siguiendo las instrucciones que aparecen en el manual de uso del barómetro, además mida la temperatura. Anote los valores en la hoja de calibración. A su vez mida la presión con el sensor mediante el uso del computador, anote este valor en la hoja de calibración.
5. Realice los cálculos de corrección por temperatura, gravitacional²
6. Calcule además las desviaciones de las mediciones del sensor respecto del patrón y anótelas en la hoja de calibración.
7. Si la desviación del sensor es considerable (mayor que 2 hPa) regule con el tornillo de ajuste la medición del sensor.
8. Repita los pasos 4 a 7 hasta que la desviación se minimice. Recuerde que la exactitud del sensor es ± 0.5 hPa.
9. Una vez establecida la calibración anote los valores finales en la hoja de calibración y complete el certificado de calibración.

¹ Es recomendable mantener un programa patrón para la realización de la verificación de funcionamiento. Recuerde mantener también un esquema de cableado del sensor al datalogger.

² Programe una planilla que realice en forma automática los cálculos.

5 Reportes

Una vez finalizada la calibración se debe reportar mediante la emisión de un certificado el estado operacional del sensor calibrado. El modelo de certificado se muestra en la Figura 3. El modelo de la hoja de calibraciones se puede ver en la Figura 4.

<i>Certificado de Calibración Sensores de Presión Atmosférica</i>	
<i>En el Laboratorio de Calibración y Mantenimiento de Instrumental Meteorológico, de CENMA</i>	
<i>se ha realizado la calibración del sensor, Marca</i>	<i>Nº de serie</i>
<i>Obteniendo el siguiente resultado</i>	
<i>Presión Patrón:</i>	
<i>Presión Sensor:</i>	
<i>Error :</i>	
<i>Por lo tanto este sensor quedará disponible para :</i>	
<i>Calibración fue realizada por :</i>	
<i>Fecha :</i>	

Figura 3 Modelo de Certificado de calibración de sensores de temperatura

El resultado de la calibración indicará el estado operativo del sensor

La hoja y certificado de calibración deben ser archivados en la carpeta de calibraciones, realizando al menos 2 copias de ambos.

Las observaciones realizadas durante la calibración deben quedar reportadas en la hoja de calibración.

La disposición final del sensor deberá quedar indicada en la hoja de calibraciones.

Información de la Calibración	
Instrumento	
Nº de Serie	
Procedencia	
Barómetro Patrón	Nº Serie
Operador	
Fecha	

Calibración de Presión				
Nº Medición	Presión Barómetro Patrón [hPa]	Temperatura Patrón [C]	Presión Sensor [hPa]	Desviación Sensor - Patrón [hPa]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Comentarios de Calibración

Figura 4 Modelo de hoja de calibración

6 Anexos

Como medir con barómetro de fortín

RDM/MET/CALPRES

Revisión V 1.0

Fecha 03/09/2003

Página 12 de 13

RDM/MET/CALPRES

Revisión V 1.0

Fecha 03/09/2003

Página 13 de 13

Instructivo de Calibración de Sensores de Temperatura (Basados en Termistores)

Preparado por : _____ Fecha: 03/09/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/CALTEMP

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Antecedentes.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.1.1 Aspectos constructivos	5
1.1.2 Principios de funcionamiento	5
2 Resumen del procedimiento	6
3 Instrumentos y materiales requeridos	6
3.1 Instrumentos	6
3.2 Materiales	7
4 Procedimiento.....	8
4.1 Preparación de instrumental	8
4.2 Realización de la calibración.....	8
4.2.1 Seteo de temperatura de Bloque generador de temperatura	10
5 Reportes	11
6 Anexos	13

RDM/MET/CALTEMP

Revisión V 1.0

Fecha 03/09/2003

Página ii de 13

1 Antecedentes

Este procedimiento de calibración está diseñado para sensores basados en termistores, tales como los que elabora la mayoría de fabricantes de sensores meteorológicos.

La estabilidad de las mediciones realizadas por termistores, permite tener periodos de calibración extensos, en general se recomienda una calibración de temperatura cada 2 años de operación. Sin embargo se hace necesaria la intercomparación de las mediciones de los sensores en terreno con un sensor que se ha calibrado contra los patrones de laboratorio.

De esta manera durante la operación y mantenimiento de la red se realiza la verificación de las mediciones para tener el control sobre aquellos sensores que pudieran tener una falla entre los periodos de calibración.

1.1 Introducción

1.1.1 Aspectos constructivos

Las resistencias termistores se montan sobre un circuito electrónico que consiste básicamente en un divisor de voltaje con una resistencia de protección de corriente.

El circuito electrónico se monta a su vez sobre una carcasa, la cual varía en su forma de acuerdo al modelo del sensor.

La exposición del elemento sensor al medio es de suma importancia en la construcción de sensor de temperatura, para la obtención de medidas que reflejen en forma eficiente las condiciones del medio, así, en la mayoría de los sensores se expone el elemento sensor protegido de la radiación solar para evitar el calentamiento mediante la circulación de aire ambiente entre las paredes de la protección.

El termistor entra en contacto con el aire ambiente protegido de la suciedad por una membrana porosa.

1.1.2 Principios de funcionamiento

El termistor es una resistencia de precisión que varía su valor en forma inversa a la temperatura del medio en que se encuentra, de manera que si una corriente constante circula por él variará el valor del potencial que se produce entre sus terminales.

La generación de corriente constante no es fácil de conseguir, de manera que se opta por la alimentación del circuito mediante una fuente constante de voltaje (obtenida desde el datalogger) para la medición de la temperatura. En este caso la variación de la resistencia eléctrica del termistor produce una caída de voltaje que es proporcional a la temperatura del

medio en que se encuentra. El circuito de medición consiste en un circuito serie de tres resistencias, dos de ellas para la protección para la corriente del circuito y el termistor.

En la figura 1 se puede ver un esquema del circuito de medición.

2 Resumen del procedimiento

El procedimiento de calibración de los sensores de temperatura permite determinar el estado operacional del sensor durante el periodo de funcionamiento, para la obtención de los factores de corrección de la información recolectada y/o el reemplazo por mal funcionamiento, asumiendo que la mantención preventiva se ha realizado en forma periódica de acuerdo al Plan de mantenimiento.

El periodo de calibración en laboratorio recomendado por el fabricante es de 24 meses, asumiendo intercomparaciones rutinarias de terreno.

Dependiendo de la configuración de la red de medición y de los planes de mantenimiento y calibración, se recomienda la intercomparación cada 30 días en las estaciones de recolección manual, y cada 60 días en las estaciones de recolección automática, que se encuentran en la misma Región. Si la red tiene una extensión que abarca más de una Región se recomienda comparaciones de funcionamiento cada 90 días, asumiendo que ellas tienen recolección automática de información.

Los sensores que presentes evidencias claras de mal funcionamiento tienen prioridad para el mantenimiento correctivo y calibración.

El procedimiento consiste en la verificación del funcionamiento del sensor, para lo cual se utiliza un generador de temperatura constante, termómetro de precisión, multímetro y/o osciloscopio.

Con estos instrumentos se determina los valores de temperatura que mide el sensor y los valores de resistencia para cada temperatura.

3 Instrumentos y materiales requeridos

Para la realización de la calibración de los sensores de temperatura se debe tener disponibles los siguientes instrumentos y materiales

3.1 Instrumentos

- Generador de temperatura tipo bloque modelo BX125, marca ASL.

- Termómetro de precisión, serie 2M3157, marca MILLER & WEBER, INC.¹
- Computador portátil
- Interfase RS232 para datalogger y computador
- Datalogger
- Osciloscopi, modelo marca Fluke
- Multímetro, modelo marca Fluke
- Cronómetro o reloj

3.2 Materiales

- Cable de conexión a datalogger
- Elementos de limpieza

Además debe tener disponible las hojas de calibración y de anotación de valores medidos.

¹ En los anexos se muestra una copia del reporte de calibración del termómetro

4 Procedimiento

La realización del procedimiento de calibración asume las siguientes actividades

4.1 Preparación de instrumental

1. Estabilice la temperatura del recinto donde se realizará la calibración en 22 C. Si el recinto no cuenta con elementos de aire acondicionado, registre la temperatura durante el procedimiento de calibración. Registre además la hora de medición²..
2. Disponga el sensor que se calibrará, el termómetro que se usará como referencia y el bloque generador de calor dentro del laboratorio y fuera de los estuches de transporte.
3. Conecte los terminales del sensor de temperatura al datalogger³
4. Deje estos elementos y vuelva dentro de una hora
5. Además disponga de la hoja de calibración para el registro de la información de la calibración.

4.2 Realización de la calibración

1. Introduzca el sensor que va a calibrar en uno de los espacios del generador de temperaturas
2. Cubra la parte posterior del sensor con el elemento aislante
3. Introduzca el cilindro de aluminio en el otro espacio
4. Introduzca el termómetro de referencia dentro del cilindro de aluminio⁴
5. Cubra el termómetro con el elemento aislante
6. Encienda el generador de temperatura
7. Setee la temperatura a la cual desea llegar
8. Espere que la temperatura del generador se estabilice, para ello vea el display de control

² Se recomienda mantener una sala con la mayor estabilidad posible de temperatura. Idealmente se recomienda una sala con control de temperatura, tipo laboratorio.

³ Refiérase a los manuales de los sensores para la conexión, seleccione el programa del datalogger de acuerdo al tipo de sensor que va a calibrar.

⁴ Tenga cuidado de no dejar caer el termómetro para evitar la rotura del bulbo contenedor de mercurio

9. Mantenga el sensor y el termómetro de referencia al menos 30 minutos para que la temperatura se estabilice
10. Anote el valor medido por el sensor y el termómetro de referencia⁵
11. Mida la resistencia del termistor, para ello desconecte los cables del datalogger.
12. Repita los pasos 7 al 10 para los valores descritos en el punto siguiente
13. Para asegurar una buena calibración debe medir al menos las siguientes temperaturas: -5, 0, 5, 10, 20 y 35 C.
14. Una vez finalizada la calibración apague el bloque generador de temperatura, retire el termómetro de referencia y el sensor
15. Guarde los elementos de la calibración

⁵ Para realizar la medición con el termómetro, retire el elemento aislante y realice la medición lo más rápido posible, de ser necesario repita esta operación para lograr una medida buena.

4.2.1 Seteo de temperatura de Bloque generador de temperatura

El seteo de la temperatura del bloque generador se realiza siguiendo los siguientes pasos, vea la Figura 1 para su mejor comprensión.

Figura 1 Panel de control del bloque generador de temperatura

1. Apriete la tecla Entra en el modo de seteo
2. Con la teclas ó seleccione la temperatura deseada
3. Apriete la tecla Sale del modo de seteo
4. Espere la estabilización de la temperatura y continúe con la calibración

5 Reportes

Una vez finalizada la calibración se debe reportar mediante la emisión de un certificado el estado operacional del sensor calibrado. El modelo de certificado se muestra en la Figura 2. El modelo de la hoja de calibraciones se puede ver en la Figura 3.

Certificado de Calibración Sensores de Temperatura

En el Laboratorio de Calibración y Mantenimiento de Instrumental Meteorológico, de CENMA

se ha realizado la calibración del sensor, Marca N° de serie

Obteniendo el siguiente resultado

Factor de calibración:

Factor de corrimiento:

Por lo tanto este sensor quedará disponible para :

Calibración fue realizada por :

Fecha :

Figura 2 Modelo de Certificado de calibración de sensores de temperatura

El resultado de la calibración indicará el estado operativo del sensor

La hoja y certificado de calibración deben ser archivados en la carpeta de calibraciones, realizando al menos 2 copias de ambos.

Las observaciones realizadas durante la calibración deben quedar reportadas en la hoja de calibración.

La disposición final del sensor deberá quedar indicada en la hoja de calibraciones.

Información de la Calibración				
Instrumento				
Nº de Serie				
Generador de temperatura		Nº de Serie		
Termómetro de referencia		Nº de Serie		
Multímetro		Nº de Serie		
Operador				
Fecha				

Calibración de Temperatura				
Nº Medición	Temperatura de Medición	Sensor	Termómetro Referencia	Resistencia Termistor
1	-5			
2	0			
3	5			
4	10			
5	20			
6	35			

Comentarios de Calibración

Figura 3 Modelo de hoja de calibración

6 Anexos

Reporte de calibración de termómetro de referencia

Instructivo de Calibración de Monitores de Viento (RM Young, modelos 05305AQ y 05301)

Preparado por : _____ Fecha: 03/09/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/CALVIEN

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Antecedentes.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.1.1 Aspectos constructivos	5
1.1.2 Principios de funcionamiento	5
2 Resumen del procedimiento	6
3 Instrumentos y materiales requeridos	6
3.1 Instrumentos	6
3.2 Materiales	7
4 Procedimiento.....	7
4.1 Calibración del anemómetro.....	9
4.1.1 Conexiones de cables.....	9
4.1.2 Verificación de umbral de torque de anemómetro	9
4.1.3 Verificación de señal de velocidad.....	12
4.2 Calibración de la veleta	17
4.2.1 Conexiones de cables.....	17
4.2.2 Verificación de umbral de torque de veleta.....	17
4.2.3 Verificación de la señal de azimuth (dirección)	19
5 Reportes	23

RDM/MET/CALVIEN

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Antecedentes

Este procedimiento de calibración está diseñado para instrumental de medición de viento, velocidad y dirección, específicamente para los monitores de viento de marca R.M. Young, modelos 05305AQ y 05103. Para otros tipos de monitores se puede elaborar un procedimiento similar al presentado, con los cambios pertinentes, relativo a las adecuaciones de conexiones con los calibradores para cada uno de los modelos de monitores de viento.

Los monitores de viento tiene periodos de mantenimiento y calibración determinado por el fabricante de acuerdo a su uso y exposición, que en general no superan el periodo de 1 año.

La realización del mantenimiento y la calibración de estos monitores se debe realizar siguiendo el procedimiento que se describe a continuación. Se debe hacer notar en esta parte que para cada tipo de monitor existirá un procedimiento diferente, que en el fondo cumple con la misma premisa del mantenimiento operativo de los sensores de la red.

1.1 Introducción

1.1.1 Aspectos constructivos

El sensor de vientos mide la dirección y velocidad del viento horizontal, fue diseñado originalmente para ser usado en la adquisición de datos en el océano, de manera que la resistencia a la corrosión y al clima es muy buena. El cuerpo del sensor, la propela, el cono de exposición y otras partes internas se construyen de plástico resistente a la luz ultra violeta.

El soporte del eje del anemómetro tiene una rosca sellada con un o-ring para evitar la entrada de suciedad y humedad al interior del cuerpo del sensor. Los ejes de la propela y veleta están contruidos de acero inoxidable y usan micro rodamientos con sellos de teflón para la obtención de un torque pequeño en una escala amplia de temperaturas. El sello de teflón no requiere de lubricación y mantiene los micro rodamientos sin partículas de polvo y humedad, aumentando la vida útil de los mismos.

Estos detalles en la construcción del sensor permiten que el mantenimiento y la calibración tengan periodos largos de aplicación.

1.1.2 Principios de funcionamiento

La velocidad del viento se mide a través de la generación de una señal alterna de tipo senoidal. Para lograr esto se induce a una bobina estacionaria la señal alterna mediante un imán de seis polos que se encuentra solidario a eje de la propela, así tres ondas son producidas por cada rotación de la propela. Dependiendo de la velocidad del viento la rotación de la propela producirá señales de distinta frecuencia. El resultado es la

proporcionalidad de la velocidad del viento a la frecuencia de generación de la señal alterna.

La dirección del viento se mide a través de la diferencia de potencial que causa la rotación del eje de la veleta del sensor al conectarlo al punto medio de un potenciómetro de precisión. Para esto se requiere de una excitación externa de potencial constante entre los extremos del potenciómetro. El punto medio del potenciómetro y el extremo de potencial menor miden en forma directa, mediante un factor de multiplicación, el ángulo de azimut de la veleta. El cálculo del factor de multiplicación depende del potencial de excitación y del ajuste que se debe realizar debido a la abertura eléctrica del potenciómetro.

2 Resumen del procedimiento

El procedimiento de calibración de los sensores de viento RM YOUNG permite determinar el estado operacional del sensor durante el periodo de funcionamiento, para la obtención de los factores de corrección de la información recolectada y/o el cambio de partes y piezas por desgaste o mal funcionamiento, asumiendo que la mantención preventiva se ha realizado en forma periódica de acuerdo al Plan de mantenimiento.

El periodo de calibración en laboratorio recomendado por el fabricante es de 24 meses, asumiendo calibraciones en terreno a los 6 y 12 meses. Se debe considerar la exposición del monitor para la realización de las calibraciones. En general monitores de viento expuestos a condiciones de aire sucio requieren de periodos de calibración menores.

El procedimiento consiste en la verificación del funcionamiento cada parte del sensor, para lo cual se utilizan el kit de calibración recomendado por el fabricante, medidores de voltaje y osciloscopio.

Con estos instrumentos se determina los valores de torque de propela y anemómetro, la generación de ondas trifásicas de la bobina y la linealidad del potenciómetro de la veleta.

3 Instrumentos y materiales requeridos

Para la realización de la calibración de los sensores de viento debe tener disponibles los siguientes instrumentos y materiales

3.1 Instrumentos

- Generador de rotación, modelos 18801 y 18810, marca RM YOUNG
- Banco de ángulos para veleta, marca RM YOUNG
- Medidor de torque de veleta, marca RM YOUNG
- Disco de torque para propela, marca RM YOUNG

- Computador portátil
- Interfase RS232 para datalogger y computador
- Datalogger
- Osciloscopio
- Multímetro

3.2 Materiales

- Cable de conexión a datalogger
- Elementos de limpieza
- Rodamientos de veleta y anemómetro
- Repuestos para sensor (según requerimiento)

Además debe tener disponible las hojas de calibración y de anotación de valores medidos.

4 Procedimiento

El sensor de viento retirado de la estación meteorológica de acuerdo al procedimiento Cambio de sensores de viento, y se ingresa a la sala de mantenimiento para quedar disponible para la calibración.

En la Figura 1 se puede apreciar un despiece del anemómetro, el cual le puede servir al momento de reemplazar partes y piezas, y en el procedimiento de calibración.

Figura 1 Despiece de sensor de vientos RM YOUNG, Modelo 05305

(El modelo 05103 es similar)

La calibración del sensor de vientos contempla cuatro verificaciones, torque de anemómetro, señal de velocidad, torque de veleta y señal de veleta.

4.1 Calibración del anemómetro

4.1.1 Conexiones de cables

1. Conecte el multi cable de señal a la caja de conexiones del sensor, vea la Figura 2 para detalles. Esta conexión no debe permanecer durante toda la calibración
2. Monte el sensor de viento sobre el banco de ángulos para la veleta
3. Conecte la interfase RS232 entre el datalogger y el computador
4. Verifique el funcionamiento del sensor mediante giros de propela y la veleta
5. Disponga de las hojas de calibración y anotación de valores

Figura 2 Conexiones de cable de señal a caja de sensor

4.1.2 Verificación de umbral de torque de anemómetro

1. Remueva la propela, suelte la tuerca y retírela con mucho cuidado, vea Figura 1.

2. Instale el disco de torque en el eje de la propela y asegúrelo con la tuerca
3. Setee el valor de torque que debe mantener el anemómetro ¹, de acuerdo a las tablas de los anexos
4. Chequee la rotación del eje de la propela
5. Si el eje de la propela no gira, aumente el valor de torque que proporciona el disco hasta determinar el valor máximo ²
6. Anote el valor en la hoja de calibración, además anote en el casillero correspondiente una indicación de cambio de rodamientos.
7. Desintale el disco de torque
8. Guarde el disco de torque y sus accesorios

Figura 3 Disco de torque para propela

¹ $T=kU^2$, T= torque; U=velocidad del viento; k=constante del instrumento
 $U_{umbral}=0.5$ m/s, $k=3.8$ se debe mantener $T = 1$ gr-cm. Ref. Wind System Calibration,
Manual PN18860-90, RM YOUNG

² Vea la Figura 3 y su explicación para el aumento del torque en el disco

El disco de torque se encuentra calibrado y balanceado. Tiene 10 agujeros con hilos de 6/32" para la instalación de los pesos que determinan el torque resistente de los rodamientos del eje de la propela. La combinación de los pesos en los agujeros indicará el valor de torque tiene el eje de la propela cuando se produce el movimiento. Los pesos se deben instalar solo en un lado del disco para producir movimiento en el sentido de los punteros del reloj (CW) o en contra de ellos (CCW). Durante la calibración de debe realizar ambas mediciones.

Se recomienda setear el torque en el valor máximo para el umbral de movimiento y aumentar su valor a la mínima resolución del disco de torque (0.1 gr cm)

En la Figura 4 se muestra una fotografía del disco montado sobre el eje de la propela.

Figura 4 Disco de torque montado en eje de la propela

4.1.3 Verificación de señal de velocidad

1. Instale accesorios de generador de rotación al anemómetro. En la Figura 5 se muestra la instalación del generador de revoluciones sobre el sensor. En la Figura 6 se muestra un esquema de las conexiones de generador de revoluciones
2. Setee el valor de revoluciones a 100 rpm ³
3. Mida con el osciloscopio la señal generada, verificando la forma de onda y valores de frecuencia, anote el valor de frecuencia. En la Figura 7 se puede ver un esquema de conexión del osciloscopio
4. Anote el valor de velocidad medido por el datalogger
5. Cambie el sentido de rotación del generador de revoluciones ⁴
6. Mida nuevamente la señal generada, anotando los valores de frecuencia y velocidad
7. Cheque al menos tres valores de rpm distintos que cubran el rango de mediciones del sensor repitiendo los pasos 3 al 6.
8. Todas las mediciones deben ser anotadas en la hoja de calibración
9. Desintale el generador y guarde sus accesorios
10. Compare las mediciones de frecuencias con las mediciones de velocidad, para ello utilice los diagramas de calibración del sensor ⁵
11. Anote el resultado de la calibración. Indique si es necesario el cambio de rodamientos.

³ Setee el generador sin encenderlo. Luego enciéndalo y espere hasta que la medición en el display de la unidad de control se establezca a 100 rpm y no tenga una variabilidad mayor que 1 rpm. En general para valores pequeños de rpm la estabilidad del generador es mejor que para valores más altos.

⁴ Para realizar esta operación detenga el generador. Cambie el sentido de giro y luego encienda nuevamente el generador.

⁵ En la Figura 8 se puede ver las curvas de calibración de los sensores de viento RM YOUNG.

Figura 5 Instalación de generador sobre el sensor

Figura 6 Diagrama de conexiones generador de revoluciones

Figura 7 Diagrama de conexión para la medición señal de velocidad

Figura 8 Diagrama de calibración sensores RM YOUNG, modelo 05305

4.2 Calibración de la veleta

4.2.1 Conexiones de cables

1. Conecte el multi cable de señal a la caja de conexiones del sensor, vea la Figura 9 para detalles. Esta conexión no debe permanecer durante toda la calibración
2. Monte el sensor de viento sobre el banco de ángulos para la veleta
3. Conecte la interfase RS232 entre el datalogger y el computador
4. Verifique el funcionamiento del sensor mediante giros de propela y la veleta
5. Disponga de las hojas de calibración y anotación de valores

Figura 9 Conexiones de cable de señal a caja de sensor

4.2.2 Verificación de umbral de torque de veleta

1. Monte en sensor de viento sobre el banco de ángulos. Verifique que el resalte de orientación del banco quede encajada en la muesca de la abrazadera del sensor.

2. Compruebe la horizontalidad del conjunto calibrador
3. Determine el valor máximo a mantener ⁶ de acuerdo a las tablas de los anexos
4. Monte el medidor de torque sobre el sensor. Vea las Figura 10 y Figura 11 y sus comentarios.
5. Mida el torque requerido para un cambio de 5° en la posición del sensor
6. Mida el torque necesario para un cambio de 10° en la posición del sensor
7. Realice las mediciones anteriores para CW y CCW
8. Registre los valores medidos en al hoja de calibración
9. Desmonte el medidor de torque de la veleta y guárdelo

Figura 10 Montaje de medidor de torque de veleta sobre el sensor

⁶ $T=kU^2$, T= torque; U=velocidad del viento; k=constante del instrumento
 $U_{umbral}=0.5$ m/s a 10°, k=37 se debe mantener T = 9 gr-cm. Ref. Wind System Calibration, Manual PN18860-90, RM YOUNG
 $U_{umbral}=0.5$ m/s a 5°, k=17 se debe mantener T = 4 gr-cm. Ref. Wind System Calibration, Manual PN18860-90, RM YOUNG

Figura 11 Disposición de medición con medidor de torque de veleta

Para lograr el movimiento del sensor de viento, el medidor tiene un resorte que posee en su extremo un hilo que permite arrastrar a todo el sistema de calibración. La punta del resorte esta ubicada a 10 cm del eje del cuerpo del medidor, este eje debe quedar alineado con el eje del cuerpo principal del sensor de manera que se mantenga la escala de medición dibujada en el medidor.

La medición se realiza tirando del hilo en dirección perpendicular y produciendo un movimiento de al menos 5° en la veleta. Cuando esto sucede se debe registrar el valor medido en la escala del medidor.

4.2.3 Verificación de la señal de azimut (dirección)

1. Monte en sensor de viento sobre el banco de ángulos. Verifique que el resalte de orientación del banco quede encajada en la muesca de la abrazadera del sensor. En la Figura 13 se puede apreciar el montaje del sensor sobre el banco de ángulos y sus accesorios
2. Compruebe la horizontalidad del conjunto calibrador
3. Cheque la señal medida para ángulos en intervalos de 30°, comenzando en 0°
4. Adicionalmente mida la señal de azimut para 350° y 355°

5. Mida con un voltímetro, la diferencia de potencial del potenciómetro. Vea la Figura 14 para conexiones del multímetro.
6. Registre las mediciones en la hoja de calibración
7. Desmonte el sensor y guarde el banco de ángulos

Figura 12 Montaje de sensor sobre banco de ángulos

Figura 13 Montaje de banco de ángulos y accesorios

Figura 14 Conexiones para multímetro

5 Reportes

Una vez finalizada la calibración se debe reportar mediante la emisión de un certificado el estado operacional del sensor calibrado. El modelo de certificado se muestra en la figura 15. El modelo de la hoja de calibraciones se puede ver en la Figura 15.

<i>Certificado de Calibración Sensores de Viento</i>	
<i>En el Laboratorio de Calibración y Mantenimiento de Instrumental Meteorológico, de CENMA</i>	
<i>se ha realizado la calibración del sensor, Marca</i>	<i>Nº de serie</i>
<i>Obteniendo el siguiente resultado</i>	
<i>Estado Veleta :</i>	
<i>Estado Anemometro :</i>	
<i>Rodamientos de Veleta :</i>	
<i>Rodamientos de Anemómetro :</i>	
<i>Por lo tanto este sensor quedará disponible para :</i>	
<i>Calibración fue realizada por :</i>	
<i>Fecha :</i>	

Figura 15 Modelo de Certificado de calibración de sensores de viento

El resultado de la calibración indicará el estado operativo del sensor y si se requiere el cambio de alguna parte o pieza.

La hoja y certificado de calibración deben ser archivados en la carpeta de calibraciones, realizando al menos 2 copias de ambos.

Si el resultado de la calibración indica el cambio de rodamientos - en la veleta o anemómetro- el sensor deberá disponerse para el cambio de rodamientos de acuerdo al protocolo de mantenimiento.

Cualquier cambio de partes o piezas en el sensor debe quedar reportado en la hoja de calibración del sensor y una vez realizado el cambio el sensor debe ser sometido a una nueva calibración.

Si el resultado de la calibración indica que el sensor esta en estado operativo, éste deberá disponerse para la limpieza y almacenamiento.

En la Figura 16 se muestra un modelo de la hoja de calibración.

Información de la Calibración	
Instrumento	
Nº de Serie	
Equipo calibración Dirección	
Equipo Calibración Velocidad	
Nº de Serie	
Equipo Calibración Torque Veleta	
Equipo Calibración Torque Anemómetro	
Operador	
Fecha	

Calibración de Veleta			
Nº Medición	Ángulo	Datalogger	Vaz V
1	0		
2	30		
3	60		
4	90		
5	120		
6	150		
7	180		
8	210		
9	240		
10	270		
11	300		
12	330		
13	350		
14	355		

Calibración de Anemómetro			
Nº Medición	rpm	Frecuencia Hz	Velocidad m/s
1	100		
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Torque de Veleta		Torque de Anemómetro	
Torque Máximo		Torque Máximo	
Cambio Rod. Tmax > Tumb		Cambio Rod. Tmax > Tumb	
Cambio Rod. Por error en Azi.		Cambio Rod. Por error en Vel.	

Comentarios de Calibración

Figura 16 Modelo de hoja de calibración

Instructivo Verificación de Funcionamiento para Sensores de Radiación Solar (Tipo Pirómetros)

Preparado por : _____ Fecha: 03/09/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/COMPRAD

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Antecedentes	5
1.1 Introducción	5
1.1.1 Aspectos constructivos	5
1.1.2 Principios de funcionamiento	5
1.2 Resumen del procedimiento	6
2 Instrumentos y materiales requeridos	7
3 Procedimiento	8
3.1 Realización de la calibración.....	8
3.2 Análisis de la información recolectada	9
4 Reportes	9
5 Anexos	11

RDM/MET/COMPRAD

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Antecedentes

Este procedimiento de comparación está diseñado para la comparación de sensores tipo piranómetros utilizados para la medición de la radiación solar incidente.

La estabilidad de las mediciones realizadas por este sensor, permite tener periodos de calibración extensos, en general se recomienda retornar el sensor a la fábrica para su recalibración, cada 2 años. Sin embargo se deben realizar comparaciones con otros sensores para determinar si la calibración es realmente necesaria.

El procedimiento descrito en este documento muestra como se debe realizar la comparación de los sensores de radiación solar con el sensor CM6B de Kipp & Zonen, para determinar las desviaciones que pudiera tener por degradación de sus componentes.

2 Introducción

2.1.1 Aspectos constructivos

El sensor de radiación solar es un piranómetro construido con un fotodiodo de silicio montado en una base plástica tapado con una cubierta polimérica semi transparente, el cual genera una corriente eléctrica que es proporcional a la cantidad de radiación solar proveniente de la semiesfera celeste.

Este conjunto debe ser montado sobre una base con control de nivel para la horizontalidad.

2.1.2 Principios de funcionamiento

La radiación solar varía significativamente entre regiones. Para una misma región, la estación del año y la hora del día son las causantes de variaciones de orden mayor. Además el terreno, las construcciones y los árboles, también pueden causar variaciones muy significativas en las mediciones de un área específica.

A menudo las mediciones más requeridas de densidad de flujo de energía, directa y difusa, se refieren a aquella que pasa a través de un plano horizontal en un área conocida. Esta necesidad de mediciones permite que el piranómetro sea ocupado como medidor de flujo de energía con una exactitud razonable en el rango de estabilidad.

La respuesta del fotodiodo de silicio no es ideal, en la Figura 1 se puede apreciar una curva típica de respuesta del fotodiodo, lo que no causa un error mayor cuando es usado sólo como medidor de radiación solar y bajo condiciones que no alteren su distribución espectral.

La respuesta espectral del fotodiodo de silicio no es uniforme en todo el rango de radiación solar. Como se ve en la Figura 1, la respuesta es muy baja en los $0.4 \mu\text{m}$ y se incrementa

casi linealmente hasta el máximo en los $0.95\ \mu\text{m}$, después decae en forma casi lineal hasta cortarse en los $1.2\ \mu\text{m}$.

En el rango de 0.4 y $0.7\ \mu\text{m}$, si se comparan días nublados y despejados se ha mostrado que la distribución espectral de la radiación solar incidente se puede considerar constante. Sin embargo, se ha demostrado que el mayor cambio en distribución espectral de la radiación solar se produce cerca del infrarojo cuando la absorción de vapor de agua toma lugar en los días nublados, además los datos recolectados para elevaciones pequeñas del sol en el horizonte pueden causar errores debido a la alteración de la transmisión atmosférica en las amanecidas y puestas de sol. Esta pequeña parte del día causa errores pequeños en la integración total.

El área bajo la curva del espectro radiativo de una fuente es directamente proporcional a la energía recibida por una superficie horizontal. Esta conclusión permite usar el fotodiodo como un medidor de la energía recibida conociendo su curva de respuesta a la radiación solar. Para tal efecto se debe mantener en forma horizontal el elemento sensor y conociendo el área expuesta se puede determinar la energía recibida.

Figura 1 Respuesta típica del silicio a la radiación solar

2.2 Resumen del procedimiento

El procedimiento de calibración de los sensores de radiación permite determinar el estado operacional del sensor durante el periodo de funcionamiento, para la obtención de los factores de corrección de la información recolectada y/o el reemplazo por mal funcionamiento.

El procedimiento consiste en la verificación del funcionamiento del sensor, para lo cual se utiliza un patrón grado 1, Modelo CM6B expuesto bajo las mismas condiciones del sensor que se calibra por un periodo largo de mediciones en el cual las condiciones ambientales causarán el mismo efecto en ambos.

Se registran los valores en un datalogger para el análisis generando un reporte que muestra el comportamiento del sensor respecto del patrón.

3 Instrumentos y materiales requeridos

Para la realización de la calibración de los sensores de radiación se debe tener disponibles los siguientes instrumentos y materiales

3.1 Instrumentos

- Piranómetro CM6B, Kipp & Zonen
- Computador portátil
- Interfase RS232 para datalogger y computador
- Datalogger

3.2 Materiales

- Cable de conexión a datalogger
- Elementos de limpieza

Además debe tener disponible las hojas de verificación y de anotación de valores medidos.

4 Procedimiento

La realización del procedimiento de calibración asume las siguientes actividades

4.1 Realización de la calibración

1. Monte el patrón y el sensor que comparará en una plataforma dispuesta para ello. Sea riguroso en la nivelación de ambos sensores (mantención de la horizontalidad de los sensores¹), una buena medición depende fuertemente de esta operación.
2. Cargue o programe el datalogger para que reciba las señales de los sensores².
3. Conecte los cables de los sensores para ello refiérase a la documentación del programa de calibración que tiene disponible. Verifique el funcionamiento de las mediciones de ambos sensores. Anote los valores instantáneos en la hoja de calibración. Deje los sensores montados por al menos 5 días.
4. Ponga un letrero de advertencia, para que personal ajeno a la operación de la red, no cubra los sensores con sombras u objetos.
5. Cada día deberá verificar que los sensores se encuentran midiendo. Para ello conecte el computador al datalogger. Verifique las mediciones y anote los valores instantáneos de ambos sensores en la hoja de calibración, no olvide de anotar la hora y fecha de esta operación. En el momento de realizar esta operación no cubra los sensores y tampoco permita que la sombra de su cuerpo y/o de otros objetos de proyecten sobre los sensores.
6. Recolecte los datos diariamente al momento de verificar el funcionamiento de los sensores.
7. En la mañana del sexto día repita las operaciones de los puntos 6 y 7, luego retire los sensores guárdelos y etiquételos como revisados.

¹ Note que la horizontalidad de la plataforma de instalación no es primordial, dentro de márgenes aceptables. Si lo es la nivelación de los sensores. Recuerde que el sensor de radiación solar mide en un plano paralelo a la tierra.

² Se recomienda mantener un programa para la verificación de los sensores de radiación en un diskette para evitar la elaboración de uno cada vez que se realice una verificación. Recuerde que los multiplicadores deben ser los de diseño, mientras que los valores de FOCET deben ser nulos.

4.2 Análisis de la información recolectada

Con la información recolectada construya gráficos y calcule regresiones para determinar el estado de funcionamiento del sensor. Se recomienda programar macro comandos (macros en excel por ejemplo) para realizar este análisis. Determine valor de corrimiento de cero (offset) y comportamiento.

5 Reportes

Una vez finalizada la calibración se debe reportar mediante la emisión de un certificado el estado operacional del sensor calibrado. El modelo de certificado se muestra en la Figura 2. El modelo de la hoja de calibraciones se puede ver en la Figura 3.

<i>Certificado de Calibración Sensores de Radiación Solar</i>	
<i>En el Laboratorio de Calibración y Mantenimeinto de Instrumental Meteorológico, de CENMA</i>	
<i>se ha realizado la calibración del sensor, Marca</i>	<i>Nº de serie</i>
<i>Obteniendo el siguiente resultado</i>	
<i>Factor de calibración:</i>	
<i>Factor de corrimiento:</i>	
<i>Por lo tanto este sensor quedará disponible para :</i>	
<i>Calibración fue realizada por :</i>	
<i>Fecha :</i>	

Figura 2 Modelo de Certificado de verificación de sensores de radiación solar

El resultado de la calibración indicará el estado operativo del sensor

La hoja y certificado de calibración deben ser archivados en la carpeta de calibraciones, realizando al menos 2 copias de ambos.

Las observaciones realizadas durante la calibración deben quedar reportadas en la hoja de calibración.

La disposición final del sensor deberá quedar indicada en la hoja de calibraciones.

Información de la Calibración			
Instrumento			
N° de Serie			
Procedencia			
Resistencias de Conexión Patrón			
Patrón Radiación Solar		N° de Serie	
Operador			
Fecha Inicio calibración			
Fecha Fin Calibración			

Calibración de Radiación Solar			
N° Medición	Fecha	Radiación Solar	Radiación Solar
	Medición	Patrón	Sensor
	dd/mm/aaaa/hh:mm	[W/m ²]	[W/m ²]
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Reporte de Regresión	
Coeficiente Multiplicador	
Coeficiente de Offset	
Desviación Máxima Absoluta	
Desviación Promedio	

Comentarios de Calibración

Figura 3 Modelo de hoja de calibración

6 Anexos

Reporte de calibración de patrón CM6B

Instructivo de Instalación Estación Meteorológica Completa

Preparado por : _____ Fecha: 17/06/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/MET/IEM01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método.....	5
3 Seguridad del personal	5
4 Cuidado de los equipos.....	5
5 Calificaciones del Personal.....	6
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
6.1 Materiales fungibles	6
6.2 Herramientas.....	7
6.3 Accesorios	7
6.4 Instrumentos de verificación	7
7 Procesos.....	8
7.1 Procedimiento.....	8
7.1.1 Identificación de Norte	8
7.1.2 Instalación placa soporte	8
7.1.3 Instalación de estacas de vientos	9
7.1.4 Instalación de tensores.....	9
7.1.5 Confección de vientos	9
7.1.6 Extensión del mástil	9
7.1.7 Instalación del sensor de vientos	10
7.1.8 Instalación de caja y conexiones	10
7.1.9 Verificación de orientación y funcionamiento del sensor de viento	10
7.1.10 Levantamiento del mástil	11
7.1.11 Instalación de otros sensores	12
7.1.12 Instalación de accesorios	13
8 Control de Datos y Registros.....	14
9 CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	14
9.1 Verificación de mediciones	14

9.2	Verificación de comunicaciones.....	14
9.3	Orientación de la estación.....	15

1 Alcance y Aplicación

Este método se ha desarrollado para la instalación de estaciones meteorológicas orientadas a los estudios de calidad de aire. Se hace esta diferencia con respecto a las estaciones orientadas a la climatología, las cuales registran parámetros adicionales y que esencialmente son utilizadas por los organismos competentes dedicados a la meteorología.

Las estaciones pueden ser instaladas de dos maneras, sobre mástiles o sobre antenas y torres de comunicaciones. En este documento se describirá la instalación de estaciones sobre mástiles y se incluirá como un anexo las instalaciones sobre antenas o torres de comunicación.

2 Resumen del Método

Este procedimiento detalla la instalación de sensores meteorológicos, montados sobre un mástil de 10 m de altura, no auto soportado. El mástil quedará sujeto con vientos en dos niveles, los sensores de viento a 10 metros de altura y el resto de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología.

3 Seguridad del personal

El personal que participe en la instalación debe acatar las normas de seguridad de su institución o de la mutual de seguridad por la cual se rige. Además deberá haber recibido un instrucción previa a la instalación, de manera que esté familiarizado con las operaciones que realizará y los instrumentos que operará e instalará.

Se hace obligatorio el uso de:

- Ropa de seguridad (casco, zapatos, etc)
- Guantes para trabajo pesado (cortes de cable de acero, enterrado de estacas, etc)
- Lentes de seguridad (corte de cables de acero)

Realizar las operaciones de levantamiento del mástil una vez que se haya retirado todo tipo de obstáculos que impidan el normal desplazamiento de las personas.

Al momento del levantamiento, este debe realizar en forma rápida y precisa, el personal debe contar con la confianza necesaria para realizarla.

La cantidad mínima de personas es tres. No intente levantar el mástil con menos de tres personas.

4 Cuidado de los equipos

Sensor de vientos: Este equipo se instala en la parte más alta del mástil, es el único que permanece instalado durante las operaciones de levantado del mástil, además es el más frágil de los que se instalan. Así debe poner especial cuidado de no procurarle golpes que pudieran dañar su estructura.

Los demás instrumentos son menos frágiles pero pueden sufrir daño si sobre ellos se realizan golpes, pisotones, etc.

Sensor de temperatura y humedad: debe quedar aislado de condensación y agua, debido a que el elemento sensor de humedad se daña si sobre el se deposita agua

Equipos con electrónica interna: (dataloggers, sensores, laptop, modem, etc) deben quedar aislados de condensación o agua.

Evalúe la posibilidad de suspender la instalación si el clima es adverso, lluvia o nieve.

5 Calificaciones del Personal

Se requiere de al menos una persona con experiencia de al menos 10 instalaciones en operaciones similares, para que actúe como supervisor de la instalación.

Se requiere de una persona con formación técnica, capacitado en la programación de dataloggers y conexión de instrumental meteorológico.

Dos personas ayudantes, no se requiere formación técnica, pero deben recibir capacitación mínima en las operaciones de levantamiento de la estación.

6 Equipamiento y Abastecimiento

Para realizar la instalación de una estación meteorológica se requieren de diversos grupos de materiales y equipos, los cuales se enumeran y deben ser considerados como requerimientos mínimos para la instalación.

Cada uno de estos grupos se detalla en las tablas siguientes

6.1 Materiales fungibles

Son aquellos que su uso no permite una recuperación una vez utilizados en una estación.

Tabla 1. Materiales fungibles

Material	Cantidad	Descripción
Vientos de sujeción	60 m	Cable acerado $\phi < 5$ mm
Estacas para vientos	3 unidades	Perfil L 30x30x3
Abrazaderas para cable acerado	50 unidades	Nº 5 ó Nº 6
Abrazaderas plásticas	50 unidades	Largo mínimo 24 cm
Mástil	1 unidad	Mástil telescópico de acero galvanizado 10 m extendido
Tubo	1 unidad	Tubo de acero galvanizado $\phi=3$ in
Tubo plástico	5 m	Tubo flexible $\phi=1/2$ in (conducción cable pluviómetro)
Estacas para base	4 unidades	Fierro 30 cm $\phi=10$ mm en forma de ele
Perno de fijación	1 unidad	$\phi = 10$ mm, largo 3 1/2 in, con golillas de presión y planas en ambos extremos
Pasadores de fijación	3 unidades	$\phi = 4$ mm, largo 2 1/2 in
Barra de orientación	1	Preferentemente de aluminio, en forma de ele
Candado	2 unidades	
Masilla de sellado	1 bolsa	
Pintura antioxidante	1 lata	Puede ser spray o líquida

6.2 Herramientas

La siguiente relación muestra la relación de herramientas mínimas para la instalación

Tabla 2.Herramientas

Herramientas	Cantidad	Medida	Uso
Llave de punta	1	11 mm	Fijación de pantalla protectora de sensor de T&HR
Llave de punta	2	13 mm ó 1/2"	Fijación de caja sensores y otros
Llave de ajuste grande	1	Hasta 18 mm	Fijación de perno de orientación
Dados	3	7 mm	Fijación de abrazaderas vientos
	3	8 mm	
Mangos	3		
Combo	1	12 lb	Fijación de estacas
Cinzel	1		Corte de vientos
Yunque	1		Corte de vientos
Alicate de punta	1		Varios usos
Alicate cortante	1		Varios usos
Destornillador paleta	1	3 mm	Conexiones a datalogger
Destornillador paleta	1	10 mm	Instalación de sensores
Destornillador cruz	1	Mediano	Instalación de sensores
Esmeril Angular	1		Varios usos
Generador	1	220 v, 50 Hz	Energía alternativa
UPS	1	500 W	Estabilización energía alternativa
Cuerda	1	25 m	Varios usos

6.3 Accesorios

La siguiente relación muestra los accesorios necesarios para la instalación de sensores

Tabla 3. Accesorios

Accesorio	Cantidad	Uso
Caja de conexiones	1	Instalación de datalogger, sensores, modems, etc.
Pantalla protectora	1	Protección sensor T&RH
Brazo	1	Instalación sensor T&RH
Brazo	1	Instalación sensor Radiación solar
Placa soporte	1	Instalación mástil
Fuente de poder y batería	2	Alimentación datalogger y teléfono celular
Relé	1	Conmutación de on/off celular
Modem	1	Comunicaciones
Teléfono celular	1	Comunicaciones

6.4 Instrumentos de verificación

La siguiente relación muestra los instrumentos de verificación necesarios para la instalación de estaciones

Tabla 4. Instrumentos de verificación

Instrumento	Cantidad	Uso
Brújula	1	Orientación de estación
Multímetro	1	Verificación de voltaje baterías y continuidad de cables
Altímetro/barómetro	1	Seteo de altura y medición de presión
Sicrómetro de terreno	1	Verificación de mediciones de T & HR
PC portátil	1	Instalación de programa y verificación funcionamiento sensores
Nivel	1	Verificación de horizontalidad y verticalidad de elementos constituyentes de la estación.

7 Procesos

En el desarrollo del procedimiento de instalación de estaciones se ha considerado la instalación de una estación completa, la que registra las siguientes variables:

- Temperatura ambiente
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Presión
- Radiación solar
- Precipitación

También se ha considerado la instalación estándar sobre un mástil de 10 m de altura y con conexión telefónica vía teléfono celular.

7.1 Procedimiento

Antes de la realización de la instalación se deben disponer los materiales y accesorios de manera radial para su utilización, de forma que los usados primeros queden más cercanos.

En el lugar de la instalación se debe proceder a realizar las siguientes acciones en forma secuencial:

7.1.1 Identificación de Norte

Mediante el uso de la brújula se deben identificar puntos de referencia que permitan trazar una recta que servirá para la orientación de la placa soporte del mástil. Esta recta puede ser trazada con una cuerda o mediante el uso de un tizador.

7.1.2 Instalación placa soporte

La placa soporte tiene 4 hoyos, uno en cada vértice del cuadrado que la forma, los que se utilizan para la fijación de la placa al terreno con las estacas.

Durante la fijación se debe mantener el paralelismo de una arista de la placa con la recta de orientación.

La placa tiene un pivote el que permite el giro para el levantamiento del mástil, este pivote debe quedar perpendicular a la línea de orientación.

7.1.3 Instalación de estacas de vientos

Con la placa fijada y con la ayuda de la brújula se determinan los puntos de instalación de las estacas, los cuales deben quedar a 5 m desde el centro de placa.

Para fijar el primer punto, se traza una perpendicular a la línea de orientación con dirección N-S y se miden 5 metros en dirección N.

Los otros dos puntos se ubican formando ángulos de 120° respecto del trazo centro de la placa primer punto, hacia la derecha e izquierda.

Una vez determinados estos puntos se procede a la instalación de las estacas de vientos. Previamente las estacas deben ser pintadas con pintura antioxidante para evitar la corrosión. Se debe retocar la pintura si fuese necesario.

7.1.4 Instalación de tensores

Cortar 3 trozos de cable acerado de 1 m de largo.

En cada estaca se pasa un extremo del trozo de cable por el orificio dispuesto y se asegura con dos abrazaderas.

El otro extremo del cable se pasa por los ojales de los tensores y se asegura con dos abrazaderas.

7.1.5 Confección de vientos

Cortar 3 trozos de cable de 11.5 m de largo (vientos largos)

Cortar 3 trozos de cable de 7.5 m de largo (vientos cortos)

El mástil tiene dos golillas con 3 orificios cada uno en donde se instalan cada uno de los vientos asegurados con 2 abrazaderas cada uno, formando dos juegos de vientos los que se utilizan para el levantamiento y fijación del mástil.

7.1.6 Extensión del mástil

En la dirección de la primera estaca se extiende el mástil asegurando cada uno de los tramos con sus respectivos pasadores y/o pernos de fijación.

El extremo del mástil más cercano a la placa se inserta en el pivote para permitir el levantamiento del mástil.

Se instalan los juegos de viento de sujeción permitiendo el giro en torno al eje axial del mástil. Se debe asegurar cada uno de ellos de manera de evitar desplazamiento a lo largo del mástil.

El juego de vientos cortos debe quedar a 5 m de la base, y el juego largo debe quedar a 9.5 m de la base.

En el extremo más alejado de la placa base se instala la barra de dirección asegurándola con amarras plásticas.

7.1.7 Instalación del sensor de vientos

Para la instalación del sensor de vientos se debe instalar primero una abrazadera que tiene una muesca que indica la dirección relativa del sensor respecto del mástil.

Para evitar seteos posteriores se orienta la abrazadera en la misma dirección del lado largo de la barra de orientación, la cual a su vez, debe quedar orientada hacia el sur cuando el mástil está levantado.

Con la abrazadera instalada, se procede a la instalación del sensor de vientos, el que tiene una abrazadera solidaria con espacio para recibir la muesca. De esta manera el sensor queda solidario al mástil y orientado hacia la barra.

Se extiende el cable de señal del sensor sobre el mástil asegurándolo con abrazaderas plásticas cada 50 o 60 cm. En el extremo más cercano al sensor se debe dejar un trozo de cable de manera que el sensor pueda ser retirado sin tener que descablearlo completamente en las operaciones de mantenimiento anual y/o calibración.

En las intersecciones del cableado con las golillas de los vientos, se debe dejar una semicircunferencia perpendicular al eje axial del mástil, para permitir el giro del mismo en la operación de orientación.

El sensor de vientos es muy frágil de manera que se deben tomar las precauciones necesarias para evitar golpes que puedan dañarlo, para esto se recomienda apoyar el mástil en un soporte de al menos 60 cm de alto y que sea lo suficientemente fuerte para soportar el peso del mástil.

7.1.8 Instalación de caja y conexiones

Con antelación a la instalación, la caja debe ser preparada, montando los accesorios correspondientes (fuentes de poder y baterías, datalogger, modem, etc.).

En el extremo más cercano a la base y a 1m de ella se instala la caja de conexiones. La que debe quedar con la tapa hacia arriba, mientras el mástil está apoyado sobre el terreno, para facilitar las operaciones de conexión de cables de sensores.

Una vez instalada se procede a la conexión de cable del sensor de vientos.

7.1.9 Verificación de orientación y funcionamiento del sensor de viento

Previamente se debió haber cargado el programa al datalogger¹.

¹ Ver procedimiento de carga de programas CP-1

Se debe verificar la orientación y funcionamiento del sensor de vientos antes del levantamiento del mástil.

La verificación de orientación corresponde también a la verificación de la medición de dirección, para realizarla se deben realizar las siguientes acciones:

- Orientar la cola del sensor de vientos en la dirección de la barra de orientación, el datalogger debe indicar valores cercanos a 0°.
- Provocar un giro al sensor de vientos en la dirección de las manecillas del reloj, los valores indicados por el datalogger deben aumentar de 0° a 180°.
- Orientar la cola del sensor de vientos en la dirección opuesta a la barra de orientación, el datalogger debe indicar valores cercanos a 180°.
- Provocar un giro al sensor de vientos en la dirección de las manecillas del reloj, los valores indicados por el datalogger deben aumentar de 180° a 360°.

Si algunas de estas condiciones no se cumple, se debe revisar la orientación de la abrazadera de instalación del sensor de vientos.

La verificación de funcionamiento del anemómetro corresponde al giro forzado del eje del sensor en la dirección de las manecillas del reloj y contra reloj, verificando lecturas en el datalogger.

La verificación de la orientación del sensor de vientos permite realizar la operación de levantamiento del mástil.

7.1.10 Levantamiento del mástil

La operación de levantamiento del mástil es una de las más delicadas en la instalación de la estación, por lo cual se debe tener especial cuidado de no provocar caídas que dañarán el sensor de vientos y eventualmente al propio mástil. Para esta acción se requiere de cuatro personas.

Par lograr un levantamiento seguro se deben realizar las siguientes operaciones:

- Identificar el viento largo que debe quedar en el punto uno, afianzarlo a un metro desde el extremo libre mediante abrazaderas (al menos una). Poner especial cuidado que no exista ningún obstáculo que pueda entorpecer el estiramiento de este viento.
- Identificar los vientos largos y cortos que van en los puntos 2 y 3, desenredarlos y disponerlos en las cercanías de las estacas.
- Limpiar el perímetro de acción para no tener obstáculos que impidan el levantamiento.
- Disponer el personal de la siguiente manera:
 - 1 persona para empujar el mástil (generalmente el más fuerte)
 - 1 persona en cada par de vientos
 - 1 persona de apoyo

El personal dispuesto para el levantamiento debe coordinar su acción de la siguiente manera:

- Las dos personas de los vientos deben tirar en conjunto caminando en la dirección de las estacas
- La persona que se encuentra en el mástil debe empujarlo para facilitar la operación
- La persona de apoyo debe supervisar el levantamiento y verificar que no se produzcan desviaciones que hagan peligrar la integridad de los componentes.

El mástil se encuentra sujeto mediante el viento largo a la estaca 1, de manera que no es posible que éste "pase para el otro lado", la importancia de una amarra eficiente del viento a la estaca es fundamental para esta operación.

Con el mástil en posición vertical se procede al ajuste fino de verticalidad, para lo cual, con sucesivos ajustes del largo de cada uno de los vientos (usar tensores para el ajuste fino) y el uso del nivel, se determina la posición que satisfaga por completo esta condición.

Se afianzan los vientos mediante el uso de abrazaderas, de manera que sea imposible el movimiento de los tensores por personas extrañas a los operadores de la estación.

7.1.11 Instalación de otros sensores

7.1.11.1 Sensor de temperatura y humedad

El sensor de temperatura y humedad se instala en el interior de la pantalla de protección contra la radiación, la cual a su vez es montada sobre un brazo soporte el cual va sujeto al mástil mediante abrazaderas.

Los elementos sensores se encuentran en la punta del sensor, la cual debe quedar a la mitad de la pantalla de protección.

El alto de la pantalla de protección es de 30 cm, es decir el brazo de instalación debe quedar a 1.85 m desde el terreno, para lograr una altura de medición de 2 m.

La horizontalidad del brazo de instalación no es relevante para la medición, pero se debe tomar en cuenta para los efectos visuales de la estación.

7.1.11.2 Sensor de radiación solar

El sensor de radiación solar se instala en una base circular con regulación de horizontalidad, la cual va montada en un brazo, el que se sujeta al mástil mediante abrazaderas.

El elemento sensor se sujeta a la base mediante un prisionero tipo allen de manera que no se produzcan movimientos relativos entre ambos.

La horizontalidad del brazo de montaje es de suma importancia para la mantención de la horizontalidad del elemento sensor.

Se debe evitar la presencia de sombras sobre el elemento sensor por lo que se recomienda instalarlo hacia el norte.

7.1.11.3 Sensor de presión

El sensor de presión se instala en el interior de la caja de conexiones sobre la placa de montaje mediante tornillos.

El sensor tiene un tubo de 1/8 in de diámetro en el cual se conecta una manguera cuyo extremo libre debe quedar expuesto al medio ambiente, para evitar golpes de ariete producidos en la apertura y cierre de la caja, los cuales pueden alterar y dañar las mediciones que se realizan.

7.1.11.4 Sensor de precipitación

El sensor de precipitación se instala sobre un tubo mediante abrazaderas de cañerías.

El tubo debe mantener la verticalidad, de manera que la boca receptora de los meteoros quede en forma horizontal.

La horizontalidad del sensor es primordial para la obtención de medidas buenas.

La altura de la boca de recepción debe ser de 1 m.

Con los sensores instalados se procede a la conexión de los cables al datalogger, además se deberá conectar la tierra del datalogger a la tierra física para evitar errores de medición debido a señales de ruido eléctrico, luego se procede a la verificación de mediciones.

7.1.12 Instalación de accesorios

7.1.12.1 Paneles solares

La instalación de ambos panel es similar, la única diferencia es la altura de instalación.

El panel solar del datalogger se debe instalar a 2.5m de altura respecto del terreno.

Se amarra al mástil mediante una abrazadera.

Debe quedar orientado hacia el norte y evitar que se proyecten sombras sobre él.

El cable del panel solar se conecta a los terminales marcados con CH en la fuente de poder del datalogger.

El panel solar del teléfono celular se instala al menos 50 cm más alto que el panel solar del datalogger, para evitar que la sombra proyectada llegue al otro panel.

El cable es conectado a los terminales marcados CH de la fuente de poder del celular.

7.1.12.2 Modem

El modem se instala en el interior de la caja de conexiones sobre la placa de montaje mediante tornillos.

La puerta serial del modem se conecta a la puerta serial del datalogger mediante el cable SC12 de color celeste.

La conexión RJ11 del modem se conecta a la conexión RJ11 de la interfase del teléfono celular.

No olvidar conectar la tierra del modem a la tierra de la estación.

7.1.12.3 Teléfono celular y relé

El teléfono celular y relé se monta en el interior de la caja de conexiones, sujeto mediante correas o abrazaderas plásticas.

La interfase se conecta al modem mediante un cable RJ11; por otro lado la interfase se conecta al celular mediante conectores provistos por el fabricante.

El relé se conecta a la fuente de poder del celular y al datalogger, el cual lo comanda para la conmutación on/off del teléfono celular.

8 Control de Datos y Registros

El encargado de la instalación debe completar las fichas correspondientes, en donde se identifican los sensores instalados, las personas que participaron de la instalación, el tiempo de instalación, etc.

Se debe dejar la documentación correspondiente a la estación limpiar y ordenar las herramientas y el terreno de la instalación, sellar la caja de conexiones, instalar medidores de humedad interna, dejar bolsas con material secante y cerrar la caja de conexiones mediante candados.

.

9 CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

9.1 Verificación de mediciones

El computador portátil se conecta al datalogger mediante la interfase RS232.

La conexión del PC portátil se realiza mediante el programa de comunicaciones de la plataforma PC208W, se debe verificar que las mediciones que se están registrando se encuentren en los rangos correctos.

Si existiera algún tipo de error se deben revisar las conexiones de aquellas mediciones que se encuentren erróneas y repetir la operación anterior.

Una vez concluida esta operación se procede a la instalación de los accesorios y orientación definitiva del mástil.

9.2 Verificación de comunicaciones

La plataforma de comunicaciones permite dejar programada la estación para que un ayudante ocasional pueda operar siguiendo el procedimiento adecuado.

Se realiza un contacto telefónico con el ayudante y se espera la llamada de la plataforma de comunicaciones. El ayudante debe verificar las mediciones que se están registrando y la toma de datos en forma remota.

9.3 Orientación de la estación

Mediante el uso de la brújula se realizan giros sucesivos sobre el eje axial del mástil, para orientar la barra en la dirección sur.

La exactitud de la orientación puede ser de $\pm 3^\circ$.

Si no es posible orientar la barra se debe registrar el ángulo de desfase de la barra para cambiar el offset del sensor de dirección del viento, mediante el procedimiento establecido para ello².

Se fija la dirección del mástil mediante un pasador el que traspasa tanto al mástil como al pivote de la placa, de manera que no se produzcan giros relativos entre ambos.

² Ver procedimiento SO-1

Instructivo de Seteo de Offset de Dirección para Estaciones Meteorológicas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/MET/SOD01

Revisión v1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método.....	5
3 Seguridad del personal	5
4 Cuidado de los equipos.....	5
5 Interferencias	5
6 Calificaciones del Personal.....	5
7 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
8 Procedimiento.....	5
8.1 Ubicación de brújula.....	6
8.2 Medición del ángulo de orientación	7
8.3 Edición del programa.....	7
9 Finalización del seteo	7
10 Control de Datos y Registros.....	7
11 CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	8

RDM/MET/SOD01

Revisión v1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Algunas configuraciones de lugares de instalación de estaciones meteorológicas no permiten orientar las estaciones de acuerdo al procedimiento descrito el documento correspondiente.

Cuando ocurren estas inconveniencias se hace necesario el la introducción de un valor offset para la medición de dirección del viento. Este procedimiento indica las acciones que se deben tener en cuenta para setear el valor del offset y las modificaciones que se deben incluir en el programa de la estación para obtener mediciones correctas de la dirección.

2 Resumen del Método

Mediante el uso de una brújula se determina el ángulo de desviación entre el brazo de orientación de la estación meteorológica y el norte verdadero. Se programa el datalogger para que incorpore a las rutinas de cálculo este ángulo de desfase.

3 Seguridad del personal

Uso de ropa de trabajo durante la operaciones de determinación de ángulo de desfase.

4 Cuidado de los equipos

Evitar golpes en brújula

5 Interferencias

Evitar realizar mediciones con la brújula en cercanía de estructuras de fierro y/o acero.

Poner especial cuidado en la escritura del valor de offset en el programa de la estación meteorológica, valores errados pueden conducir a interpretaciones erradas de las condiciones de ventilación.

6 Calificaciones del Personal

Se requiere de personal técnico con experiencia en el uso de brújula y capacitado en la programación de dataloggers.

7 Equipamiento y Abastecimiento

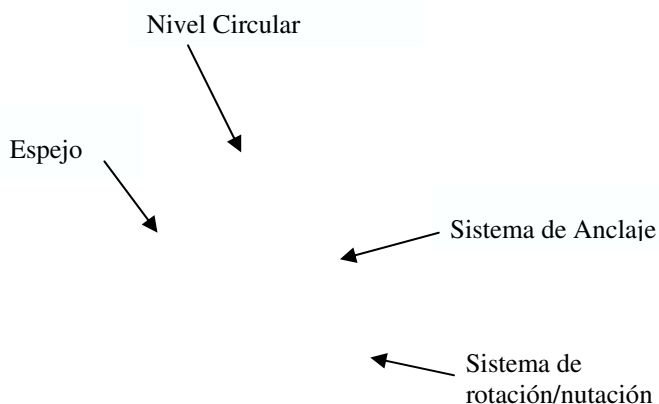
Para la realización del procedimiento se requiere:

- 1 brújula y su trípode de instalación
- 1 computador portátil con el software de edición de programas
- 1 interfase RS232

8 Procedimiento

El procedimiento que se describe utiliza una brújula marca Brunton, modelo 5006, con carcasa metálica (aluminio) y su trípode para instalación y uso, la cual tiene un espejo, el que tiene una línea grabada que permite la visualización y alineación del objeto al cual se

quiere medir la orientación. Además tiene un sistema de burbuja para la verificación de horizontalidad. A su vez el trípode tiene un sistema de anclaje que permite a la brújula mantenerse solidaria al sistema de rotación/nutación.

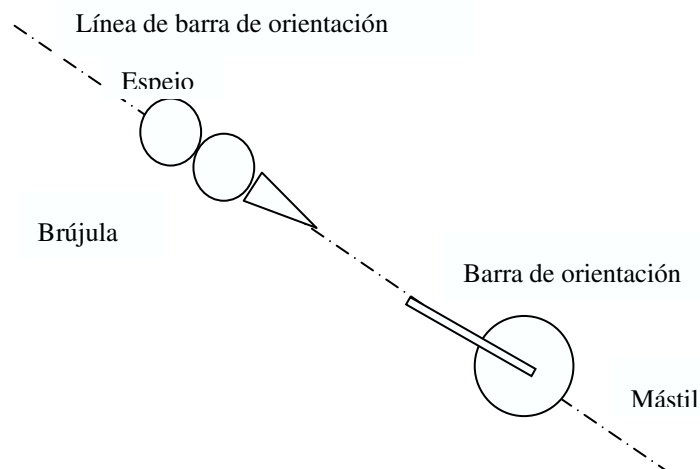


En el dibujo siguiente se pueden ver los sistemas descritos.

Figura 8-1 Brújula Brunton, con trípode de instalación y uso

8.1 Ubicación de brújula

La brújula debe instalarse en el lado del mástil o torre en la cual se encuentre la barra de orientación, sobre la línea de la barra de orientación, con el espejo apuntando al lado contrario de la estación. En la figura siguiente se puede ver un esquema de la ubicación de la brújula respecto de la estación.



La línea del espejo debe estar paralela a la barra de orientación. Se debe tener especial cuidado de mantener la horizontalidad de la brújula para realizar una medición exacta del ángulo de orientación de la barra.

8.2 Medición del ángulo de orientación

Una vez que se encuentren alineados la barra de orientación y la línea dibujada sobre el espejo de la brújula se mide el ángulo, mirando sobre la graduación de la brújula el punto marcado por la señal blanca de la aguja de la misma. Este valor se anota y se repite el procedimiento al menos tres veces para minimizar los errores de medición. El valor final será el promedio de las mediciones realizadas.

8.3 Edición del programa

El programa que está instalado en el datalogger se edita utilizando el editor de programas de la plataforma PC208W y se agregan las siguientes líneas de programación, después de la línea de seteo de offset del sensor de dirección del viento, el cual debe ser cambiado por el valor medido en el punto anterior:

IF (X<=>F) (P89)

```
1: 3    X Loc [ Locacion ]  
2: 3    >=  
3: 360  F  
4: 30    Then Do
```

Z=X+F (P34)

```
1: 3    X Loc [ Locacion ]  
2: -360 F  
3: 3    Z Loc [ Locacion ]  
4: End (P95)
```

Luego se compila y graba.

9 Finalización del seteo

Recargar el nuevo programa en el datalogger

Verificar que se realice las mediciones de viento

Si es posible entregar valores conocidos de direcciones de viento (Poner manualmente el sensor de vientos en una dirección) y verificar la medición

10 Control de Datos y Registros

Generar una copia del programa para reemplazar la copia existente en la estación.

Actualizar la copia del disco duro del PC portátil.

11 Control de calidad y aseguramiento de calidad

Generar una copia en papel, actualizada para la carpeta de la estación.

Informar en la bitácora de la estación el cambio efectuado, como así mismo el operador y hora de del cambio.

Identificar y controlar los reportes escritos y los registroa almacenados de información.

Instructivo para Toma de Datos Estaciones con Acceso Automático

Preparado por : _____ Fecha: 17/06/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RMD/MET/TDA01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
1.1 Descripción del programa.....	5
1.2 Módulo Setup	5
1.3 Módulo Connect	7
1.4 Módulo Status.....	9
1.5 Módulo Program.....	10
1.6 Módulo Report.....	11
1.7 Módulo View	13
1.8 Módulo Stg Module.....	13
2 Resumen del Método	15
3 Seguridad del personal	15
4 Cuidado de los equipos.....	15
5 Interferencias	15
6 Calificaciones del Personal.....	15
7 Equipamiento y Abastecimiento.....	15
8 Procedimiento.....	15
8.1 Procedimiento manual	16
8.2 Procedimiento automático	17
9 Control de Datos y Registros.....	21

RMD/MET/TDA01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se utiliza para la toma de datos de estaciones meteorológicas que cuentan con un datalogger marca Cambell Sci, modelos CR10, CR10X ó CR10X2M.

Para ello se requiere de la plataforma de comunicaciones PC208W. Para ello se entrega una breve descripción de ella.

1.1 Descripción del programa

La plataforma PC208W es un programa integral que permite realizar todas las acciones de la operación de una red de dataloggers, para lo cual cuenta con varios módulos, los que se pueden ver en la Figura 1-1.

Figura 1-1 Módulo de la plataforma PC208W

1.2 Módulo Setup

El módulo Setup permite la creación de conexiones a estaciones. Al seleccionarlo de despliega una pantalla como se muestra en la Figura 1-2

El módulo selecciona la puerta serial COM1 como dispositivo de comunicaciones por defecto, a la cual se asocian dispositivos para la realización de las conexiones a las estaciones.

La lista de dispositivos disponibles que se pueden agregar a la puerta de comunicaciones se puede ver en la Figura 1-3.

Cada dispositivo CR10X Datalogger representa una estación, sea ésta manual o automática. Las estaciones manuales se conectan directamente a la puerta de comunicaciones mientras que las estaciones automáticas se conectan a la puerta de comunicaciones mediante un modem.

Figura 1-2 Pantalla de inicio módulo SETUP

Figura 1-3 Lista de dispositivos

De esta manera una configuración de red puede ser como la mostrada en la Figura 1-4, en donde a través de un modem se conectan cuatro estaciones y en forma directa dos estaciones.

Figura 1-4 Ejemplo de configuración de red.

Las fichas Hardware, Data Collection y Schedule, permiten el seteo de la conexión en estos ámbitos. En la ficha Hardware se produce una diferencia entre la conexión telefónica y la conexión directa ya que en la primera se debe entregar un número telefónico y en la segunda una velocidad de conexión.

La discusión de los valores de cada parámetro en cada una de las fichas se discutirá más adelante.

1.3 Módulo Connect

El módulo Connect permite la conexión a las estaciones en forma inmediata y a solicitud del operador. Al seleccionar este módulo se despliega una pantalla la que se puede apreciar en la Figura 1-5.

Figura 1-5 Pantalla de inicio módulo Connect

Este módulo tiene tres fichas:

- Tools

Es la ficha principal del módulo. Con ella se realiza la conexión a la estación resaltada en la caja Station List seleccionando el botón Connect.

Permite el seteo de la hora del datalogger a la hora del computador, seleccionando el botón Set datalogger Clk.

Permite realizar la carga y descarga del programa del datalogger y la asociación a un archivo en el cual se encuentran las etiquetas de las variables que se están midiendo las que se visualizan en la ficha Numeric Display

Además permite la recolección de los datos almacenados en el datalogger.

- Numeric display

En esta ficha se visualizan los valores de las mediciones que se están realizando y que se presentan como una lista de nombres. Además permite ver el tiempo de muestreo de las variables medidas y la hora del datalogger.

- Terminal Emulator

Esta ficha permite la modificación manual del programa del datalogger sin la necesidad de editarlo con el editor de programas.

En cada ficha se puede detener la conexión seleccionando el botón Disconnect.

1.4 Módulo Status

Este módulo permite la visualización del estado de la conexión a una estación.

La Figura 1-6 muestra el despliegue en pantalla de este módulo.

Figura 1-6 Pantalla desplegada al iniciar el módulo Status

Los parámetros más importantes del control son:

On line. Indica cual estación se encuentra conectada

Error Rate. Indica el porcentaje de errores de no conexión para cada una de

Last Collection Attempt. Indica la fecha y hora de la última recolección realizada con éxito.

Collected. Indica los valores del puntero a la memoria del datalogger que están ocupados y la cantidad que a sido recolectada.

Next Call. Indica la fecha y hora de la siguiente recolección de acuerdo al seteo de la ficha Schedule del módulo Setup.

1.5 Módulo Program

Este módulo permite la creación y edición de programas para dataloggers. La presentación es la estándar para editor de texto, tal como se muestra en la Figura 1-7.

Además permite la edición de programas desde archivos con extensión DLD (Archivo intermedio de traspaso de información a datalogger) y la compilación de los programas para su verificación de funcionamiento lógico.

Puede mantener abierto varios programas y realizar las acciones usuales de los editores (búsquedas, copias, cortes, grabar, grabar como, etc.)

Figura 1-7 Pantalla de presentación módulo Program. Ejemplo de inicio edición de programa nuevo.

El lenguaje de programación está explicado en el manual de operación del datalogger.

1.6 Módulo Report

El módulo Report permite la creación de reportes de datos bajo condiciones que son definidas por el usuario. La pantalla principal tiene dos fichas una para setear los parámetros del archivo de entrada y otra para setear los parámetros del archivo de salida.

En la ficha del archivo de entrada se seleccionan las condiciones de partida y parada de escritura de datos, las que condiciones deben tener para la escritura y los datos se van a escribir. También se selecciona el tipo de archivo que se usará como fuente para generar el reporte (Binario, texto, o autodetectado son las opciones para este valor). El lenguaje de programación de este seteo se encuentra descrito en el manual de la plataforma.

En la Figura 1-8 se puede ver la pantalla de seteo del archivo de entrada y algunos parámetros de ejemplo.

Figura 1-8 Pantalla ficha de seteo archivo de entrada

En la ficha del archivo de salida se setean los parámetros del archivo de salida. Los valores más importantes son:

Nombre del archivo de salida

Formato del archivo. Los archivos son del tipo Texto.

Número de columnas. Sólo se pueden escribir 9 columnas como máximo.

La cantidad de datos a escribir se define en la ficha Archivo de entrada, en la ficha del archivo de salida se etiquetan las columnas para el reporte, indicando el nombre de la variable y la cantidad de decimales con lo cual se presentan.

Existen otras operaciones que se pueden realizar las que se encuentran descritas en el manual de usuario de la plataforma.

En la Figura 1-9 se puede ver un ejemplo de pantalla de la ficha de salida del módulo Report.

Figura 1-9 Ejemplo ficha de archivo de salida módulo Report.

1.7 Módulo View

Este módulo es un editor de texto que permite la visualización de archivos tipo texto en donde se encuentran los datos de las estaciones o reportes generados con el módulo Report.

En la Figura 1-10 se ve la pantalla de inicio de este módulo.

1.8 Módulo Stg Module

Este módulo permite la conexión a los módulos de almacenaje que se usan como respaldo de la información guardada en la memoria del datalogger.

En la Figura 1-11 se ve la pantalla de inicio de este módulo.

Figura 1-10 . Pantalla de inicio módulo View

Figura 1-11 Pantalla de inicio módulo Stg Module

2 Resumen del Método

Usando la plataforma PC208W se conecta al datalogger de la estación meteorológica para la descarga de datos almacenados en la memoria RAM del mismo.

3 Seguridad del personal

Uso de ropa de trabajo para la operaciones de toma de datos, tales como zapatos de seguridad, guantes para trabajo liviano, etc.

Para la recolección de datos en torres de comunicaciones utilizar cinturón de seguridad para el ascenso, estadía y descenso. Uso obligado de casco para subida y bajada de torre. Los operadores que estén debajo de la torre deben usar obligadamente casco protector.

4 Cuidado de los equipos

Durante la operación de toma de datos se debe poner especial cuidado de preservar la integridad de todos los equipos constitutivos de la estación, en especial del sensor de vientos.

Además se debe poner especial cuidado en el manejo del computador portátil el cual no debe sufrir golpes y/o caídas que puedan dañar su estructura.

5 Interferencias

Escoger correctamente la estación a la que se debe conectar, un error en la selección de la estación puede causar interpretaciones erróneas de las condiciones meteorológicas del sitio de medición.

6 Calificaciones del Personal

El personal debe tener formación técnica y capacitación en el uso de la plataforma PC208W. Antes de realizar las operaciones en forma autónoma debe ser supervisado al menos en 5 operaciones de este estilo.

7 Equipamiento y Abastecimiento

Para realizar este procedimiento se requiere:

Computador portátil con software PC208W

Interfase de conexión entre datalogger y computador portátil, SC929 o similar

Hojas del operador

8 Procedimiento

En las estaciones con acceso telefónico es posible realizar la toma de datos en forma manual y en forma automática. La forma manual es similar a la que se realiza con las estaciones con acceso manual mientras que la forma automática permite dejar un computador dedicado a ello.

8.1 Procedimiento manual

Las siguientes instrucciones permiten tomar datos desde una estación con acceso telefónico en forma manual.

- Encienda el computador

Verifique que el modem conectado al computador este encendido¹

- Verifique la conexión de cable RJ-11 entre el modem y el punto de línea telefónica.

Seleccione el icono  en la pantalla de escritorio del computador

- De la barra de módulos desplegada seleccione el botón 
- De la lista de estaciones desplegadas en la caja Station List seleccione la estación a la cual desea conectarse y que sea de acceso telefónico
- Seleccione el botón Conect de la ficha Tools
- Verifique la hora del datalogger, con esto se prueba que se ha establecido comunicación con la estación.
- Si no logra la comunicación verifique que la hora de llamada corresponda a la hora cuando el teléfono está encendido. Si es así inténtelo nuevamente.²
- Si existe un desfase superior a 1 minuto setee la hora del datalogger a la hora del computador
- Cuando el porcentaje recolectado llegue a 100% seleccione el botón Disconnect
- Luego seleccione el botón Close Session
- Cierre la plataforma PC208W

¹ Si se cuenta con un modem externo. Si el modem es interno omita esta instrucción

² Las comunicaciones celulares pueden perderse por el movimiento de los teléfonos o bien por una acumulación de llamadas sobre la portadora de señal. En particular la transmisión de datos requiere de anchos de banda mayores que la transmisión de voz, lo que se puede lograr bajando la velocidad de transmisión. Se recomienda velocidades no mayores a 1200 bps siendo 300 bps la velocidad que da mayor seguridad a la transmisión de datos.

8.2 Procedimiento automático

El procedimiento automático consiste básicamente en el seteo de las fichas Schedule y Data collection del módulo Setup para cada una de las estaciones que posee acceso telefónico.

Se recomienda asignar a cada estación un tiempo limitado durante una hora, para realizar las llamadas, de manera que se puedan obtener los datos de todas las estaciones.

Como el proceso es automático basta con mantener la plataforma PC208W activa en el computador para que las tareas programadas en la ficha se ejecuten.

En las Figura 8-1 y Figura 8-2 se muestran las ficha, en las cuales se identifican los parámetros que deben ser seteados.

Figura 8-1 Ficha Data Collection, Seteo estándar para las estaciones de la red

Para el seteo de los parámetros de las fichas se considerará una estación con acceso telefónico celular que se encuentra encendido entre los minutos 5 y 15 de cada hora, entre las 9 y 19 horas, ambas inclusive.

El número del teléfono es 09 327 97 98 y su código de seguridad es 1.

Los datos son guardados en el área 1 en el sistema de almacenamiento del datalogger y en formato ASCII separados con comas³.

Se explicarán cada uno de los parámetros a setear.

Calling Interval : Corresponde al intervalo de tiempo principal para realizar las llamadas.

Formato dd hh:mm:ss

Figura 8-2 Ficha Schedule Presentación por defecto

Next Time to Call : Corresponde a la fecha y hora de la próxima llamada. Cuando una llamada tiene éxito este parámetro se resetea en forma automática sumando a la fecha y hora de ella el seteo ingresado en Calling Interval. Si la llamada no tiene éxito después de todos los intentos se suma el valor seteado en Callin Interval al valor existente en este parámetro. Si se desea se puede ingresar manualmente la fecha y hora de la siguiente llamada.

Formato mm-dd-aa hh:mm:ss

³ La configuración de las estaciones es similar a la descrita en el párrafo en todas las estaciones de la red. La configuración de la ficha Data Collection debe ser igual en todas las estaciones salvo en el cuadro Schedule on; en la estaciones de conexión manual este debe quedar en blanco. La ficha Schedule cambiará en cada una de ellas.

Primary Retry Interval: Corresponde al intervalo de tiempo principal para repetir una llamada si no tuvo éxito.

Formato dd hh:mm:ss

Retries Using Primary Interval : Número de veces que se intenta realizar la llamada usando el intervalo de tiempo principal. Si no se logra la comunicación se repite la llamada usando el intervalo de tiempo secundario.

Formato: Número entero

Secondary Retry Interval : Corresponde al intervalo de tiempo secundario para repetir una llamada sin éxito después del uso de los parámetros anteriores.

Formato dd hh:mm:ss

Clock Check Interval: Corresponde al intervalo de tiempo para realizar una llamada para el chequeo de reloj del datalogger en comparación con el reloj del computador⁴.

Formato dd hh:mm:ss

Next Clock Check : Fecha y hora del próximo chequeo de hora del datalogger. El chequeo del datalogger es independiente de la llamada para bajar datos. No se repite la llamada si no tiene éxito y se suma a este parámetro el valor del parámetro Clock Check Interval. Si se desea se puede ingresar manualmente la fecha y hora de la siguiente llamada para chequeo de reloj.

Formato mm-dd-aa hh:mm:ss

Set Clock If More Than : Valor de desfase máximo permitido sin realizar el reseteo del reloj del datalogger. Si el desfase es menor no se realiza el reseteo del reloj del datalogger.

Formato: ss

Notas:

- Como el tiempo de llamada se resetea automáticamente sumando a la fecha y hora de la última llamada con éxito el valor del intervalo principal, puede suceder que la próxima llamada quede fuera del intervalo de tiempo en el cual el teléfono está encendido, se debe setear el valor del parámetro Secondary Retry Interval en 0, para asegurarse que la próxima llamada estará dentro del intervalo de tiempo que el teléfono está encendido.
- Se debe revisar periódicamente los valores del parámetro Next Time to Call para cada una de las estaciones.
- El recuadro Schedule on debe estar marcado para la realización automática de la llamada

⁴ De debe revisar la hora del computador en forma periódica, manteniendo el horario oficial de Chile Continental de invierno.

En la Figura 8-3 se ve el seteo para la estación de ejemplo.

La ficha Hardware debe ser seteada como se muestra en la Figura 8-4.

Figura 8-3 Seteo de la ficha Schedule de la estación con acceso telefónico STA4

Figura 8-4 Seteo de la ficha Hardware de la estación con acceso telefónico STA4

9 Control de Datos y Registros

Anote en la hoja del operador los valores observados durante la conexión a la estación, anote además el nombre del operador y hora de la toma de datos.

En forma adicional anote observaciones relativas al entorno de la estación que difieran de la visita anterior.

Instructivo para Toma De Datos Estaciones con Acceso Manual

Preparado por : _____ Fecha: 17/06/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RMD/MET/TDM01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
1.1 Descripción del programa.....	5
1.2 Módulo Setup	5
1.3 Módulo Connect	7
1.4 Módulo Status.....	9
1.5 Módulo Program.....	10
1.6 Módulo Report.....	11
1.7 Módulo View	13
1.8 Módulo Stg Module.....	13
2 Resumen del Método	15
3 Seguridad del personal	15
4 Cuidado de los equipos.....	15
5 Interferencias	15
6 Calificaciones del Personal.....	15
7 Equipamiento y Abastecimiento.....	15
8 Procedimiento	15
9 Control de Datos y Registros.....	17

RMD/MET/TDM01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se utiliza para la toma de datos de estaciones meteorológicas que cuentan con un datalogger marca Cambell Sci, modelos CR10, CR10X ó CR10X2M.

Para ello se requiere de la plataforma de comunicaciones PC208W. Para ello se entrega una breve descripción de ella.

1.1 Descripción del programa

La plataforma PC208W es un programa integral que permite realizar todas las acciones de la operación de una red de dataloggers, para lo cual cuenta con varios módulos, los que se pueden ver en la Figura 1-1.

Figura 1-1 Módulo de la plataforma PC208W

1.2 Módulo Setup

El módulo Setup permite la creación de conexiones a estaciones. Al seleccionarlo de despliega una pantalla como se muestra en la Figura 1-2

El módulo selecciona la puerta serial COM1 como dispositivo de comunicaciones por defecto, a la cual se asocian dispositivos para la realización de las conexiones a las estaciones.

La lista de dispositivos disponibles que se pueden agregar a la puerta de comunicaciones se puede ver en la Figura 1-3.

Cada dispositivo CR10X Datalogger representa una estación, sea ésta manual o automática. Las estaciones manuales se conectan directamente a la puerta de comunicaciones mientras que las estaciones automáticas se conectan a la puerta de comunicaciones mediante un modem.

Figura 1-2 Pantalla de inicio módulo SETUP

Figura 1-3 Lista de dispositivos

De esta manera una configuración de red puede ser como la mostrada en la Figura 1-4, en donde a través de un modem se conectan cuatro estaciones y en forma directa dos estaciones.

Figura 1-4 Ejemplo de configuración de red.

Las fichas Hardware, Data Collection y Schedule, permiten el seteo de la conexión en estos ámbitos. En la ficha Hardware se produce una diferencia entre la conexión telefónica y la conexión directa ya que en la primera se debe entregar un número telefónico y en la segunda una velocidad de conexión.

La discusión de los valores de cada parámetro en cada una de las fichas se discutirá más adelante.

1.3 Módulo Connect

El módulo Connect permite la conexión a las estaciones en forma inmediata y a solicitud del operador. Al seleccionar este módulo se despliega una pantalla la que se puede apreciar en la Figura 1-5.

Figura 1-5 Pantalla de inicio módulo Connect

Este módulo tiene tres fichas:

- Tools

Es la ficha principal del módulo. Con ella se realiza la conexión a la estación resaltada en la caja Station List seleccionando el botón Connect.

Permite el seteo de la hora del datalogger a la hora del computador, seleccionando el botón Set datalogger Clk.

Permite realizar la carga y descarga del programa del datalogger y la asociación a un archivo en el cual se encuentran las etiquetas de las variables que se están midiendo las que se visualizan en la ficha Numeric Display

Además permite la recolección de los datos almacenados en el datalogger.

- Numeric display

En esta ficha se visualizan los valores de las mediciones que se están realizando y que se presentan como una lista de nombres. Además permite ver el tiempo de muestreo de las variables medidas y la hora del datalogger.

- Terminal Emulator

Esta ficha permite la modificación manual del programa del datalogger sin la necesidad de editarlo con el editor de programas.

En cada ficha se puede detener la conexión seleccionando el botón Disconnect.

1.4 Módulo Status

Este módulo permite la visualización del estado de la conexión a una estación.

La Figura 1-6 muestra el despliegue en pantalla de este módulo.

Figura 1-6 Pantalla desplegada al iniciar el módulo Status

Los parámetros más importantes del control son:

On line. Indica cual estación se encuentra conectada

Error Rate. Indica el porcentaje de errores de no conexión para cada una de

Last Collection Attempt. Indica la fecha y hora de la última recolección realizada con éxito.

Collected. Indica los valores del puntero a la memoria del datalogger que están ocupados y la cantidad que a sido recolectada.

Next Call. Indica la fecha y hora de la siguiente recolección de acuerdo al seteo de la ficha Schedule del módulo Setup.

1.5 Módulo Program

Este módulo permite la creación y edición de programas para dataloggers. La presentación es la estándar para editor de texto, tal como se muestra en la Figura 1-7.

Además permite la edición de programas desde archivos con extensión DLD (Archivo intermedio de traspaso de información a datalogger) y la compilación de los programas para su verificación de funcionamiento lógico.

Puede mantener abierto varios programas y realizar las acciones usuales de los editores (búsquedas, copias, cortes, grabar, grabar como, etc.)

Figura 1-7 Pantalla de presentación módulo Program. Ejemplo de inicio edición de programa nuevo.

El lenguaje de programación está explicado en el manual de operación del datalogger.

1.6 Módulo Report

El módulo Report permite la creación de reportes de datos bajo condiciones que son definidas por el usuario. La pantalla principal tiene dos fichas una para setear los parámetros del archivo de entrada y otra para setear los parámetros del archivo de salida.

En la ficha del archivo de entrada se seleccionan las condiciones de partida y parada de escritura de datos, las que condiciones deben tener para la escritura y los datos se van a escribir. También se selecciona el tipo de archivo que se usará como fuente para generar el reporte (Binario, texto, o autodetectado son las opciones para este valor). El lenguaje de programación de este seteo se encuentra descrito en el manual de la plataforma.

En la Figura 1-8 se puede ver la pantalla de seteo del archivo de entrada y algunos parámetros de ejemplo.

Figura 1-8 Pantalla ficha de seteo archivo de entrada

En la ficha del archivo de salida se setean los parámetros del archivo de salida. Los valores más importantes son:

Nombre del archivo de salida

Formato del archivo. Los archivos son del tipo Texto.

Número de columnas. Sólo se pueden escribir 9 columnas como máximo.

La cantidad de datos a escribir se define en la ficha Archivo de entrada, en la ficha del archivo de salida se etiquetan las columnas para el reporte, indicando el nombre de la variable y la cantidad de decimales con lo cual se presentan.

Existen otras operaciones que se pueden realizar las que se encuentran descritas en el manual de usuario de la plataforma.

En la Figura 1-9 se puede ver un ejemplo de pantalla de la ficha de salida del módulo Report.

Figura 1-9 Ejemplo ficha de archivo de salida módulo Report.

1.7 Módulo View

Este módulo es un editor de texto que permite la visualización de archivos tipo texto en donde se encuentran los datos de las estaciones o reportes generados con el módulo Report.

En la

Figura 1-10 se ve la pantalla de inicio de este módulo.

1.8 Módulo Stg Module

Este módulo permite la conexión a los módulos de almacenaje que se usan como respaldo de la información guardada en la memoria del datalogger.

En la Figura 1-11 se ve la pantalla de inicio de este módulo.

Figura 1-10 . Pantalla de inicio módulo View

Figura 1-11 Pantalla de inicio módulo Stg Module

2 Resumen del Método

Usando la plataforma PC208W se conecta al datalogger de la estación meteorológica para la descarga de datos almacenados en la memoria RAM del mismo.

3 Seguridad del personal

Uso de ropa de trabajo para la operaciones de toma de datos, tales como zapatos de seguridad, guantes para trabajo liviano, etc.

Para la recolección de datos en torres de comunicaciones utilizar cinturón de seguridad para el ascenso, estadía y descenso. Uso obligado de casco para subida y bajada de torre. Los operadores que estén debajo de la torre deben usar obligadamente casco protector.

4 Cuidado de los equipos

Durante la operación de toma de datos se debe poner especial cuidado de preservar la integridad de todos los equipos constitutivos de la estación, en especial del sensor de vientos.

Además se debe poner especial cuidado en el manejo del computador portátil el cual no debe sufrir golpes y/o caídas que puedan dañar su estructura.

5 Interferencias

Escoger correctamente la estación a la que se debe conectar, un error en la selección de la estación puede causar interpretaciones erróneas de las condiciones meteorológicas del sitio de medición.

6 Calificaciones del Personal

El personal debe tener formación técnica y capacitación en el uso de la plataforma PC208W. Antes de realizar las operaciones en forma autónoma debe ser supervisado al menos en 5 operaciones de este estilo.

7 Equipamiento y Abastecimiento

Para realizar este procedimiento se requiere:

Computador portátil con software PC208W

Interfase de conexión entre datalogger y computador portátil, SC929 o similar

Hojas del operador

8 Procedimiento

Las siguientes instrucciones permiten tomar datos desde una estación con acceso manual. Para ello debe desplazarse al lugar de emplazamiento de la estación.

- Conecte la interfase SC929 a la puerta COM del PC portátil, que esta seteada como puerta de comunicación.
- Conecte el extremo libre de la interfase a la puerta serial del datalogger
- Encienda el PC portátil
- Seleccione el icono en la pantalla de escritorio del computador
- De la barra de módulos desplegada seleccione el botón 
- De la lista de estaciones desplegadas en la caja Station List seleccione la estación con la cual desea conectar
- Seleccione el botón Conect de la ficha Tools
- Verifique la hora del datalogger, con esto se prueba que se ha establecido comunicación con la estación.
- Si existe un desfase superior a 1 minuto setee la hora del datalogger a la hora del PC portátil¹
- Verifique las mediciones, para ello tenga en cuenta el procedimiento RDM/MET/VERMET
- Finalizada la verificación seleccione el botón Collect
- Cuando el porcentaje recolectado llegue a 100% seleccione el botón Disconnect
- Luego seleccione el botón Close Session
- Cierre la plataforma PC208W

¹ Se debe mantener el horario de invierno durante todo el año.

9 Control de Datos y Registros

Anote en la hoja del operador los valores observados durante la conexión a la estación, anote además el nombre del operador y hora de la toma de datos.

En forma adicional anote observaciones relativas al entorno de la estación que difieran de la visita anterior.

Fundación
Centro Nacional del Medio Ambiente
Av. Larraín N° 9975, La Reina, Santiago, Chile
Teléfono: (56-2) 275 4100, <http://www.cenma.cl>

UNIVERSIDAD DE CHILE

**Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos
para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de
Contaminantes Atmosféricos**

INFORME FINAL

INFORME TÉCNICO LMA-030-2003

**Preparado para
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

Diciembre de 2003

SANTIAGO, CHILE

Contenidos

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes del proyecto y alcance	1
1.2	Planificación del aseguramiento de la calidad del monitoreo del aire (Antecedentes técnicos)	2
1.3	Estructura y alcance del Manual	3
2	Diseño de Monitoreo	5
2.1	Planificación y objetivos del monitoreo	5
2.2	Objetivos de la calidad de los datos	7
2.3	Objetivos del aseguramiento y control de calidad del monitoreo del aire	8
2.4	Determinación de escalas de monitoreo	9
2.5	Selección de contaminantes a monitorear	11
2.5.1	Definición de frecuencias de medición	12
2.6	Selección de métodos de medición	13
2.6.1	Normativa vigente	13
2.6.2	Criterios de selección del equipo de medición	17
2.6.3	Instrumentos recomendados	18
2.7	Selección de sitios de instalación	18
2.7.1	Factores generales a considerar en la selección del sitio de medición	20
2.7.2	Clasificación de sitios de medición	22
2.7.3	Criterios de selección de sitios	23
2.7.4	Evaluación del sitio en visita a terreno (lista de verificación)	26
2.7.5	Determinación de cantidad de sitios de medición	31
2.8	Implementación de la Estación de Monitoreo	32

2.8.1	Requerimientos generales	32
2.8.2	Equipamiento para la medición de calidad de aire y transmisión de datos.....	34
2.8.3	Criterios de localización de equipos de monitoreo en la estación.....	35
2.8.4	Equipamiento de infraestructura general.....	36
2.8.5	Equipamiento de medición de variables meteorológicas	38
2.9	Organización para la operación de la red y/o estaciones de monitoreo	39
3	Operación y Mantenimiento de la Estación.....	42
3.1	Procedimientos administrativos y previos a la operación	42
3.2	Programa de Operación y Mantenimiento global de la red	43
3.2.1	Programa de visita	43
3.2.2	Mantenimiento de estaciones.....	45
4	Control de Calidad	47
4.1	Calibración de equipos	47
4.1.1	Tipos de calibraciones.....	47
4.2	Representatividad de las mediciones.....	54
4.2.1	Verificación del sitio de monitoreo	54
4.2.2	Verificación de las condiciones internas de la estación	55
4.3	Manejo de muestras y cadena de custodia	55
4.3.1	Manejo de las muestras	56
4.3.2	Cadena de custodia.....	57
4.4	Mantenimiento de trazabilidad.....	59
4.5	Evaluación del personal	59
5	Procesamiento de Información.....	61
5.1	Recolección y distribución de información.....	61
5.2	Validación de información	61

5.2.1	Niveles de validación	63
5.2.2	Procedimiento de validación	64
5.2.3	Descripción del proceso de validación.....	65
5.2.4	Implementación del proceso de validación	66
5.2.5	Salidas de la validación	67
5.3	Generación de bases de datos estándar	67
6	Reportes de información	72
6.1	Generación de formatos estándar y estadística	72
7	Auditorías orientadas al mejoramiento continuo	82
7.1	Auditorías internas de operación.....	83
7.1.1	Evaluación de cumplimiento de objetivos	83
7.1.2	Evaluación del personal	84
7.1.3	Evaluación de operación interna	84
7.1.4	Evaluación de desempeño	84
7.1.5	Mejoramiento de operación de la red.....	84
7.2	Criterios de auditorías externas al sistema	87
7.2.1	Planificación de la auditoría.....	88
7.2.2	Actividades de auditoría.....	88
7.2.3	Informe de auditoría.....	90
7.2.4	Acciones correctivas y seguimientos	91
7.3	Evaluación.....	95
8	Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.

Figuras

Figura 2-1. Esquema de organización básica para la determinación de los objetivos del monitoreo	6
Figura 2-2. Esquema general de selección del sitio	19
Figura 2-3. Distancia de monitores MP10 a caminos, de acuerdo a escala de medición	25
Figura 2-4. Ejemplo de distribución de equipos al interior de estación. Muchos términos en inglés.	33
Figura 2-5. Otro ejemplo de distribución de equipos en la estación (Fuente: USEPA)..	33
Figura 2-6 Organización operacional mínima para red de monitoreo	39
Figura 4-1 Etiquetado de la muestra	56
Figura 4-2 Formulario de cadena de custodia	58
Figura 4-3 Formulario de cadena de custodia de laboratorio.....	58
Figura 5-1 Esquema de factores adicionales en el proceso de validación	62
Figura 5-2 .Proceso de validación de datos.....	65
Figura 6-1 Ejemplo de Reporte Diario mediciones continuas	75
Figura 6-2. Ejemplo de reporte de mediciones de MP10, monitores gravimétricos	76
Figura 6-3. Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases	77
Figura 6-4 Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases (continuación)	79
Figura 6-5. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas.	79
Figura 6-6. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)	80
Figura 6-7. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)	81

Tablas

Tabla 1-1 Esquema de desarrollo de plan de Aseguramiento y Control de calidad.....	2
Tabla 2-1. Consideraciones en la planificación de monitoreo ambiental	5
Tabla 2-2. Ejemplo de objetivos de monitoreo de aire	7
Tabla 2-3. Requerimientos de la calidad de los datos	7
Tabla 2-4. Principales objetivos de QA/QC del monitoreo de calidad de aire	8
Tabla 2-5. Definición de escalas para la realización de monitoreos ambientales	10
Tabla 2-6. Relación entre objetivos de monitoreo y escalas espaciales de representatividad	11
Tabla 2-7. Contaminantes a monitorear	12
Tabla 2-8. Número de Observaciones recomendadas para validar monitoreos	13
Tabla 2-9. Normas de calidad de aire vigentes en Chile	13
Tabla 2-10. Métodos de medición exigidos en las normas de calidad de aire	14
Tabla 2-11. Tabla comparativa de metodologías de monitoreo	15
Tabla 2-12. Utilidad de las metodologías en función con el objetivo establecido.....	16
Tabla 2-13. Factores de decisión en la selección del equipo de medición.....	17
Tabla 2-14. Factores de decisión de selección de sitio de instalación	20
Tabla 2-15. Resumen de influencia de topografía en dispersión de contaminantes	22
Tabla 2-16. Clasificación de sitios de monitoreo y sus definiciones	23
Tabla 2-17. Factores de infraestructura mínimos en los sitios de medición	24
Tabla 2-18. Resumen de criterios de ubicación del sitio por contaminante y escala de medición.	24
Tabla 2-19 Distancia de monitores a caminos, para O ₃ , NO _x y CO.....	25

Tabla 2-20 Consideraciones para la Ubicación de	27
Tabla 2-21 Ejemplo de Lista de Verificación	29
Tabla 2-22 Criterios para determinación de número de sitios de monitoreo	31
Tabla 2-23 Recomendaciones de número mínimo de estaciones.....	31
Tabla 2-24. Criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición.	36
Tabla 3-1. Resumen de actividades de visita al sitio de monitoreo	43
Tabla 3-2. Resumen de las funciones de visita	44
Tabla 5-1 Factores de conversión de [ppb] a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	68

1 Introducción

1.1 Antecedentes del proyecto y alcance

En Chile, la responsabilidad del monitoreo de calidad de aire está dispersa en una serie de instituciones y organismos. La tarea de la vigilancia de calidad de aire está bajo la responsabilidad de los Servicios de Salud (SS) de cada Región, correspondiéndoles realizar directamente el monitoreo o bien fiscalizar la operación de las redes privadas asociadas a planes de descontaminación o a proyectos de inversión.

Por otro lado, las empresas que tienen la obligación de mantener redes privadas de monitoreo, las operan directamente o bien encargan esta labor a empresas subcontratadas. Con excepción del SESMA, los SS se dedican mayoritariamente a la fiscalización de redes privadas, siendo una tarea más entre muchas que deben realizar, con limitaciones de recursos humanos, monetarios y una imposibilidad de especialización debido a las múltiples tareas que deben realizar sus funcionarios.

Lo anterior va en desmedro de la confiabilidad de la información generada por las redes privadas, que queda supeditada a la calidad del trabajo operacional de las instituciones que deben reportar sus resultados a las autoridades sin una debida fiscalización. Adicionalmente, no existen reglamentos ni protocolos de procedimientos comunes que cautelen la confiabilidad de la información. Cada red tiene sus propias metodologías de control y no hay supervisión de ellas clara y uniforme.

La ausencia de un sistema de aseguramiento de calidad de los datos generados en redes de monitoreo y la dispersión de la información puede repercutir en evaluación insuficiente de políticas ambientales con los consiguientes riesgos asociados a un diseño errado. Esto ocurre porque en muchas ocasiones la oportunidad en la cual aparece la información es tardía o posterior al desarrollo o seguimiento de las políticas.

En este marco, el inicio de la ejecución de un Programa de Control de Monitoreo de Calidad de Aire Nacional, cuyo objetivo principal es velar por el aseguramiento y control de la calidad de la información generada en las estaciones de monitoreo del país y por la optimización de la operación de las redes de monitoreo, cobra gran relevancia.

En este sentido se ha considerado prioritario avanzar en el desarrollo de reglamentos y protocolos de procedimientos relativos al monitoreo de la calidad de aire, que permitan una estandarización y el aseguramiento de la calidad del monitoreo que se realice en el país.

Es en este contexto que el aseguramiento de calidad y el control de calidad, QA/QC (por sus siglas en inglés), constituyen una parte esencial de todo sistema de medición. Ambos incluyen la secuencia global de actividades que aseguran que una medición cumpla las normas de calidad definidas con un nivel establecido de confiabilidad. La reunión de expertos en monitoreo convocados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizada en Ginebra en 1991 determinó que es esencial elaborar un **plan de aseguramiento de la calidad** para las redes de monitoreo a fin de garantizar la comparabilidad y compatibilidad de los datos provenientes de diferentes lugares.

1.2 Planificación del aseguramiento de la calidad del monitoreo del aire (Antecedentes técnicos)

Previo a la ejecución de un programa de medición de contaminantes atmosféricos, es necesario diseñar un programa de monitoreo que considere un plan de aseguramiento de calidad (QA) y control de la calidad (QC) en cada uno de los componentes que permita obtener datos confiables acorde a una calidad previamente definida.

Las actividades de aseguramiento de calidad incluyen las fases previas a las mediciones dentro del monitoreo: la determinación de los objetivos y de la calidad de los datos del monitoreo, la designación del sistema, la selección del sitio, evaluación del equipamiento y capacitación de los operadores.

Las funciones de control de calidad comprenden las actividades realizadas para obtener exactitud y precisión en la medición: operación y mantención, calibraciones, control de datos, auditorías, entrenamientos, etc.

La implementación exitosa de cada componente del esquema de QA/QC es necesaria para asegurar el éxito del programa completo. *WHO's Guidelines for Air Quality*, define QA/QC como una cadena de actividades diseñadas para entregar datos creíbles y exactos, en que cada una de sus fases debe resguardarse y establecerse como pieza fundamental en el logro de los objetivos, proponiendo el esquema que se presenta a continuación:

Tabla 1-1 Esquema de desarrollo de plan de Aseguramiento y Control de calidad

Desarrollo de un plan de aseguramiento de calidad		
Aseguramiento de la calidad	Definición de los objetivos del monitoreo	• Definir los objetivos del monitoreo • Definir los objetivos de la calidad de los datos
	Diseño de monitoreo	• Diseñar la red de monitoreo • Seleccionar los sitios • Evaluar y seleccionar el equipamiento de medición • Desarrollar un programa de capacitación
Control de calidad	Control de calidad	• Preparar protocolos (procedimientos normalizados de operación y mantenimiento de registros) para la operación en los sitios y para el mantenimiento de los equipos • Preparar protocolos para la calibración de los equipos • Preparar un cronograma de visitas al sitio • Preparar los protocolos para la inspección, verificación y validación de datos
	Evaluación de la calidad	• Cronograma para auditorías en la red y reportes.

Fuente: Manuales de Metodologías de GEMS/Aire. Volumen 1.
Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano

El diseño de un plan efectivo del programa de QA/QC es sólo el primer paso en el proceso de control calidad. El programa necesita ser documentado totalmente, y condescendiente con los procedimientos y requerimientos de las actividades del monitoreo. Los programas de monitoreo evolucionan a menudo con el tiempo en función de un cambio en sus objetivos, la legislación vigente, los recursos para la operación o cambios en la problemática de la contaminación del aire. Los programas de aseguramiento de la calidad, por consiguiente, deben ser revisados regularmente, para asegurar que ellos sigan dentro de, y cumpliendo a la vez con, el marco de los objetivos.

Aunque el objetivo principal es que la planificación de QA/QC sea aplicada a toda la red, hay a menudo características diferentes en el énfasis y la aplicación práctica que se le da a algunas etapas en particular. Es común que el énfasis en cualquier sistema de calidad de monitoreo sea puesto en la ejecución de las mediciones, ya que éstas no pueden corregirse después de haberse realizado; luego se consideran fundamentales el diseño y mantención del sistema de calidad de monitoreo, las visitas regulares al sitio de medición, y las auditorías e intercalibraciones, ya que este conjunto de actividades juega un rol trascendental en el aseguramiento de la calidad de la red.

Otro punto importante es la necesidad de protección y validación de los datos. En cualquier programa de medición, bien diseñado y operado, el funcionamiento defectuoso de un equipo, los errores humanos, los fallos en la alimentación de corriente, las interferencias y una variedad de otras perturbaciones pueden producir una colección de datos adulterados. Por consiguiente, se debe maximizar la integridad y utilidad de los datos, identificándolos y extrayéndolos antes de la resolución final.

1.3 Estructura y alcance del Manual

En el marco de la elaboración de un Programa de Aseguramiento y Control de las Mediciones del Monitoreo del Aire, este manual ha sido escrito para proporcionar:

1. Una introducción general del diseño de una red de monitoreo (compuesta por una o más estaciones)
2. Una guía práctica que detalla los procedimientos de operaciones estándar usados en las distintas etapas del sistema de monitoreo.

El manual es dividido en dos partes:

Parte A: es descriptiva y contiene la información base general sobre los objetivos, estructura y dirección de la red. Es decir, presenta las etapas que conforman el diseño de la red de monitoreo, entre las cuales se encuentran lo siguiente:

- Objetivos del monitoreo y de la calidad de las mediciones
- Escalas de medición

- Selección de contaminantes a medir
- Selección de métodos de medición (normativa vigente)
- Selección de sitios de medición
- Implementación de la estación

Parte B: contiene los procedimientos de operación a usar en los diferentes componentes de la red, las operaciones en el sitio y fuera de él. En esta parte se incluye lo siguiente:

- Procedimientos de aceptación, traslado e instalación de equipos
- Programa de operación y mantención de la red (programa de visita)
- Calibraciones de equipos
- Auditorías del sitio
- Evaluación del personal
- Mantenimiento de trazabilidad
- Procesamiento de información
- Reportes de información
- Auditorías internas y externas orientadas al mejoramiento continuo

2 Diseño de Monitoreo

2.1 Planificación y objetivos del monitoreo

Cualquier decisión en lo que respecta a la planificación del monitoreo es determinada finalmente por los objetivos globales del monitoreo, por la disponibilidad de recursos y por el usuario final de los datos procesados. En este contexto, las principales preguntas que se deben considerar en la planificación de un sistema de monitoreo se entregan en la tabla siguiente.

Tabla 2-1. Consideraciones en la planificación de monitoreo ambiental

Preguntas a considerar antes de monitorear
• ¿Cuáles son los objetivos del monitoreo? • ¿Qué recursos existen? ○ Recursos económicos ○ Recursos humanos ○ Tiempo • ¿Qué contaminantes se quiere monitorear? • ¿Qué tipo de datos se necesita? ○ ¿Que resolución de tiempos (intervalo de promediación)? ○ ¿Con qué exactitud y precisión? • ¿Qué método de monitoreo y equipamiento se debe usar? • ¿Para quién se generan los datos y en qué formato se desean?

Las respuestas a estas interrogantes, facilitan el diseño del sistema de monitoreo y evitan la generación de información innecesaria o la duplicación de esfuerzos producto de una organización y planificación errada o ligera de las actividades a realizar para el logro de los objetivos.

El esquema de la Figura 2-1 propone la organización básica que se debería adoptar para determinar en forma precisa los objetivos del monitoreo.

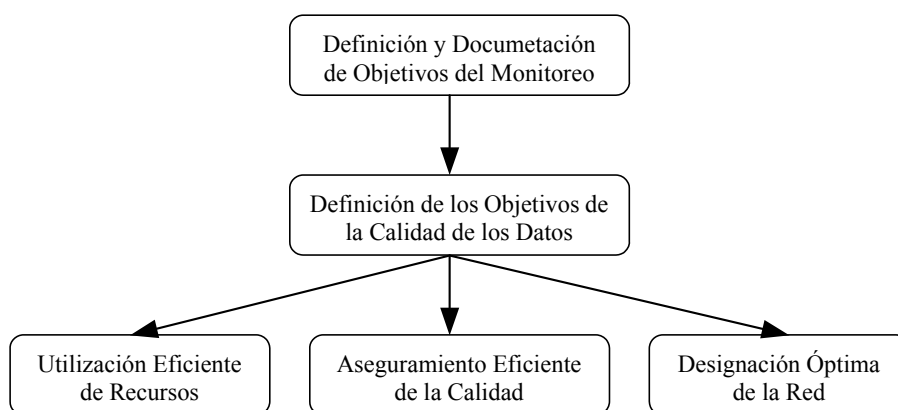


Figura 2-1. Esquema de organización básica para la determinación de los objetivos del monitoreo

Es fundamental que los objetivos sean claros y factibles de realizar. Una definición clara de los objetivos es esencial para permitir un desarrollo óptimo de la red de monitoreo, definir los contaminantes prioritarios y seleccionar los métodos de medición apropiados.

Debe considerarse que una red de monitoreo está diseñada para una variedad de funciones, como por ejemplo, desarrollo de estrategias y políticas de acción, planificación local o nacional, mediciones comparativas con estándares internacionales, identificación y cuantificación del riesgo en la salud y conocimiento público de la realidad local, entre otras.

Obviamente, los mismos objetivos no se aplican a todos los contaminantes ni a todos los sitios de monitoreo en una misma zona y, en general, son influenciados por las prioridades de la realidad del medio en el cual se emplazan.

Entre los objetivos más usuales de monitoreo del aire se tienen los señalados en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Ejemplo de objetivos de monitoreo de aire

Algunos de los objetivos del monitoreo del aire
• Determinar la exposición de la población y evaluar la influencia de la contaminación del aire sobre la salud y el ambiente • Verificar el cumplimiento de resoluciones de medición de contaminantes impuestas por la autoridad • Informar del estado de la calidad del aire • Determinar la conformidad con estándares nacionales e internacionales • Proveer los datos de entrada para elaborar modelos de calidad del aire y la información necesaria a los programas de control de calidad de aire • Proveer la información para el desarrollo de políticas ambientales y el establecimiento de prioridades de acción • Proveer la información para el desarrollo de herramientas de control (modelamiento, sistemas de información geográfica de distribución de contaminación, exposición de personas, etc) • Verificar la efectividad de las medidas de control • Determinar las necesidades del control de la contaminación en los niveles actuales o proyectados de calidad del aire • Activar las medidas de contingencia cuando se requiera • Evaluar inventarios de emisiones y modelos de predicción de la calidad del aire • Detectar el transporte de largo alcance de los contaminantes • Monitorear las tendencias de acumulación de contaminantes totales en la atmósfera

Nota: Recopilación de principales objetivos de monitoreo. Bibliografía del estudio, Ver anexos

2.2 Objetivos de la calidad de los datos

La definición de los objetivos determina los requerimientos de datos y su nivel de calidad.

De especial interés son los siguientes criterios de calidad para datos ambientales:

Tabla 2-3. Requerimientos de la calidad de los datos

Requerimientos de la calidad de los datos
• Exactitud (Qué tan cerca llega el valor de la medición al valor real o de referencia) • Precisión (Reproducibilidad del dato) • Completitud (La cantidad de datos válidos obtenidos como fracción de lo que se tenía planificado a obtener) • Representatividad (Que la muestra de contaminación sea típica con respecto a las condiciones, al período y a la localidad para la cual se obtiene el dato) • Comparabilidad (extensión de redes, resultados comparables a otras redes)

2.3 Objetivos del aseguramiento y control de calidad del monitoreo del aire

Se debe enfatizar que la función de QA/QC no es entregar datos de la más alta calidad, ya que sería un objetivo poco realista atendiendo a los recursos prácticos que se tengan, sino más bien, que se cumplan con los objetivos realistas requeridos de la calidad de los datos.

Los objetivos del aseguramiento y control de calidad se resumen a continuación:

- a) Los datos obtenidos de los sistemas de medición deben ser representativos de las áreas bajo investigación.
- b) Las mediciones deben ser lo suficientemente exactas y precisas como para alcanzar los objetivos específicos del monitoreo.
- c) Los resultados del monitoreo deben ser internamente consistentes y comparables con normas internacionales u otras normas aceptadas, si existen.
- d) Los datos obtenidos deben ser consistentes en el tiempo. Esto es particularmente importante si los datos se van a analizar con miras a determinar tendencias de largo plazo.
- e) Con frecuencia, se requiere una tasa anual de recolección de datos superior a 75%. Pero en otras situaciones se requieren tasas de recolección muy altas, sobre 95%.

Tabla 2-4. Principales objetivos de QA/QC del monitoreo de calidad de aire

Objetivos del QA/QC
• Obtener medidas exactas, precisas y confiables • Obtener datos representativos del ambiente o de las condiciones del lugar de exposición • Obtener resultados comparables y trazables con respecto a los patrones metrológicos • Obtener medidas consistentes en el tiempo • Capturar un alto porcentaje de datos, uniformemente distribuidos • Optimizar el uso de recursos

Este Manual describe los procedimientos y registros básicos para asegurar que el conjunto de operaciones que forman parte del programa de monitoreo sea coherente con los objetivos del programa de QA/QC especificados anteriormente.

Para cumplir con los objetivos del programa de QA/QC no basta con seguir los procedimientos de operaciones de cada etapa del monitoreo. El entrenamiento de los operadores en el o los procedimientos específicos en los cuales se desempeñe dentro de las etapas del monitoreo, es la clave para llevar a cabo los objetivos planteados.

2.4 Determinación de escalas de monitoreo

La selección de la ubicación de las estaciones requiere hacer compatible el objetivo general del monitoreo con la determinación de un área de escala apropiada de representación espacial, y luego con la selección de un lugar de monitoreo que sea característico de dicha escala espacial.

El concepto de escala espacial de representatividad de una estación de monitoreo se define, entonces, para clarificar la naturaleza de la relación entre objetivos de monitoreo y localización física de una estación de monitoreo.

Así, la escala espacial de representatividad está descrita en términos de las dimensiones físicas de la parcela de aire cercana a la estación de monitoreo para la cual las concentraciones de contaminantes son razonablemente similares.

Usualmente, se aplican seis escalas espaciales para la ubicación de sistemas de monitoreo de contaminación atmosférica, las cuales se describen a continuación:

Microescala. A esta escala se asocian volúmenes de aire ambiental que tienen dimensiones que van desde varios metros hasta aproximadamente 100 metros y corresponde a estaciones ubicadas muy cerca de la(s) fuente(s), (por ejemplo: O₃, CO y NO). Para los monitores de gases, esta escala se usa para evaluar la distribución del gas dentro del penacho, ya sea sobre terreno plano o sobre terreno complejo. En el monitoreo del total de partículas en suspensión (PTS) y de material particulado (MP), esta escala se usa para caracterizar las emisiones procedentes de las inmediaciones de fuentes puntuales. Este tipo de escala, también se puede usar para definir los efectos sobre la salud de ciertos individuos que permanecen cerca de una ubicación fija por largos períodos.

Escala media. Esta escala representa dimensiones que van de 100 metros a 0.5 kilómetros y caracteriza la calidad del aire en áreas de un tamaño equivalente a varias manzanas dentro de una ciudad. Corresponde a estaciones ubicadas a distancias considerables de las fuentes pero bajo su influencia. Algunos de los usos de los datos asociados con las mediciones de escala media, tanto de gases como de PTS/MP, incluyen la evaluación de los efectos de las estrategias de control para reducir las concentraciones urbanas y el monitoreo de episodios de contaminación ambiental.

Escala local. Las mediciones de la escala local caracterizan las condiciones sobre áreas con dimensiones que van desde 0.5 hasta 4 Km. Supone condiciones de homogeneidad en la parcela de aire correspondiente, por lo que no debe haber influencia significativa de alguna fuente en particular. Esta escala se aplica en áreas donde la tasa de aumento o disminución del gradiente de concentración gaseoso y de PTS/MP es relativamente baja (por ejemplo: principalmente áreas suburbanas en las cercanías de los centros urbanos) y en grandes secciones de pueblos y ciudades pequeñas. En general, estas áreas son homogéneas en términos de perfil de concentración. Las mediciones de la escala local pueden ser asociadas con concentraciones de línea de base en áreas de crecimiento proyectado y en estudios sobre respuestas de la población a la exposición a contaminantes (por ejemplo: efectos sobre la salud). Asimismo, los máximos de concentración asociados con episodios de contaminación atmosférica pueden estar distribuidos de manera razonablemente uniforme sobre áreas de escala local. Las mediciones tomadas dentro de tales

áreas representan concentraciones de escala local y de escala media. Finalmente, esta escala se usa para hacer comparaciones de una ciudad a otra y satisface la mayoría de los objetivos de planificadores y de personas que participan en el proceso de toma de decisiones en el ámbito urbano y regional.

Escala urbana. Las mediciones a escala urbana caracterizan las condiciones sobre un área metropolitana entera. Esta escala requiere a menudo más de un sitio para la definición. Debe representar condiciones homogéneas para un radio urbano amplio. Tales mediciones son útiles para calcular las tendencias de la calidad del aire en toda una ciudad y, por ende, para la eficacia de las estrategias de control de contaminación a gran escala. Las mediciones que representan áreas que abarcan toda una ciudad también sirven como base válida para hacer comparaciones entre diferentes ciudades.

Escala regional. Las mediciones de la escala regional representan las condiciones sobre áreas con dimensiones de cientos de kilómetros. Estas mediciones se aplican principalmente a grandes áreas homogéneas, particularmente aquellas que están escasamente pobladas. Tales mediciones proporcionan información acerca de la calidad de fondo del aire y del transporte de contaminación entre regiones.

Escala nacional o global. Esta escala de medición representa concentraciones que caracterizan a la nación o al mundo como un todo. Tales datos son útiles en la determinación de las tendencias contaminantes, el estudio de los procesos de transporte internacional y global y la evaluación de los efectos de las políticas de control a escala global.

Tabla 2-5. Definición de escalas para la realización de monitoreos ambientales

Categoría de Escala	Definición
Microescala	Define las concentraciones en volúmenes de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros hasta 0.5 kilómetros.
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0,5 a 4 km.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 km.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.
Escala Nacional o Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación o del mundo como un todo.

Nota: Referencias a escalas de representatividad espacial relativas a cada contaminante
Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems,
 Vol. II: *Ambient Air Specific Methods, Appendix 6-A, 1997*
 Puede ser encontrada también en 40 CFR Part 58, Appendix D.

Cada escala espacial se diseña para satisfacer los objetivos específicos de monitoreo.

Los objetivos específicos de la mayoría de los diseños de redes de monitoreo se pueden resumir en:

- Determinar las concentraciones máximas que se espera que ocurran en el área cubierta por la red
- Determinar las concentraciones representativas en áreas de alta densidad de población
- Determinar el impacto de fuentes o categorías de fuentes significativas en los niveles de contaminante ambiental, y
- Determinar el fondo general o línea base de los niveles de concentración

La Tabla 2-6 entrega la relación entre los objetivos básicos de monitoreo y las escalas de representatividad generalmente más apropiadas para cumplir cada uno de esos objetivos.

Tabla 2-6. Relación entre objetivos de monitoreo y escalas espaciales de representatividad

Objetivos de monitoreo	Escalas espaciales apropiadas
Medición de altas concentraciones	Micro Media Local Urbana (en ocasiones)
Efectos en población	Local Urbana
Impacto de fuentes	Micro Media Local
General/De fondo/De base	Local Regional

2.5 Selección de contaminantes a monitorear

Los contaminantes atmosféricos son producidos por diversas fuentes, las cuales no sólo pueden generar un problema en su área vecina inmediata, sino también pueden viajar a grandes distancias, como también reaccionar químicamente en la atmósfera produciéndose contaminantes secundarios como lluvia ácida u ozono.

Las limitaciones técnicas y presupuestarias imposibilitan monitorear todos los contaminantes presentes en el aire, es por eso que los programas de monitoreo usualmente miden sólo un pequeño grupo de contaminantes que actúan como indicadores de la calidad del aire. Estos contaminantes específicos son seleccionados porque:

- Pueden causar efectos adversos significativos en la salud y en el ambiente.

- Son descargados a la atmósfera normalmente por fuentes conocidas o sospechosas.
- Proporcionan buenos indicadores de la calidad global del aire.

La naturaleza de las fuentes presentes en el área proporcionará una buena indicación de cuáles contaminantes monitorear. Por ejemplo, si los vehículos son la fuente primaria de contaminantes, el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono y posiblemente el benceno y las partículas deberían ser monitoreadas. Si el área es afectada por las emisiones domésticas, consumo de la leña, etc. las partículas y posiblemente el monóxido de carbono se deben monitorear. En lugares donde el carbón es utilizado con frecuencia, en uso doméstico o industrial, el dióxido de azufre se debe monitorear.

Sin embargo, dependerá de los objetivos centrales del monitoreo la elección de los contaminantes a monitorear.

Este Manual ha sido diseñado para los cinco agentes contaminantes principales, denominados contaminantes criterios, que se identifican en la Normativa Ambiental Vigente de Chile:

Tabla 2-7. Contaminantes a monitorear

Material particulado	Gases
Material particulado respirable de diámetro <10µm, PM₁₀	Dióxido de azufre, SO₂ Monóxido de carbono, CO Dióxido de nitrógeno, NO₂ Ozono, O₃

2.5.1 Definición de frecuencias de medición

La determinación de la frecuencia de monitoreo de cada uno de los contaminantes está en función de los objetivos del monitoreo y en muchos casos de la normativa vigente que determina los períodos de evaluación desde valores horarios a anuales. La frecuencia de monitoreo guarda relación con los efectos en salud de cada contaminante, lo que está implícito en las normas.

Para monitoreo no continuos de PM₁₀, en general, se efectúan mediciones de 24 horas a intervalos de 3 días, 6 días o según como lo requiera los objetivos del programa. El muestreo puede iniciarse y finalizar a la medianoche o fijar cualquier otra hora.

Para muestreos de gases mediante técnicas pasivas es usual frecuencias semanales o mensuales, sin embargo, estas mediciones no permiten resoluciones horarias de información si se pretende comparar con normas horarias.

En el caso de las mediciones con monitores continuos, las resoluciones de tiempo incluso pueden llegar a valores cada 1 minuto, los cuales posteriormente se promedian para generar valores horarios, diarios, semanales mensuales, anuales. En general, un mínimo del 75% de

observaciones totales deben registrarse para el procesamiento de la información en cada una de las resoluciones de tiempo.

Tabla 2-8. Número de Observaciones recomendadas para validar monitoreos

Intervalo de tiempo	Número mínimo de observaciones
3 h promedio	3 observaciones horarias consecutivas
8 h promedio	6 observaciones horarias
24 h (1 día)	18 observaciones horarias
Mensual	23 promedios diarios
Trimestral	3 promedios mensuales consecutivos
Anual	9 promedios mensuales

Los valores de la Tabla 2-8 pueden ser aun más estrictos (aumentar el valor mínimo) en función de los objetivos fijados.

2.6 Selección de métodos de medición

Una variedad muy amplia de métodos para medir los contaminantes atmosféricos se encuentra disponible en el mercado, los cuales varían tanto en precio como en precisión de las mediciones.

Sin embargo, cabe destacar que se recomienda que la selección del tipo de monitoreo y específicamente su método de medición, debe estar incluido dentro de las alternativas de métodos de medición que establece la Norma Primaria de calidad de aire de nuestro país.

La selección del tipo de tecnología de medición adecuada depende fundamentalmente de los objetivos de la calidad de los datos a generar. Además, se deben considerar otros aspectos como las limitaciones económicas particulares y la disponibilidad de personal calificado que participe en el programa de monitoreo. Factores como el costo de los instrumentos, así como la complejidad, la confiabilidad y el rendimiento de ellos juegan un papel importante en la selección.

2.6.1 Normativa vigente

Las normas ambientales son disposiciones legales que establecen, por acuerdo entre los distintos sectores de la sociedad, cuáles serán los niveles de sustancias contaminantes que serán considerados aceptables y seguros para la salud del ser humano y del medio ambiente. Las normas son herramientas de gestión ambiental, establecen los límites a aquellos elementos que presentan algún grado de peligro para las personas o el ambiente y señalan metodologías de medición para el contaminante. La Tabla 2-9 presenta las normas vigentes para los contaminantes considerados en el alcance de este Manual.

Tabla 2-9. Normas de calidad de aire vigentes en Chile

Contaminante	Decreto/Fecha de promulgación
Material particulado respirable (PM ₁₀)	D.S. N° 59 de 16 de marzo de 1998
Ozono (O ₃)	D.S. N°112 de 6 de agosto de 2002

Contaminante	Decreto/Fecha de promulgación
Dióxido de azufre (SO ₂)	D.S. N°113 de 6 de agosto de 2002
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	D.S. N°114 de 6 de agosto de 2002
Monóxido de carbono (CO)	D.S. N°115 de 6 de agosto de 2002

La Tabla 2-10 presenta los métodos exigidos por las normas de calidad de aire para la medición de los contaminantes normados.

Tabla 2-10. Métodos de medición exigidos en las normas de calidad de aire

Contaminante	Método de medición
Material particulado respirable (PM ₁₀)	• Método gravimétrico de muestreador de alto volumen equipado con cabezal PM-10; • Método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal PM-10;
	• Método por transducción gravimétrica de oscilaciones inducidas. Microbalanza de oscilación de sensor en voladizo con cabezal PM-10; • Métodos basados en el principio de atenuación beta.
Ozono (O ₃)	• Quimiluminiscencia con etileno; • Fotometría de absorción ultravioleta; • Cromatografía líquida gas/sólido; • Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Dióxido de azufre (SO ₂)	• Fluorescencia ultravioleta; • Espectrometría de absorción diferencial con calibración in – situ.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	• Quimiluminiscencia; • Los que se basen en el método modificado de Griess-Saltzman; • Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Monóxido de carbono (CO)	• Fotometría infrarroja no dispersiva.

En este contexto, las Normas Primarias de Calidad de Aire permiten “Un método de medición de referencia o equivalente designado o aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea”.

El monitoreo de calidad de aire se debe realizar con equipos que cumplan con los métodos de medición señalados en la Tabla 2-10 y que hayan sido reconocidos, aprobados o certificados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos o por las Directivas de la Comunidad Europea.

Estos equipos de medición se encuentran clasificados en: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos. Existe una quinta categoría, bioindicadores, los cuales son usados principalmente para fines de investigación.

Las principales ventajas y desventajas de las diferentes técnicas se resumen en la Tabla 2-11 y sus descripciones se señalan en el Anexo B.

Tabla 2-11. Tabla comparativa de metodologías de monitoreo

Metodología	Contaminantes medidos	Ventajas	Desventajas	Inversión Us\$
Muestreadores Pasivos	Gases y partículas (para monitoreos exploratorios)	• Muy bajo costo • Muy simple • Útiles para estudios de línea base • No depende principalmente de electricidad	• Inapropiado para algunos contaminantes. • En general, sólo proporciona promedios semanales y mensuales • Requiere intenso análisis de laboratorio. • Procesamiento lento de los datos	2 a 4 por muestra
Muestreadores Activos	Material particulado	• Bajo costo • Fáciles de operar • Confiabilidad en operación y funcionamiento • Historia de base de datos	• Proporciona los promedios diarios • Intensa labor de colección de muestras • Requiere análisis de laboratorio	2.000 a 4.000 por unidad
Monitoreos Automáticos	Material particulado y gases	• Alto funcionamiento comprobado • Datos horarios • Información <i>on line</i> • Bajos costos directos	• Complejo • Caro • Requiere técnicos calificados • Altos costos periódicos de operación	10.000 a 20.000 por analizador
Sensores Remotos	Material particulado, gases y variables meteorológicas	• Proporcionan patrones de resolución de datos • Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmósfera • Mediciones de multicomponentes	• Muy complejos y caros • Dificiles de operar, calibrar y validar • No son siempre comparables con los analizadores convencionales	> 200.000 por sensor

Nota: Valores de referencia al año 2002. Fuente: PNUMA/OMS 2002
Manuales de Metodología de GEMS/Aire. Volumen 1. Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano

Los sistemas más costosos brindan datos más exactos pero, por lo general, su manejo es más complejo. Debido a que los costos de inversión y los costos operativos de las técnicas disponibles

varían ampliamente, se recomienda elegir la tecnología más sencilla y económica pero considerando siempre que esta elección sea acorde con el cumplimiento de los objetivos de monitoreo establecidos.

La selección del método de medición a emplear en el programa de monitoreo debe entenderse, además de las recomendaciones señaladas por las Normas de Calidad de Aire, en función de los objetivos predefinidos del sistema de monitoreo a realizar. En este contexto, la Tabla 2-12 muestra el nivel de utilidad de cada metodología con respecto al objetivo fundamental del programa de monitoreo.

Tabla 2-12. Utilidad de las metodologías en función con el objetivo establecido

OBJETIVOS	METODOLOGÍAS				
	Muestreadores Pasivos	Muestreadores Activos	Analizadores Automáticos	Sensores Remotos	Bio indicadores
Vigilar el cumplimiento de los valores límite de calidad de aire.	1	3	3	1	1
Implementación de planes de contingencia.	1	3	3	2	
Alertas ambientales, vigilancia de valores máximos.	1	2	3	2	
Investigación del transporte de contaminantes atmosféricos	2	2	1	3	2
Barrido de contaminantes en una trayectoria.			2	3	
Rastreo de tendencias temporales de calidad de aire.	2	1	3	3	1
Medición del impacto de las medidas de control en la calidad de aire.	3	2	3	2	1
Calibración y evaluación de modelos de dispersión.	1	1	3	3	
Monitoreo de cuneta (kerbside).	3	3	1		
Efectos de la contaminación atmosférica global Inventario de efectos.	2	2	2	1	3
Estudios de salud pública.	3	3	1		1
Medición de concentraciones de fondo (background).	3	1	1		3
Monitoreos en fuentes fijas.	1	2	3	3	
Monitoreo perimetral a industrias riesgosas.	1	2	3	3	1

Nota: los valores del 1 al 3 indican el nivel de utilidad de la metodología, correspondiendo el número 3 a la metodología más recomendada para cumplir con el objetivo. La ausencia de valor indica que esa tecnología no es recomendable para cumplir con el objetivo en cuestión.

2.6.2 Criterios de selección del equipo de medición

Cualquier analizador de calidad de aire ambiental requiere una selección cuidadosa. No basta sólo con las especificaciones técnicas del equipo.

Los parámetros instrumentales son cuantificados fácilmente y, por lo tanto, mostrados por los fabricantes como las bondades del equipo en cuestión, estos incluyen especificaciones tales como exactitud y precisión, ruido, deriva, y rango de detección. Un resumen con los aspectos más importantes que se deben considerar en la selección del método, y por lo tanto del equipo de medición, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2-13. Factores de decisión en la selección del equipo de medición

Factores a considerar en la elección del método de medición	
• Parámetros técnicos	○ <i>Selectividad:</i> indica el grado de independencia de interferencias del método.
	○ <i>Especificidad:</i> indica el grado de interferencias en la determinación.
	○ <i>Límite de detección</i>
	○ <i>Sensibilidad:</i> Tasa o amplitud del cambio de la lectura del instrumento con respecto a los cambios de los valores característicos de la calidad del aire.
	○ <i>Exactitud:</i> Grado de acuerdo o semejanza entre el valor real o verdadero y el valor medio o medido. Depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración; esta última dependen de la disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. Denota en que manera están ausentes errores por predisposición o sesgo o por azar
	○ <i>Precisión, o reproducibilidad de las medidas:</i> grado de acuerdo o semejanza entre los resultados de una serie de mediciones aplicando un método bajo condiciones predescritas y el valor medio de las observaciones.
	○ <i>Facilidad de calibración del instrumento:</i> Está asociada a la disponibilidad de gases de calibración en el mercado (estándares primarios) y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como a la necesidad de la frecuencia de su empleo.
	○ <i>Disponibilidad de gases de calibración.</i> Gases primarios o secundarios.
	○ <i>Volumen de gas necesario para la determinación:</i> Depende del comportamiento de las concentraciones de sustancias a medir.
	○ <i>Tiempo de respuesta del instrumento:</i> Corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, o sea el período transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de la medición. Se distinguen dos partes: a) tiempo de retraso, aquel en que se alcanza el 10 % del cambio final en el instrumento de lectura, b) tiempo de

Factores a considerar en la elección del método de medición	
crecimiento o caída, durante el cual se pasa del 10 % al 90 % del cambio final en el instrumento de lectura.	
•	Parámetros operacionales
○	Disponibilidad de los sensores.
○	Resolución espacial.
○	Mantenimiento.
○	Porcentaje de intervalo de tiempo fuera de operación.
○	Equipamiento adicional necesario.
○	Mano de obra especializada requerida para operación y mantenimiento.
○	Simplicidad de aplicación
○	Simplicidad y facilidad de uso
○	Fiabilidad y compatibilidad
○	Costo de adquisición, operación y mantención
○	Soporte

2.6.3 Instrumentos recomendados

Existe una gran variedad de monitores automáticos en el mercado. Se recomienda elegir un equipo que cuente con aprobación EPA, que tenga servicio técnico en Chile y que corresponda a una tecnología que asegure una vigencia por al menos unos 8 años de uso.

US EPA en su sitio *web* www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html publica el listado de equipos con aprobación. Se recomienda verificar que el modelo de equipo seleccionado esté en esta lista.

2.7 Selección de sitios de instalación

La selección del lugar de medición apropiado, es una de las tareas más importantes en el diseño de una red de monitoreo, ya que debe ser la ubicación más representativa para monitorear las condiciones de la calidad del aire.

A continuación se presenta un esquema general de las etapas de selección de sitios de monitoreo:

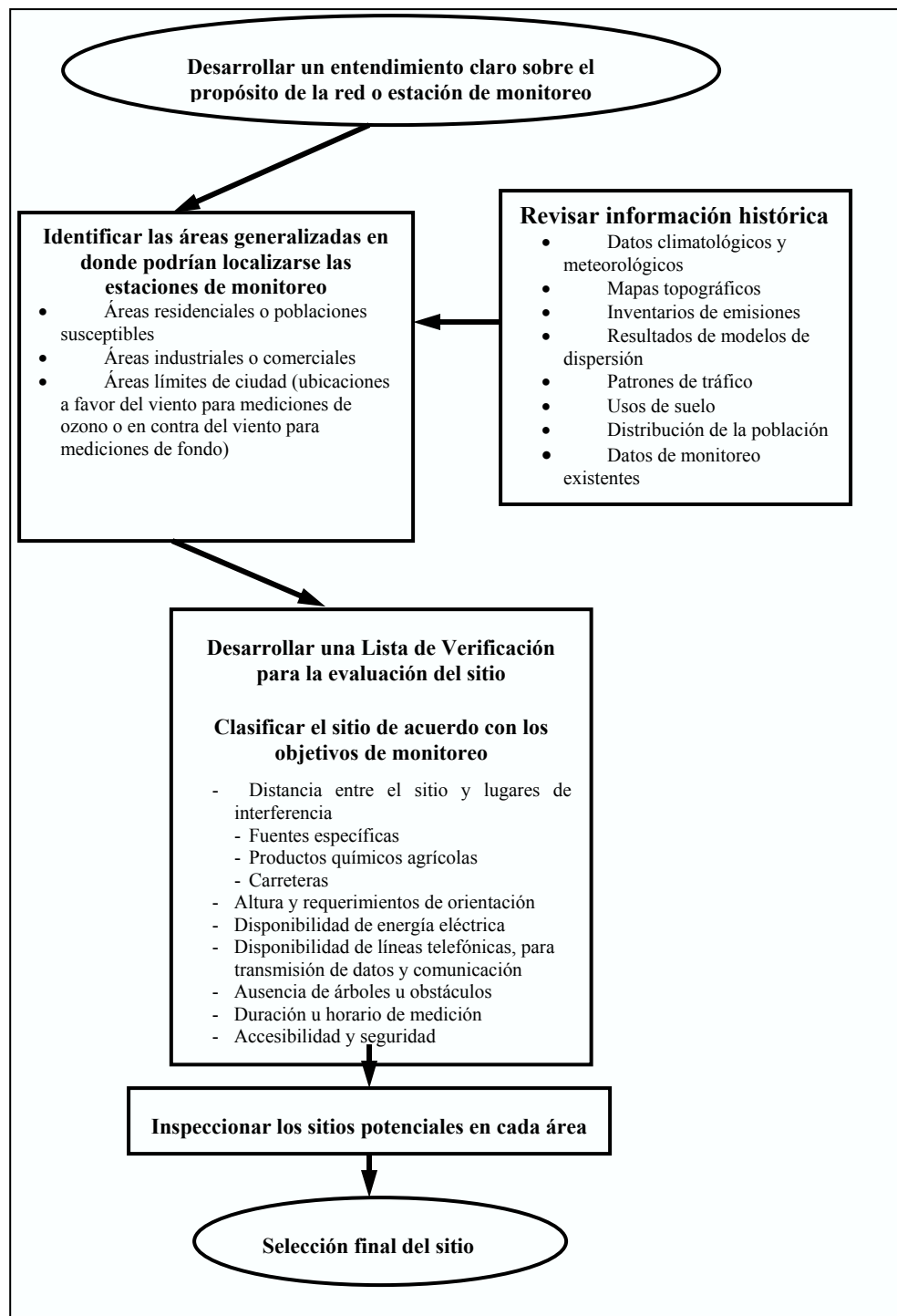


Figura 2-2. Esquema general de selección del sitio

2.7.1 Factores generales a considerar en la selección del sitio de medición

Para seleccionar las localizaciones más apropiadas en concordancia con los objetivos propuestos del monitoreo, es necesario manejar una serie de información que incluya, entre otros factores, información relativa a la ubicación de fuentes de emisiones, a la variabilidad geográfica o distribución espacial de las concentraciones del contaminante, condiciones meteorológicas y densidad de la población.

Tabla 2-14. Factores de decisión de selección de sitio de instalación

Factores de decisión para la instalación de estaciones
• Objetivo del monitoreo • Seguridad del sitio de instalación • Inventario de emisiones • Resultado de simulaciones de modelos • Consideraciones atmosféricas • Topografía • Otros Factores ○ Uso de los datos requeridos ○ Área a abarcar ○ Variabilidad espacial de los contaminantes ○ Disponibilidad de recursos ○ Despliegue de instrumentos

El proceso de selección del sitio de monitoreo, debe considerar los siguientes factores:

Objetivos generales del monitoreo. Generalmente, estos darán la pauta clave para la determinación de los tipos apropiados de áreas seleccionadas para el estudio. Por ejemplo, el monitoreo orientado hacia el tránsito puede incluir estaciones ubicadas en zonas de tránsito peatonal o cerca de las carreteras, mientras que los estudios epidemiológicos pondrán énfasis en los entornos periurbanos versus los entornos céntricos donde se produce la exposición humana.

Seguridad. La experiencia ha mostrado que en algunos casos, un sitio particular puede no ser apropiado para el establecimiento de una estación de monitoreo ambiental debido a los problemas con la falta de seguridad para la permanencia de los equipos, ya sea por actos vandálicos o por fenómenos de la naturaleza.

Inventario de emisiones o ubicación de fuentes emisoras. El conocer la información de localización de fuentes y sus niveles de emisión es un punto importante en la selección de los sitios. Si no es posible hacer un inventario total de emisiones, es importante conocer por lo menos la ubicación de las fuentes e información básica de qué contaminantes emiten.

Calidad del aire. Si sobre el área de estudio se ha realizado un monitoreo del aire, los datos generados pueden apuntar las localizaciones de áreas problemáticas. En caso contrario, es posible

diseñar estudios de sondeo para proporcionar información sobre los problemas de contaminación en la localidad.

Modelos de dispersión. En caso de existir modelos de dispersión, los resultados de las simulaciones de estos se pueden usar para predecir la dispersión de los contaminantes, lo que puede ser de ayuda en la selección de sitios.

Consideraciones Atmosféricas. Las consideraciones atmosféricas pueden influir en la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes y en su transporte. Los efectos de edificios, fuentes de calor, en fin cualquier perturbación de las trayectorias del aire puede producir anomalías locales excesivas de concentraciones del contaminante. La meteorología debe ser considerada en conjunto con la situación geográfica del sitio y junto con ello factores como altura, dirección y extensión de las sondas de monitoreo. Los factores meteorológicos siguientes pueden influir de manera importante en la dispersión de contaminantes:

La **velocidad del viento** afecta el tiempo de viaje del contaminante desde la fuente al receptor y la dilución del aire contaminado en la dirección que experimente el viento. Las concentraciones de contaminantes son inversamente proporcionales a la velocidad del viento.

La **dirección del viento** influye en los movimientos generales de contaminantes en la atmósfera.

La **variabilidad del viento** se refiere a los movimientos aleatorios en los componentes de velocidad horizontales y verticales del viento. Estos movimientos aleatorios pueden ser considerados como turbulencia atmosférica, mecánica (causada por estructuras y cambios en el terreno) o termal (causada por calentamiento o enfriamiento de masas de la tierra o cuerpos de agua). Si los fenómenos meteorológicos impactan con alguna regularidad, los datos necesitarán ser interpretados a la luz de estas condiciones atmosféricas.

Topografía. El transporte y la difusión de contaminantes en el aire se hacen más complejos en presencia de topografía relevante. Antes de la selección final del sitio, se hace necesario revisar la topografía del área para asegurar que los objetivos del monitoreo en ese sitio no sean afectados de manera adversa. La Tabla 2-15 resume rasgos topográficos importantes, sus efectos en el flujo de aire y algunos ejemplos de influencias en la selección de sitios de monitoreo.

Otros datos. Información como datos demográficos, salud, población o usos de suelo, y sobre todo los aportes de sistemas de información geográfica, pueden servir en la identificación de sectores impactados o más susceptibles, por sus características, a la contaminación.

Tabla 2-15. Resumen de influencia de topografía en dispersión de contaminantes

Rasgo topográfico	Influencia en el flujo de aire	Influencia en la selección del sitio de monitoreo
Cuesta/Valle	Corrientes de aire descendentes por la noche y en los días fríos; levantamientos de vientos de valle en días limpios cuando ocurre un calentamiento de valle; tendencia cuesta-abajo en los vientos de valle.	Cuestas y valles son considerados como sitios especiales de monitoreo de aire porque generalmente se dispersan bien los contaminantes; los niveles de concentración no representan a otras áreas geográficas; posible ubicación de estación de monitoreo para determinar niveles de la concentración en una población o centro industrial en el valle.
Agua	Durante el día el agua se recoge por sobre la línea de la costa y por la noche abarca mayor superficie de tierra	Monitores sobre las líneas de la costa generalmente para las lecturas del fondo (background) o para obtener datos de contaminación sobre agua.
Colina	Cerros penetrantes que causan turbulencia; flujo aéreo alrededor de las obstrucciones durante las condiciones estables, pero encima de las obstrucciones durante las condiciones inestables.	Depende de la orientación de la fuente; las emisiones de fuente viento-arriba generalmente se mezclan abajo de la cuesta, y ubicar la estación al pie de colina no es generalmente ventajoso; las emisiones de fuente de viento-abajo generalmente se limpian cerca de la fuente; monitorear cerca de una fuente generalmente es deseable si existe centros poblados adyacentes o si el monitoreo pretende proteger a trabajadores
Obstrucciones naturales o antropogénicas	Efectos remolino	Localizar estaciones cerca de obstrucciones no tiene, generalmente, lecturas representativas.

2.7.2 Clasificación de sitios de medición

Para permitir una evaluación más significativa y comparable de los datos obtenidos de las mediciones, los sitios de monitoreo pueden ser clasificados según el tipo de ambiente en que ellos se localizan. La descripción del sitio generalmente reflejará la influencia de una fuente contaminante en particular o del uso del suelo. Una categorización típica de los sitios de medición se señala en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16. Clasificación de sitios de monitoreo y sus definiciones

Clasificación del sitio	Descripción
Centro urbano	Representa una localización urbana de la típica población expuesta en ciudades céntricas.
Urbano/ aledañas (background) o de fondo	Localización urbana distanciada de fuentes y por consiguiente ampliamente representativa de las ciudades alejadas del núcleo central (Ej.: localidades elevadas, parques y áreas residenciales urbanas).
Suburbano	Tipo de localidad situada en una área residencial en las afueras de un pueblo o ciudad.
Sitio de borde (kerbside) o de cuneta	Sitio de monitoreo a 1 metro de un camino transitado.
Industrial	Área donde las fuentes industriales desarrollan una importante contribución.
Rural	Localidad de campo abierta, en un área de baja densidad de población, distanciada, hasta donde es posible, de caminos, poblados y áreas industriales.
Otras	Cualquier localidad o fuente especial relacionada a fuentes de emisión específicas como estacionamientos, aeropuertos, túneles, etc. Alternativamente, un sitio localizado como punto receptor (Ej: hospital o escuela)

2.7.3 Criterios de selección de sitios

Ciertos factores locales necesitan ser considerados en la selección de la localización precisa del sitio de monitoreo, para que éste sea ampliamente representativo de la calidad del aire experimentada por las personas.

Para asegurar comparaciones significantes de datos entre las diferentes estaciones de monitoreo, los sitios deben ser clasificados según lo detallado en la Tabla 2-16.

Así, una variedad de consideraciones prácticas se debe aplicar al seleccionar el sitio de monitoreo.

2.7.3.1 Criterios de infraestructura general del sitio

A continuación se listan criterios generales a considerar en cuanto a la infraestructura que debe tener asociado el sitio de medición.

Tabla 2-17. Factores de infraestructura mínimos en los sitios de medición

Factores a considerar en la infraestructura del sitio de medición	
•	Debe tener acceso a energía eléctrica
•	Posibilidad de conexión telefónica.
•	El sitio debe ser accesible para albergar vehículos que ingresen al lugar.
•	Debe permitir una entrega fácil de los cilindros de gas cerca del sitio y permitir la transferencia de ellos en el lugar sin dificultad.
•	Debe haber acceso fácil al sitio en todo momento.
•	El sitio debe estar en una área donde el riesgo de vandalismo sea mínimo.

2.7.3.2 Criterios de ubicación del sitio

La Tabla 2-18 presenta un resumen de los criterios generales de localización del sitio de medición en cuanto a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, a la separación del tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información se encuentra detallada en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 2-18. Resumen de criterios de ubicación del sitio por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Distancia a calles [m]
SO ₂ B,C,D,E	Media Local Urbana Regional	> 1	> 10	N/A
CO C,D,F	Microescala	>1	>10	2 -10
	Media Local			Tabla 2-19
O ₃ B,C,D	Media Local Urbana Regional	>1	>10	Tabla 2-19
NO ₂ B,C,D	Media Local Urbana	>1	>10	Tabla 2-19
PM ₁₀ B,C,D,E,G	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 -10
	Local Urbana Regional			Figura 2-3

N/A: No aplicable

^A. Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de goteo del árbol y debe estar a 10 metros de la línea de goteo cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor del sensor o muestreador; 180 grados si el sensor está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ubicado en ausencia de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para microescalas de sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 metros de una intersección de calle y preferiblemente a mitad de cuadra.

^G. Para monitores de PM10 una distancia de separación de 2 a 4 m entre los monitores colocados

Tabla 2-19 Distancia de monitores a caminos, para O₃, NO_x y CO

Promedio diario de tráfico vehicular [Vehículos/día]	Distancia mínima para monitores de CO Escala: Media y Local [m]	Distancia mínima para monitores de O ₃ y NO _x Para todas las escalas [m]
10.000	10	10
15.000	25	20
20.000	45	30
30.000	80	
40.000	115	50
50.000	135	
60.000	150	
70.000		100
110.000		250

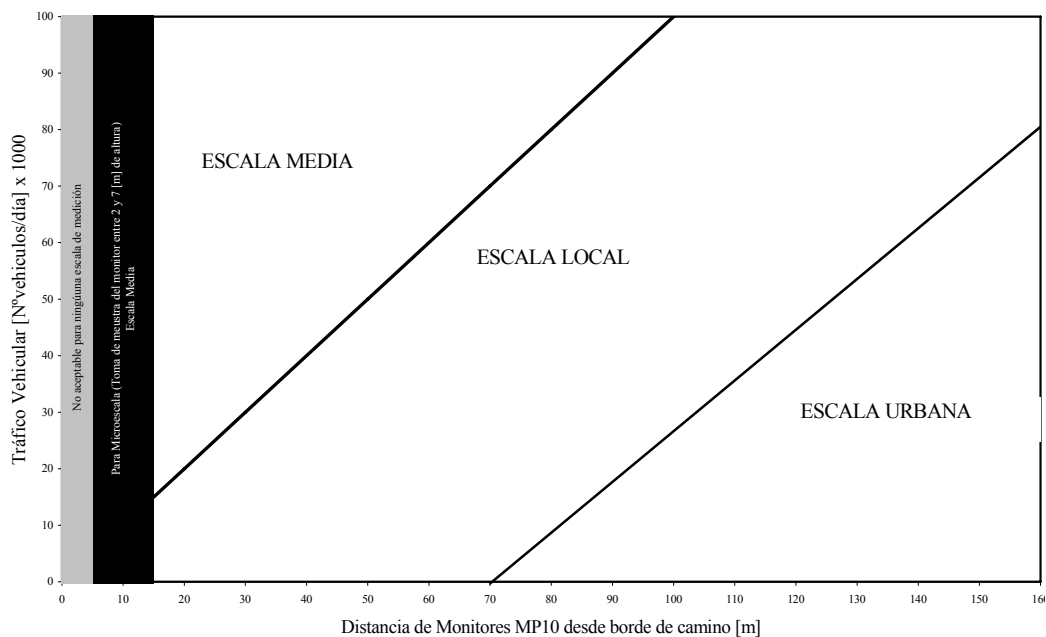


Figura 2-3. Distancia de monitores MP10 a caminos, de acuerdo a escala de medición

2.7.4 Evaluación del sitio en visita a terreno (lista de verificación)

Los criterios de localización del sitio de medición deben ser evaluados en terreno, primero para seleccionar los sitios potenciales y, posteriormente, para definir las localizaciones definitivas que tendrán los sitios en los que se instalarán las estaciones de monitoreo.

Durante la visita al lugar, los criterios de ubicación mencionados anteriormente se usan en combinación con otras informaciones del lugar a fin de desarrollar recomendaciones sobre los sitios específicos de monitoreo. Se evalúa la información relativa a factores tales como clima, topografía y distribución de la población.

Además, para guiar la recopilación y evaluación de información específica del lugar, se revisa una cantidad de referencias técnicas sobre la ubicación y operación del monitor. Posteriormente, se preparan listas de verificación para facilitar las inspecciones del lugar.

La primera lista de verificación se diseña para ayudar en la evaluación de las ubicaciones posibles de lugares de monitoreo por medio del realce de los factores cruciales de las decisiones de ubicación de monitores.

Se trata de saber:

- Si la ubicación permitirá obtener una muestra representativa, incluyendo concentraciones promedio o concentraciones típicas en las áreas de interés.
- Si el lugar está sujeto a posibles interferencias de monitoreo o condiciones micrometeorológicas poco comunes.
- Si hay un camino de acceso adecuado, energía eléctrica y accesibilidad a los monitores.
- Si se pueden satisfacer los criterios de orientación y de colocación de la entrada de los muestreadores con respecto a las corrientes de aire ilimitadas, las líneas de goteo de los árboles, la distancia a obstáculos cercanos y caminos, la distancia sobre el nivel del terreno, la distancia por encima de la caseta del instrumento y la elevación del terreno.
- Si el lugar puede asegurarse contra el vandalismo.

Las consideraciones para construir una lista de verificación se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 2-20 Consideraciones para la Ubicación de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire

Consideraciones de selección de sitios de monitoreo
• Mediciones que deben hacerse en el sitio (NO_x, SO₂, O₃, CO, PM₁₀, parámetros meteorológicos) • Descripción del lugar (p. ej., material de la superficie, terrenos aledaños, obstrucciones cercanas, vías de acceso y cualquier característica poco común) • ¿Es la ubicación general representativa de un escenario de exposición prioritaria? Por ejemplo: ○ Áreas residenciales, escuelas, poblaciones de alta sensibilidad ○ Áreas comerciales o industriales ○ Emplazamiento en dirección a favor del viento cerca de los límites de la ciudad (especialmente para mediciones del ozono) ○ Emplazamiento contra el viento cerca de los límites de la ciudad (para mediciones de fondo) • ¿Está el sitio suficientemente lejos de fuentes de emisión que puedan tener influencias causar interferencia? Por ejemplo: ○ Fuentes puntuales: ▪ Instalaciones industriales ▪ Refinerías ▪ Centrales eléctricas ▪ Otros ○ Fuentes de áreas: ▪ Polvo fugitivo ▪ Aplicación de productos químicos agrícolas ▪ Caminos • ¿Hay alguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes puedan influir en los resultados (especialmente para los particulados)? • ¿Es el lugar apropiado para determinar los niveles de concentración promedio o típicos durante el periodo requerido para el cálculo del promedio? Por ejemplo: ○ Gases (NO, SO, CO) ○ Ozono (tomando en cuenta la hora del día y la dirección del viento cuando la reactividad fotoquímica es máxima) ○ Partículas (PM_{2.5} y plomo) • ¿Es adecuada la vía de acceso? • ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica y líneas de transmisión de datos? • ¿Puede asegurarse el lugar contra el vandalismo? • ¿Hay edificios cercanos, árboles, características del terreno u otras obstrucciones que podrían alterar los patrones de circulación o servir como sumideros o superficies reactivas? Por ejemplo: ○ ¿Pueden separarse las entradas del tomamuestra y los obstáculos cercanos una distancia equivalente a 2 ó 3 veces la altura que tiene el obstáculo por encima de la entrada de sonda? ○ ¿Puede proporcionarse una corriente de aire ilimitada (por lo menos 270°) alrededor de la entrada de la sonda? ○ Para las mediciones de ozono ¿puede ubicarse el monitor en una colina pequeña para reducir el proceso destructivo de superficie? ¿Pueden evitarse las áreas bajas? ○ Para las mediciones de partículas ¿está el lugar a por lo menos 20 metros de la línea de goteo de los árboles? • ¿Pueden colocarse las entradas de 3 a 15 metros por encima del nivel del terreno (idealmente tan cerca como sea posible de la zona de respiración pero lo suficientemente alto como para disminuir la posibilidad de vandalismo)? (para el particulado, el nivel especificado es de 2 a 15 metros.) • ¿Pueden colocarse las entradas a 1 ó 2 metros por encima de la caseta del instrumento (por

Consideraciones de selección de sitios de monitoreo
lo menos a 2 metros para las mediciones de particulado)? ¿Pueden evitarse las entradas que sobresalen por encima de las paredes de la caseta? • ¿Se satisfacen los criterios de distancia mínima del camino a la ubicación del monitor? • ¿Se satisfacen los criterios de distancia mínima según el tráfico vehicular?

La lista de verificación a implementar en el programa de monitoreo puede seguir el siguiente formato:

Tabla 2-21 Ejemplo de Lista de Verificación

SITIO:										NOMBRE VERIFICADOR:									
DIRECCIÓN:																			
COORDENADAS:					LATITUD:					LONGITUD:					ALTITUD:				
MEDICIONES QUE DEBEN HACERSE EN EL SITIO																			
CONTAMINANTES										VARIABLES METEOROLÓGICAS									
PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	NO	NO _x	CO	O ₃				VV ¹	DV ²	T ³	H ⁴						
CLASIFICACIÓN DEL SITIO QUE SE REQUIERE SEGÚN OBJETIVO												CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA							
Centro urbano		De borde		Fuente de emisión específica (Ej: aeropuerto)						Residencial		Agrícola							
Fondo		Industrial		Punto receptor (Ej: Escuela, hospital)						Comercial		Natural							
Suburbano		Rural								Industrial									
ENTORNO LOCAL (de 100 m. a algunos Km)										ENTORNO INMEDIATO (de 0 a 100 m.)									
Urbano Comercial		Zona comercial		Patio interior, escuela, hospital		Otros:													
Urbano Industrial		Zona residencial		Árboles															
Urbano residencial		Puerto		Área grande y llana															
Mezcla de comercial, industrial y residencial		Aeropuerto		Vega, prado															
Concentración industrial alta		Parque, bosque, campos naturales		Terraza o tejado															
Concentración industrial media		Zona agrícola		Frente a fachada de edificio															
Concentración industrial ligera		Montañas, Valles		Paseo peatonal															
Tráfico rodado alto		Costa de mar o lago		Calle con tráfico de intenso															
Tráfico rodado medio		Otros:		Calle con tráfico moderado															
Tráfico rodado ligero				Calle con tráfico leve															
MACRO REQUERIMIENTOS																			
Proporciona datos sobre áreas que registren concentraciones altas que afecten a la población.																			
Proporciona datos sobre niveles en otras áreas.																			
MICRO REQUERIMIENTOS																			
El sitio se encuentra suficientemente lejos de fuentes de emisión que puedan causar interferencias (ver Anexo A)																			
Se puede separar las entradas de toma muestra de los obstáculos cercanos a una distancia de 2 a 3 veces la altura del obstáculo por encima de la entrada de toma muestra																			
Puede proporcionarse una corriente de aire ilimitada (al menos 270°) alrededor de la entrada de la sonda																			
Para mediciones de partículas, ¿Se encuentra el sitio a más de 20 m de la línea de goteo de los árboles?																			
Se pueden colocar las entradas de 3 a 15 m por encima del nivel del terreno (2 a 15 m para medición de partículas)																			
Se pueden colocar las entradas a 1 o 2 m por encima de la caseta del instrumento (más de 2 m para particulado) (ver Anexo C)																			
Se satisfacen los criterios de distancia mínima del camino y la estación (ver Anexo B)																			
Se cumplen las condiciones de seguridad contra vandalismo																			
El acceso al sitio es adecuado.																			
Disponibilidad de energía eléctrica																			
Disponibilidad de líneas telefónicas de transmisión de datos, si corresponde.																			
Ausencia de impacto visual y urbanístico.																			
No existe ninguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes influyan en los resultados																			

¹: Velocidad del viento, ²: Dirección del viento, ³: Temperatura, ⁴: Humedad relativa

Continuación Tabla 2-21. Ejemplo Lista de Verificación

A. Fuentes de emisión que pueden causar interferencias

Fuentes puntuales	Fuentes de área
Industrias	Polvo fugitivo
Refinerías	Aplicación de productos químicos agrícolas
Centrales hidroeléctricas	Caminos
Otros	Otros

B. Requerimientos de distancias mínimas en función del tráfico vehicular

Promedio diario de tráfico vehicular [veh/día]	Distancia mínima para monitores de CO Escalas: Media y Local [m]	Distancia mínima para monitores de O₃ y NO_x Para todas las escalas [m]
10.000	10	10
15.000	25	20
20.000	45	30
30.000	80	
40.000	115	50
50.000	135	
60.000	150	
70.000		100
110.000		250

C. Requerimientos de distancias mínimas en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
2	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

Pautas más específicas se mencionan en los siguientes documentos publicados por la EPA:

- Selección de sitios para el monitoreo de contaminantes atmosféricos fotoquímicos, Site Selection for the Monitoring of Photochemical Air Pollutants, US-EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-600/7-88-022.
- Pautas para el monitoreo ambiental y la prevención de una deterioración significativa (PDS), Ambient Monitoring Guidelines for Prevention of Significant Deterioration (PSD), USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA-450/2-77-010.
- Diseño de redes y criterios de exposición de sitios óptimos para materias de particulado, Network Design and Optimum Site Exposure Criteria for Particulate Matter, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 1983.

- Diseño de redes para las estaciones locales y estatales de monitoreo del aire (ELEMA) y las estaciones nacionales de monitoreo del aire (ENMA), Network Design for State and Local Air Monitoring Stations (SLAMS) and National Air Monitoring Stations (NAMS), USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, Code of Federal Regulations, Title 40, Part 58, Appendix D, 1990.
- Diseño de redes y criterios de exposición de sitios para hidrocarburos orgánicos sin metano, Network Design and Site Exposure Criteria for Nonmethane Organic Hydrocarbons, USEPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, SYSAPP-89/138, 1989.

2.7.5 Determinación de cantidad de sitios de medición

El número y distribución de estaciones de monitoreo depende, además del objetivo central del monitoreo y de los factores antes mencionados, del área a ser cubierta, de la variabilidad espacial de los contaminantes y del uso final de los datos requeridos, de la disponibilidad de recursos y de la factibilidad del despliegue de instrumentos.

Existen diferentes criterios para determinar el número de estaciones o puntos de muestreo que se aplican dependiendo de la información con que se cuenta cuando se va a implementar un estudio de monitoreo.

Tabla 2-22 Criterios para determinación de número de sitios de monitoreo

Algunos criterios en la determinación del número de estaciones de monitoreo	
• La cantidad de población que habita en el área que se pretende vigilar. • La problemática existente en el área que se define en base al tipo de zonas que conforma esa área y a los resultados obtenidos de tomar en cuenta los factores y consideraciones para elegir localizaciones de zonas de muestreo. • Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.	

En función de la población la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo de calidad de aire que dependen del parámetro que se pretenda medir. Estos criterios se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2-23 Recomendaciones de número mínimo de estaciones

Población urbana [millones]	Parámetros de Monitoreo					
	MP10	SO ₂	NO _x	Oxidantes	CO	Meteorológicos (1)
Menos de 1	2	4	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
Más de 8	10	10	5	4	5	3

(1) Velocidad y dirección del viento, Temperatura, Humedad, Gradiente de temperatura

Los valores aquí señalados pueden ser modificados si se consideran los siguientes aspectos:

- En ciudades con alta densidad industrial deben instalarse más estaciones de medición de partículas y dióxido de azufre.
- En zonas en donde se utilicen combustibles pesados se debe incrementar el número de estaciones de dióxido de azufre.
- En zonas con tráfico intenso se deben duplicar las estaciones de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.
- En ciudades con poblaciones mayores a 4 millones de habitantes, con tráfico ligero, se pueden reducir las estaciones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.
- En regiones con terreno accidentado, puede ser necesario incrementar el número de estaciones.

También existen criterios que recomiendan un número de estaciones basándose no sólo en la cantidad de población de una zona, sino en la **concentración del contaminante** que se va a medir. En este contexto, se recomienda un mayor número de estaciones en aquellas zonas que presentan mayor densidad de población con altas concentraciones de contaminantes, que excedan los valores límite.

2.8 Implementación de la Estación de Monitoreo

2.8.1 Requerimientos generales

Siempre en el marco del aseguramiento de la calidad de las mediciones, el diseño de las estaciones de monitoreo debe realizarse en función de satisfacer los requerimientos de operación normal de los equipos e implementos asociados, así como también en brindar al operador la facilidad de acceso a los equipos en el proceso de operación y mantención de ellos.

Requerimientos generales para implementar una estación de monitoreo:

- La estación debe tener los resguardos suficientes (contra vandalismo) y acceso limitado (cerraduras y mallas de seguridad)
- Su estructura debe ser amigable y de fácil acceso a los procesos de operación y mantención rutinaria de la instrumentación.
- Debe ser adecuada a las condiciones de tiempo del área local.
- La caseta debe confeccionarse con materiales de aluminio y acero inoxidable, ya que estos materiales no permiten la acumulación de polvo en forma excesiva y son de fácil limpieza. Por otro lado sus propiedades mecánicas permiten realizar todas las actividades sin que se produzcan daños a la estructura.
- La estación debe ser diseñada para controlar las vibraciones y la luminosidad excesivas sobre los instrumentos.

- El diseño de la estación debe asegurar suministro eléctrico

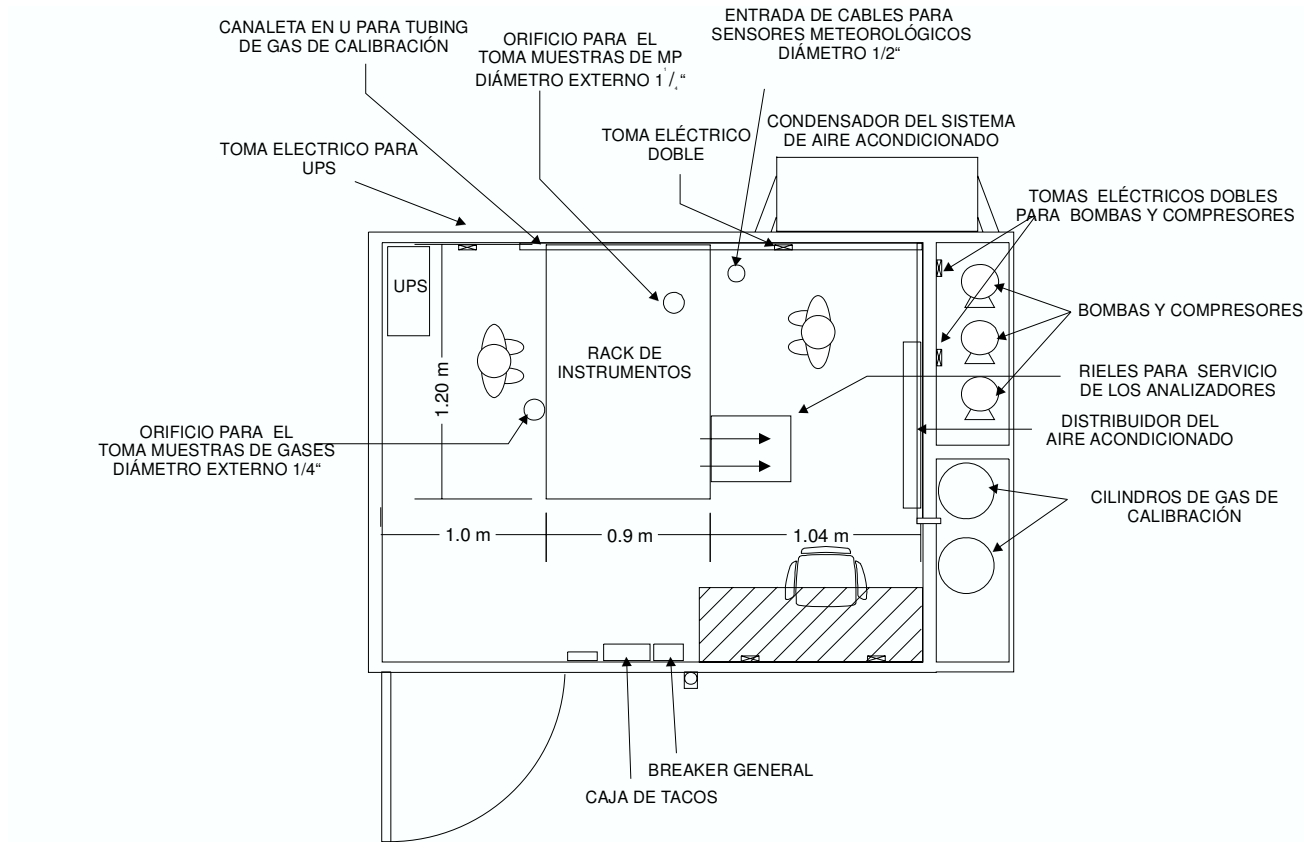


Figura 2-4. Ejemplo de distribución de equipos al interior de estación

Figura 2-5. Otro ejemplo de distribución de equipos en la estación (Fuente: USEPA)

Los equipos de monitoreo requieren temperaturas estables en el rango de 20 a 25°C, por lo cual se requiere un sistema de aire acondicionado. También, asegúrese que los circuitos eléctricos puedan llevar la carga necesaria. Los equipos de medición deben localizarse en un rack, en el cual sus partes delanteras y traseras deben quedar al descubierto para facilitar las futuras operaciones de mantención y operación.

Algunas estaciones de monitoreo son instaladas en nuevas localizaciones mientras que otras estaciones son ubicadas dentro de sitios privados o públicos con variados usos. Ejemplo de esta última situación es instalar la estación dentro de recintos cerrados pero de acceso público diurno como el caso de una estación ubicada dentro de un parque cerrado). Cuando este sea el caso, es necesario hacer los arreglos pertinentes con el personal de la organización o del recinto, para asegurar que el acceso al sitio y la movilidad dentro del lugar esté disponible cuando sea necesario.

La construcción de la caseta debe tener un tamaño adecuado, (3.0 m x 2.0 m x 2.5 m alto) para acomodar la instrumentación especificada. Cada caseta debe ser acondicionada con lo que se señala a continuación.

2.8.2 Equipamiento para la medición de calidad de aire y transmisión de datos

La estación debe equiparse con los siguientes sistemas:

- Equipos de medición de partículas y/o de gases según corresponda y su equipamiento asociado.
- Sistemas de recolección de datos.
- Sistemas de transmisión de datos (algunos sitios, que requieran transmitir datos en tiempo real).
- Sistemas de respaldo eléctrico ante cortes de energía.

Equipos de monitoreo de calidad de aire

Los equipos de monitoreo a instalar en la estación dependerán de los objetivos del programa, de los recursos disponibles y de los métodos de medición adecuados para el cumplimiento del objetivo y que se encuentren dentro del listado presentado en la normativa vigente señalados en la sección 2.5 de este Manual.

Sistemas de recolección de datos

Los datos generados en los monitores de gases y partículas deben ser almacenados continuamente.

Existen diversos sistemas y software comerciales que permiten centralizar, en una unidad electrónica en el interior de la estación (computador o datalogger), los datos generados en los

diferentes equipos. Se recomienda elegir un sistema que permita almacenar además de los datos, parámetros de funcionamiento de los equipos y valores de calibraciones para las posteriores correcciones y validaciones de datos.

Sistemas de transmisión de los datos

La caseta puede contar con un sistema de transmisión de datos obtenidos en la estación remota a la estación central por medio de telemetría, telefonía celular o de línea telefónica o bien la más adecuada dependiendo de los recursos disponibles.

Sistemas de respaldo ante cortes eléctricos

Para proteger los equipos ante variaciones de voltaje en el suministro eléctrico, el circuito eléctrico debe contar con adecuadas protecciones eléctricas como también una unidad de soporte eléctrico (UPS, de su nombre en inglés) para mantener en funcionamiento los equipos (al menos la electrónica) durante cortes eléctricos (una capacidad al menos de 15 minutos).

2.8.3 Criterios de localización de equipos de monitoreo en la estación

Muestreadores de material particulado, como el de alto volumen, son generalmente localizados al aire libre sobre la caseta, mientras que los monitores automáticos de partículas y gases son ubicados dentro de la estación (en racks) recibiendo la muestra de aire del exterior a través de mangueras de material inerte (recomendable teflón).

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, existen algunas condiciones de localización de toma muestra para cada equipo de monitoreo. Existen diferentes recomendaciones de distancias y elevaciones pertinentes para cada contaminante en particular. La Tabla 2-24 muestra un resumen de criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E. Las diferencias en los rangos específicos de alturas se basan en los gradientes verticales de la concentración. Para el CO, los gradientes en la dirección vertical son muy grandes para la microescala, es por eso que se usa un rango pequeño de alturas. El límite superior de 15 metros fue especificado para la consistencia entre los agentes contaminadores y permitir el uso de un solo monitor múltiple para monitorear más de un contaminante.

La entrada del muestreador debe protegerse de manera adecuada de condiciones de tiempo como altas temperaturas, luz solar intensiva, lluvia y viento fuerte, entre otras.

Tabla 2-24. Criterios de ubicación del toma muestra por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^B [m]
SO ₂ ^{C,D,E,F}	Media Local Urbana Regional	3 – 15	> 1
CO ^{D,E,G}	Microescala	3±0.5	>1
	Media Local	3 – 15	
O ₃ ^{C,D,E}	Media Local Urbana Regional	3 – 15	>1
NO ₂ ^{C,D,E}	Media Local Urbana	3 – 15	>1
PM ₁₀ ^{C,D,E,F,H}	Microescala	2 – 7	>2, solo horizontal
	Local Urbana Regional	2 - 15	

^A. Aplicable solo a escala de monitoreo de CO local y todas las escalas aplicables para monitoreos de SO₂, O₃, precursores O₃, y NO₂.

^B. Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^C. Debe ser > 20 metros de la línea de goteo del árbol y debe estar a 10 metros de la línea de goteo cuando el árbol actúa como obstrucción.

^D. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^E. Debe existir circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor del sensor o muestreador; 180 grados si el sensor está en el lado de un edificio.

^F. El sensor o muestreador debe estar situado en ausencia de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^G. Para microescalas de sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 metros de una intersección de calle.

^H. Para monitores de PM₁₀ una distancia de separación de 2 a 4 m entre los monitores colocados

2.8.4 Equipamiento de infraestructura general

Se requiere que la caseta cuente como mínimo con lo siguiente:

- Instalación eléctrica interior
- Aire acondicionado
- Almacenaje de cilindros de gases
- Estantería adecuada
- Infraestructura para el operador

Sistema eléctrico

El diseño de la estación debe asegurar suministro eléctrico para los equipos que inicialmente se encuentren funcionando dentro de la estación y también para futuras agregaciones.

La instalación eléctrica interior se debe ajustar conforme a la regulación vigente. Se debe proporcionar circuitos eléctricos separados de acuerdo a lo siguiente:

Se recomienda colocar cuatro circuitos diferentes y separados, cada uno de los cuales debe tener protección para el personal y circuito de emergencia, para:

- a) Procesamiento de datos y comunicación
- b) Sistema de muestreo y medición
- c) Acondicionador de aire
- d) Ventilación e iluminación

Cuando el circuito de emergencia para los circuitos a) y b) es activado, la ventilación y la luz debe permanecer en operación.

El circuito de emergencia de las casetas debe estar provisto de fuentes que no produzcan contaminación que pudiese ser detectada con los monitores. Para ello se debe instalar en el interior de la caseta un sistema de baterías (UPS) solo para los monitores y sistemas de almacenaje y comunicaciones. La ventilación e iluminación deben permanecer en operación considerando lo anterior y así, siempre será posible la instalación de un generador alejado del sitio de medición para suplir estas dos necesidades.

Las casetas deben estar protegidas frente a la caída de rayos y el exceso de voltaje. Se debe prever la colocación de un pararrayos, con la correspondiente puesta a tierra.

Aire acondicionado

La humedad relativa interna normal debe estar entre 30 y 60 %. Esto es importante pues con humedad arriba del 60 % será difícil tener mediciones reales de SO₂ dado que tiende a reaccionar en condiciones muy húmedas.

La temperatura interior debe estar dentro del intervalo de +15 °C y +30 °C. No debe variar más de ± 5 C.

Típicamente, los monitores pueden operar adentro en un rango de temperatura que oscila entre los 15 y los 35°C. Sin embargo, para asegurar una respuesta estable del instrumento es importante reducir la variación de temperatura a un valor mínimo. También es importante que se realicen las calibraciones del instrumento dentro de un rango de temperatura conocido, consistente y estable. Debido a que una temperatura constante debe mantenerse dentro del recinto, las puertas deben mantenerse cerradas, siempre que sea posible, durante la operación en el interior de la caseta y, además, para evitar la entrada de aire contaminado y desfavorecer en intercambio de calor con el medio.

El control de temperatura en la unidad de sistema de aire acondicionado debe necesitar ajuste solamente al principio de las estaciones de verano e invierno.

La unidad de aire acondicionado debe mantener la temperatura interior entre 20 y 25°C considerando la disipación del calor de los equipos de monitoreo (del orden de 3KW) y una temperatura ambiente (externa) que puede oscilar entre los -5 y 35°C.

El flujo de aire desde el acondicionador de aire debe ser filtrado antes de su emisión dentro de la estación. El aire de acondicionamiento debe ser descargado hacia afuera de la estación de forma tal que no influya en la toma de muestra de aire.

Almacenamiento de cilindros

Es necesario mantener los cilindros de gases patrones comprimidos en el sitio de instalación con el propósito de realizar la calibración de los monitores de gases.

El gas de calibración en exceso debe ser descargado a través de un bypass, a fin de evitar sobrepresión cuando el sistema es conmutado de medición a calibración. Todo el gas en exceso y de descarga debe ser emitido en forma segura desde la estación de medición. En los casos de defecto del sistema o falla de potencia, la descarga incontrolada de los gases de calibración y operación debe ser prevenida, por dispositivos de seguridad, tanto como sea posible.

Dependiendo del número de analizadores en el sitio, los cilindros serán algunos o todos los siguientes: NO_x, SO₂, CO y CH₄

Infraestructura de trabajo del operador

- Tablero general con interruptores termomagnéticos y un regulador de voltaje
- Mesa de trabajo para el equipo de adquisición de datos (dataloggers) y equipos de comunicaciones
- Mesa de trabajo para operador de estación

2.8.5 Equipamiento de medición de variables meteorológicas

Para apoyar las mediciones de calidad de aire es recomendable incluir una estación meteorológica simple para ayudar en la interpretación y predicción de la dispersión de contaminantes.

La estación meteorológica, debería contar con sensores de:

- velocidad y dirección del viento
- humedad relativa
- temperatura

Si se cuentan con recursos suficientes se puede incluir sensores de:

- radiación solar
- presión barométrica
- radiación ultravioleta

Los sensores pueden ser instalados a un mástil o torre de 10 m de altura (para las mediciones de velocidad y dirección del viento) el que puede estar o no adosado a la caseta de instalación. Las señales de medición de los parámetros meteorológicos pueden estar centralizadas en el datalogger de la estación o bien almacenadas en forma autónoma en otro dispositivo.

2.9 Organización para la operación de la red y/o estaciones de monitoreo

Una vez establecidos los parámetros de diseño de la red, ésta debe tener una organización funcional que permita su continuo mejoramiento y establezca los procedimientos para que el funcionamiento sea óptimo.

El esquema de la figura siguiente establece los requerimientos mínimos de organización para la operación de la red de monitoreo.

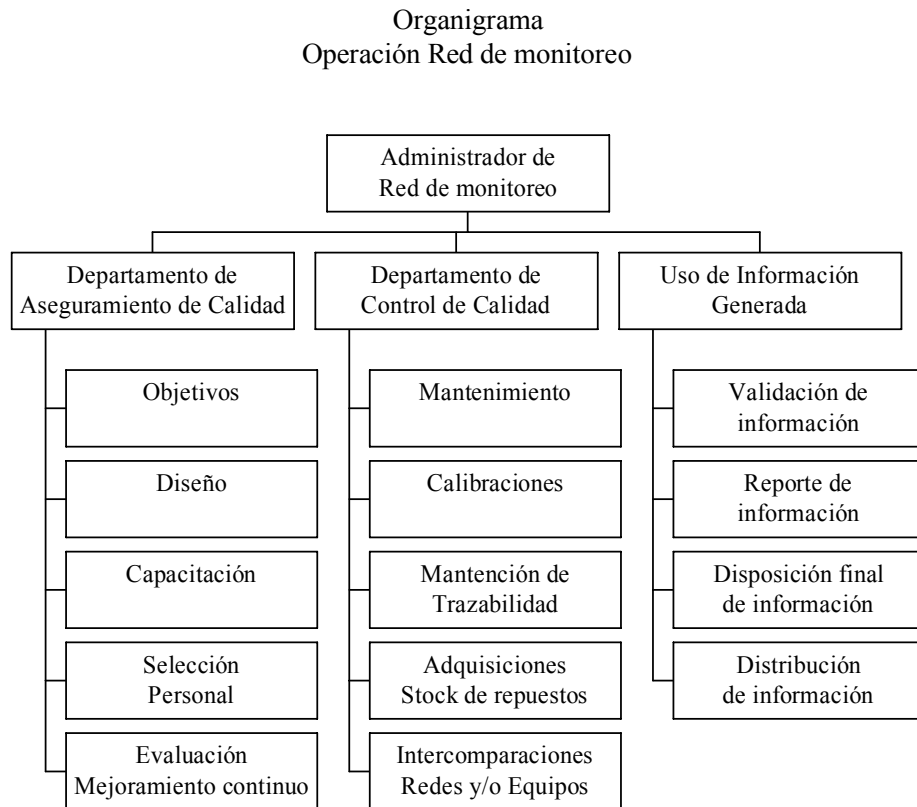


Figura 2-6 Organización operacional mínima para red de monitoreo

Esta organización mínima permite aplicar un plan de aseguramiento y control de calidad a las operaciones de monitoreo.

Administrador de la red de monitoreo

El administrador de la red de monitoreo es el responsable final de todas las operaciones que en ella se desarrollen, incluidas las de control y aseguramiento de la calidad. Debe planificar la ejecución de las mediciones y organizar los recursos para cumplir con los objetivos del monitoreo. Debe coordinar la transferencia de información y su distribución con los mandantes de las mediciones.

Además debe ser el soporte de las unidades de la red, en los ámbitos administrativos y técnicos.

Departamento de Aseguramiento de Calidad

El departamento de aseguramiento de la calidad organiza los recursos asignados para proveer a la red de toda la información requerida para que el Control de calidad pueda ser realizado. Debe procurar la especificación de los objetivos del monitoreo de acuerdo a las necesidades de medición, mantener líneas de comunicación entre los usuarios finales de la información generada y los gestores de la medición, como así mismo coordinar con terceros (en general prestadores de servicios de mantenimiento de equipos y sitios) las acciones para el establecimiento del Control de calidad de la información generada.

Además debe procurar la actualización de las técnicas de medición y la capacitación correspondiente del personal involucrado en la operación de la red, su selección y la evaluación de los procedimientos de operación de la red.

Las tareas específicas que debe coordinar son:

- Reportes y análisis de medición
- Elaboración y revisión de procedimientos e instructivos de operación
- Diseño del monitoreo
- Auditorias y acciones correctivas
- Mantenimiento preventivo
- Metodologías de validación

En general, el administrador del aseguramiento de calidad, debe ser independiente de los gestores de la medición.

Departamento de Control de Calidad

El departamento de control de calidad organiza las operaciones tendientes a la mantención operativa de los equipos de medición, para lo cual debe procurar los elementos y acciones necesarios para cumplir con los objetivos de la medición.

Debe organizar al personal para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, calibraciones y adquisición de información (manual o automática) desde los sitios de medición, debe gestionar la adquisición de material de referencia, repuestos y equipos de calibración requeridos para el cumplimiento de objetivos

Además debe coordinar con otros grupos rondas de intercomparación (nacional e internacional) para conservar la trazabilidad de los equipos de medición.

Reporte y uso de información

Este departamento es el encargado de la realización de las actividades de validación de la información generada en la red, su reporte y disposición final.

Los planes de validación de información contemplan varios niveles de validación, dependiendo del tipo de medición que se realice y de las variables medidas. En general se recomienda usar al menos los niveles de validación 0 y 1 (detallados más adelante), de manera que una vez realizado la validación de nivel 1 la información pueda quedar disponible para su uso posterior, tanto en investigación como en algún tipo de sistema de gestión de calidad de aire o similar.

En algunas organizaciones es posible unir los departamentos de control y aseguramiento de calidad en uno sólo, dependiendo de la magnitud de la red y los objetivos de la medición

3 Operación y Mantenimiento de la Estación

Las acciones de aseguramiento de la calidad de las mediciones, además de aplicarse en las operaciones efectuadas en el sitio de monitoreo, se efectúan también en la recepción y aceptación de los equipos y suministros que serán utilizados en la operación de monitoreo y en las medidas que aseguren un traslado y una instalación adecuada de los equipos.

Luego que los equipos son aceptados, trasladados e instalados en el sitio de monitoreo, comienza la ejecución del programa de visita y mantenimiento de estaciones que se describe en los párrafos siguientes.

3.1 Procedimientos administrativos y previos a la operación

El control de suministros y de materiales consumibles que serán utilizados es importante para el éxito del programa de aseguramiento de calidad.

Los procedimientos de aceptación de equipos, partes y piezas recomendados en esta Guía detallan los criterios de aceptación generales dadas las características de los equipos o suministros en general a recibir.

Es recomendable que los requisitos de aceptación de estos suministros se encuentren especificados para cada artículo, equipo o parte componente, y se encuentren disponibles durante al proceso de adquisición y recepción para ser verificados por el operador correspondiente.

El procedimiento de Aceptación General de Equipos así como el de Aceptación Técnica de Equipos, Partes y Piezas se describen en esta Guía. Refiérase a los Instructivos RDM/CA/ATEQ, y RDM/CA/AAEQ.

Posterior a la aceptación de los equipos y antes del proceso de operación, los equipos y/o partes componentes deben ser trasladados al sitio de monitoreo e instalados adecuadamente cumpliendo con los requisitos de instalación y ubicación de toma muestras y sensores.

En estos procedimientos se recomienda describir los requisitos de embalaje que aseguren un adecuado traslado de los equipos, cerciorándose que el equipo no sufra daños que puedan influenciar la exactitud de las mediciones. El operador que desempeñe esta función debe verificar que el equipo llegue a la estación en las mismas condiciones en las que fue despachado cumpliendo con los requisitos o condiciones señaladas en el formulario de traslado de equipo que corresponda.

En los instructivos RDM/CA/IEQ1, RDM/CA/IEQ2, RDM/CA/IEQ3, RDM/CA/IEQ4, anexados a esta Guía, se describen los procedimientos de Embalaje y Traslado de Equipos Muestreadores Dicotómicos, de Gases, de Alto Volumen, y Monitores TEOM, respectivamente, y en los instructivos RDM/CA/TEQ1, RDM/CA/TEQ2, RDM/CA/TEQ3, RDM/CA/TEQ4, los procedimientos de Armado e Instalación de Equipos en el mismo orden señalado anteriormente.

3.2 Programa de Operación y Mantenimiento global de la red

3.2.1 Programa de visita

Las visitas al sitio también constituyen un componente esencial de todo esquema de QA/QC. Los programas de operación y de mantenimiento de la red incluyen visitas al sitio por parte del operador, verificaciones de cero y span, mantenimientos, calibraciones y documentación a una frecuencia regular y preestablecida.

El programa de visita se compone de todas aquellas actividades que son desarrolladas en el sitio del monitoreo. En él se detallan las operaciones de cambio de filtros, chequeos de funcionamiento de los equipos de muestreo y monitoreo automático, las mantenimientos preventivos a frecuencias predeterminadas, las verificaciones y calibraciones de los equipos y del sistema de monitoreo.

La Tabla 3-1 entrega un resumen de las actividades que debe incluir un programa de visita a cada estación o sitio de monitoreo.

Tabla 3-1. Resumen de actividades de visita al sitio de monitoreo

Acciones de operación en la estación	Actividad desarrollada por (o personal a cargo)	Frecuencia de ejecución
Visita regular al sitio (Operación y mantenimiento)	Operador del sitio	Semanalmente
Verificación de Cero y Span	Técnico de calibración (u operador del sitio si corresponde)	Semanalmente
Calibración de equipos	Técnico de calibración	Semestralmente Después de reparaciones Al instalar el equipo en la estación
Auditoria interna del sistema	Empresa auditora u otro técnico distinto al operador rutinario	Anualmente
Auditoria externa del sistema	Empresa auditora externa	Cada dos años

Aunque los sistemas de adquisición de datos por medio de telemetría u otro medio de transferencia automática están teniendo un uso extensivo en las redes de monitoreo, las visitas regulares al sitio por parte del operador de la estación siguen siendo esenciales para asegurar la operación apropiada de los instrumentos y maximizar la obtención de datos íntegros de las muestras de aire.

Cada visita del operador, y las actividades efectuadas, deben ser documentadas en la bitácora de campo. La siguiente lista de actividades señala las actividades que son efectuadas por el operador respectivo dependiendo de la acción que por programa corresponda realizar en la visita programada al sitio de monitoreo:

- Examinar las condiciones externas del sitio. Asegurar que se cumplan los criterios iniciales de localización.

- Revisar el sistema registrador de flujos (cartas de registro si corresponde) o el sistema de adquisición de datos para los equipos de medición automática y registrar cualquier cambio inusual ocurrido desde la última visita.
- Asegurar que el o los equipos estén funcionando correctamente de acuerdo con los procedimientos normalizados de operación. Realizar chequeos de funcionamiento según corresponda y registrar cualquier desviación ocurrida desde la última visita.
- Verificar que la entrada de toma muestra no esté bloqueada o dañada. Examinar las entradas múltiples (manifold) y las líneas de transferencia por posible acumulación de suciedad y presencia de fugas en el sistema.
- Examinar los filtros de entrada y cambiarlos cuando sea necesario, si el operador tiene la función y está capacitado para dicha actividad, o bien señalarlo en el libro de registro del sitio para que personal de mantención desarrolle la actividad.
- Registrar las situaciones encontradas que deban corregirse por personal entrenado para esos fines.
- Efectuar verificaciones de cero y span a los equipos que corresponda y verificar la cantidad restante de presión de gas en los cilindros. Cambiar el cilindro cuando la presión de gas sea menor que 215 psig. Registrar cualquier cambio significativo en los valores de cero y span indicados por los analizadores.
- Calibrar los instrumentos y realizar verificaciones, según corresponda.
- Minimizar toda inoperatividad de los instrumentos hasta donde sea posible, mediante la previsión de problemas antes de que se manifiesten alterando la exactitud de las mediciones.
- Ejecutar funciones de rutina esenciales, tales como cambio de filtros para partículas y limpieza del tubo colector.
- Realizar auditorías internas en los sistemas de calibración automática (si estuvieran instalados).
- Instalar un equipo nuevo o reemplazar las unidades cuando sea necesario.

Tabla 3-2. Resumen de las funciones de visita

Funciones de la visita al sitio
• Revisar todos los datos obtenidos en el registro desde la última visita • Asegurar el funcionamiento adecuado del equipo • Realizar controles de calibración y diagnóstico • Anticipar problemas futuros • Cambiar filtros y limpiar los tubos colectores • Instalar y reemplazar el equipo • Verificar las condiciones externas del sitio

3.2.1.1 Documentación de las visitas de sitio

Para realizar estas funciones de manera eficiente y sistemática, se debe crear un calendario de visitas regulares a todos los sitios de monitoreo. Las actividades efectuadas en estas visitas, chequeos de funcionamiento, calibraciones y mantenciones preventivas y correctivas deben quedar registradas y se deben conservar para una auditoría posterior de QA/QC.

En su visita al sitio, el operador puede encontrar problemas con el funcionamiento de los equipos, averías en el sistema neumático, problemas eléctricos, fallas en los sistemas de transmisión de datos, entre otros. Si el problema no puede ser resuelto por el operador del sitio, entonces el operador debe registrar los problemas encontrados para que el personal entrenado respectivo repare, si es posible, la avería o se tomen las medidas para el reemplazo de la parte en cuestión.

Copia de todos los manuales de los instrumentos que se mantienen en la estación deben encontrarse en la estación de monitoreo o deben ser transportadas durante las visitas (o al menos una copia reducida de los manuales). Registros de las calibraciones realizadas a los instrumentos deben mantenerse en la bitácora de campo la cual a posterior será sujeta a auditoría. Además, cualquier observación o nota sobre resultados de calibraciones inusuales, cambio de estándares, recargo de baterías y operaciones y mantenciones efectuadas deben también ser registradas en la bitácora de campo.

3.2.2 Mantención de estaciones

El propósito principal del mantenimiento es verificar y mantener el normal funcionamiento de los dispositivos automáticos y no automáticos de medición y confirmar y garantizar la apropiada salida de los datos de monitoreo.

La importancia de los procedimientos de mantención para los equipos de monitoreo de la calidad del aire no siempre es suficientemente reconocida. Sin embargo, esta etapa es fundamental dentro del programa de QA/QC para asegurar mediciones exactas y fidedignas que cumplan con los objetivos planteados al inicio del programa de monitoreo. Solo a través del tratamiento adecuado de los instrumentos, los sistemas de monitoreo podrán operar satisfactoriamente y durante periodos prolongados en el sitio. Si bien esta Guía entrega las pautas generales y las recomendaciones de frecuencias de mantención, los cronogramas para el reemplazo de las partes que se pueden deteriorar, las pruebas de funcionamiento y diagnóstico y los ajustes del equipo deben seguir las recomendaciones del fabricante.

El mantenimiento de los analizadores automáticos de contaminación del aire implica invertir capital de manera permanente en el equipo a fin de apoyar los esfuerzos de monitoreo, mantener el equipo en estado operativo y asegurar que se recolecten datos significativos, además de la inversión en recursos del personal capacitado para este proceso, por lo cual estos gastos deben ser tenidos en consideración a la hora de la selección del equipamiento adecuado acorde con el cumplimiento de los objetivos planteados.

Se recomienda, además, examinar la limpieza del interior y exterior de la estación de monitoreo y de mantener su interior en condiciones que aseguren el normal funcionamiento de los equipos. Si el ambiente interior de la estación no es manejado apropiadamente, podría causar el malfuncionamiento de los dispositivos de medición y datos inadecuados de salida. Es importante

tomar medidas de modo que el interior de la estación no esté expuesto a la luz directa del sol. Se recomienda mantener la estación a una temperatura lo más cercana posible a aquella con la que los instrumentos han sido calibrados. Sin embargo, si la diferencia de temperatura entre el aire libre (exterior) y el interior de la estación es demasiado grande (en especial en meses de verano), es posible que se produzca una condensación de humedad dentro del tubo de muestra.

Dentro de los Procedimientos de Monitoreo de Calidad de Aire y Meteorología anexados en esta Guía se señalan las acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas que aseguran el apropiado funcionamiento de los equipos y la calidad de las mediciones resultantes. Cada uno de estos procedimientos de monitoreo, separados en equipos Muestreadores de Partículas de Alto Volumen, Dicotómicos, Monitores TEOM y de Gases y equipos de monitoreo de variables meteorológicas, hacen referencia a instructivos particulares de mantención, de limpieza de sus componentes y de chequeos de funcionamiento tales como chequeos cero y span, pruebas de fugas y verificaciones de flujo, los cuales deben ser seguidos como recomendaciones y considerar que las instrucciones referidas por el fabricante del equipo en cuestión son la principal referencia debido a la variedad de modelos que representan maneras particulares de mantención.

Para los analizadores automáticos, antes de realizar chequeos de cero y span se debe considerar que tipo de metodología se va a emplear, entre las cuales se tienen las siguientes:

- a) Generador de aire cero - Multicalibrador - Gas patrón certificado.
- b) Aire ultra cero patrón - Multicalibrador - Gas patrón certificado.
- c) Generador de aire cero - gas patrón con concentración específica.
- d) Aire ultra cero patrón - gas patrón con concentración específica.

4 Control de Calidad

El control de calidad tiene un rol importante en el proceso de medición, sobre todo si la información generada servirá como base para la toma de decisiones relativas a un problema ambiental particular.

Para minimizar el riesgo de tomar decisiones erradas la información generada debe tener una cierta exactitud, definida en los objetivos de los planes de medición.

Así, el propósito principal del control de calidad es asegurar que las mediciones operen con un cierto nivel de desempeño, definido en el plan de medición, que maximice la exactitud de las mediciones. Además permite identificar donde se producen los errores, cual es la magnitud del error y sus consecuencias en la toma de decisiones.

Se describen a continuación las actividades de Control de calidad más relevantes.

4.1 Calibración de equipos

La mayoría de los equipos para monitoreo de calidad de aire y meteorología (incluyendo dataloggers) deben ser calibrados cada cierto intervalo de tiempo para corregir sesgos y corrimientos instrumentales. Un registro de los procedimientos de calibración, valores obtenidos y observaciones deben ser mantenidos y estar disponibles cuando sea requerido. La calidad de los datos dependerá de la adecuada calibración de los equipos.

La norma Chilena NCh-ISO10012/1 define Calibración como: Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición o por un sistema de medición, o los valores representados por una medida física o un material de referencia y los valores correspondientes de una magnitud realizados por un patrón de referencia.

Existe una amplia variedad de métodos de calibración, los cuales dependen del tipo de equipo y de la calidad deseada, y pueden ser desde un simple chequeo de la operación del equipo hasta un detallado examen de componentes individuales y mediciones multipuntos de mezclas de contaminantes.

Para realizar las calibraciones se utilizan instrumentos y materiales, tales como medidores de flujo, indicadores de presión, cilindros de gases, dilutores y volúmetros, todos ellos deben tener certificados vigentes de exactitud y trazabilidad a estándares primarios.

4.1.1 Tipos de calibraciones

Las calibraciones en monitores continuos de gases y partículas, al menos deben considerar:

- Calibración de flujos
- Calibración de señales analógicas
- Calibración de concentraciones

1. Calibración de flujos

La concentración de gases medida en los monitores continuos considera que el flujo de muestra de gas aspirado por el monitor y sentido en la cámara de reacción se mantiene constante en el valor de operación fijado. Luego, la calibración de flujos consiste en verificar que el flujo aire aspirado por el monitor (en general entre 0.5 y 1.0 lt/min en monitores de gases) se encuentre en los rangos de operación recomendados por el fabricante. Para esta verificación existen diferentes instrumentos, algunos de ellos entregan valores aproximados y otros, entre ellos los considerados de referencia, entregan valores de mayor exactitud.

Es recomendable que la calibración de flujos sea realizada con un equipo considerado de referencia (BIOS de pistón seco o similar) para su trazabilidad a estándar primario.

2. Calibración de señales analógicas

Las concentraciones obtenidas en los monitores son expresadas en las salidas analógicas de éstos en rangos de voltaje, por ejemplo el rango 0 y 1 V puede ser equivalente a un rango 0 a 1000 ppb (o mgr/m³) en concentraciones, variando linealmente en el tramo.

Luego, mediante el uso de volímetros o tester digital (lecturas con 4 decimales o más), se debe verificar y/o ajustar si es necesario las escalas de voltaje según las indicaciones de los manuales de operación respectivo de cada equipo.

En algunos casos, también se requiere realizar un ajuste de controladores de flujos de los monitores, en los cuales un flujo determinado está asociado a un valor de voltaje.

Dependiendo del monitor, podría ser necesario realizar test adicionales de verificación de señales analógicas, lo cual será definido en el respectivo manual de operación y mantención suministrado por el fabricante o proveedor de equipos.

3. Calibración de concentraciones

Este proceso consiste en verificar la exactitud de un monitor utilizando para ello una muestra de aire con contaminante de concentración conocida por un período determinado de tiempo.

La concentración conocida puede ser obtenida de diversas formas. En el caso de monitores de gases, se pueden utilizar cilindros de gases con concentración conocida (debidamente certificada), la cual puede ser introducida en la toma de muestra del monitor directamente (sin diluir) o previamente en otro equipo denominado dilutor, disminuir la concentración a un valor deseado mezclándola con aire limpio para luego ingresarla al monitor.

Otra opción es la utilización de tubos de permeación, los cuales son instalados en el interior de los monitores, para una determinada temperatura permitir la liberación de una concentración conocida del gas. Este método es considerado solamente como estándar de transferencia, es decir requiere de verificación adicional para ser trazable a un estándar primario.

En el caso de monitores de ozono, se utilizan lámparas para generar concentraciones conocidas de ozono. Este método también es considerado como estándar de transferencia.

En el caso de los monitores continuos de material particulado, los métodos son diferentes. Para monitores TEOM, se utilizan filtros de masa conocida para estimar la concentración en forma indirecta verificando la frecuencia de oscilación en la unidad sensora de masa. En los monitores BETA, el método también es indirecto verificando la atenuación de rayos beta mediante el uso de cintas con opacidad conocida. Esta calibración se realiza al menos cada 3 meses o luego de una reparación de los equipos.

Durante la operación de las estaciones de monitoreo, existen diferentes tipos de calibración de las concentraciones de los monitores de gases:

a) Calibración CERO y SPAN

Consiste en verificar el cero del equipo, es decir, la respuesta ante una muestra de aire limpio (aire cero) y la respuesta ante una concentración conocida o “SPAN”, la cual normalmente es del orden del 80% del rango de medición del equipo. El tiempo de verificación es del orden de 10 a 15 min por cada punto de medición. Una vez verificado el equipo éste se ajusta, es decir, se interviene de manera tal que responde con valores muy cercanos ante una fase Cero o SPAN. Los equipos modernos permiten ajustar cero y span fácilmente manipulando las pantallas o teclas, para lo cual basta con seguir las recomendaciones de los manuales de operación y mantención de cada equipo.

Estas calibraciones pueden ser realizadas mediante uso de cilindros sin diluir, es decir un cilindro de aire cero y un cilindro con la concentración span, o bien mediante el uso de cilindros de gases de alta concentración, dilutores y generadores de aire cero, en este caso, en el dilutor se mezcla el gas y el aire cero para obtener la concentración span y posteriormente se ingresa al monitor. En el caso de monitores de ozono se utilizan lámparas de ozono, proceso que viene incorporado en los monitores de ozono (con autocalibración) o en los dilutores para calibración múltiple (multicalibradores).

b) Verificación CERO y SPAN

Esta operación es similar a la calibración CERO y SPAN, pero no se ajusta el equipo. Es decir, solo verifica que el equipo se mantiene en los rangos normales de operación. Sin embargo, si existen desviaciones considerables (ver criterios de aceptación de valores) en la respuesta del monitor respecto a los valores cero o span se debe realizar un ajuste.

En la mayoría de las redes, esta operación es realizada en forma automática con frecuencias diarias o semanales (u otros intervalos) a las horas de menor concentración del contaminante para evitar perder información de los máximos niveles, ya que el proceso puede demorar desde 40 minutos hasta 1 hora. Por ejemplo, se recomienda verificar cero y span en la madrugada, e ir alternado las horas, lo cual es importante al construir ciclos diarios de concentración.

c) Calibración multipunto

Este proceso además de la verificación del cero, considera la verificación de al menos tres puntos adicionales, los cuales generalmente corresponden a los valores equivalentes al 20%, 40% y 60% de la escala. Esta operación también incluye ajustar el equipo.

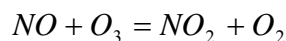
En general, se recomienda realizar como mínimo, calibraciones multipunto:

- A intervalos de 6 meses para todos los analizadores de la estación
- Antes de comenzar a reportar datos (o luego de instalarlo en el sitio de medición)
- Previo al retiro o traslado de un equipo
- Luego de una reparación
- Mensualmente o cada 3 meses en analizadores nuevos para establecer la estabilidad de las mediciones.

d) Calibración GPT

Calibración GPT (Gas Phase Titration) o titulación en fase gaseosa es utilizada para calibrar generadores de ozono y analizadores que están siendo utilizados para calibrar monitores de NO_x . También puede ser utilizada para verificar la concentración de un tubo de permeación y determinar la eficiencia de un convertidor de NO_2 .

La calibración GPT usa una reacción estequiométrica entre NO y ozono, produciendo NO_2 :



La frecuencia y el tipo de calibraciones de terreno requeridas por un analizador se deben definir en el plan de aseguramiento de calidad para la red. Un esquema habitual incluirá la calibración automática cada 24 horas a través del uso en el lugar de hornos de tubos permeables o cilindros de gas y la calibración manual mediante fuentes independientes usadas durante cada visita. Además de estos procedimientos específicos del sitio, debe disponerse todo lo necesario para las intercalibraciones de la red realizadas en forma regular (generalmente, de 6 a 12 meses) por un equipo de auditores.

2.1.1 Criterios de aceptación de valores

Los objetivos de calidad, planteados en la fase de diseño de la red deberán establecer valores límites para aceptar las mediciones realizadas.

En general, se acepta hasta un 15% de desviación de los valores medidos (flujos y/o concentraciones) respecto al esperado durante una etapa de verificación o calibración contra patrones primarios o secundarios (referidos a un estándar primario), en caso contrario se debe realizar un ajuste del equipo y una nueva calibración.

Para las verificaciones automática de cero y span realizadas a los monitores de gases con frecuencias diarias o intervalos diferentes (cada 2 días, semanales, etc.), se recomienda controlar cada uno de los valores obtenidos y compararlos contra los valores esperados a fin de realizar las acciones correctivas prontamente evitando generación de información que pueda ser invalidada o no apta para los propósitos de las mediciones. US EPA propone como valores límites de desviación $\pm 15\text{ppb}$ para el cero (1.5 ppm para monitores de CO) y $\pm 15\%$ para span (con un span

cercano al 80% de la escala de medición), en caso de superar estos valores se debe ajustar el equipo, realizar una calibración multipunto e invalidar las mediciones desde la última verificación válida.

US EPA también propone un control dinámico para las verificaciones automáticas de span en función de las desviaciones estándares (σ) de los últimos valores de span (por ejemplo desde el último ajuste o últimas 30 verificaciones, etc.). En base a esto, el equipo funciona en forma aceptable si la desviación del span es inferior a 1σ . Si la desviación está entre 1σ y 3σ , entonces se recomienda ajustar el equipo, en cambio si la desviación es superior a 3σ es necesario ajustar el equipo, realizar una calibración multipunto e invalidar las mediciones desde la última verificación válida. Es decir no se debe aceptar por ningún motivo mediciones que fueron realizadas entre el control que muestra 3σ de desviación y el ultimo valor de control menor que 3σ .

Algunas agencias ambientales, tienen recomendaciones más estrictas para la verificación de cero y span, por ejemplo Environment Canada propone ajustar el equipo si, en cualquiera de las fases se tiene:

- 1 valor (span o cero) con desviación sobre $\pm 3\sigma$
- 2 valores sucesivos con desviación sobre $\pm 2\sigma$
- 4 valores sucesivos con desviación sobre $\pm 1\sigma$
- 7 valores consecutivos menores (o mayores) que el valor fijado
- 7 valores consecutivos con tendencia en aumento (o en descenso)
- 8 ciclos recurrentes

Para las calibraciones multipunto también existen indicadores de calidad. En primer lugar se debe graficar los valores obtenidos (con los valores obtenidos en el eje y), calculando la pendiente **a**, el intercepto **b** y el coeficiente de correlación **R²** de la ecuación de la recta para los puntos ($y = ax + b$). Luego, en función de los valores a, b y **R²** se evalúa la calibración:

Evaluación	a	b	R ²
Excelente	0.95 a 1.05	$\leq 3\%$ (del rango)	0.995 a 1.000
Satisfactorio	0.85 a 0.94 o 1.06 a 1.15	$\leq 3\%$ (del rango)	0.995 a 1.000
Insatisfactorio	>1.15 o <0.85	$>3\%$	<0.995

Cuando se obtiene uno de los indicadores en la categoría insatisfactoria debe revisarse la información para determinar si es necesario aplicar factores de corrección o bien invalidar datos.

2.1.2 Corrección de valores

Consideraciones previas:

El manejo de datos involucra el procesamiento y manipulación de los datos crudos que han sido recibidos o bajados desde las unidades de monitoreo. Esto incluye:

- Aplicar factores de corrección en función de las calibraciones o verificaciones
- Calcular valores promedios a partir de los datos
- Manejar valores ausentes o perdidos ya sea por fallas en los equipos u otras causas

La primera actividad consiste en verificar que la información (datos) recibida en la central de recepción de datos (en estación de monitoreo o en oficina central) corresponde a los datos generados en los monitores. Para esto debe redactarse un instructivo que permita verificar la coherencia en los valores de salida de las señales análogas (o digitales) de los monitores, expresadas en unidades de voltaje (volts o milivolts) con los valores almacenados en los monitores (o mostrados en sus respectivas pantallas) y con los valores guardados en las unidades centrales de almacenamiento de información.

Además, es necesario establecer criterios para:

- a) Definir las unidades a utilizar: [ppb], [ppm] o [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- b) Definir la zona horaria y formato de fecha
- c) Definir los períodos de promediación o intervalos de tiempo
- d) Registrar períodos de pérdida de información: Estos períodos pueden corresponder a las calibraciones, verificaciones automáticas de cero y span, mantención de equipos, fallas de equipos, cortes de luz o cualquier actividad que podría significar invalidar datos o aplicar factores de corrección. Para tales efectos se deben establecer planillas que permitan registrar cada uno de los eventos, información que será necesaria en la etapa de validación de datos.

Factores de corrección

Las concentraciones de gases y material particulado deben estar normalizadas, es decir referidas a condiciones estándares de presión y temperatura (1 atm y 25°C). Para estos efectos se debe verificar si las concentraciones entregadas por los monitores están referidas a las condiciones normales de presión y temperatura, en caso contrario se debe corregir mediante la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_a * \left(\frac{T_a}{P_a} \right) * \left(\frac{P_s}{T_s} \right)$$

Donde :

T : Temperatura, en K

P : Presión Atmosférica, en Atm

Ps = Presion Estándar, 1 Atm

Pa = presión Atmosférica

Ts = Temperatura Estándar, 25C

Ta = Temperatura Ambiente

Qs = Concentración Estandarizada

Qa = Concentración medida

Por otro lado, producto de la verificación o calibración de cero y span, como también de las calibraciones multipunto de los monitores continuos de gases puede ser necesario aplicar factores de corrección a los valores registrados en estos.

En el caso de las verificaciones automáticas de cero y span (con frecuencias diarias o distintas) se recomienda no realizar intervención alguna sobre los datos crudos en las unidades de almacenamiento de información, sino que posteriormente en la etapa de validación de datos aplicar los factores de corrección necesarios.

Para corregir los valores se considera la ecuación de la recta

$$Q_{sc} = a * Q_c + b$$

Donde :

Q_{sc} = Concentracion no corregida

Q_c = Concentracion corregida

En función de la ecuación, los datos corregidos son:

$$Q_c = \frac{Q_{sc} - b}{a}$$

Donde :

Q_{sc} = Concentracion no corregida

Q_c = Concentracion corregida

b = z(cero medido)

a = $\frac{(s - z)}{SPAN}$, con s = span medido y SPAN = span seteado

En el caso de las calibraciones multipunto a y b se calculan a partir de la ecuación de correlación entre los valores (aproximación por mínimos cuadrados)

4.2 Representatividad de las mediciones

4.2.1 Verificación del sitio de monitoreo

El registro de la estación es una cronología de los acontecimientos que ocurren en la estación de monitoreo, en el cual deben estar señalados tanto los registros de mantención efectuados en ella como los problemas generados y la solución implementada a dichos problemas. La verificación del sitio de monitoreo incluye una revisión de las condiciones generales del sitio, la calidad de la información en la bitácora de campo y el ambiente global alrededor del sitio comparado con los criterios originales de ubicación.

La exposición de las entradas de aire, toma muestras y sensores constituye un factor significativo en los resultados de las mediciones de calidad de aire y meteorología, por consiguiente, a fin de que las observaciones puedan ser comparables, las exposiciones deben ser similares.

Los sensores y toma muestras deben quedar fuera de la influencia inmediata de obstáculos, como edificios y/o árboles; esta distancia depende de la variable a medir, así como el tipo de obstrucción. Las medidas deben ser representativas de condiciones de calidad de aire y meteorológicas del área de interés. Consideraciones secundarias, tal como accesibilidad y necesidad de seguridad deben ser tomadas en consideración, pero sin que ello comprometa la calidad de los datos.

En la verificación del sitio, entonces, se debe evaluar la información descrita en el párrafo anterior relativa a factores de emplazamiento y exposición de los sensores, así como la representatividad de las observaciones. Se debe verificar, también, los criterios de localización del sitio de medición que fueron evaluados en terreno al seleccionar, al inicio del programa, el sitio definitivo en el cual se instalaría la estación de medición.

A partir de lo descrito anteriormente, se debe verificar que los registros incluyan:

- La fecha del registro de las acciones efectuadas
- El nombre de la persona (o las personas) que han efectuado las acciones de operación y mantención efectuadas en el sitio correspondiente a las fechas antes señaladas.
- Breve descripción del tiempo (es decir, despejado, lloviendo, ventoso, etc)
- Breve descripción de las condiciones exteriores del sitio. Cualquier cambio que pudiera afectar los datos debe estar registrado. Por ejemplo, la presencia masiva de camiones cerca del sitio puede explicar los altos valores de NOx. En general deben estar registrada cualquier situación inusual o fuera de lo común.
- Descripción del trabajo efectuado en el sitio (es decir, instrumentos calibrados, analizador reparado). Información detallada sobre los instrumentos que necesitan reparación.

Además, se debe verificar:

- Si la ubicación permite obtener una muestra representativa, incluyendo concentraciones promedio o concentraciones típicas en las áreas de interés.
- Si el lugar carece de interferencias al monitoreo o de condiciones micrometeorológicas poco comunes.

- Si hay un camino de acceso adecuado, energía eléctrica y accesibilidad a los monitores.
- Si se satisfacen los criterios de orientación y de colocación de la entrada de los muestreadores o toma muestras con respecto a las corrientes de aire ilimitadas, la distancia a obstáculos cercanos y caminos, la distancia sobre el nivel del terreno, la distancia por encima de la caseta del instrumento y la elevación del terreno.
- Si el lugar es seguro contra el vandalismo.

Así, para efectuar este proceso se debe verificar que se cumplan las condiciones que señale la Lista de Verificación inicial del sitio. La Tabla 2-20 y 2-21 entregan recomendaciones de consideraciones y un ejemplo de tabla de verificación, respectivamente, que puede ser empleadas en la confección de la tabla de verificación del sitio de monitoreo como parte del control de calidad. La lista de verificación debe estar diseñada para ayudar a la evaluación de los lugares de monitoreo por medio del realce de los factores cruciales para las mediciones. En la sección 7.1 de esta Guía se presenta una lista de verificación orientada a este tema.

4.2.2 Verificación de las condiciones internas de la estación

Dentro de las acciones de verificación de la estación, se debe verificar o comprobar que la estación ha sido mantenida en forma periódica como parte del programa de mantenimiento preventivo. Aunque no necesariamente las acciones siguientes se realizan a una frecuencia predefinida, éstas pueden realizarse según como sea necesario. Lo importante es que estas acciones hayan quedado registradas dentro de la bitácora de campo. Entre las acciones que deben estar registradas y verificadas como parte del control de calidad se tiene las siguientes:

- limpieza del piso
- inspección de la seguridad de la caseta
- mantención y/o reparación del aire acondicionado
- registro de temperaturas (verificar valores requeridos)
- mantención y/o reparación del techo de la caseta
- limpieza general

4.3 Manejo de muestras y cadena de custodia

Una actividad crítica dentro de cualquier fase de recolección de datos es el proceso de manejo de muestras en el campo, a través de las fases del transporte, almacenamiento y fases analíticas. Asegurar y documentar este manejo apropiado de las muestras forma parte de lo que se denomina el registro de custodia.

4.3.1 Manejo de las muestras

Un adecuado manejo de las muestras obtenidas en terreno es crucial para todo programa de monitoreo. Sólo con un detallado tratamiento de ellas es posible asegurar que las muestras recolectadas no sufran modificaciones, pérdidas ni alteraciones en la información final obtenida. El manejo de muestras incluye las siguientes etapas:

- Etiquetado (antes y después del muestreo)
- Recolección de muestras
- Transporte

1. Identificación y etiquetado de la muestra

Todas las muestras deben ser etiquetadas para asegurar una identificación apropiada a lo largo de todo el proceso de monitoreo en el campo, transporte y análisis de laboratorio.

Cada contenedor de muestras (sobre con los filtros en el caso de muestreadores de alto volumen o bolsas con las cápsulas de petri para muestreadores dicotómicos, etc) debe tener una única identificación (ID) irrepetible en el transcurso del programa de monitoreo con el fin de evitar la posibilidad de intercambio entre muestras. Los números identificadores deben ser correlativos a fin de facilitar la detección de posibles extravíos de muestras. El número identificador del contenedor debe registrarse simultáneamente en el formulario de datos de análisis. La Figura 4-1 muestra un ejemplo de identificación estandarizada. Puede agregarse información adicional dependiendo del programa particular de monitoreo.

Las muestras deben ser apropiadamente manejadas para asegurar que no haya contaminación y que las condiciones en las cuales se analice la muestra sean las mismas que fueron reportadas en el momento de recolección de la muestra en el campo.

Por esta razón, las muestras deben mantenerse con las medidas de seguridad correspondientes durante el transcurso de tiempo entre la recolección y el proceso de análisis. Las medidas de seguridad tomadas deben ser documentadas a través de un registro firmado por el encargado de manejo de las muestras.

(Nombre de la Organización a cargo del monitoreo)	
N° ID muestra	
Tipo de muestra	
Fecha remoción	
Nombre del sitio	
Dirección del sitio	
Muestreador	

Figura 4-1 Etiquetado de la muestra

2. Recolección de muestras

Para reducir la posibilidad de invalidar los resultados, las muestras deben removerse cuidadosamente del dispositivo de monitoreo y sellarse en un contenedor adecuado. El método apropiado de sellado depende del recipiente; en general, se recomienda usar cinta adhesiva sobre la entrada del sobre o contenedor para evitar su apertura accidental. Sin embargo, cuando existe la posibilidad de acceso temporal a las muestras por personal desautorizado, la cinta adhesiva o

medio sellador debe ser de tal manera que, bajo cualquier circunstancia el sobre o recipiente que contenga las muestras haya sido abierto sin autorización, queden las marcas que indiquen que el contenedor ya ha sido abierto con anterioridad, indicio por el cual la muestra podría ser invalidada.

Luego de recolectada la muestra de campo y etiquetada con la debida identificación, las muestras deben entregarse entonces al laboratorio para el análisis correspondiente. Se recomienda que esta entrega se haga el mismo día que la muestra fue recolectada del muestreador. En el caso de que esto no sea posible, ya sea por factores de distancia o problemas de transporte, todas las muestras deben ser resguardadas con el fin de protegerlas de posible contaminación, rotura o pérdida.

3. Transporte de muestras

En el transporte de muestras y otros datos de monitoreo, es importante tomar precauciones para eliminar la posibilidad destrucción accidental y/o acción física y química sobre la muestra. Situaciones que pueden afectar la integridad de las muestras incluyen temperaturas extremas, presión atmosférica (en transporte aéreo) y el manejo físico de muestras por personas ajenas al programa que carecen de las nociones de cuidado que se le debe dar. Estas consideraciones prácticas deben ser tomadas en cuenta en todos los sitios de monitoreo y deben ser documentadas en los procedimientos.

La persona encargada de la custodia de las muestras debe poder testificar que éstas no han sufrido ningún manejo inadecuado. Después de la entrega al laboratorio, las muestras deben mantenerse en un lugar seguro.

4.3.2 Cadena de custodia

Dada la importancia de los resultados del programa de monitoreo, un registro escrito de custodia de los datos debe mantenerse en todo momento. Sin este registro de cadena de custodia el personal no puede estar seguro que los datos del monitoreo sean los mismos que los datos reportados en un momento particular o que los filtros enviados a terreno sean los mismos entregados para análisis de laboratorio. Los datos deben ser manejados solo por personas asociadas con el programa de monitoreo.

Cada persona que reciba en algún momento del proceso de monitoreo las muestras de campo debe ser capaz de señalar con seguridad de quien recibió la muestra o artículo y a quien fue entregado. Se recomienda confeccionar un formulario de cadena de custodia que acompañe a las muestras en todo momento, del campo al laboratorio. Todas las personas que reciban o entreguen en algún momento las muestras deben firmar el formulario.

Los siguientes aspectos deben ser incluidos en un formulario de cadena de custodia:

- Nombre proyecto
- Muestreador
- Tipo de muestra
- ID muestra
- Número y tipo de contenedores
- Descripción de la estación
- Requerido por (firma)

- Recibido por (firma)
- Fecha
- Hora
- Comentarios

La Figura 4-2 muestra un ejemplo de formulario de cadena de custodia.

Formulario N°		Nombre Proyecto		Tipo de Muestra	Número y Tipo de Contenedor						Observaciones
Muestreadores											
N° Sitio	Fecha	Hora	Descripción Estación								
Enviado por (firma)		Fecha	Hora	Recibido por (firma)		Timbre (fecha/sección)			Comentarios		

Figura 4-2 Formulario de cadena de custodia

Si se utiliza el servicio de correo para transportar los datos del monitoreo se debe conservar el recibo de envío y de retorno. El paquete debe marcarse e indicar que debe ser entregado sólo al destinatario, y debe dirigirse a la persona específica autorizada para recibir el paquete.

Una vez que las muestras llegan a su destino, éstas deben ser verificadas para asegurar primero que su integridad se mantenga intacta. Cualquiera muestra que indique que su integridad es cuestionable debe marcarse y estas marcas deben llevarse a lo largo de todo el análisis hasta que la validez de las muestras pueda demostrarse. Un formulario de cadena de custodia debe usarse, entonces, para rastrear el manejo de las muestras a través de las fases de almacenamiento, proceso y análisis en el laboratorio. La Figura 4-3 es un ejemplo de un formulario de cadena de custodia de laboratorio.

Laboratorio/Planta: _____					
ID Muestra	ID Contenedor	Descripción de la Muestra			
Persona responsable para muestras		Hora:		Fecha:	
ID Muestra	Enviado por:	Recibido por:	Hora:	Fecha:	Razón para cambio en custodia

Figura 4-3 Formulario de cadena de custodia de laboratorio

4.4 Mantenimiento de trazabilidad

La trazabilidad es la propiedad de un instrumento de medida que permite referirlo a patrones de medida internacionales o nacionales, a través de una cadena de comparaciones. Todos los patrones que se utilicen en la calibración de instrumentos han de tener trazabilidad con patrones de orden superior (patrones primarios) pertenecientes a un laboratorio acreditado, es decir, que a su vez hayan sido calibrados con un patrón de mayor precisión por un organismo oficial. Estos patrones primarios deben ir acompañados de su certificado de calibración, en donde se indique la fuente de procedencia, la fecha de calibración, la incertidumbre y las condiciones bajo las cuáles se obtuvieron los resultados.

En diversas normas internacionales relacionadas con implementaciones de sistemas de calidad y estándares de mediciones, se hace referencia a la necesidad de mantenimiento de trazabilidad. Así, en la norma ISO-9001:2000 de sistemas de calidad, se especifica que cuando sea en necesario, los equipos de medición deben calibrarse o verificarse a intervalos especificados, garantizando siempre que sea posible, la cadena de trazabilidad de las medidas obtenidas hasta patrones nacionales o internacionales. De este modo, los ensayos y las mediciones que se realicen con equipos o sistemas de medida debidamente calibrados, garantizarán la adecuada intercomparación de resultados con otros laboratorios de ensayos.

En la norma ISO 10012/1:1994 (Requisitos de aseguramiento de calidad para equipos de medición - Parte 1: Sistema de confirmación metrológica del equipo de medición), en la cual se toma como referencia el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), se define como aparato o instrumento de medida, todo aquel dispositivo destinado a realizar una medida asociada a unos equipos anexos y se define como patrón toda aquella medida materializada, equipo de medida, material de referencia o sistema de medida destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o los valores de un sistema de medida transmitidos por comparación con otros instrumentos de medida.

De esta misma manera, en la norma ISO 17025:2001 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración) se señala que un laboratorio de calibración demuestra la trazabilidad de sus propios patrones de medida con respecto al Sistema Internacional por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los relacionan con los correspondientes patrones primarios de las unidades de medida del Sistema Internacional.

4.5 Evaluación del personal

Como una medida de control de calidad la organización a cargo del monitoreo debe evaluar al personal encargado de las distintas etapas del monitoreo, verificando las capacidades que tengan estos para ejercer sus funciones, en base al reconocimiento de estudios previos efectuados por el personal en el área específica de trabajo y la experiencia que tienen en las operaciones a su cargo.

Se recomienda capacitar al personal en la medida que vayan surgiendo mejoras tecnológicas y éstas sean introducidas a los procedimientos del programa de monitoreo. El personal debe mantenerse informado de las nuevas metodologías que implementa la organización como medida de mejoramiento continuo de la misma. En este mismo contexto, en la sección 7.1 de esta Guía se señalan las acciones de auditoria interna que la organización debe realizar en el marco del mejoramiento continuo del programa de monitoreo. En dicha sección se hace referencia a las

distintas evaluaciones a realizar y específicamente se señalan pautas para la evaluación del personal y una lista de verificación de los aspectos relevantes a considerar en dicho proceso de evaluación.

5 Procesamiento de Información

5.1 Recolección y distribución de información

La transferencia de información desde las estaciones al sistema central de adquisición y procesamiento de datos, se puede realizar mediante comunicación telefónica (red fija o móvil), comunicación radial (UHF, VHF, etc.), satelital, cable u otro sistema de transmisión de datos.

Para asegurar la calidad de la información recibida, se recomienda verificar cada paso de transferencia de información, y el sistema en forma integral.

La etapa inicial es la traducción de la variable ambiental a una señal eléctrica, realizada por el monitor respectivo. Ese proceso debe ser asegurado por la correcta calibración del equipo de monitoreo. Se debe verificar que la señal indicada en el *display* del monitor, coincida con las salidas eléctricas entregadas por el monitor, que pueden ser de tipo análogo (voltajes) o digital (por ejemplo, salida RS232).

La señal que recibe el datalogger puede estar perturbada por caídas de tensión, cuando se conecta a las salidas análogas. Se debe verificar que se mantiene el valor correcto de señal. La conversión de señal análoga a señal digital realizada en el datalogger también debe ser verificada. Se recomienda medir las salidas del monitor, entrada a datalogger y datos guardados por el datalogger, durante las calibraciones y en las verificaciones de funcionamiento. Todas las señales deberían ser consistentes entre sí.

Para asegurar que el sistema de comunicación no introduce perturbaciones, se debe verificar la consistencia de datos entre el datalogger y el sistema central de adquisición.

Se recomienda verificar la consistencia global de toda la cadena de transferencia de datos, registrando en el sistema central los datos generados durante las calibraciones multipunto.

Por otro lado se debe verificar que la distribución de información desde el sistema central de datos a los usuarios finales se realice manteniendo la consistencia de la información generada, para ello se recomienda comparar periódicamente grupos de datos, escogidos arbitrariamente, y obtenidos de cada una de las bases de datos para periodos iguales, verificando que su contenido permanezca sin alteración atribuida a los sistemas de envío y recepción de información.

5.2 Validación de información

Antes que los datos sean aceptados en la base de datos final, los datos erróneos deben ser filtrados o extraídos. Este proceso de validación es vital para maximizar la integridad de los datos. Depende del método de monitoreo o del equipo de medición utilizado, la validación puede ser hecha manualmente o por sistemas de análisis de datos preprogramados. Cual sea el proceso usado se requiere un alto grado de juicio para aceptar o rechazar los datos sospechosos.

Tendencia de cero y span, resultados de calibraciones y ajustes efectuados en los parámetros de operación, desarrollo e historia de los servicios realizados a los equipos, cambio en las condiciones estacionales, cambio climático inusual, y los niveles de otros contaminantes durante

el mismo período son alguno de los factores considerados en el proceso de validación. Se recomienda que una inspección manual diaria de todos los datos se lleve a cabo por un analista con experiencia en análisis de datos entendido en el área de contaminación de aire, método de medición del analizador y condiciones meteorológicas.

La Figura 5-1 muestra un esquema que resume los factores adicionales a la propia información generada para la realización de la validación.

Se recomienda reforzar la relación entre las actividades de operación de la red y de procesamiento de la información. Se deben desarrollar procedimientos estandarizados de validación de la información, que incluyan todos los aspectos relevantes de la operación de la red. Esos procedimientos deben ser desarrollados en conjunto con los encargados de la operación de la red.

Se recomienda que el sistema de información incorpore el seguimiento de las variables de estado de operación de cada monitor (voltajes, temperaturas y otras), y genere reportes de advertencia cuando se detecten desviaciones significativas.



Figura 5-1 Esquema de factores adicionales en el proceso de validación

Se recomienda realizar las operaciones de validación de información con un desfase no superior a los tres meses, para potenciar su uso. Periodos mayores de desfase podrían inducir a errores, debido a la pérdida de la información adicional descrita en la Figura 5-1. Para objetivos que involucren decisiones operativas, la validación, al menos la validación cuantitativa de Nivel 1

(descrita en los párrafos siguientes), debería ser un proceso continuo, desfasado a lo más en un par de horas respecto de la medición.

5.2.1 Niveles de validación

Los niveles de validación, cada uno por separado, entregan códigos, por ejemplo numéricos, que indican la confiabilidad de la información generada, los cuales son adicionados a la información cruda para su uso posterior.

Así, es posible definir cuatro niveles de validación:

Validación de nivel 0

La validación de nivel cero se realiza esencialmente a la información cruda proveniente de los sistemas de medición, la que puede ser revisada, pero no editada ni modificada. Esta información no debe recibir ningún tipo de ajuste de tendencias o por problemas detectados durante las operaciones de mantenimiento o calibración. Se puede usar para verificar el funcionamiento del monitor pero no se debe usar para estudios o aplicaciones de regulación sin antes al menos recibir la validación de nivel 1.

Validación de nivel 1

La validación de nivel uno se realiza para la verificación cuantitativa y cualitativa de la exactitud, integridad y consistencia de la información generada, la cual se puede realizar en forma manual o mediante el uso de software especializado, por personal entrenado y calificado para su ejecución. Se debe completar una base de datos con codificación de estatus de validación para cada uno de los valores y variables medidas.

Este nivel de validación usa como parámetros para su ejecución el comportamiento de valores de variables relacionadas o dependientes, los valores conocidos de estatus de calibración y los parámetros de diseño de los equipos de medición.

Este nivel de validación permite verificar la consistencia temporal de la información, con respecto a valores esperados para época de año, valores esperados respecto al ciclo diario, etc., y verificar la consistencia espacial.

Validación de nivel 2

La validación de nivel dos se realiza para determinar el funcionamiento de equipos de medición mediante la comparación entre mediciones independientes de una misma variable. Esta comparación quita los sesgos que un monitor podría generar con motivo de su uso.

Validación de nivel 3

La validación de nivel tres permite evaluar la información generada utilizando criterios de interpretación y uso de ésta, es decir, se reporta como válida la información en nivel tres cuando la totalidad de la información tiene una interpretación física del fenómeno.

El sistema de información debe, además, generar reportes de estadísticas de captura de datos, tipos de fallas más frecuentes, y otros que apoyen la operación de la red.

El personal dedicado a la validación de la información debe tener la preparación y experiencia necesaria para realizar en forma eficiente esas labores. La infraestructura del sistema de información de adquisición y el software para captura de datos y procesamiento, deben ser adecuados para las funciones realizadas.

Se recomienda generar procedimientos automatizados de validación de información, que permitan reducir el tiempo de operación de estas actividades. El personal podrá entonces dedicar mayor tiempo a desarrollar procedimientos de análisis de información y podrá incorporar mayor valor agregado a la información básica que genera la red.

5.2.2 Procedimiento de validación

Cada sistema de medición debe preparar procedimientos propios de validación, los cuales deben contemplar criterios cuantitativos y cualitativos. Los criterios cuantitativos hacen referencia a información histórica del sitio de medición, estado operacional de los equipos, calibraciones, rango de medición, etc.

Los criterios cualitativos incorporan información relevante respecto de condiciones de la medición, observaciones adicionales, tales como meteorología u otros contaminantes, mediciones independientes de otras estaciones u otros sistemas de medición, etc., datos que en general ayudan a la toma de decisión respecto de los datos sospechosos.

La Figura 5-2 muestra un esquema general de estructuración del proceso de validación, aplicados a sistemas de medición que incluyen los procesos analíticos de laboratorio, los cuales podrían no estar incorporados dentro de una misma organización o institución que se dedique al monitoreo de contaminantes.

Cada etapa del proceso de validación debe estar documentada con procedimientos o instructivos de operación, que faciliten la ejecución de la validación.

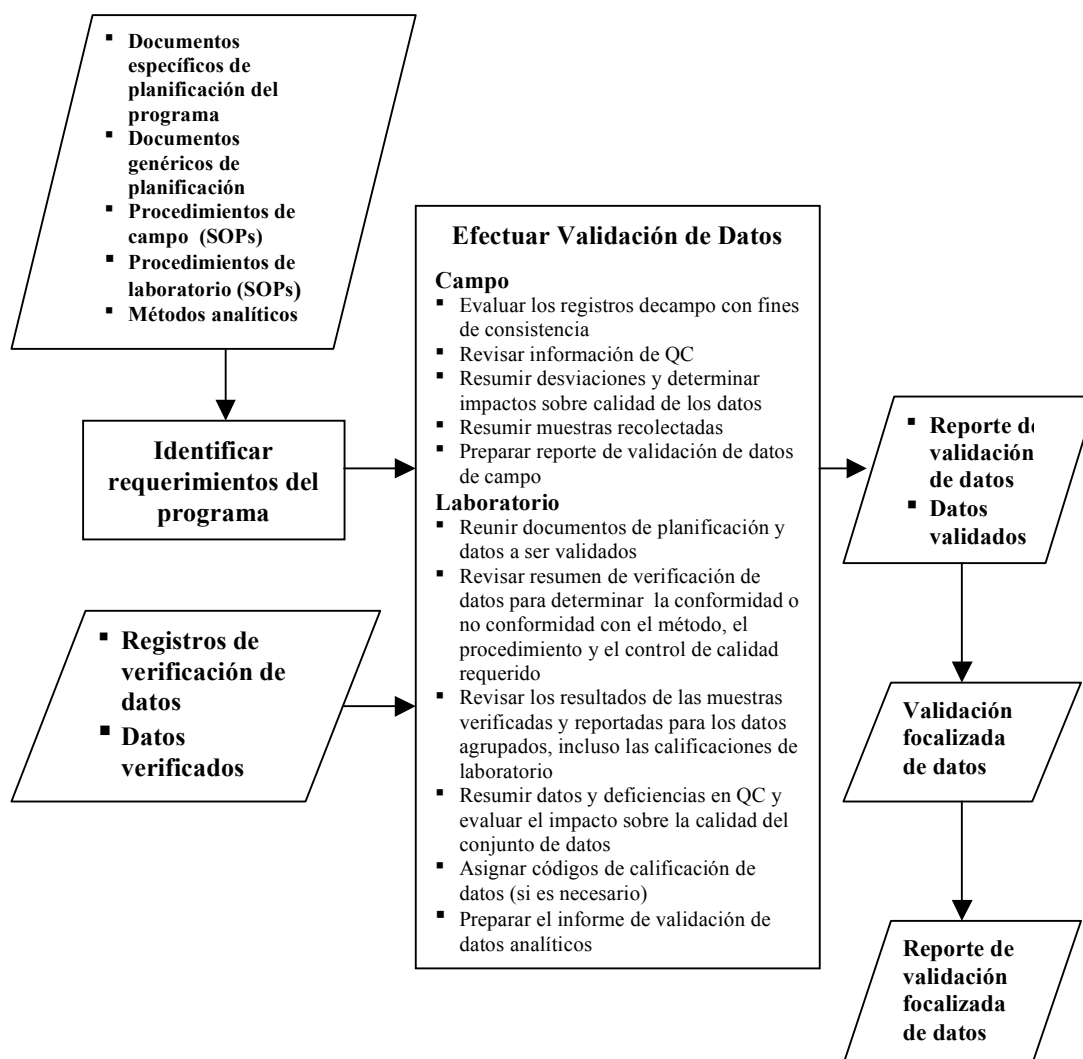


Figura 5-2 .Proceso de validación de datos

5.2.3 Descripción del proceso de validación

El proceso de validación comienza con identificar los requerimientos del proyecto y conocer las salidas provenientes del proceso de verificación de datos. Los datos verificados y los registros de verificación de datos, inclusive la declaración de certificación, deben pasar a través del encargado de la validación.

Entre las entradas que deben ser entregadas al encargado de validación están los documentos y registros generados en las actividades de campo, a saber:

- Registros de calibración de instrumentos
- Libro de campo con el registro de las actividades diarias
- Documentación de las muestras recolectadas
- Documentación de cadena de custodia

Respecto a las entradas provenientes de las actividades analíticas de laboratorio, el encargado de validación debe conocer la documentación necesaria que se debe entregar producto de las actividades de laboratorio. Debido a la particularidad de cada programa de monitoreo, el encargado de validación debe revisar la documentación adecuada que permita determinar la calidad de los datos que se deberían obtener.

Entre las etapas de recepción, preparación, análisis y reportes de información se puede generar numerosa documentación. El encargado de validación debe supervisar que todos los archivos apropiados sean generados antes del proceso de validación.

5.2.4 Implementación del proceso de validación

Los tres pasos básicos del proceso de validación incluyen:

- Identificar las necesidades del proyecto y los registros que se debieron haber generado
- Obtener los registros que se producen durante la verificación de datos
- Validar los registros apropiados para determinar la calidad de datos y evaluar si las necesidades o requerimientos del proyecto fueron resueltas realizando la validación.

El primer paso, identificar las necesidades del proyecto, empieza con una revisión de los documentos de planificación, en los cuales no solo se debe identificar los objetivos del análisis sino también los requerimientos específicos que deben ser reunidos, y determinar cuáles son los documentos y archivos específicos a evaluar durante el proceso de validación.

En el segundo paso, se debe obtener los datos verificados y los registros de verificación de datos, incluyendo los registros de campo y análisis; es importante asegurar que el encargado de validación posea toda la documentación necesaria antes de iniciar el proceso de validación. En caso de no contar con toda la información requerida la validación de los datos estará incompleta.

A través de este proceso, el encargado de validación debería asegurar que todas las muestras recolectadas y los datos generados para esas muestras están basados en un completo soporte mediante documentación validada.

En algunos casos, se pueden asignar calificaciones a los registros de datos generados con el fin de identificar deficiencias potenciales sobre la calidad de los datos.

En el recuadro del centro de la Figura 4, se indican los pasos específicos a realizar en la implementación del proceso de validación relativas a las actividades realizadas en el campo y en los procesos analíticos de laboratorio.

5.2.5 Salidas de la validación

Los tres productos resultantes del proceso de validación, incluyen los datos validados, los registros de validación y los reportes de validación.

La primera salida es un conjunto de datos que ha sido validado y aprobado por el encargado del sistema de medición o bien por el usuario de los datos. Los datos validados deberían ser los mismos que los datos verificados sumados a cualquier calificador de validación que haya sido asignado por el encargado de validación. Cualquier corrección o cambio realizado durante la revisión de los datos verificados deben estar reflejados en el dato validado.

El segundo producto generado son reportes de validación. El propósito de este reporte es proporcionar un resumen de validación de los datos al usuario. Es importante que el informe refleje todos los detalles de validación poniendo énfasis en cualquier deficiencia encontrada para poder determinar y describir el impacto de tales deficiencias en la calidad global de los datos.

Si se le han asignado calificadores a los datos validados, se debe incluir un resumen de los calificadores de validación, sus definiciones y las razones de las asignaciones efectuadas. El reporte debe incluir el detalle suficiente para que el usuario de los datos pueda tener una idea global de la calidad y del grado de cumplimiento de las necesidades del programa de monitoreo.

El tercer producto generado en el proceso de validación es un reporte de validación focalizado de datos, el cual es aplicable sólo en algunos casos y siempre que en el programa de monitoreo se haya establecido.

Para obtener mayor información acerca de la organización y estructuración de los procesos de validación y de las herramientas de cálculo y verificación de información refiérase a los siguientes documentos:

- EPA Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs), EPA QA/G-6. March 2001. Office of Environmental Information, Washington, DC. ISBN EPA/240/B-01/004
- EPA Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation EPA QA/G-8. November 2002. Office of Environmental Information, Washington, DC.
- EPA Guidance for Data Quality Assessment Practical Methods for Data Analysis, EPA QA/G-9. July 2000, QA00 Update. Office of Environmental Information, Washington, DC.

5.3 Generación de bases de datos estándar

En las redes modernas, la información generada en las estaciones de monitoreo es transmitida a una central de información en la cual debe existir personal calificado para proceder a la validación, análisis e interpretación de ésta, dejándola disponible y en los formatos adecuados para su posterior uso y aplicación en bases de datos.

Los principales usuarios de las bases de datos serán:

- Servicios gubernamentales (CONAMA, SAG, MINSAL, etc)
- Organizaciones ambientales
- Público general
- Estudiantes
- Universidades e institutos de investigación
- Medios de comunicación

La administración de la información recolectada requiere la utilización de bases de datos estandarizadas, en las cuales es necesario establecer previamente criterios para:

a) Definir las unidades a utilizar: [ppb], [ppm] o [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], se recomienda utilizar

- [ppb] para SO_2 , O_3 , NO, NO_2 y NO_x ,
- [ppm] para CO, CH_4 y HCNM
- [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] para material particulado

Al momento de establecer las conversiones se debe definir la temperatura y presión utilizada en la conversión de unidades. A modo de ejemplo, la tabla siguiente presenta los factores de corrección de [ppb] a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Tabla 5-1 Factores de conversión de [ppb] a [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Contaminante	Símbolo	0°C	25°C
Dióxido de azufre	SO_2	2.85	2.62
Óxido nítrico	NO	1.34	1.23
Dióxido de nitrógeno	NO_2	2.05	1.88
Ozono	O_3	2.14	1.96
Monóxido de carbono	CO	1.25	1.15
Metano	CH_4	0.714	0.654

b) Definir la zona horaria y formato de fecha

Se recomienda mantener el horario oficial de Chile continental de invierno (GMT -4). Esta convención evita perder horas por efectos de los cambios horarios (adelantamiento y retraso de 1 hora) en los meses de marzo y octubre.

- Se recomienda establecer el formato de fecha:
aaaammdd por ejemplo 20031015 para el 15 de octubre de 2003
- Se recomienda establecer el formato de hora:
hhmm, por ejemplo 1525 para las 15:25

c) Definir los períodos de promediación o intervalos de tiempo

- Definición de hora: se recomienda usar el criterio de la “hora posterior”, es decir asignar por ejemplo a la hora 1, el período comprendido entre las 01:00 a 01:59. Otros criterios son la hora precedente (período 00:01 a 01:00), hora centrada (00:30 a 01:29) o cualquier convención que se adopte.
- Definición de inicio de día: Se recomienda definir la hora 00:00 (medianoche) como inicio de día, luego el día estará comprendido entre las 00:00 y las 23:59

Otro punto importante es definir los requerimientos mínimos de información que permitan identificar la estación de monitoreo en el interior de la base de datos. Se recomienda considerar el protocolo de intercambio de información de la comunidad Europea que establece los siguientes tópicos:

Tema	Descripción de información
• INFORMACIÓN SOBRE LAS REDES	
	• Nombre • Abreviatura • Tipo de red (industria local, ciudad, zona urbana, aglomeración urbana, provincia, región, país, internacional) • Organismo responsable de la gestión de la red (Nombre, Nombre y apellidos de la persona responsable, Dirección, Teléfono y fax, Correo electrónico, Sitio de Internet) • Referencia horaria (GMT, local)
INFORMACIÓN SOBRE LAS ESTACIONES	
Información general	• Nombre de la estación • Nombre de la ciudad o localidad, si procede • Número de referencia o código nacional y/o local • Código de la estación • Nombre del organismo técnico responsable de la operación de estación • Organismos o programas a los que se remiten los datos • Objetivo(s) del monitoreo • Coordenadas geográficas (según la norma ISO 6709: longitud y latitud geográficas y altitud geodésica) • Contaminantes medidos • Parámetros meteorológicos medidos • Otra información pertinente: dirección predominante del viento, relación entre distancia y altura de los obstáculos más cercanos, etc.
Clasificación de las estaciones	
Tipo de zona	• Urbana: zona edificada continua • Suburbana: zona muy edificada, zona continua de edificios separados combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas) • Rural: todas las zonas que no satisfacen los criterios establecidos para las zonas urbanas/suburbanas
Tipo de estación en relación con las fuentes de emisión predominantes	• Tráfico • Industria • Niveles de fondo • estaciones que no están influenciadas ni por el tráfico ni por la industria

Tema	Descripción de información
Información complementaria sobre la estación	• Zona de representatividad (radio) • Población de la ciudad • Estaciones “tráfico”: volumen de tráfico estimado (tráfico medio diario anual), distancia con respecto al bordillo de la acera, porcentaje del tráfico correspondiente a los vehículos pesados, velocidad del tráfico, distancia entre las fachadas de los edificios y altura de los edificios (calle de tipo cañón), anchura de la calle/carretera (calles distintas de las de tipo cañón) • Estaciones “industria”: Tipo de industria(s), distancia de la fuente/zona fuente • Estaciones rurales, subcategorías; próxima a una ciudad, regional, aislada
INFORMACIÓN SOBRE LA CONFIGURACIÓN DE LAS MEDICIONES POR COMPUESTO	
Equipos (para cada equipo)	• Nombre • Principio analítico o método de medición
Características del muestreo	• Localización del punto de toma de muestras (fachada de edificio, calzada, bordillo, patio) • Altura del punto de toma de muestras • Tiempo de integración del resultado • Tiempo de toma de muestras.

Los datos son almacenados en las bases de datos como series de tiempo, identificados por lugar, fecha (día-hora), frecuencia de almacenamiento (resolución temporal, ya sea minutos, horas, días), indicadores de calidad de datos, etc.

Uno de los problemas que se presentan en los organismos públicos, privados y los fiscalizadores es la diferencia de formatos en los reportes y archivos con datos que reciben desde los operadores de redes. En este contexto, es necesario estandarizar los reportes de envío de información de las redes de monitoreo para lo cual se propone utilizar un formato único, en el cual se reporten todas las variables (contaminantes y parámetros meteorológicos) y sus códigos de validación, rellenando con -99 en aquellos casos cuando la variable no es monitoreada.

Luego se propone la siguiente estructura para cada línea de información:

Id, aaaammdd, hhmm, MP10, c1, SO2, c2, CO, c3, NO, c4, NO2, c5, NOx, c6, CH4, c7, HCNM, c8, TEMP, m1, HR, m2, WS, m3, WD, m4, SDWS, m5, SDWD, m6, RAIN, m7, PRES, m8, RS, m9

Donde:

Campo	Identificación
Id	Código identificación de la estación
aaaammdd	Fecha (ejemplo: 20001225 para el 25 de diciembre de 2000)
hhmm	Hora (ejemplo 1325 para la 01:25 PM)
MP10	Concentración de MP10 (ug/m3)
c1	Código validación para MP10(ver tabla)
SO2	Concentración de SO2 (ppb)
c2	Código validación para SO2

Campo	Identificación
CO	Concentración de CO (ppm)
c3	Código validación para CO
NO	Concentración de NO (ppb)
c4	Código validación para NO
NO2	Concentración de NO2 (ppb)
c5	Código validación para NO2
NOx	Concentración de NOx (ppb)
c6	Código validación para NOx
O3	Concentración de Ozono (ppb)
c7	Código validación para O3
CH4	Concentración de CH4 (ppm)
c8	Código validación para CH4
HCNM	Concentración de HCNM (ppm)
c9	Código validación para NMHC
TEMP	Temperatura ambiente (°C)
m1	Código validación para
HR	Humedad relativa (%)
m2	Código validación para
WS	Velocidad de viento (m/s)
m3	Código validación para WS
WD	Dirección de viento (°deg)
m4	Código validación para WD
SDWS	Sigma velocidad de viento (m/s)
m5	Código validación para SDWS
SDWD	Sigma dirección de viento (°deg)
m6	Código validación para SDWD
PRES	Presión Atmosférica (ba)
m7	Código validación para Presión
RS	Radiación Solar (Wat)
m8	Código validación para radiación solar

Además, se propone utilizar 4 códigos de validación, los cuales son:

Código	Descripción
0	Dato ausente
1	Dato validado
2	Dato invalidado
9	Variable no monitoreada

6 Reportes de información

Se deben diseñar formatos para la transferencia de información que sean apropiados tanto para las capacidades de la red como para los usuarios finales de la información. La comunicación de los datos o de la información se puede realizar mediante varios métodos de transmisión:

- Reporte escrito (en papel). Esto puede proporcionar el acceso a la información de calidad de aire a los usuarios finales, los cuales no tienen acceso a salidas de información más sofisticadas.
- Reportes almacenados en medios magnéticos (discos compactos, diskettes de alta densidad, cinta, etc.). Este método de transferencia de los reportes de información es, generalmente, el método más aplicable para los usuarios finales, ya que dispone de la información para su manejo posterior permitiendo su reproducción fácilmente. La información contenida se encuentra agregada no pudiendo acceder a la información base.
- Reportes por medios de comunicación electrónicos, por ejemplo Internet vía página web, correo electrónico, servidores FTP, etc. Es otro método de transmisión de reportes que se está usando corrientemente, bajo las mismas condiciones que el medio anterior.

6.1 Generación de formatos estándar y estadística

Los resultados de los datos de monitoreo pueden ser reportados a los usuarios de la información de varias maneras:

a) Un reporte sobre superaciones de las normas de calidad de aire

Puede ser necesario someter a una evaluación anual respecto a las conformidades con las normas primarias de calidad de aire. El reporte puede incluir, por ejemplo, información de aquellos sectores en los cuales fueron superadas las normas de calidad de aire, su ubicación geográfica, concentraciones asociadas y los períodos en los cuales fueron excedidas dichas normas. En algunos casos, el reporte puede requerir detalles de las medidas que serán tomadas para mejorar la situación.

b) Reportes mensuales de medición

Se debe reportar las condiciones de las mediciones para el mes calendario correspondiente, utilizando para ello formatos estandarizados que permitan visualizar la información recolectada, a través de tablas de datos, resúmenes estadísticos y gráficos.

Las mediciones continuas (mediciones de material particulado y gases) deben reportar los siguientes aspectos de las mediciones:

- Series de tiempo, que permitan evaluar superaciones de los valores de referencia de las normas vigentes.
- Ciclo diario promedio, permite evaluar el comportamiento promedio de los contaminantes.

- Valores extremos (máximo, mínimo) y promedios diarios y mensuales. Permiten evaluar estadísticamente los comportamientos de largo plazo de los contaminantes medidos.
- Porcentaje de datos recolectados, que permiten evaluar la eficiencia las mediciones.

En el caso de las mediciones discretas (material particulado gravimétrico), se deben reportar los siguientes aspectos de las mediciones:

- Valor diario de concentraciones
- Relación MP25/MP10, para el caso de los monitores Dicotómicos
- Superación de normas, numero de días de superación y valores alcanzados.

La información del sitio de monitoreo debe ser incluida en los resúmenes de reportes debido a su importancia en la interpretación de los datos resultantes.

c) **Reporte anual de calidad de aire**

Con la información validada de periodos anuales, se debe generar un reporte que presente un resumen estadístico de los resultados anuales, los cuales pueden ser empleados para propósitos de investigación, especialmente para estudios de efectos en la salud o para fines de modelamiento de contaminantes atmosféricos, así como también para fines de planificación y control. Este resumen estadístico puede contener:

- Estadísticas anuales tales como recolección de datos, media aritmética y geométrica de los valores horarios, de ocho horas y de 24 horas, según sea el contaminante que se esté analizando y la norma primaria de calidad de aire a la cual se haga referencia.
- Comparación de resultados anuales con estándares internacionales y con estándares dictados por las autoridades ambientales nacionales por medio de las Normas Primarias de Calidad de Aire.
- Estadísticas de tendencias diurnas, mensuales y de largo plazo (varios años).
- La información del sitio de monitoreo debe ser incluida en los resúmenes de reportes debido a su importancia en la interpretación de los datos resultantes.

La estructura de un reporte diario de información de concentraciones del contaminante analizado, debe incluir información de identificación de la estación y la fecha del monitoreo realizado. Además, debe contener una tabla resumen en que se indiquen los valores de concentraciones máximas del contaminante, en concentraciones de 1, 8 ó 24 horas, según sean los requisitos

indicados en la Norma Primaria de Calidad de Aire para el contaminante que se esté midiendo, en el caso de mediciones continuas con equipos automáticos de medición, o bien en concentraciones de 24 horas para monitoreos discretos de MP10 con equipos gravimétricos de medición. Refiérase al resumen presentado en el Anexo C para detalles de períodos de medición y valores normados en cada período para cada uno de los contaminantes en cuestión.

El reporte debe contener, además, el horario en que se registraron las concentraciones máximas y el número de horas del día de análisis en que la norma fue superada.

La Figura 6-1 muestra un ejemplo del formato de reporte resumen diario de MP10 con monitoreo continuo en una estación de monitoreo.

Así también, en un reporte semanal, se debe incluir el período de medición, el nombre de la estación y una tabla resumen con los valores de concentraciones del contaminante. En esta tabla se debe señalar el ciclo semanal indicando cada uno de los días de la semana y su fecha correspondiente, las concentraciones máximas registradas en cada uno de los días y para cada uno de los períodos que indique la Norma Primaria de Calidad de Aire (1, 8 o 24 horas o anual en el caso de reportes anuales), y las horas asociadas a las ocurrencias de las concentraciones máximas antes señaladas y los números de horas de cada día de la semana en que fue excedida la norma.

En general, esta información debe ser incorporada en cada reporte que se realice indicando, además, un resumen de información estadística asociada, promedios móviles de 24 horas o del horario que establezca la norma, el porcentaje de horas con información válida, el promedio de valores de concentraciones para cada período de medición y los números de días en que fue excedida la norma.

La Figura 6-5 muestra un ejemplo de Reporte Semanal de información de concentraciones de MP10 en una estación de monitoreo.

Un reporte de concentraciones de material particulado con muestreadores gravimétricos debe contener, en general, la misma información de encabezado que los reportes anteriores, el número de días que se registraron por sobre la Norma Primaria de Calidad de Aire y, en caso de muestreadores gravimétricos dicotómicos señalar las relaciones de concentración de MP2.5 sobre MP10. Esta relación debe también manifestarse en un gráfico de barras en el ciclo de tiempo de evaluación, indicando el valor de la norma para material particulado en las fracciones que se estén analizando.

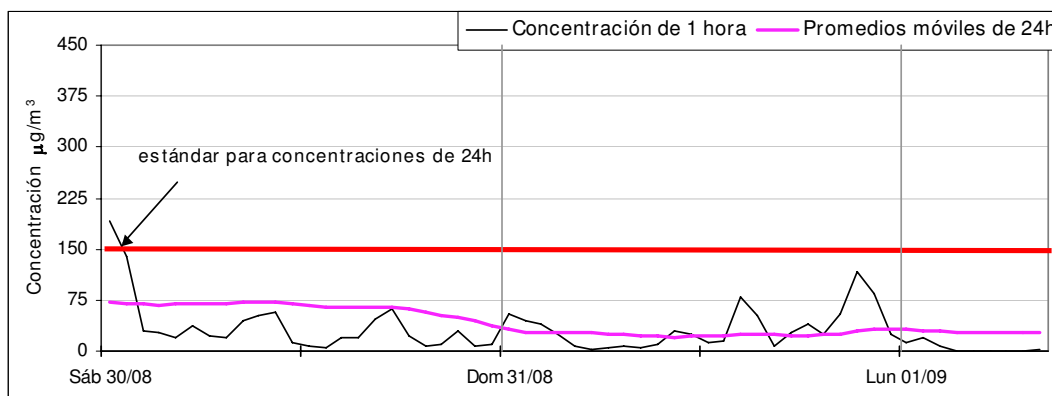
La Figura 6-2 muestra un ejemplo de este tipo de reportes. Con respecto a los reportes mensuales de mediciones continuas, estos deben incluir el resumen de concentraciones diarias para cada uno de los días del período mensual de medición desagregado en las 24 horas del día. Se deben incorporar los valores diarios promedios, máximos y mínimos registrados a lo largo del mes y los valores horarios promedios, máximos y mínimos registrados a fin de generar los ciclos diarios promedios máximos y mínimos del período mensual de evaluación. El reporte debe incluir también, gráficos de series de tiempo y promedios cada 8 horas del ciclo mensual. La Figura 6-3 muestra un ejemplo de reporte mensual.

Reporte diario de MP10
Estación de monitoreo XXXXXXXXXX
Domingo 31 de agosto de 2003

(Valores preliminares, sujetos a modificación posterior)

Tabla: Resumen de valores de MP10

Día reportado	Concentraciones de 1h			Concentración de 24h ¹ [µg/m ³]	Excede estándar > 150 ²
	Máximo [µg/m ³]	Hora ocurrencia	No. horas >150[µg/m ³]		
Dom 31/08/03	117.9	21:00	0	33.3	NO



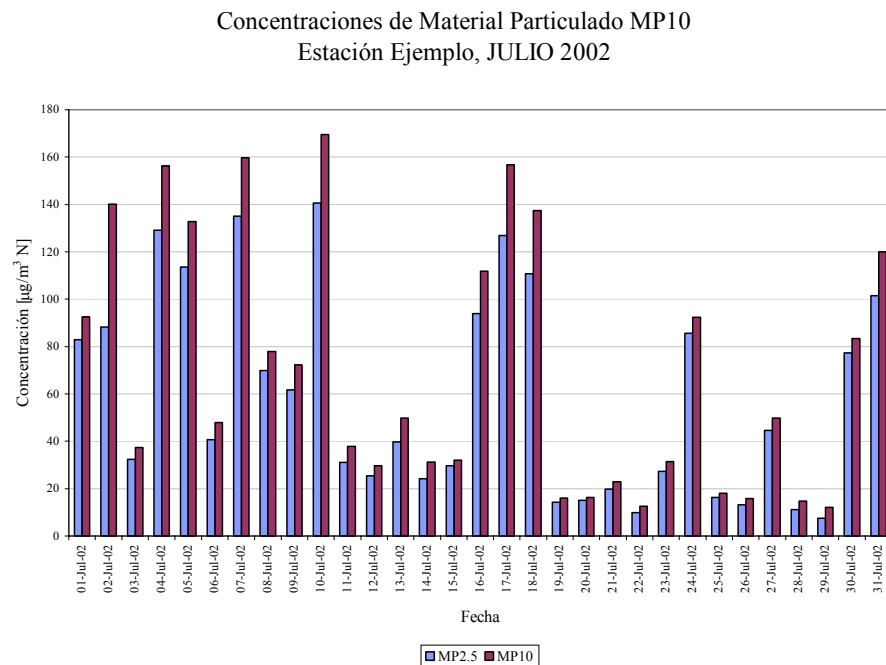
Concentraciones de 1h y promedios móviles de 24h de MP10 - Las Encinas (últimos 2 días)

¹ El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como concentración de 24h el valor máximo de los promedios móviles de 24h registrados entre las 00 y 23h del día reportado.

² El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como límite para concentración de 24 horas el valor 150 µg/m³.

Comentarios generales

Figura 6-1 Ejemplo de Reporte Diario mediciones continuas

[illegible]

76

Variable Medida	Ozono, O3																			Estación UTM Este UTM Norte	Panguipulli UTM Este UTM Norte	Periodo del reporte	Enero 2003					
																				368.2								
																				6258.5								
Fecha	HORAS																							Valores diarios				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Promedio	Máximo	Mínimo	
01/01/2003	2.93	10.10	5.49	13.28	11.83	11.22	25.47	14.11	8.81	26.28	17.38	26.22	89.22	122.14	97.82	117.76	52.65	46.40	5.08	6.90	10.90	6.61	4.55	5.61	30.78	122.14	2.93	
02/01/2003	9.07	11.79	2.50	8.25	8.06	13.63	10.22	21.76	2.76	15.08	50.06	54.88	94.13	29.90	90.41	70.39	7.97	52.71	52.36	13.38	7.00	4.99	5.63	11.46	27.02	94.13	2.50	
03/01/2003	9.14	8.22	9.14	7.11	3.31	6.75	25.74	31.41	30.95	24.96	30.29	69.37	44.71	116.87	39.59	73.12	8.45	32.10	44.09	14.18	8.81	8.38	9.45	13.13	27.89	116.87	3.31	
04/01/2003	8.59	2.69	11.57	5.39	8.35	4.83	21.54	29.36	16.81	48.71	16.01	19.10	69.64	106.22	32.28	80.08	108.83	58.27	13.96	21.03	9.92	6.69	6.40	3.88	29.59	108.83	2.69	
05/01/2003	7.41	9.88	4.88	1.62	9.25	7.65	18.37	27.70	31.56	32.21	38.47	54.50	62.02	86.66	13.17	45.52	6.83	6.83	43.29	5.51	8.50	11.89	6.49	8.45	22.86	86.66	1.62	
06/01/2003	12.03	11.01	9.32	11.02	4.56	4.15	24.91	21.63	18.36	38.56	30.71	71.40	42.05	5.72	91.48	83.28	53.35	64.86	37.55	24.02	1.86	10.48	1.26	11.06	28.53	91.48	1.26	
07/01/2003	3.16	10.80	6.02	4.36	12.78	3.79	13.97	23.96	27.86	24.45	17.41	71.34	5.82	89.72	10.77	68.03	27.11	32.75	10.06	28.63	9.32	7.71	5.91	8.71	21.85	89.72	3.16	
08/01/2003	6.62	3.57	9.74	6.17	5.19	7.36	10.62	26.09	7.42	7.07	63.89	37.31	50.77	8.22	18.76	96.29	13.61	77.34	36.75	22.98	11.05	10.94	7.02	3.23	22.83	96.29	3.23	
09/01/2003	6.17	9.86	11.83	4.74	11.48	11.68	21.09	24.95	17.98	42.04	46.60	10.89	35.39	110.58	6.90	109.36	72.47	28.18	45.72	24.46	11.51	8.77	10.13	8.89	28.82	110.58	4.74	
10/01/2003	6.94	5.34	10.26	2.97	9.01	11.07	12.62	12.73	11.64	47.09	10.18	59.09	46.90	121.30	57.11	84.93	97.34	44.78	20.44	6.73	7.39	7.41	11.39	2.54	29.47	121.30	2.54	
11/01/2003	7.90	3.95	5.51	9.94	5.76	10.93	23.77	26.75	12.86	21.65	10.64	24.18	71.54	102.65	52.05	137.44	26.80	23.13	48.25	34.19	10.68	5.33	11.46	11.88	29.13	137.44	3.95	
12/01/2003	7.13	5.87	4.58	5.93	8.74	6.61	8.22	5.77	14.89	44.43	49.79	33.35	76.80	23.27	45.08	19.06	48.20	55.52	48.34	22.43	11.26	7.59	4.30	6.58	23.49	76.80	4.30	
13/01/2003	3.98	6.99	8.18	9.31	12.51	11.81	20.29	12.49	18.87	10.29	30.34	20.56	98.94	34.91	85.79	12.60	74.66	57.51	36.49	9.01	3.75	3.50	5.42	10.57	24.95	98.94	3.50	
14/01/2003	5.87	6.29	9.27	4.21	6.23	7.81	22.33	20.62	17.80	36.15	29.79	54.53	108.09	118.04	120.04	117.60	59.15	19.90	47.65	18.79	3.13	8.16	4.79	12.77	35.79	120.04	3.13	
15/01/2003	11.49	10.60	5.61	11.11	11.98	7.41	15.43	26.26	21.85	36.67	35.86	18.57	94.12	57.75	13.29	116.31	90.11	74.28	30.15	14.32	9.04	3.32	6.76	4.74	30.29	116.31	3.32	
16/01/2003	4.49	6.93	5.77	14.11	4.98	9.12	23.99	21.14	7.94	17.81	56.08	45.58	59.04	70.44	60.23	4.87	74.62	30.59	18.42	13.40	13.40	7.21	11.58	7.82	24.56	74.62	4.49	
17/01/2003	10.88	7.86	3.70	6.90	4.87	6.22	29.69	10.38	22.05	33.80	45.68	19.70	74.30	48.21	26.04	14.57	31.47	46.14	13.10	7.75	12.57	5.40	7.48	6.27	20.21	64.30	3.70	
18/01/2003	6.56	8.66	9.72	9.00	4.34	4.57	22.94	19.53	13.95	22.09	24.95	15.74	69.90	64.17	86.84	146.54	45.01	49.45	45.21	2.09	13.49	4.73	10.98	1.75	29.68	146.54	1.75	
19/01/2003	13.43	4.91	4.80	6.80	5.52	4.13	20.00	13.83	28.55	8.08	55.01	47.98	41.29	15.76	36.20	16.50	35.88	88.14	41.08	16.12	12.62	5.89	10.68	4.54	22.41	88.14	4.54	
20/01/2003	7.34	6.22	6.82	5.90	3.66	10.99	16.59	24.01	19.29	9.36	13.20	28.60	70.66	115.17	33.05	112.72	62.92	9.06	19.31	5.89	9.56	6.81	9.78	6.59	26.40	115.17	3.66	
21/01/2003	8.89	4.63	10.11	4.33	3.27	7.34	10.71	24.19	25.07	21.91	11.13	34.26	32.18	83.33	128.48	126.60	56.44	6.61	5.84	20.78	2.72	8.38	12.24	11.58	27.54	128.48	2.72	
22/01/2003	12.96	10.67	8.20	10.12	12.51	3.61	31.10	6.06	9.82	22.29	27.82	68.08	54.35	94.94	81.27	106.04	81.67	83.36	46.97	13.30	7.21	8.23	3.96	7.58	33.84	106.04	3.96	
23/01/2003	11.50	9.04	10.41	4.01	7.59	11.63	17.83	19.79	17.37	6.82	55.61	58.42	79.71	21.73	37.26	44.80	47.59	45.71	5.20	20.21	9.30	8.98	11.23	3.71	23.56	79.71	3.71	
24/01/2003	3.46	3.31	3.61	8.44	11.32	9.33	18.12	33.83	18.12	27.97	36.81	59.20	65.64	88.34	26.57	104.54	82.48	53.02	46.01	7.53	10.77	5.59	9.84	4.91	2.50	30.49	104.54	2.50
25/01/2003	6.53	7.61	11.63	4.21	5.47	1.80	21.81	13.24	33.49	22.67	11.63	6.63	71.40	58.71	73.72	51.93	53.07	72.80	57.87	27.41	12.25	6.24	2.40	8.18	26.78	73.72	1.80	
26/01/2003	9.21	8.22	5.18	6.30	9.59	8.46	28.45	16.78	23.50	33.91	27.28	43.08	88.41	118.22	18.18	91.18	64.81	15.27	28.70	25.65	9.65	13.22	11.65	7.58	29.69	118.22	5.18	
27/01/2003	8.02	12.23	9.99	8.04	6.91	10.63	26.18	8.08	12.98	30.18	30.80	17.56	61.39	27.99	125.88	8.42	68.26	47.44	30.53	25.58	9.46	10.66	1.29	13.09	25.48	125.88	1.29	
28/01/2003	5.55	13.42	8.15	8.60	5.92	10.86	26.43	21.20	15.37	34.78	15.02	38.68	31.01	50.27	22.89	123.79	84.12	73.02	26.12	16.50	10.25	11.16	10.86	5.59	27.90	123.79	5.55	
29/01/2003	5.76	12.41	4.25	9.59	11.45	2.68	16.31	14.61	12.22	22.88	17.10	2.93	3.90	100.71	84.74	138.60	70.75	56.68	47.95	11.63	6.01	5.13	2.82	12.15	28.05	138.60	2.82	
30/01/2003	7.28	10.02	8.44	2.25	5.50	12.47	24.27	21.24	23.77	19.45	4.45	26.03	62.60	31.29	40.67	7.17	41.55	84.51	21.25	21.02	6.53	9.00	5.14	4.50	20.85	84.51	2.25	
31/01/2003	9.15	5.30	6.63	10.49	2.82	5.34	11.92	3.03	9.16	15.69	56.85	56.51	28.94	82.96	84.91	83.79	97.24	29.20	9.27	18.77	12.88	5.26	3.41	6.02	27.31	97.24	2.82	
Promedio	7.97	8.02	7.47	7.24	7.59	7.93	20.54	18.74	18.16	26.26	31.91	38.73	61.53	69.17	59.34	77.15	55.35	47.05	30.47	16.88	8.95	7.67	7.14	7.51	Promedio mensual	27.03		
Máximo	13.43	13.42	11.83	14.11	12.78	13.63	33.83	31.41	33.49	48.71	63.89	71.40	108.09	122.14	128.48	146.54	108.83	88.14	57.87	34.19	13.49	13.22	12.24	13.13	Máximo mensual	146.54		
Mínimo	2.93	2.69	2.50	1.62	2.82	1.80	8.22	3.03	2.76	6.82	4.45	2.93	3.90	5.72	6.90	4.87	6.83	6.61	5.08	2.09	1.86	3.32	1.26	1.75	Mínimo mensual	1.26		

Sensor:		Realizado por:	
Marca:		Aprobado por:	
Modelo:		Institución:	
Nº Serie:		Fecha del reporte:	

Ciclos diarios Ozono
Estación Panguipulli
Periodo Enero 2003

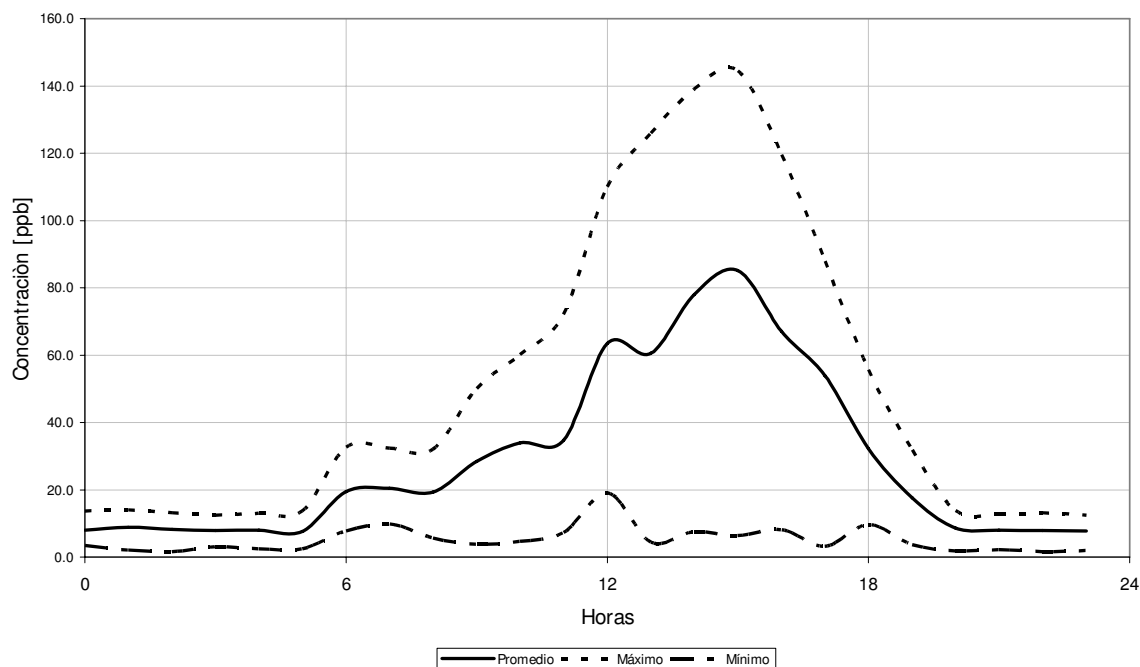


Figura 6-3. Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases

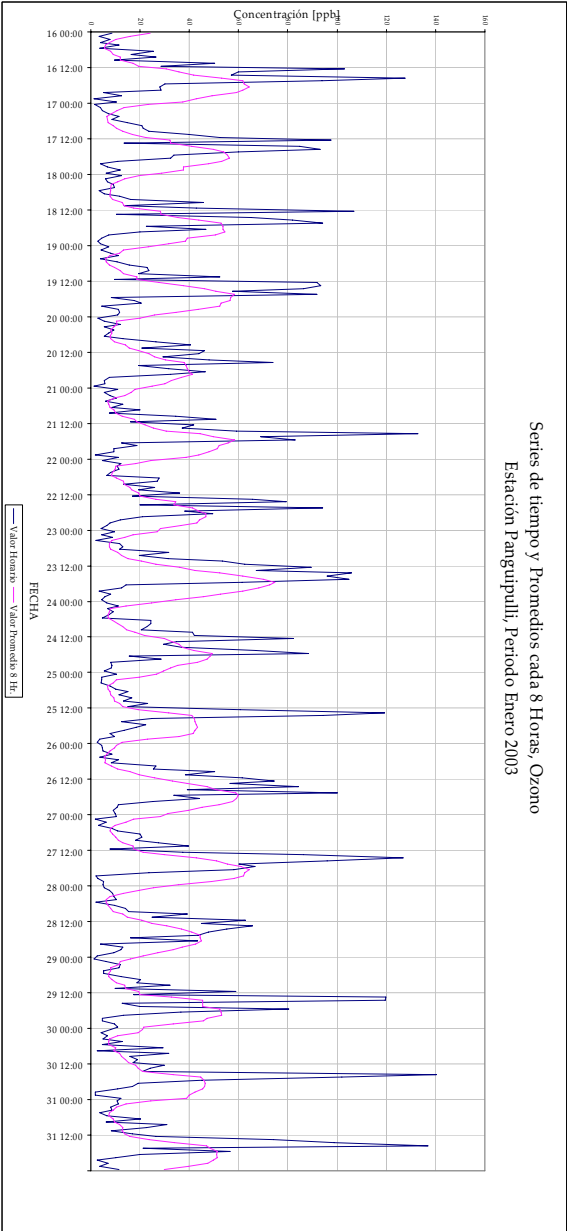
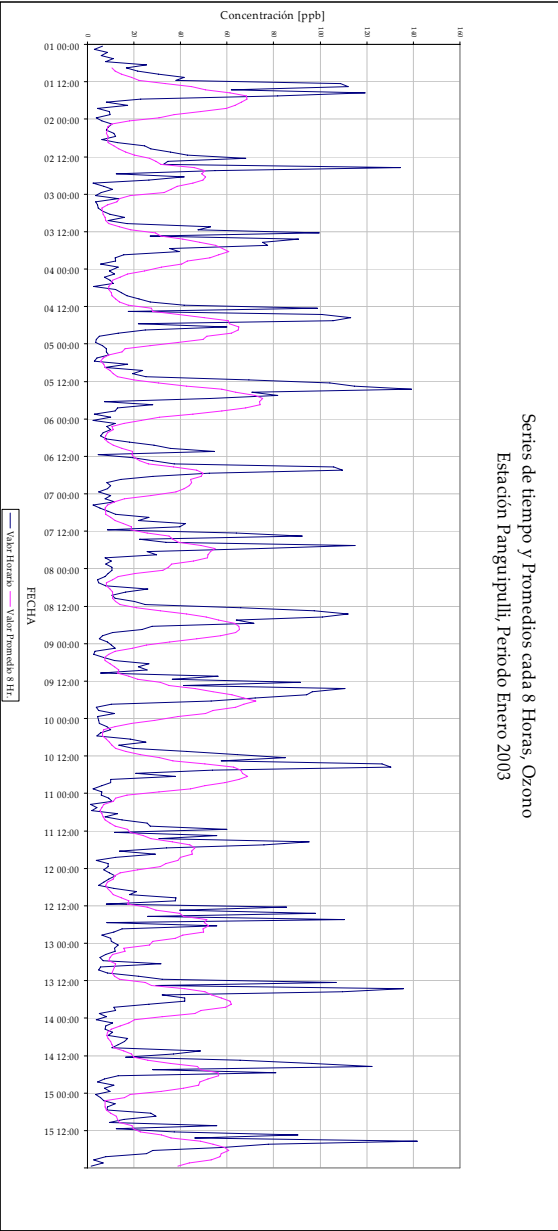


Figura 6-4 Ejemplo reporte mensual de mediciones continuas de gases (continuación)

Estación Ejemplo de monitoreo de calidad de aire y meteorología

Reporte Semanal de MP10 y Meteorología

Semana 35, período: 25 al 31 de agosto de 2003

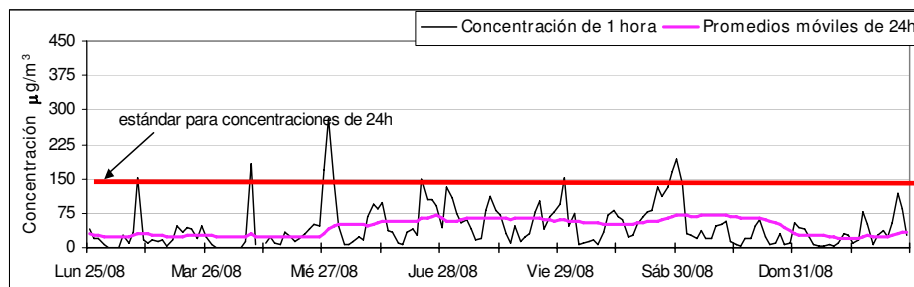
(Valores preliminares, sin factores de corrección, sujetos a modificación posterior)

Resumen de valores de MP10

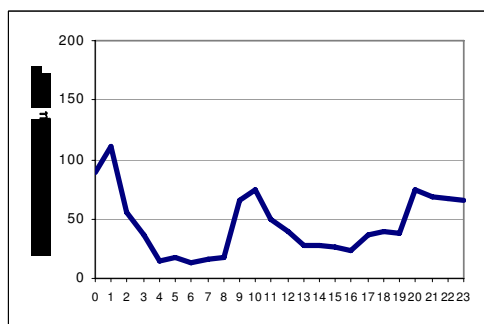
Fecha	Concentraciones de 1h			Concentración de 24h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Excede estándar ? 150 ¹
	Máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Hora ocurrencia	No. horas >150[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
Lun 25/08	151.7	10:00	1	31.9	NO
Mar 26/08	181.6	09:00	1	29.7	NO
Mie 27/08	280.1	01:00	2	70.0	NO
Jue 28/08	131.5	01:00	0	65.4	NO
Vie 29/08	166.3	23:00	2	67.2	NO
Sab 30/08	192.3	01:00	1	72.7	NO
Dom 31/08	117.9	21:00	0	33.3	NO

¹ El decreto 59/1998 de MINSEGPRES establece como límite para concentración de 24 horas el valor 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Serie semanal de concentraciones de 1 y promedios móviles de 24 horas de MP10



Ciclo diario de concentraciones MP10



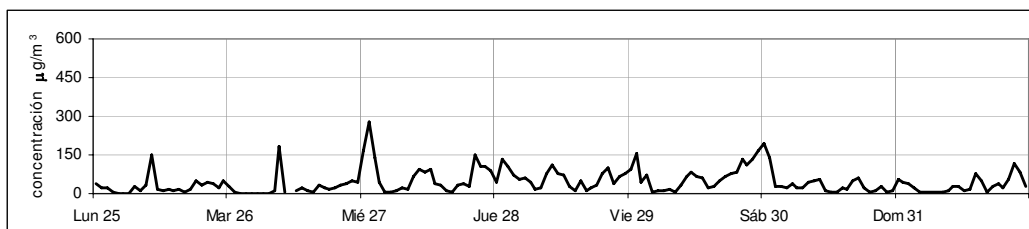
Resumen estadístico a la fecha

Mes	% horas con inform. Válida	Promedio período [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	No. días Excede estándar
Enero	99	25.2	0
Febrero	99	30.9	0
Marzo	95	25.9	0
Abril	95	30.4	0
Mayo	99	63.8	1
Junio	100	70.4	3
Julio	99	70.5	4
Agosto	98	51.1	1

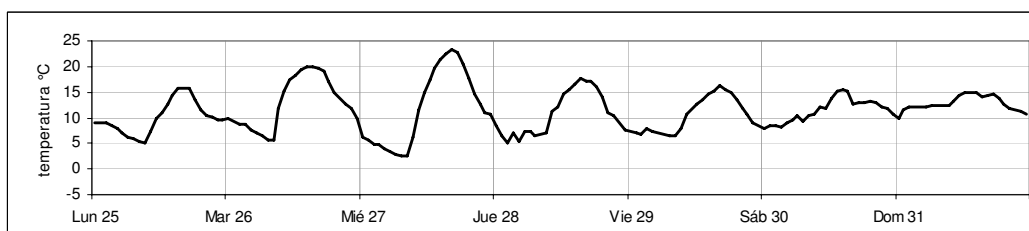
Figura 6-5. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas.

Serie de valores horarios de Material Particulado y Variables Meteorológicas

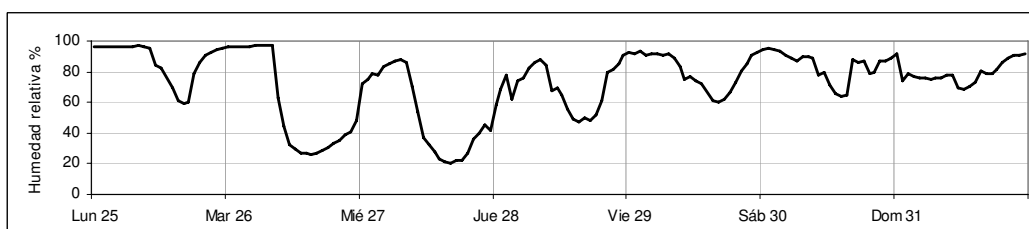
Valores horarios de concentración de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



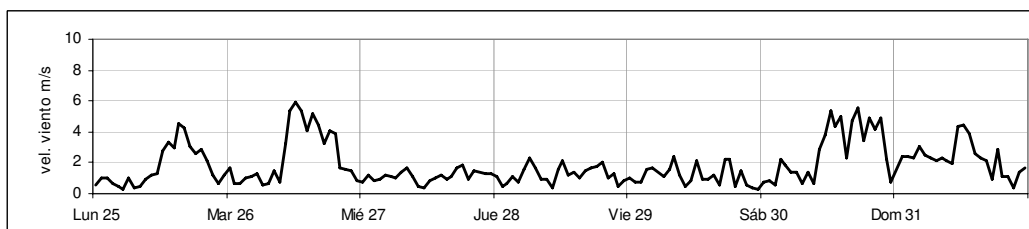
Valores horarios de Temperatura (°)



Valores horarios de Humedad Relativa (%)



Valores horarios de Velocidad del Viento (m/s)



Valores horarios de Dirección del Viento (°)

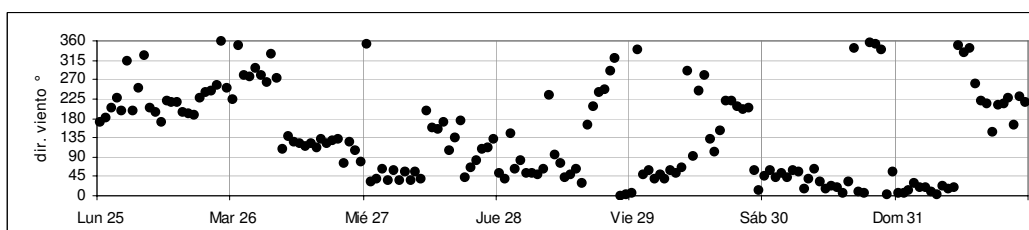


Figura 6-6. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)

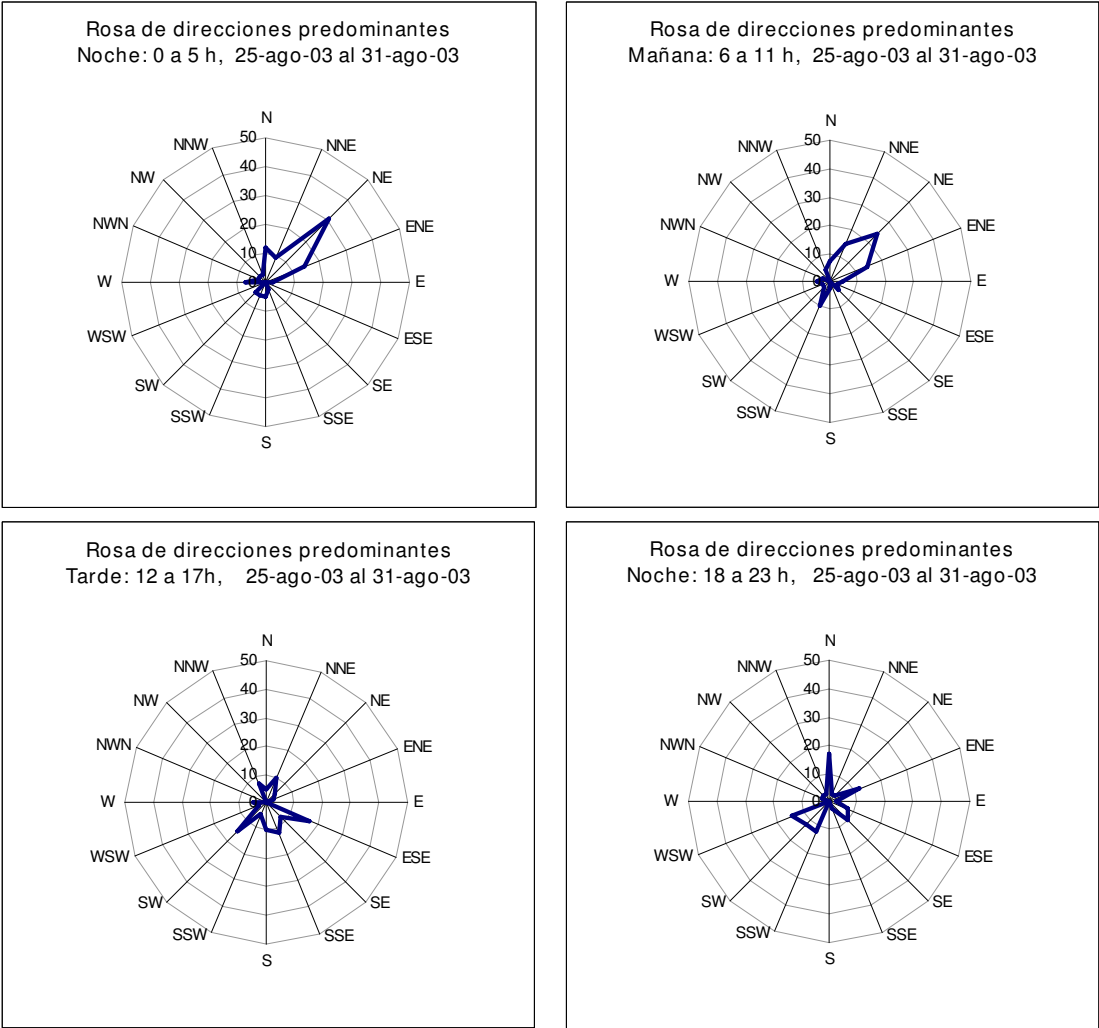


Figura 8: Rosas de direcciones de viento predominantes

Comentarios Generales

Figura 6-7. Reporte semanal de MP10 y meteorología, mediciones continuas (continuación)

7 Auditorías orientadas al mejoramiento continuo

Según como se establece en la NCh-ISO 10011/1 (*Guía para la auditoría de sistemas de calidad - Parte 1*), “la auditoría de calidad es un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad cumplen con las disposiciones previamente establecidas y si estas disposiciones se han aplicado efectivamente y son adecuadas para lograr los objetivos”

Así, la auditoría del sistema de monitoreo de la calidad del aire es la evaluación realizada por un grupo de auditoría, interno o externo a la institución auditada, para determinar el desempeño de la implementación del programa de monitoreo. El propósito es apoyar al administrador del sistema de monitoreo para que identifique los aspectos satisfactorios, aquellos que requieren atención y los mecanismos para mejorar las falencias; para determinar la conformidad o no conformidad de los elementos del sistema de calidad con respecto a los requisitos preestablecidos, y para entregar al auditado una oportunidad de mejorar su sistema de calidad.

El informe de la evaluación resume los detalles del desempeño del sistema de monitoreo, incluidos el entorno, los procedimientos de muestreo y análisis, mantenciones y calibraciones, los equipos, las instalaciones, la capacidad del personal y la estructura de la institución. El informe debe evaluar esos componentes, enumerar los aspectos satisfactorios e insatisfactorios y sugerir medidas correctivas.

El propósito del monitoreo de la calidad del aire es brindar los datos necesarios para que se tomen decisiones que permitan mejorar la calidad del aire en beneficio de la salud y el ambiente. Esas decisiones requieren datos relevantes sobre calidad del aire. Luego de una evaluación detallada, la institución responsable puede estar segura de que se brinda la información necesaria para la toma de decisiones, lo que conduciría a la mejora de la calidad del aire y al establecimiento de prioridades en la asignación de recursos destinados a la solución de los problemas más graves.

Es importante que se realice una evaluación interna de la calidad de los datos antes de la evaluación con personal externo. Se recomienda que las auditorías internas sean realizadas a una frecuencia de seis meses y que las evaluaciones con personal externo se efectúen cada dos años. En todo caso, la necesidad de efectuar una auditoría es determinada por la organización tomando en cuenta requisitos especificados o cambios significativos en la dirección, organización, políticas u objetivos, técnicas o tecnología que puedan afectar al sistema de calidad o introducir cambios en los resultados.

Como medida para facilitar las investigaciones del auditor, se puede incluir documentación de apoyo, que incluye al menos:

- Listas de verificación usadas para evaluar los elementos del sistema de calidad, las cuales pueden ser preparadas por el auditor, dependiendo de los elementos y requisitos de calidad de los datos definidos al inicio del programa de monitoreo.
- Formularios para informar las observaciones de la auditoría y para documentar la evidencia objetiva de respaldo a las conclusiones.

En resumen, en una visita de auditoría a una estación se consideran criterios de ubicación, características técnicas, mediciones, calibraciones y transmisión de datos, junto con otras informaciones específicas, no sólo para evaluar la calidad de las observaciones, sino también para proponer recomendaciones con el fin de mejorar las mismas. Para facilitar las inspecciones se han preparado listas de verificación, las cuales, junto con el desarrollo de estos temas, son presentadas a continuación.

7.1 Auditorías internas de operación

Una auditoría es un proceso de evaluación usado para medir el funcionamiento o la eficacia de un sistema de monitoreo. Dentro del sistema de auditoría interna, las siguientes evaluaciones son realizadas al programa de monitoreo de calidad de aire y meteorología. Se pueden elegir uno o varios tipos de evaluaciones. Se pueden seleccionar evaluaciones diferentes, en momentos distintos y para propósitos diversos o bien centrar la atención en los componentes del programa que tienen mayor posibilidad de generar problemas.

La auditoría debe ser realizada por personal que no tenga responsabilidad directa en el área que está siendo auditada, pero preferentemente debe trabajar en colaboración con el personal de ese sector.

- Evaluación de cumplimiento de objetivos
- Evaluación del personal
- Evaluación de operación interna
- Evaluaciones de desempeño

7.1.1 Evaluación de cumplimiento de objetivos

Este tipo de evaluación está enfocado a verificar el cumplimiento de los objetivos del monitoreo, la determinación de los datos requeridos y el nivel de calidad asociado a dichos requerimientos. En este sentido, la evaluación de cumplimiento de objetivos debe verificar la exactitud y precisión de los datos validados y reportados; la completitud, es decir, la cantidad de datos válidos obtenidos como fracción de lo que se tenía planificado obtener; la representatividad, es decir, que la muestra de contaminación sea típica con respecto a las condiciones, al período y a la localidad para la cual se obtiene el dato; y la comparabilidad en el contexto de extensión de redes.

Así, la evaluación de cumplimiento de objetivos es más bien una prueba cuantitativa de los componentes individuales del sistema de monitoreo que permite determinar si opera de acuerdo con las especificaciones. Por ejemplo, puede incluir muestras de referencia que serán analizadas como muestras de rutina a fin de determinar la exactitud de un procedimiento analítico. Este tipo de evaluación es sumamente útil porque permite identificar si un procedimiento cumple con los objetivos de la calidad de los datos.

7.1.2 Evaluación del personal

La evaluación del personal consiste en evaluar los recursos humanos disponibles en la institución a cargo del programa de monitoreo para la operación, el mantenimiento y la calibración de los instrumentos, sensores y equipos utilizados. La lista de verificación asociada incluye preguntas relacionadas con disponibilidad, experiencia, capacitación, nivel de habilidad y ubicación del personal dentro de la estructura del sistema de monitoreo.

7.1.3 Evaluación de operación interna

La evaluación de operación interna consiste en una evaluación de todo el sistema de medición, incluidos los sitios de monitoreo, sus alrededores, procedimientos de muestreo y análisis, de calibración y de mantenimiento del equipo, de instalaciones de laboratorio, actualización de registros, validación de datos, reportes, control de calidad, etc. Es una evaluación cualitativa que permite identificar los componentes que operan satisfactoriamente y los que se necesitan mejorar.

7.1.4 Evaluación de desempeño

Luego de verificado el cumplimiento de los objetivos iniciales del programa de monitoreo y de la calidad predefinida de los datos, la evaluación del personal a cargo de las distintas operaciones de la red y la auditoría a las distintas etapas de operación interna del sistema de monitoreo, se debe realizar una evaluación final que entregue como resultado una calificación al desempeño global del programa de monitoreo en base a todas las evaluaciones antes mencionadas.

Al finalizar la auditoría el auditor debe entregar el informe final de auditoría a la gerencia del programa de monitoreo (o al jefe del programa) e el cual se deben identificar las no conformidades detectadas en base a una evidencia objetiva respaldada por los documentos antes señalados.

7.1.5 Mejoramiento de operación de la red

Los resultados de la auditoría pueden ser usados por la gerencia del programa de monitoreo para mejorar el desempeño de la organización e iniciar las acciones correctivas necesarias para corregir una no conformidad o para corregir la causa de una no conformidad.

Tal como lo señala la NCh-ISO 10011/1, uno de los propósitos de una auditoría de calidad es evaluar la necesidad de mejoramiento o de acciones correctivas. Por lo tanto, las actividades de una auditoría no deben entenderse como actividades de supervisión o inspección efectuadas con propósitos de control o fiscalización sino como una alternativa de mejoramiento continuo.

A continuación se entregan listas de verificaciones asociadas a la auditoría de calidad del sistema de monitoreo.

7.1.5.1 Lista de verificación para la ubicación de estaciones de calidad de aire y meteorológicas

1. ¿Cuál es el nombre e identificación de la estación?
2. ¿Quién es el responsable de la estación?
3. ¿Cuáles son las características generales del sitio? (fotografías si es posible)
4. ¿Hay planos de ubicación de la estación? En caso negativo hacer un plano preliminar.
5. ¿Qué contaminantes y variables meteorológicas se miden?
6. Descripción del lugar (p. ej.: terrenos aledaños, obstrucciones cercanas, vías de acceso y cualquier característica poco común).
6. Es la ubicación general representativa de un escenario uniforme? Por ejemplo: áreas residenciales, áreas comerciales o industriales, etc.
7. ¿Se encuentra el sitio suficientemente lejos de fuentes que puedan tener influencias o causar interferencia en las mediciones? Por ejemplo: Aeropuertos, paradero de buses, etc., siempre que el objetivo no sea precisamente conocer las concentraciones de contaminantes en dichas áreas especiales.
8. ¿Hay alguna razón para creer que condiciones micrometeorológicas poco comunes puedan influir en los resultados?
9. ¿Es adecuada la vía de acceso?
10. ¿Hay disponibilidad de energía eléctrica y líneas de transmisión de datos?
11. ¿Puede asegurarse el lugar contra el vandalismo?
12. ¿Hay edificios cercanos, árboles, características del terreno u otras obstrucciones que podrían alterar los patrones de circulación?
13. ¿Pueden colocarse los sensores y toma muestras en las alturas específicas, pero lo suficientemente altas como para disminuir la posibilidad de vandalismo?
14. ¿Se satisfacen los criterios de distancia mínima entre las vías y la ubicación de la estación?
15. Verificar la información de la localización del sitio y ubicación toma muestras y sensores.
16. Observaciones
17. Recomendaciones

7.1.5.2 Lista de verificación de control de instrumentos, sensores y/o equipos

1. ¿Qué contaminantes y parámetros meteorológicos se miden?
2. ¿Qué métodos de medición se utilizan?
3. Verificar si hay un inventario de instrumentos, sensores y/o equipos meteorológicos.
4. ¿Qué instrumentos, sensores y/o equipos meteorológicos funcionan?
5. ¿Qué instrumentos no funcionan? ¿Por qué?
6. Se dispone de las instrucciones de operación de cada instrumento, sensores y/o equipos? Cuales?
7. Se dispone de los materiales, suministros y/o equipos relacionados con la transmisión de datos? Cuales?

8. Se dispone de suministro eléctrico adecuado? Que sistema alternativo usa y cuál es el tiempo de autonomía?
9. Se dispone de una bitácora o libro de observaciones o de los instrumentos, sensores y/o equipos? Indica alteraciones como irregularidades en el funcionamiento, cambios de instrumental, sensores y/o equipos, notificación y corrección de fallas, hora y fecha de las alteraciones?
10. Se disponen de aparatos de seguridad, como extinguidores de incendio?
11. Los instrumentos, sensores y/o equipos se encuentran ordenados y bien mantenidos?
12. Los instrumentos, sensores y/o equipos cumplen con las especificaciones establecidas en los requerimientos de calidad de los datos, como exactitud, precisión, representatividad y completitud que se señalan en los objetivos de la calidad de los datos del monitoreo?
13. Observaciones
14. Recomendaciones

7.1.5.3 Lista de verificación de documentos y/o procedimientos para evaluación de operación interna

1. Se dispone de un inventario del instrumental, sensores y equipos?
2. Se dispone de procedimientos de operación y mantención?
3. Se dispone de procedimientos de calibración de cada instrumento?
4. Se dispone de los procedimientos para la transmisión de datos?
5. Se dispone de bitácora de campo?
6. Se dispone de manuales de los equipos?
7. Se dispone de normas para verificación, mantenimiento y corrección del sistema para garantizar el cumplimiento de los objetivos del monitoreo?
8. Se han efectuados cambios tecnológicos, de metodologías de medición o de estructura interna del sistema que puedan afectar el resultado de las mediciones o de los objetivos de la calidad de los datos requerida? Si la respuesta es afirmativa, se han establecido nuevos procedimientos al respecto?

7.1.5.4 Lista de verificación enfocada a las mediciones

1. Horario y frecuencia de las mediciones.
2. Cuáles son los procedimientos para datos incompletos y no registrados?
3. Cómo se verifica y corrige la red para garantizar que cumpla con los objetivos de monitoreo?
4. Existe un sistema de almacenamiento de archivos de datos?
5. El sistema tiene posibilidad de ejecución de cálculos predefinidos o programables?
6. El sistema tiene capacidad de enlace con impresora, a fin de obtener en forma continua una copia impresa de los archivos de datos?
7. El sistema de telemetría es realizado a través de módem telefónico?
8. El sistema tiene capacidad para llamar la atención a datos dudosos o sospechosos?
9. El sistema consta de un servicio de autodiagnóstico?
10. El sistema dispone de un reloj accionado por pilas para mantener la hora correcta durante apagones y recarga automática del programa.
11. El sistema calcula parámetros derivados?
12. El sistema dispone de un registrador gráfico en banda de papel continuo?

13. El voltaje de cada sensor es el adecuado para generar un dato confiable?
14. Con cuantos minutos de observación se produce la información horaria? Si la información es de otro periodo diferente indicar la cantidad mínima.

7.1.5.5 Lista de verificación de mantenimiento, calibración

1. Cuál es la frecuencia de mantenimiento y calibración?
2. Se dispone de los procedimientos de calibración de cada instrumento o sensor?
3. Qué métodos de calibración se usan? ¿Qué estándares se usan?
4. Los instrumentos están calibrados adecuadamente?
5. Se dispone de todos los materiales, elementos y equipos para el mantenimiento y calibración?

7.1.5.6 Lista de verificación de recursos de personal

1. ¿Cuáles son los nombres y las ubicaciones en las oficinas centrales del personal disponible para operar y darle servicio a las estaciones de calidad de aire y meteorología?
2. ¿El personal disponible tiene capacitación y/o experiencia necesarias en las siguientes áreas?
 - Operación de estaciones de calidad de aire y meteorología
 - Mantenimiento y calibración de estaciones de calidad de aire y meteorología y su equipamiento asociado
 - Análisis de datos y operación de computadora personal
3. ¿Quién efectúa la reparación de la estación y del instrumental, sensores y equipos? Tiene la experiencia y calificación necesaria?
4. ¿Quién controla suministros de insumos y repuestos de las estaciones?
5. ¿Quién controla el presupuesto para operar y darle servicio a las estaciones?
7. ¿Quién atiende las fallas en la operación de estaciones? ¿Responde inmediatamente con medidas efectivas?

7.2 Criterios de auditorías externas al sistema

El programa de auditoría externa debe hacerse de manera independiente, con personal externo a la organización auditada. Esta auditoría externa tiene como objetivo general informar a la institución encargada del monitoreo sobre el logro de las metas y garantizar que la institución responsable del monitoreo de la calidad del aire y meteorología obtengan beneficios como los siguientes:

- Mejor calidad de la información
- Intercambio de conocimientos y experiencia
- Establecimiento de contactos personales para mayor información y asesoría
- Capacitación informal

- Mejor calidad en las mediciones
- Mayor motivación de los participantes debido al reconocimiento de su trabajo
- Reconocimiento de la necesidad y posibilidades de apoyo
- Acceso a literatura técnica y asesoría de expertos
- Aprobación nacional e internacional
- Reportes e información en general
- Metodologías más eficientes que reconozcan e identifiquen problemas técnicos

El proceso de auditoría externa evalúa los resultados que está entregando el programa de monitoreo en relación a los objetivos del programa y de la calidad de los datos, lo que se está haciendo bien, lo que necesita ser mejorado, verifica la presencia de no conformidades y sugiere medidas que posibiliten las mejoras.

El programa de auditoría brinda la oportunidad y una fecha límite para que la gerencia y el equipo de monitoreo centren su atención en la calidad de los datos, en las posibles mejoras a las metodologías actuales y a resolver las no conformidades identificadas en el proceso de evaluación.

7.2.1 Planificación de la auditoría

El plan de auditoría diseñado por la organización auditadora debe ser aprobado por la organización auditada. Este plan de auditoría debe incluir en general, lo señalado a continuación, y en particular todo lo referido en la NCh-ISO 10011/1:

- los objetivos y alcances de la auditoría
- la identificación de las personas que tendrán responsabilidades significativas en el cumplimiento de los objetivos alcances antes señalados
- la identificación de las unidades dentro de la estructura organizacional que serán auditadas
- la identificación de los documentos que serán tomados como referencias (manual de calidad del auditado y procedimientos relacionados a la unidad (es) auditada (s))
- fecha, lugar y duración de cada actividad auditadora

7.2.2 Actividades de auditoría

El equipo auditor debe reunirse inicialmente con el director de la organización auditada o el representante, para discutir el alcance, duración y actividades involucrados con la auditoría. Se

recomienda que en esta reunión participen, también, los responsables de las distintas unidades del programa que serán auditadas: planificación del programa de monitoreo, operaciones de campo, operaciones de laboratorio, control de calidad y procesamiento y reportes de información. No siempre se tiene una persona distinta para cada una de estas secciones del programa de monitoreo, lo importante es que la o las personas responsables de las distintas etapas se encuentren presentes para facilitar y optimizar el proceso de auditoría.

Luego de realizadas estas reuniones introductorias al proceso de auditoría, el equipo auditor puede comenzar con su trabajo de evaluación en las distintas etapas, sitios y laboratorios. Para aumentar la uniformidad de las evaluaciones, se sugiere que se desarrolle una lista de verificación como la señala en el Anexo 1.

El encargado de representar a la organización auditada debe colaborar con el equipo auditor proporcionándole información como la siguiente:

- ¿Cuáles son los objetivos del programa de monitoreo?
- ¿Qué se monitorea?
- ¿Cuáles son los objetivos de la calidad de los datos?
- ¿Cómo, dónde y cuándo se monitorea la calidad del aire y las variables meteorológicas?
- ¿Quiénes realizan el monitoreo? ¿Cuál es la posición de cada uno en la estructura institucional? ¿Cómo se capacita al personal?
- ¿Cómo se verifica, mantiene y corrige el sistema para que cumpla con los objetivos del monitoreo?
- ¿Cómo se procesa y reporta la información?
- ¿Cómo se usan los datos? ¿Según auditorías internas, el sistema cumple con los objetivos del monitoreo?

A su vez, el equipo auditor debe proporcionar al representante de la organización auditada información sobre:

- ¿Qué desea revisar el equipo?
- ¿En qué sitios se debe efectuar la evaluación?
- ¿Cuándo se debe llevar a cabo y cuál es el programa tentativo?
- ¿Quiénes conformarán el equipo de evaluación? ¿Cuáles son sus calificaciones y experiencia?
- ¿Cómo se evaluará la red?

- ¿Cuáles son los acuerdos del informe?

En la implementación de la auditoría se debe dedicar el tiempo necesario y el detalle suficiente de modo que el equipo auditor tenga una clara comprensión de los parámetros evaluados basados en una documentación adecuada.

Se debe establecer un formato de detección de no conformidades (o de no cumplimiento de requisitos especificados), que puedan comprometer la calidad de los datos y por lo tanto, puedan requerir acciones correctivas específicas. El siguiente es un formato de ejemplo de documentación de no conformidades.

REPORTE DE NO CONFORMIDADES	
Auditoría: _____	Nº no conformidades: _____
No conformidades:	
Comentarios:	
Encargado de Aseguramiento de Calidad: _____	Firma: _____
Institución auditada: _____	Fecha: _____

7.2.3 Informe de auditoría

Luego de realizada la evaluación el equipo auditor debe confeccionar un informe preliminar de auditoría que será presentado al auditado para comentar los resultados obtenidos de la evaluación de la red y los posibles desacuerdos que puedan existir entre las partes. Este informe debe incluir una breve descripción de:

- ¿Por qué se realizó la evaluación?

- ¿Por qué se monitorea la calidad del aire en esa ubicación?
- ¿Qué se revisó?
- ¿Dónde se realizó la evaluación?
- ¿Cuándo se realizó y qué programa se siguió?
- ¿Quién formó parte del equipo de evaluación y cuáles eran sus calificaciones y experiencia?
- ¿Quién fue el intermediario entre el equipo auditor y la organización auditada? ¿Cuál fue su posición y responsabilidades dentro de la estructura institucional?
- ¿Cómo se evaluó la red y las distintas unidades en base a evidencia objetiva?
- ¿Cuáles fueron los resultados? ¿Cómo se interpretaron? Si hubo desacuerdos, ¿cuál fue su naturaleza?
- ¿Cuáles fueron las recomendaciones referentes a las prioridades para mejorar la red y los objetivos de las evaluaciones subsecuentes?
- ¿La evaluación logró cumplir con los objetivos trazados?

Posteriormente, se debe preparar el informe de auditoría, el cual debe incluir:

- Nombre de la organización auditora e información identificadora
- Nombres del equipo auditor y representantes de la organización auditada
- Información base del proyecto, propósito de la auditoría, fechas de la auditoría y una descripción breve del proceso de la auditoría
- Resumen, conclusiones de la auditoría, observaciones de no conformidades
- Documentos anexos que incluyen todas las evaluaciones realizadas y formularios de no conformidades

7.2.4 Acciones correctivas y seguimientos

Basándose en lo señalado en la NCh-ISO 10011/1, la organización auditada es responsable de determinar e iniciar las acciones correctivas necesarias para corregir las no conformidades o las causas de una no conformidad identificadas y señaladas por el equipo auditor en el informe de auditoría y en los formularios de detección de no conformidades. Cabe destacar que el auditor solamente es responsable de identificar las no conformidades.

Como parte del programa de auditoría, las acciones correctivas, al igual que las auditorías de seguimiento, deben verificarse dentro del plazo acordado entre el auditado y la organización auditora. El siguiente es un ejemplo de formato de respuesta de acción ante la presencia de no conformidades

FORMULARIO DE RESPUESTA DE NO CONFORMIDADES	
Auditoría: _____	Nº no conformidades: _____
No conformidad: Causa del problema: Acciones tomadas o planeadas para corrección: Responsables y tiempo de respuesta para acción: Preparado por: _____ Fecha: _____	
Revisado por: _____ Fecha: _____ Firma: Fecha de cierre del proceso de auditoría:	

7.2.4.1 Anexo 1. Lista de verificación para la evaluación con personal externo

Antecedentes generales

1. ¿Cuál es la situación general de la contaminación del aire en la ciudad?
2. ¿Hay datos disponibles de emisión y fuentes principales de contaminación del aire?
3. ¿Cuál es la información disponible sobre la meteorología y topografía local?
4. ¿Existen medidas disponibles de control de la contaminación del aire?
5. ¿Por qué se monitorea la calidad del aire en este sitio?

6. ¿Cuáles fueron los objetivos de calidad?
7. ¿Qué se revisó?
8. ¿Dónde se realizó la evaluación?
9. ¿Cuándo se realizó la evaluación y qué programa se siguió?
10. ¿Quién formó parte del equipo de evaluación? ¿Cuáles fueron sus calificaciones y experiencia?
11. ¿Quién fue el intermediario entre el equipo y el colaborador local? ¿Cuál fue su posición y responsabilidad dentro de la estructura de la institución?
12. ¿Cómo se monitorea la calidad del aire?
13. ¿Dónde se monitorea?
14. ¿Cuándo se monitorea?
15. ¿Quién realiza el monitoreo? ¿Cuál es su posición dentro de la estructura de la institución? ¿Cómo se capacita al personal?
16. ¿Cómo se verifica y corrige la red para garantizar que cumpla con los objetivos de monitoreo?
17. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del sitio de muestreo

1. ¿Cuál es el nombre e identificación de la estación?
2. ¿Cuál es la institución o individuos responsables del sitio.
3. ¿Cuáles son las características generales del sitio (incluidas fotografías)?
4. ¿Cuáles son los métodos de monitoreo y análisis?
5. ¿Qué instrumentos se usan?
6. ¿La calibración es adecuada?
7. ¿Cuál es la frecuencia del monitoreo?
8. ¿La ubicación de los toma muestras y/o sensores cumple con lo requerido?
9. ¿El diseño del toma muestras es apropiado?

10. ¿El tipo de filtro y el soporte son adecuados?
11. ¿Se controlan los filtros antes de la exposición?
12. ¿Se hace el acondicionamiento de los filtros?
13. ¿El tipo, tamaño, limpieza y reemplazo de tubos son adecuados?
14. ¿Se controla el flujo y se mide la velocidad del flujo?
15. ¿El procedimiento para el cambio de los filtros de muestras es apropiado?
16. ¿El almacenamiento de filtros es adecuado?
17. ¿El transporte de muestras es adecuado?
18. ¿Existen fuentes de contaminación e interferencias?
19. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del laboratorio

Aspectos generales

1. ¿Cuál es el nombre del laboratorio?
2. ¿Cuál es el nombre de la institución?
3. ¿Quién es el jefe del laboratorio?
4. ¿Quiénes son los responsables de los análisis de laboratorio?

Análisis químicos

1. ¿Qué métodos se usan?
2. ¿Qué instrumentos se usan?
3. ¿Cuál es la calidad del reactivo (grado analítico, general)?
4. ¿Hay retraso entre el monitoreo y el análisis?
5. ¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento de la muestra?
6. Oros comentarios

Control y aseguramiento de la calidad

1. ¿Se cuenta con un plan de aseguramiento de la calidad? ¿Se implementa?
2. ¿Qué métodos de calibración se usan? ¿Qué estándares se usan? ¿Con qué frecuencia?

3. ¿Cuál es la exactitud y reproducibilidad de las técnicas usadas?
4. ¿Qué comparaciones entre muestras se usan?
5. ¿Qué mejoras y observaciones se sugieren?

Evaluación del procesamiento y reporte de datos

1. ¿Cuál es el nombre de la institución?
2. ¿Quiénes son los responsables del análisis de datos?
3. ¿Quiénes son los responsables del reporte de datos?
4. ¿Cómo es el proceso de verificación y reporte de datos?
5. ¿Cómo se procesan los datos incompletos y no registrados?
6. ¿Cómo se procesan los resultados por debajo del límite de detección?
7. ¿Cómo se procesan los datos no procesados para producir el reporte final requerido para la gestión?
8. ¿Qué controles y auditorías se realizan?
9. Señalar qué mejoras y observaciones se sugieren

7.3 Evaluación

1. ¿Los datos generados por la red de monitoreo se aplican a los objetivos de monitoreo?

8 Bibliografía

- 40 CFR (Code of Federal Regulations), Parts 50 and 58. Washington, D.C.: Protection of the Environment. National Archives and Records Administration; 1994.
- ANSI/ASQC E4-1994, Specifications and Guidelines for Quality Systems for Environmental Data Collection and Environmental Technology Programs, American National Standard, January 1995.
- Air Monitoring Quality Assurance Plan. February 1999, Washington State Department of Ecology Air Quality Program,
- Ambient air monitoring requirements for the air pollution control division of the Colorado department of public health and environment. Technical Services Program Air Pollution Control Division April 2001.
- Diagnóstico, Evaluación y Proposición de Mejoramiento de Redes de Monitoreo de Agua y Aire, Enero 1998. Elaborado por SGS Ecocare para CONAMA.
- Diagnóstico y Mejoramiento Integral de la Medición de la Contaminación del Aire en la Región Metropolitana, Agosto 1996. Elaborado por Intec-Chile para SESMA
- Division of environment Quality management plan Part III: Ambient air monitoring Standard operating procedures, Diciembre 2000, Kansas Department of Health and Environment, Division of Environment Bureau of Air and Radiation.
- EEA Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC for the European Commission DG Environment. Abril 2002. <http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/guidancetoannexes97101ec.pdf>
- EMMA, 1998. A Practical Guide to Air Quality Monitoring, European Commission EMMA Programme (Integrated Environmental Monitoring Forecasting and Warning Systems in Metropolitan Areas), Agosto 1998, National Environmental Technology Centre, UK. <http://www.axp.mdx.ac.uk/emma/index.html>
- EPA Quality Control Practice in Processing Air Pollution Samples. US. Environmental Protection Agency. APTD- 1132. March 1973

- EPA Guidelines for Development of a Quality Assurance Program--Reference Method for the Continuous Measurement of Carbon Monoxide in the Atmosphere. EPA-R4-73-028a, Office of Research and Monitoring, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. June 1973.
- EPA Air Quality Monitoring Site description Guideline, US. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C. OAQPS No. 1.2-019, 1974. Draft
- EPA Guidelines for Evaluation of Air Quality Data. US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. OAQPS No. 1.2-015. January 1974. P. 21
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement System. Volume 1-Principles. EPA-600/9-76-005, March 1976.
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume II-Ambient Air Specific Methods. EPA-600/4-77/027a, May 1977.
- US EPA (1979). Guideline for the Implementation of the Ambient Air Monitoring Regulations 40 CFR Part 58, EPA-450/4-79-038, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, November 1979.
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. EPA. Vol. I: A Field Guide to Environmental Quality Assurance. April, 1994. Office of Research and Development Washington, DC 20460. ISBN EPA/600/R-94/038a
- EPA Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II: Part 1 Ambient Air Quality Monitoring Program Quality System Development, August 1998. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711. ISBN EPA-454/R-98-004.
- EPA Requirements for Quality Management Plans. EPA QA/R-2. March 2001. Office of Environmental Information Washington, DC 20460. ISBN EPA/240/B-01/002
- EPA Requirements for Quality Assurance Project Plans, EPA QA/R-5, March 2001. Office of Environmental Information Washington, DC 20460. ISBN EPA/240/B-01/003
- EPA Guidance for the Data Quality Objectives Process, EPA QA/G-4, August 2000. Office of Environmental Information Washington. ISBN EPA/600/R-96/055

- EPA Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs), EPA QA/G-6. March 2001. Office of Environmental Information, Washington, DC. ISBN EPA/240/B-01/004
- EPA Guidance on Technical Audits and Related Assessments for Environmental Data Operations, EPA QA/G-7, January 2000. Office of Environmental Information Washington, DC. ISBN EPA/600/R-99/080
- Japan, 1990. Manual for Continuous Monitoring of Air Quality. December 1990. Air Quality Bureau Environment Agency, Government of Japan.
- Korc, M. 2001. Programa Regional de Evaluación de los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire en América Latina y El Caribe. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente. Lima, Perú <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/qaqc/qaqc.html>
- NAPS, 1995. National Air Pollution Surveillance Network Quality Assurance and Quality Control Guidelines. Report PD 95-8. December 1995. Environmental Technology Centre. Ottawa. Ontario K1A 0H3
- NSW, 2001. Approved methods for the sampling and analysis of air pollutants in New South Wales, July 2001. NSW Environment Protection Authority, Sydney, Australia.
- NZ, 2000. Good-practice guide for air quality monitoring and data management, December 2000. Published by the Ministry for the Environment of New Zealand, ISBN 0-478-24005-2.
- OMS/PNUMA GEMS: Selected Methods of Measuring Air Pollutants. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OMS/PNUMA GEMS: Air Monitoring Programme Design for Urban and Industrial Areas. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- OPS (2000). Plan regional sobre calidad del aire urbano y salud para el período 2000-2009. Washington: OPS. OPS/CEPIS/99.21

- PNUMA/OMS 2002, Manuales de Metodología de GEMS/Aire. Volumen 1. Aseguramiento de la calidad en el monitoreo de la calidad del aire urbano Traducción del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS)
- UNEP/WHO. 1994. GEMS/AIR Methodology Reviews. Vol. 1: Quality assurance in urban air quality monitoring. WHO/EOS/94.1, UNEP/GEMS/94.A.2. UNEP Nairobi.
- UK, 2001. Automatic Urban Network, Site Operator's Manual. National Environmental Technology Centre, United Kingdom, October 1998. (<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/reports/loman/loman.html>)
- WHO (1999). Air quality guidelines
- WILLIAMS, M Y BUCKMANN, P, 2001. Guía sobre mediciones de MP10 e intercomparaciones con el método de referencia para los estados miembros de la comunidad europea, marzo 2001. <http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/finalwgreportes.pdf>
- Workshop Proceedings 2nd EIONET workshop on air quality monitoring and assessment Brussels, 22-23 September 1997. Technical report No. 13. European Environment Agency. http://reports.eea.eu.int/TEC13/index_html
- Workshop on Air Quality Management and Assessment. Technical report No. 21 European Environment Agency. June 1999. http://reports.eea.eu.int/TEC21/index_html
- Workshop proceedings Fourth EIONET workshop on Air quality management and assessment Nomikos Conference Centre, Santorini, 23-24 September 1999. http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_57/index_html

ANEXO A1

Procedimiento de Monitoreo de Calidad de Aire

Muestreadores de Alto Volumen

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PDGHV

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i> _____	5
<i>2 Resumen</i> _____	5
2.1 Descripción del principio de operación _____	5
2.2 Ilustraciones descriptivas del equipo _____	5
<i>3 Calificaciones del personal</i> _____	7
<i>4 Embalaje y traslado del equipo</i> _____	7
<i>5 Instalación del equipo en el sitio</i> _____	8
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra _____	8
5.2 Armado del equipo _____	10
5.3 Instalación del Equipo _____	10
5.3.1 Instalación de la carta de registro _____	10
<i>6 Procedimiento de operación de muestreo</i> _____	11
6.1 Resumen de la operación de muestreo _____	11
6.2 Frecuencias de muestreo _____	11
6.3 Equipamiento _____	11
6.4 Operaciones antes del muestreo _____	11
6.4.1 Preparación del filtro antes del muestreo _____	11
6.4.2 Recomendaciones de cargado de cartucho del filtro _____	12
6.4.3 Operaciones generales previas al muestreo _____	12
6.5 Procedimiento de cambio de filtros _____	13
6.6 Operaciones después del muestreo _____	13
6.7 Control de calidad de las muestras _____	14
6.7.1 Desechado de filtros en exposición _____	14
<i>7 Procedimiento de Mantenición</i> _____	15
7.1 Precauciones _____	15
7.2 Calificaciones del Personal _____	15
7.3 Equipamiento _____	15
7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas _____	15
7.5 Verificaciones en cada toma de muestra _____	16
7.6 Verificaciones periódicas _____	17

7.7	Reparación de muestreadores de alto volumen _____	18
7.8	Control de Datos y Registros _____	18
8	<i>Procedimiento de calibración</i> _____	18
8.1	Equipamiento _____	19
8.2	Frecuencia _____	19
8.3	Calibración del muestreador _____	20
9	<i>Procedimiento de laboratorio</i> _____	20
9.1	Manejo de filtros _____	22
9.2	Inspección visual del filtro _____	22
9.3	Acondicionado del filtro _____	23
9.4	Procedimiento de pesaje inicial _____	23
9.5	Control de calidad en laboratorio _____	24
9.6	Recepción de las muestras provenientes de campo _____	25
9.7	Procedimiento de pesaje final _____	26
10	<i>Procedimiento de cálculo</i> _____	26
10.1	Cálculo de caudal para muestreadores VFC _____	27
10.2	Cálculo de concentración de MP10 _____	28
11	<i>Procedimiento de Validación</i> _____	28
12	<i>Reportes de información</i> _____	29
	<i>REFERENCIAS</i> _____	29
	<i>ANEXOS</i> _____	30
	ANEXO A. Formulario de Registro de Mantenimiento de Muestreadores de Alto Volumen _____	30
	ANEXO B. Formulario de Reporte de Muestreo _____	31
	ANEXO C. Formulario de Reporte Rápido de Muestreo _____	32
	ANEXO D. Formulario de Registro de Datos en Laboratorio _____	33
	ANEXO E. Formulario de Registro de Control de Calidad de Laboratorio _____	34

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo de calidad de aire para muestreadores de Alto Volumen. Entrega los procedimientos recomendados de instalación del equipo, operación, mantenimiento, calibraciones, validaciones y reportes de información a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

2 Resumen

2.1 Descripción del principio de operación

Un muestreador de alto volumen con cabezal MP10 obtiene un volumen conocido de aire a una proporción de flujo constante a través de una entrada tamaño-selectiva y un filtro en exposición. Las partículas son recolectadas en el filtro durante el período especificado por el programa de monitoreo, generalmente de 24 horas. Cada filtro es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto obtenido de la muestra de PM10 recolectada. El método de referencia para el monitoreo de MP10 se da en el 40 CFR Part 50, Apéndice M.

El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto. La concentración de MP10 en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro, clasificado según el rango de tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$.)

Un muestreador de alto volumen con cabezal MP10 está formado por dos componentes básicos: una entrada diseñada para permitir el ingreso de partículas de diámetro $<10 \mu\text{m}$ y un sistema de control de flujo capaz de mantener una proporción de flujo constante dentro de las especificaciones planteadas en la norma.

2.2 Ilustraciones descriptivas del equipo

Las figuras siguientes muestran el cabezal MP10 (Figura 1), el cuerpo (Figura 2), el motor (Figura 3) y el porta filtro (Figura 4) de un muestreador de alto volumen.

El la Figura 5se muestra el equipo armado.

Figura 1 Cabezal PM10

Figura 2 Cuerpo Central

Figura 4 Porta filtro y Tapa de porta filtro

Figura 3 Motor y Base porta filtro

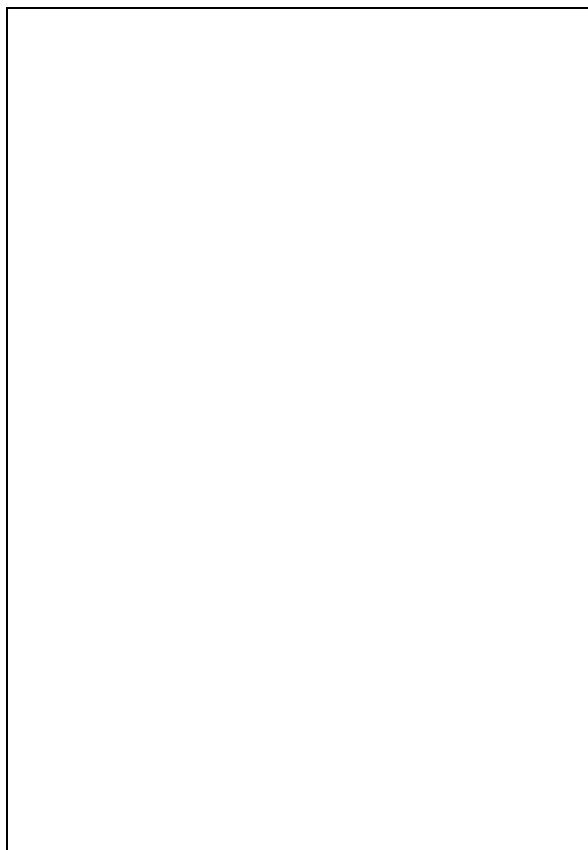


Figura 5 Muestreador de alto volumen montado

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantención, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe. Las calificaciones específicas del personal a cargo en las distintas áreas del sistema de monitoreo se definen dentro de cada instructivo de trabajo.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado del muestreador de alto volumen al sitio de monitoreo se recomienda embalar con precaución sus partes componentes y poner especial cuidado en aquellas que puedan ser susceptibles de contaminarse o dañarse en el proceso de traslado, influyendo en los resultados de las mediciones.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material científico y frágil. Refiérase al instructivo RDM/CA/TEQ3 de Embalaje y Traslado de Muestreadores de Alto Volumen para realizar esta operación.

5 Instalación del equipo en el sitio

La validez de las conclusiones que se obtienen luego de realizado el monitoreo, depende, entre otros factores, de la representatividad de los datos obtenidos. En este contexto, a continuación se describen criterios básicos de selección de sitios de monitoreo de material particulado y consideraciones generales de localización de muestreadores de partículas.

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, la Tabla 5-1 muestra un resumen de criterios de ubicación del sitio y toma muestra en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 5-1. Criterios de ubicación del sitio y del toma muestra.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia a calles [m]
PM ₁₀ ^{B,C,D,E,F}	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 – 7	2 – 10
	Local Urbana Regional			2 - 15	Tabla 5-2 Figura 5-1

^A. Cuando el toma muestra se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de los árboles y debe estar a 10 metros cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor de la entrada del toma muestra; 180 grados si la entrada está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para muestreadores de MP10 una distancia de separación de 2 a 4 m entre otros muestreadores instalados.

Tabla 5-2. Distancia de monitores MP10 a caminos en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

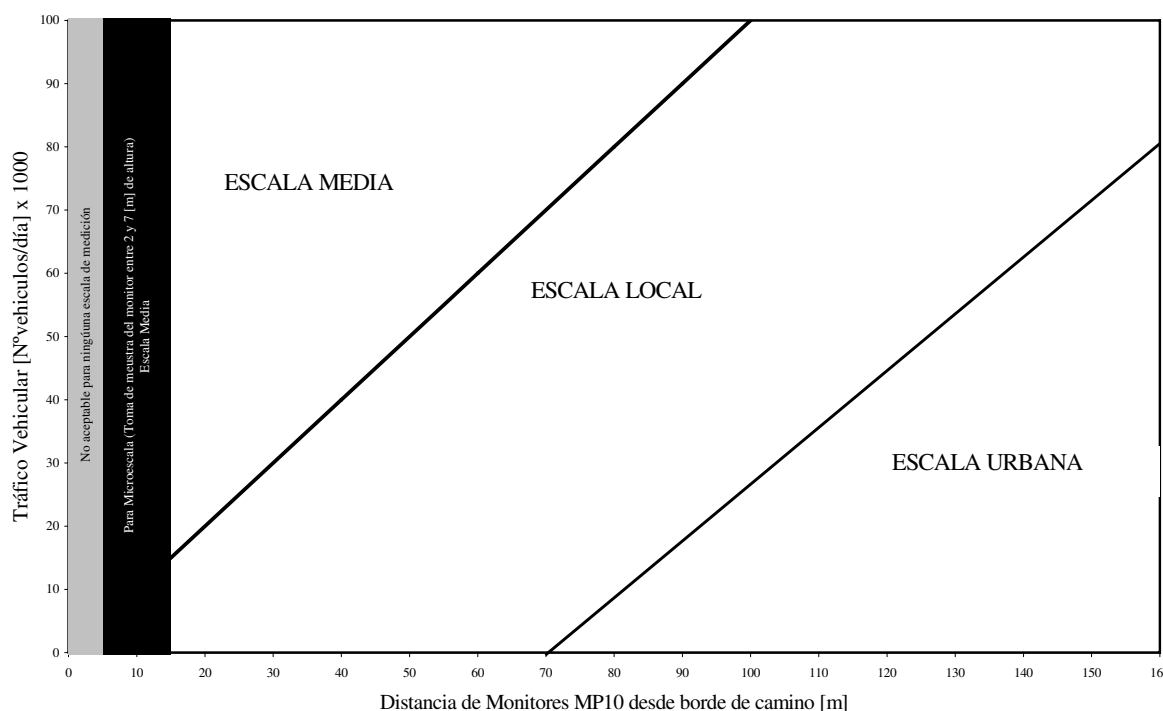


Figura 5-1. Distancia de monitores MP10 a caminos en función del tráfico vehicular, de acuerdo a escala de medición

Otras consideraciones:

- El muestreador de alto volumen de material particulado es generalmente localizados al aire libre sobre la caseta o estación.
- El muestreador debe tener flujo de aire sin restricción.
- La entrada del muestreador debe estar, por lo menos, a 4 metros de cualquier otra entrada de un muestreador de alto volumen instalado. Las entradas deben estar distantes alrededor de 4 m de otros muestreadores (por ejemplo de muestreadores dicotómico)
- No coloque el muestreador directamente en la tierra, arena gruesa o en la cima de un tejado.
- No instale el muestreador cerca de cañones de salidas o aberturas (por ejemplo; chimeneas, ductos de ventilación, aire acondicionado, etc.)
- Si las muestras son analizadas químicamente (mediante: espectrómetros de emisión óptica con fuentes de excitación de ICP-Plasma de Acoplamiento Inducido, espectrómetros de absorción atómica, etc.) evalúe la potencial contaminación del sitio.

- g) El muestreador debe estar situado donde el operador pueda alcanzarlo de manera segura, a pesar de condiciones de tiempo adverso. Si el muestreador se localiza en una azotea, el cuidado debe tenerse en la seguridad personal, por ejemplo, que el operador no esté expuesto a una superficie del tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)
- h) El muestreador se debe localizar en un lugar que sea accesible en consideración a las actividades que implica el funcionamiento rutinario (es decir, calibraciones, instalación y recuperación de filtros, chequeos de flujo, y auditorías), las cuales involucran un transporte de suministros a la estación (equipo de monitoreo) y de regreso al laboratorio (y viceversa).
- i) Asegurar que la energía en el sitio esté disponible en todo momento. Interrupciones eléctricas pueden producir la pérdida de muestras irrecuperables.
- j) Indicaciones respecto al voltaje mínimo del muestreador y requisitos de potencia deben ser consultadas en el Manual del fabricante.
- k) La seguridad del propio muestreador depende básicamente de su emplazamiento. Sitios en la azotea con acceso cerrado con llave y sitios tierra-nivelados con cercos, son ejemplos comunes. En todos los casos, la seguridad del personal, así como la del muestreador, deben ser consideradas en conjunto.

Si se requiere información adicional sobre redes y sitios de exposición, use el criterio de Koch y Rector (Koch, R.C. and H.E. Rector, Optimun Network Design and Site Exposure Criteria for Particulate Matter. EPA-450/4-87-009, US EPA, Research Triangle Park, NC.)

5.2 Armado del equipo

Para el armado del muestreador, refiérase al instructivo RDM/CA/IEQ3 de Armado e Instalación de Equipos de Alto Volumen. Para aspectos específicos refiérase al Manual del fabricante.

5.3 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verifique que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante. Además, considere los criterios de ubicación de sitios de monitoreo y toma muestras señalados en la sección 6.1 de este procedimiento. Refiérase al instructivo RDM/CA/IEQ3 de Armado e Instalación de Equipos de Alto Volumen.

5.3.1 Instalación de la carta de registro

La función de la carta de registro de flujo es verificar si durante el funcionamiento del equipo se han registrado cortes de energía, el horario asociado a dicho cortes y las variaciones en el flujo total del equipo. Para su instalación refiérase al instructivo ICR-01 de Instalación de Carta de Registro de Muestreadores Gravimétricos.

6 Procedimiento de operación de muestreo

6.1 Resumen de la operación de muestreo

El proceso de operación del muestreador de alto volumen consiste en el retiro y custodia de los filtros de exposición y en la instalación de los nuevos filtros que recolectarán las muestras para el período siguiente de medición. Información relativa a la identificación del filtro y del sitio de exposición, así como también observaciones en el sitio que estiman ser razones por las cuales el filtro extraído debe ser desechado, deben ser registradas.

La operación de terreno descrita a continuación considera como primera etapa la instalación de los filtros en el porta filtro del muestreador dicotómico, el muestreo propiamente tal en el período considerado en el programa de monitoreo y cierra el proceso de operación con el retiro y manejo de filtros post muestreo.

6.2 Frecuencias de muestreo

El muestreo de partículas es conducido acorde con la frecuencia predeterminada por el programa de monitoreo. La Operación se encuentra bajo el control de un dispositivo de cronometraje electrónico que se fija, por lo general, por un período de funcionamiento de 24 horas, o según lo determine el programa de monitoreo.

6.3 Equipamiento

- Muestreador de Alto Volumen
- Filtro (preferible de micro fibra de cuarzo)
- Envoltura para filtro (bolsa y sobre de traslado)
- Guantes de nitrilo (o bien, guantes que no tengan talco o algún material que pueda contaminar el filtro)
- Lápiz
- Formulario de Reporte de Muestreo
- Formulario de Reporte Rápido de Muestreo

6.4 Operaciones antes del muestreo

6.4.1 Preparación del filtro antes del muestreo

El proceso de instalación del filtro sobre el cartucho en el laboratorio implica reducir al mínimo los riesgos de daños sobre él, sin embargo, si se realiza con cuidado, pueden ser cargados en el sitio de monitoreo cuando las condiciones de tiempo lo permitan.

Los operadores deben usar guantes protectores al manejar los filtros para evitar la contaminación de estos con las grasas naturales de la piel y la humedad. Los filtros se deben mantener en sobres protectores y nunca deben estar o ser doblados antes de su instalación.

El laboratorio analítico debe asignarle a cada filtro un número de identificación (ID). La etiqueta identificadora debe ser colocada por el lado que no va ser expuesta (que coincide con el lado de “abajo”). Cuando un filtro que se ha etiquetado en su lado inferior es transportado al laboratorio, su número de muestra será fácilmente accesible para la documentación en las hojas del registro del laboratorio.

6.4.2 Recomendaciones de cargado de cartucho del filtro

- a) Cargue cuidadosamente el filtro en el cartucho del filtro. El filtro se debe centrar en la rejilla de modo que la empaquetadura forme un sello hermético en el borde externo cuando el portafiltro esté en su lugar. Los filtros mal alineados mostrarán desigualmente los bordes blancos después de la exposición.
- b) El cartucho del filtro no debe estar excesivamente apretado, pues el filtro puede pegarse a él o la empaquetadura puede dañarse de manera permanente.
- c) Compruebe que la empaquetadura se encuentre en buenas condiciones y no haya deteriorado.
- d) Ponga una cubierta protectora sobre el cartucho del filtro.

6.4.3 Operaciones generales previas al muestreo

- 1. Registre información de muestreo. Antes de comenzar el proceso de muestreo, registre sobre el formulario de reporte de muestreo el nombre y código y dirección de la estación, modelo del equipo, nombre de la agencia y del operador a cargo.
- 2. Instale el cartucho de portafiltro con el nuevo filtro en su interior. Refiérase al Instructivo de Cambio de Filtro ICF-02. Recuerde anotar lectura del registro horario del equipo, que se toma como tiempo inicial de muestreo.

Fig. 6. Instalación de cartucho de portafiltro

3. Cambie la carta de registro. Para esta operación refiérase al Instructivo de Cambio de Carta de Registro ICR-01.
4. Convierta la lectura del flujo a valor de flujo estándar. Una vez instalado el filtro nuevo y la carta de registro, encienda el muestreador y permita que funcione por cinco minutos. Con la curva de calibración del muestreador, convierta la lectura del flujómetro a valor de flujo estándar. Registre estos valores en el formulario de Reporte de Muestreo.
5. Ajuste el cronómetro. Fije el reloj del cronómetro para empezar en el horario y fecha predeterminada y para finalizar 24 horas después.
6. Registre tiempo transcurrido. Registre la lectura de tiempo transcurrido inicial sobre el formulario de Reporte de Muestreo.

Nota: Recuerde registrar la información derivada de esta operación en el formulario de Registro Rápido de Muestreo.

6.5 Procedimiento de cambio de filtros

Para el procedimiento de retiro e instalación de filtros de exposición del cartucho porta filtro refiérase al Instructivo de Cambio de Filtro.

6.6 Operaciones después del muestreo

1. Registre la lectura del flujo final. Antes de quitar el filtro y la carta de registro, asegúrese de que este último registre el flujo final. Si no así, el muestreador debe ponerse en funcionamiento para determinar el flujo final. Remueva la carta de registro y examínela por posibles anomalías. Verifique cualquier cambio en los valores de flujo registrados.
2. Retire el filtro en exposición. Refiérase al Instructivo de Cambio de Filtro, ICF –02, para detalles del procedimiento recomendado de retiro de filtros y manejo de filtros post muestreo secciones 6.1 y 6.3, respectivamente.
3. Verifique el tiempo transcurrido. Registre la lectura final del contador de tiempo en el formulario de Reporte de Muestreo (Anexo B). Estas lecturas de tiempo se utilizarán posteriormente en calcular la concentración de partículas muestreadas por lo que estos registros de tiempo transcurridos deben ser lo más exactos posible.
4. Registre la información referida en el formulario de Reporte de Muestreo. Notifique en el formulario cualquier observación que pueda sugerir que la muestra obtenida en el proceso no es representativa del área muestreada (por ejemplo, presencia de quemas y/o construcciones cercanas); Comienzo y término de muestreo; lecturas iniciales y finales de mediciones de flujo. Basándose en la curva de calibración del muestreador convierta las lecturas de mediciones de flujo en “flujo verdadero” y registre estos valores en el formulario de reporte de muestreo.

5. Introduzca la carta registro, el filtro expuesto y el formulario de reporte de muestreo dentro del sobre proporcionado y almacénelos para operaciones posteriores (períodos cortos)

Si las muestras no serán analizadas en periodos cortos de tiempo, el operador debe almacenar el filtro dentro de un revestimiento protector para reducir al mínimo la pérdida de partículas volátiles. Se recomienda el uso de una carpeta y de un sobre protector de tamaño proporcional al del filtro.

Para el procedimiento específico de manejo de filtro post muestreo refiérase al Instructivo de Cambio de Filtro ICF-02.

Nota: Recuerde registrar la información derivada de esta operación en el formulario de Registro Rápido de Muestreo.

6.7 Control de calidad de las muestras

Registre todos los datos requeridos en el formulario de Reporte de Muestreo (Anexo B) y en el formulario de Registro Rápido de Muestreo (Anexo C). La documentación debe incluir el número del sitio, número de identificación de filtro, la fecha de la muestra, el tiempo transcurrido, nombre del operador, comentarios respecto al estado del filtro de exposición y todo lo que se solicite en dicho formulario.

Los muestreadores deben funcionar entre 23 y 25 horas. Avise a su supervisor si los muestreadores funcionan fuera de estos límites o si se encuentran funcionamientos de manera defectuosa.

6.7.1 Desechado de filtros en exposición

Los filtros se deben examinar antes del análisis respectivo para determinar si se ha incluido toda la información requerida de la muestra y para evaluar la condición física de cada filtro y si es conveniente para dicho análisis.

Razones más importantes para anular los filtros:

- Filtro rasgado antes o durante el muestreo.
- Fecha de monitoreo desconocida.
- Flujo o proporción de flujo desconocido.
- Tiempo transcurrido desconocido.
- Más de un filtro para el mismo sitio y fecha.
- Contaminación inusual (Ej.: deyecciones de pájaros).
- No funcionó el sistema.
- Filtro instalado incorrectamente

7 Procedimiento de Mantención

El procedimiento de mantención rutinaria entrega las pautas generales a seguir para la mantención de un muestreador de alto volumen señalando las acciones de chequeo de sus partes, que aseguran el funcionamiento del sistema, y las acciones de limpieza rutinaria, con el fin de evitar contaminación que podría afectar la calidad de los datos resultantes, así como también las frecuencias de estas actividades. Refiérase al Manual del fabricante para acciones de mantenimiento específicas.

7.1 Precauciones

- El equipo eléctrico se debe apagar y desconectar antes del mantenimiento de piezas internas.
- No golpear el equipo ni forzar el desmontaje ni el montaje de sus piezas.
- No aplicar agentes químicos como solventes y abrasivos.

7.2 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar la mantención de muestreadores de alto volumen y la práctica suficiente en dicha actividad.

7.3 Equipamiento

- Patrón de flujo (vari flow)
- Agua desionizada
- Etanol
- Paños de algodón texturizado (libre de pelusas.)
- Pincel de cerdas suaves naturales.
- Un cepillo pequeño y de dientes suaves
- Toallas del papel tissue.
- Herramientas misceláneas de mano.
- Generador de Aire Cero o fuente de aire comprimido.
- Silicona en aerosol

7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas

Las operaciones de mantención rutinaria y las frecuencias asociadas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 7-1 Operaciones de mantención rutinaria

Parte del equipo	Frecuencia y/o método	Límites de aceptación	Acción
Entrada del muestreador	Desmantele y limpie a intervalos especificados por el fabricante.	Ni daños ni partículas depositadas.	Limpie, reemplace el equipo dañado antes de monitorear.
Líneas de Poder	Verifique trizaduras o crujidos, en días de recuperación de muestras.	Ningún daño aparente.	Reemplace si es necesario.
Pantalla del filtro	Visualmente inspeccione en días de recuperación de la muestra.	Ningún depósito aparente.	Limpie con cepillo de alambre.
Empaquetaduras	Inspeccione a intervalos de 3 meses.	Ninguna fuga, ni daño aparente.	Reemplace si es necesario.
Carbones	Reemplace después de 600 a 1,000 horas de funcionamiento.	Proporción de flujo estable.	Reemplace si es necesario.
Motor	Reemplace si es necesario.	Debe usarse el modelo apropiado.	Obtenga al modelo apropiado.
Control de flujo	Verifique cuando se registren variaciones notorias en la proporción de flujo.	Proporción de flujo estable a lo largo del funcionamiento de la muestra.	Reemplace o repare si es posible.
Dispositivo de registro (Carta de registro)	Inspeccione al experimentar dificultad en el chequeo de cero, o cuando ocurran grandes cambios en la proporción de flujo.	Registrador permanece puesto a cero; avances de la carta; tintas de pluma.	Reemplace o repare si es posible.
Tubos y montajes.	Visualmente inspeccione en días de recuperación de la muestra.	Ninguna grieta ni obstrucción	Reemplace si es necesario.

7.5 Verificaciones en cada toma de muestra

1. Verifique el estado de la empaquetadura del portafiltro. Examine la empaquetadura para verificar que no haya perdido resistencia o que no se haya deformado o aplanado. Esto se puede observar verificando la presencia de fuga de partículas presentes en la muestra manifestándose un borde irregular de depósito de partículas en el filtro. Cuando esto ocurra sustituya la empaquetadura.

2. Verifique el estado del registrador de flujo. Si la pluma tiende a pegarse, indicando un posible retraso, determine la causa. La impulsión eléctrica de la carta se encuentra permanente lubricada y no requiere mantenimiento periódico. Sustituya el registrador si entrega resultados erráticos. Vuelva a calibrar después de sustituir el registrador. Si la pluma se encuentra seca coloque una cantidad pequeña de tinta en el agujero por la extremidad de la pluma; si ésta tiene estructura de cartucho, sustituya la pluma. Después de entintar o de reemplazar la pluma, encienda el muestreador brevemente para verificar que el registrador marca (o registra) y que se localiza en cero correctamente.
3. Tuberías de unión y líneas de poder: En días de recuperación de muestra debe verificar la ausencia de grietas u obstrucciones.
4. Pantalla del filtro: Inspeccione, también, en días de recuperación de muestra.
5. Cartucho de filtro: Necesita ser inspeccionado cada vez que éste se encuentre cargado. Una empaquetadura gastada implica una mezcla gradual del límite entre las partículas coleccionadas y el borde del filtro.

7.6 Verificaciones periódicas

1. Motor y alojamiento de empaquetaduras. Verifique cada 3 meses y reemplace si es necesario.
2. Carbones de motor
 - Reemplace antes de que se produzca algún daño. Aunque los carbones de motor normalmente requieren el reemplazo después de 600 a 1,000 horas de funcionamiento, el intervalo del reemplazo óptimo debe determinarse por la experiencia del operador. Cambie los carbones según las instrucciones de fabricante.
 - Realice la calibración de terreno como se describe en el Instructivo de Calibración de Muestreadores de Alto Volumen. Si la proporción de flujo indicada del muestreador excede el rango de proporción de flujo especificado por el fabricante, ajuste el equipo antes de su echarlo a andar.
 - Después de que los carbones se han cambiado, opere el muestreador entre 50 a 75 por ciento del voltaje normal por aproximadamente 30 min. El motor debe volver a la línea normal de voltaje y a una aplicación completa después de 30 a 45 min adicionales.
 - Precaución: Los motores que usan los monitores de alto volumen MP10 son versiones superiores a aquellos ocupados por monitores de PTS. Los carbones para los dos tipos de motor son diferentes. Asegúrese que los carbones de reemplazo sean los adecuados para monitores de alto volumen.
3. Motor. Si un motor necesita ser reemplazado, asegúrese de usar la versión adecuada para el equipo.

4. Control de flujo. Reemplace si éste no presenta registro de flujos o bien registra un valor de flujo bajo, excesivo o errático. Ajustes menores pueden ser realizados, sin embargo, el controlador de flujo, generalmente, no puede repararse en terreno.
5. Carta de registro. Un registrador de flujo requiere muy poca mantención pero se deteriora con el paso del tiempo. Diferencias significantes en los promedios de proporciones de flujo obtenidas de períodos de monitoreos consecutivos indica registrador defectuoso. Las plumillas del registrador deben reemplazarse cada 30 días. En climas secos, puede requerirse una frecuencia menor de reemplazo.
6. Limpieza de la entrada de impacción. La entrada de impacción debe desmantelarse y limpiarse a intervalos especificados por el fabricante. Se recomienda que las marcas de sus partes se graben en la entrada para asegurar la alineación apropiada durante el reensamblaje.

Precaución: insectos, Las abejas usan, en algunas ocasiones, esta entrada como una colmena, por lo que tenga cuidado al desmontar. Puede instalarse una malla alrededor de la entrada para contrarrestar la situación.
7. Limpieza de la entrada ciclónica. Refiérase al Instructivo de Mantención de Cabezales, IMC-03.

7.7 Reparación de muestreadores de alto volumen

Si el muestreador ha funcionado en terreno por períodos extensos, éste puede requerir reparaciones mayores o una mantención completa. Si este es el caso, refiérase al Manual del fabricante antes de comenzar a muestrear.

Realice la prueba de fuga y calibre el equipo después de cualquier reparación o restauración mayor. Para este efecto refiérase a la sección 9 de este procedimiento.

7.8 Control de Datos y Registros

Se debe mantener un registro de las operaciones de mantenimiento, el cual debe reflejar la historia de la mantención del equipo: frecuencia de la mantención y partes o piezas que han sido reemplazadas. El Anexo A describe el formulario de Registro de Mantención sobre el cual se debe registrar dicha información.

8 Procedimiento de calibración

Antes de emprender el proceso de muestreo, los equipos de medición deben ser calibrados correctamente. La calibración se define como la relación entre un resultado instrumental y el valor de medición estándar estimado de referencia. Debido a que los estándares de concentración de MP10 no están disponibles para determinar relaciones de calibración, los componentes individuales del equipo de muestreo deben ser calibrados para asegurar la integridad de los datos entregados.

Nota: El manual de operación del fabricante proporciona procedimientos de calibración más específicos y detallados que los procedimientos genéricos aquí presentados.

Los requisitos mínimos de calibración del equipo se señalan en la Tabla 8-1.

8.1 Equipamiento

- Estándar primario o de transferencia para calibración del orificio (Vari-flow)
- Manómetro diferencial (U), rango 0–16 (pulgadas de agua), escala mínima 0.1 in
- Manómetro diferencial (U), rango 0–32 (pulgadas de agua), escala mínima 0.1 in
- Termómetro, rango 0 a 50 °C, escala mínima 0.1 °C
- Barómetro portátil, rango 500 a 800 mmHg, escala mínima 5 mmHg
- Hojas de calibración (plantillas) (Anexo A) y cinta de 2 in (para tapar los ductos)
- Un filtro limpio (preferible de microfibra de cuarzo)

8.2 Frecuencia

Con el objetivo de asegurar mediciones exactas de concentraciones de MP10 calibre los muestreadores de alto volumen en el momento de la instalación y a las frecuencias recomendadas a continuación:

1. Trimestralmente o según lo que indique el programa de garantía de calidad del equipo
2. Posterior a cualquier reparación que pueda afectar la calibración del equipo, como por ejemplo al cambiar motor o carbones.
3. Si los resultados del chequeo de flujo realizado en terreno exceda los límites del control de calidad
4. Cuando un chequeo de flujo de terreno o proceso de auditoría indique que el muestreador se encuentra fuera de los rangos aceptados de proporciones de flujo de entrada.
5. Después de efectuada una relocalización del muestreador.

Tabla 8-1 Requisitos de calibración del equipo

Equipamiento	Límites de aceptación	Frecuencia y método de medición	Acción si se requiere
Muestreador	Proporción de flujo obtenida = proporción de flujo de fábrica $\pm 4\%$	Calibre después del mantenimiento, procesos de auditorías en que chequeos de flujo manifiesten desviaciones $> \pm 7\%$ del caudal indicado o $> \pm 10\%$ del caudal de diseño.	Recalibre

Equipamiento	Límites de aceptación	Frecuencia y método de medición	Acción si se requiere
Balance analítico	Peso indicado = peso de fábrica $\pm 0.0005\text{g}$	Prueba de peso gravimétrico durante chequeos periódicos de calibración	Sustituya balanza o vuelva a calibrar
Estándares de masa de referencia.	Tolerancia individual no mayor a $25\mu\text{g}$	Chequeos de estándares de cada 3 a 6 meses contra estándar primario de laboratorio	Obtenga los estándares apropiados
Humedad relativa indicada (HR)	Lectura indicada = lectura HR de psicrómetro $\pm 6\%$.	Compare con las lecturas del psicrómetro recibidas, a intervalos de seis meses	Ajuste o sustituya para lograr límites aceptados
Contador de tiempo (on/off timer)	± 30 min /24 hr	Verifique al recibir o recepcionar y rutinariamente en días de recuperación de muestras	Ajuste o repare
Medidor de tiempo transcurrido	± 2 min /24 hr	Compare con estándares de tiempo de exactitud conocida al recibir y a intervalos de 6 meses	Ajuste o sustituya el indicador de tiempo para lograr límites de aceptación
Estándar de transferencia de caudal (dispositivo orificio)	Caudal indicado (de la calibración anterior) = caudal verdadero o de fábrica $\pm 2\%$.	Verifique al recibir y a intervalos de un año; vuelva a calibrar o sustituya la unidad de orificio si el daño es evidente	Adopte la nueva curva de calibración

8.3 Calibración del muestreador

Para realizar el proceso de calibración verifique previamente la presencia de fugas en el sistema siguiendo lo señalado en el Instructivo de Calibración de Muestreador de Alto Volumen.

Luego de realizado el proceso de detección de fugas y verificado la ausencia de ellas instale los accesorios de calibración y calibre el instrumento: obtenga la curva de calibración y determine si los valores de flujo se encuentran dentro del rango estimado de referencia siguiendo lo señalado en el Instructivo de Calibración IC-04, sección 6.2; realice el chequeo multipunto y si las diferencias entre el caudal estimado y el de fábrica son superiores, en general, a 4% se deben generar nuevos parámetros de calibración (o corrección). Para este procedimiento refiérase al Instructivo de Calibración, IC-04.

9 Procedimiento de laboratorio

Uno de los factores primordiales de la exactitud de un programa de muestreo de MP10 es la aplicación adecuada de las técnicas de laboratorio por parte del equipo analítico. Esta sección señala algunas pautas para fortalecer la exactitud de las operaciones de laboratorio y, por lo tanto, de las determinaciones totales de la concentración de MP10.

El manejo de filtros de MP10 provenientes de muestreadores de alto volumen presenta dos fuentes principales de error. La primera se refiere a la pérdida de partículas durante el envío o manejo de la muestra y, la segunda, a errores causados por la retención de dióxido de sulfuro en forma de partículas de sulfato en filtros alcalinos. Los resultados de experimentos que implican una variedad de filtros indican que los errores de cargamento de sulfato del orden de 0.3 a 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ son esperables al usar filtros comunes de fibra de vidrio bajo condiciones normales de muestreo de alto volumen y que errores más grandes de sulfato pueden ocurrir bajo condiciones extremas de muestreo. Se recomienda utilizar filtros neutros o de baja alcalinidad para reducir estos errores.

Los criterios de aceptación de filtros recomendados por la EPA son detallados en el 40 CFR Part 50, Apéndice M. La Tabla 9-1 entrega un resumen de requisitos mínimos de aceptación de filtros para asegurar la calidad de los datos en la determinación de la concentración total de MP10 en la atmósfera.

El filtro de microfibra de cuarzo es actualmente el único filtro comercialmente disponible que satisface todos los criterios especificados por la EPA en el 40 CFR Part 50, Apéndice M. La fragilidad de estos filtros hace más difícil su manejo y pueden ser más costosos que los filtros de fibra de vidrio. La organización monitorea debe evaluar los filtros disponibles en el mercado con el fin de asegurar su conformidad con los criterios antes señalados.

Tabla 9-1. Resumen de criterios de aceptación de filtros

Criterio	Cuantificación del criterio establecido por 40 CFR Parte 50, Apéndice M	Comentario
Eficiencia de recolección	> 99% según lo medido por la prueba <i>diocetyl phthalate</i> (DOP).	El aparato que se necesita para realizar esta prueba no está disponible para el común de los laboratorios analíticos. La organización a cargo del monitoreo debe asegurar que el fabricante del filtro ha seguido estos criterios.
Integridad	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, medido como la concentración equivalente correspondiente a la diferencia entre los pesos iniciales y finales del filtro, asumiendo un volumen de muestra de 24 horas de 1,600 m^3 .	Durante una prueba simulada de muestreo, se siguen todos los procedimientos de muestreo excepto encender el muestreador de MP10 de alto volumen. El peso de la tara del filtro equilibrado debe estar dentro de ± 8 mg del peso final.
Alcalinidad	< 25 microequivalentes/g de filtro	La prueba de medición de alcalinidad puede ser efectuada por un laboratorio analítico típico.

9.1 Manejo de filtros

Debido a la fragilidad del material del filtro, los operadores de campo y de laboratorio deben realizar un manejo adecuado de estos.

Una medida práctica de inventariar y controlar los filtros recepcionados es asignar a cada filtro un número identificador (ID del filtro) correlativo y apilarlos en la misma secuencia de asignación numérica a fin de asegurar que el filtro a utilizar corresponda al primero dentro de la asignación numérica.

Esta medida de identificación elimina, también, el posible error de cargar el cartucho nuevamente una vez utilizado y evita la duplicación de muestras.

Luego de la exposición, si las muestras van a ser enviadas a laboratorio, el operador de campo debe ser provisto de sobres y carpetas adecuadas para la protección de los filtros expuestos en el transporte al laboratorio analítico. En la carátula de los sobres se puede imprimir el formulario de reporte de muestreo para asegurar que los datos correspondientes a la muestra permanezcan con ella en todo su proceso.

Medidas de aseguramiento de manejo de muestras y cadena de custodia son detallados en la Guía de CONAMA, sección 4.3.

9.2 Inspección visual del filtro

Antes del proceso de pesaje de los filtros, estos deben ser examinados visualmente para asegurar que los filtros defectuosos sean desechados y devueltos al proveedor. Los defectos específicos a buscar son:

- Agujero pequeño: un agujero pequeño que aparece como un punto luminoso distinto o brillante cuando es examinado sobre una tabla de luz o una mancha oscura cuando es visualizado encima de una superficie negra.
- Material sobrepuesto: cualquier material ajeno o partículas de suciedad en el filtro que requiere ser removida antes de pesar.
- Decoloración: cualquier decoloración visible que podría ser evidencia de un contaminante.
- Filtro no uniforme: cualquier no uniformidad visible en la apariencia del filtro que podrían indicar gradaciones en la porosidad del filtro.
- Otro: un filtro con cualquier imperfección no descrita anteriormente, como superficies irregulares u otros resultados que pudieran ser causales de interferencia en la ejecución.

9.3 Acondicionado del filtro

Antes de ser pesados, los filtros se deben someter a un proceso de acondicionamiento por lo menos 24 horas antes. Esto puede ser realizado en una cámara de acondicionamiento o en un cuarto de pesaje ambientalmente controlado. La humedad relativa se debe establecer en un valor medio constante entre 20 y 45 por ciento, con una variabilidad de no más de ± 5 por ciento y la temperatura en un valor medio constante entre 15 y 30 °C, con una variabilidad de no más de ± 3 °C. La humedad relativa y la temperatura deben ser verificadas y registradas en los días de acondicionamiento (manualmente o por un sistema de programación) para asegurar la conformidad con estos valores señalados. Junto con estos valores, registre en el formulario de registro de laboratorio las situaciones de mal funcionamiento, discrepancias en los rangos antes señalados y las actividades de mantenimiento efectuadas.

9.4 Procedimiento de pesaje inicial

Los filtros deben ser pesados en una balanza analítica con una resolución mínima de 0,1 mg y una precisión de 0,5 mg. Se recomienda que cada balanza utilizada en el procedimiento de pesaje sea individualizada por un número identificador. A cada balanza se le debe asignar un número determinado de filtros identificados también con un ID en forma secuencial.

Siga el siguiente procedimiento:

1. Verifique en el formulario de registro de laboratorio que la balanza haya sido calibrada (por lo menos anualmente) y mantenido acorde con las recomendaciones del fabricante. Si la balanza no ha sido calibrada dentro del período señalado calíbreala (si sus responsabilidades lo permiten) de acuerdo a lo señalado por el fabricante o bien indíquelo en la bitácora para que personal adecuado realice esta operación.
2. Ponga a cero la balanza según las indicaciones del fabricante.
3. Realice un chequeo de control de calidad usando los estándares de referencia en la balanza analítica. (Refiérase a la sección 4.5)
4. Si los filtros deben ser pesado fuera del compartimiento acondicionado, evite interferencias con las partículas higroscópicas ambientales y comience el procedimiento de pesaje dentro de 30 s. Pese el filtro según las indicaciones del fabricante y cerciórese de obtener lecturas estables. A intervalos rutinarios, verifique el cero y la calibración de la balanza conforme a la sección 4.5.
5. Nota: Tenga cuidado al cargar y descargar la balanza con los filtros de cuarzo. Las esquinas y los bordes del filtro no deben topar la puerta de la balanza debido a que el filtro puede ser dañado o perder material e el proceso.

6. Coloque el filtro pre-pesado, en una carpeta (bolsa) de plástico transparente que permita visualizar el ID del filtro e introdúzcala dentro del sobre con el formulario de registro de campo impreso.
7. Registre el número de la balanza, el número de identificación del filtro y el peso de la tara en el formulario de registro de laboratorio (Anexo D). Cualquier peso del filtro fuera del rango normal entre 3.7 y 4.7 g debe ser investigado inmediatamente. Recuerde numerar el formulario en forma secuencial.
8. Realice los chequeos de control de calidad de los pesos de tara y total según lo señalado en la sección 4.5 y entregue la información obtenida al supervisor de QC para revisión.

9.5 Control de calidad en laboratorio

- Verificación de peso estándar

Antes de pesar el primer filtro, se debe verificar que la balanza entregue valores de masa apropiados y fidedignos. Esta verificación se efectúa pesando un par de masas estándar (valor conocido de referencia) con pesos entre 1 y 5 g. Si los valores reales de referencia y los medidos difieren por más de ± 0.5 mg, se debe informar al supervisor antes de proceder con el pesaje de los filtros definitivos. Si la diferencia entre los valores reales y los medidos se encuentran dentro de ± 0.5 mg, cada filtro se debe pesar al miligramo más cercano.

Para el caso de filtros de muestreadores de MP10 de alto volumen no es recomendado realizar verificaciones de “filtro estándar”, ya que producto del pesaje repetitivo el filtro de cuarzo degradará rápidamente y no permitirá datos reproducibles.

- Verificación de cero y calibración

Cada 5 a 10 operaciones de pesaje, el operador de laboratorio debe volver a inspeccionar el cero de la balanza y registrar estos valores en el registro interno de control de calidad. Valores entre ± 0.5 mg se consideran aceptables.

La calibración de la balanza debe ser verificada por lo menos diariamente y si es posible cada 15 pesajes de filtros.

Cuando los chequeos de cero y de calibración exceden límites aceptables, los filtros previamente pesados deben ser vueltos a revisar.

- Verificación de pesos de tara y total
- En cada día de operación, el operador debe volver a pesar entre cinco y siete filtros expuestos y no expuestos. Los pesos de los filtros sin impactar deben estar dentro de ± 2.8 mg de los valores originales; en caso contrario se debe investigar la causa del problema y volver a pesar. Debido a la pérdida de componentes volátiles, no se fija ningún límite de aceptación para los filtros expuestos; sin embargo, si la diferencia excede en ± 5.0 mg, el supervisor de QC de laboratorio debe investigar inmediatamente.

- Registro de información

Mantenga un registro de control de calidad como el que se señala en el Anexo E. El libro de registros debe contener todos los datos de control de calidad: información de calibración y mantenimiento de la balanza y cheques internos de rutina. Se recomienda que la información relativa al funcionamiento y chequeos efectuados sobre la balanza sean mantenidos junto a ella a fin de que el operador note cualquier indicación de malfuncionamiento.

9.6 Recepción de las muestras provenientes de campo

Al recibir el filtro expuesto el personal de custodia de filtros (o de laboratorio si corresponde) debe seguir este procedimiento:

1. Examine el formulario de registro de muestreo (datos de campo). Determine si están registrados todos los datos que se necesitan para verificar la validez de la muestra y para calcular la concentración total (volumen total, temperatura ambiente, presión barométrica, y tiempo transcurrido). Anule la muestra si faltan datos o si se registró un mal funcionamiento del muestreador.
2. Empareje el ID del filtro con los datos registrados en el formulario de registro de datos de laboratorio, en el que aparece el número de balanza utilizada en el pre-pesado, el ID del filtro, el peso de la tara del filtro y otra información. El encargado de la muestra debe agrupar los filtros según sus números registrados de identificación de la balanza. La separación inicial de filtros por el número de balance ID disminuirá la probabilidad de un error de balance que podría resultar del uso de diversas balanzas en el proceso de pesaje de la tara y peso total del filtro.
3. Remueva el filtro de su sobre protector y examine el interior del sobre. Si el material de la muestra se ha desalojado del filtro, recupere tanto como sea posible empleando un cepillo suave de pelo de camello. Si el filtro se encuentra en el cartucho, aflojar las tuercas de la cubierta y quitar el filtro (El apretar demasiado las tuercas puede hacer que el filtro adhiera demasiado a la empaquetadura del cartucho. Retírelo suavemente por las esquinas extremas para evitar daño). Examine los filtros para verificar si el filtro se ha dañado durante el muestreo.

4. Coloque los filtros sin defecto en sobres protectores y remítalos al laboratorio para el proceso de pesaje y análisis. Preocúpese de guardar los datos obtenidos para los cálculos totales subsecuentes de concentración.
5. Coloque los filtros defectuosos en nuevos sobres y limpios de partículas, etiquetándolos con los defectos encontrados para ser analizados por el supervisor para la aprobación final.

9.7 Procedimiento de pesaje final

1. Efectúe el proceso de acondicionamiento de filtro descrito en la sección 4.3.
2. Repita los pasos 1 al 6 del procedimiento de pesaje de la tara de filtro (sección 4.4). Registre el peso total en el formulario de datos del laboratorio.
3. Realice los chequeos internos de QC descritos en la sección 4.5.
4. Ponga el filtro dentro de un sobre protector y entregue los filtros pesados al personal de custodia de las muestras para archivar.

10 Procedimiento de cálculo

La discriminación del tamaño de las partículas mediante separación inercial requiere que las velocidades específicas en el sistema de entrada de aire se mantengan. Estas velocidades de diseño se obtienen cuando un caudal especificado de diseño se mantiene. El caudal de diseño es especificado como un caudal volumétrico real (Q_a), medido a condiciones existentes de temperatura (T_a) y presión (P_a). El caudal operacional de los muestreadores (es decir, el caudal real cuando el muestreador está funcionando normalmente) debe estar muy cerca del caudal de diseño.

El sistema de medición de caudal de todos los muestreadores se debe calibrar periódicamente con un estándar certificado de transferencia de caudal. Generalmente, se requieren mediciones (o estimaciones) de temperatura ambiental y presión barométrica para conseguir una indicación exacta del caudal operacional.

Para determinar el caudal promedio del muestreador bajo un período de muestreo se recomienda utilizar los valores de temperatura (T_{av}) y presión (P_{av}) promedios para ese período de muestra. Sin embargo, si estos valores promedios no pueden ser obtenidos para cada período de muestreo, pueden ser sustituidos por valores promedios estacionales en el sitio (T_s y P_s).

Así, los valores de T_{av} y P_{av} pueden ser obtenidos y registrados en el sitio o bien, estimados de los datos obtenidos de un servicio nacional de mediciones meteorológicas cercano. Para el caso de lecturas de presión barométrica, éstas deben referidas a la presión de la estación y no corregido al nivel medio del mar, y posiblemente tendrán que ser corregidos debido a las diferencias entre la elevación del sitio de monitoreo y la ubicación de la fuente de información en cuestión.

La metodología de cálculo que se presenta a continuación asume que el muestreador ha sido calibrado en unidades de caudal volumétrico real (Q_a) y que los valores de temperatura y presión barométrica promedios son utilizados para cada período de muestra. En el caso de que sean utilizados valores de temperatura y presión estacionales en el sitio (T_s y P_s), T_s puede ser sustituido por T_{av} , y P_s por P_{av} en ecuaciones (7), (7a), y (14).

Recuerde que las medidas de concentración total de MP10 en la atmósfera se deben expresar en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

10.1 Cálculo de caudal para muestreadores VFC

El caudal real promedio para el período de muestreo es calculado determinando el cociente de la presión absoluta de estancamiento promedio a la presión barométrica ambiental promedio ($\overline{P_l} / P_{av}$) y la temperatura ambiental promedio (T_{av}) para el período de muestreo.

1. Calcule el valor de P_l en mmHg (o kPa):

$$\overline{P_l} = P_{av} - \overline{\Delta P_{stg}} \quad (1)$$

Donde:

$$\begin{aligned} \overline{P_l} &= \text{presión absoluta de estancamiento promedio para el período de muestreo, en mmHg o kPa} \\ P_{av} &= \text{presión barométrica promedio para el período de muestreo, en mmHg o kPa} \\ \overline{\Delta P_{stg}} &= \text{Promedio de lecturas inicial y final de presión de estancamiento relativa, en mmHg o kPa.} \end{aligned}$$

Nota: Recuerde convertir las lecturas del manómetro de agua a mmHg antes de registrarlas en la hoja de datos, usando la ecuación siguiente:

$$\text{mmHg} = 25.4 (\text{in. } H_2O / 13.6) \quad (2)$$

2. Calcule y registre el valor del cociente de presión de estancamiento promedio:

$$\text{Cociente de presión de estancamiento promedio} = \overline{P_l} / P_{av} \quad (3)$$

3. Utilice la tabla de operaciones del fabricante para determinar $\overline{Q_a}$ del cociente de presión de estancamiento promedio ($\overline{P_l} / P_{av}$) y T_{av} para el período de muestreo. Este valor de $\overline{Q_a}$ es el caudal volumétrico promedio para el período de muestreo.

10.2 Cálculo de concentración de MP10

Para calcular la concentración de masa total de MP10 (ecuación 5) se requiere calcular primero el volumen estándar total de aire muestreado (ecuación 4)

1. Calcule el volumen estándar total de aire muestreado

$$V_a = (\overline{Q_a}) (t) \quad (4)$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_a &= \text{volumen total de aire muestreado en unidades de volumen, m}^3 \\ \overline{Q_a} &= \text{caudal promedio muestreado, m}^3/\text{min} \\ t &= \text{tiempo transcurrido total de muestreo, en minutos.} \end{aligned}$$

2. Calcule la concentración de masa total de MP10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

$$MP10 = (10^6) (W_g - W_t) / V_a \quad (5)$$

Donde:

$$\begin{aligned} MP10 &= \text{concentración de masa de MP10, } \mu\text{g}/\text{m}^3 \\ 10^6 &= \text{factor de conversión, } \mu\text{g}/\text{g} \\ W_g, W_t &= \text{peso total del filtro y peso del filtro pre-pesado (tara),} \\ &\quad \text{respectivamente, g} \\ V_a &= \text{volumen total de la muestra en unidades de volumen, m}^3/\text{min.} \end{aligned}$$

11 Procedimiento de Validación

Los datos necesarios para calcular la concentración total MP10 se originan a partir de dos fuentes principales: operaciones de campo y operaciones del laboratorio. Estos datos se deben validar con el fin de asegurar que los valores reportados de concentraciones de MP10 son los adecuados en relación a los objetivos del programa de monitoreo. El procedimiento de validación verifica los cálculos de las concentraciones finales de MP10 y ayuda a identificar valores de concentraciones totales sujetas a algún tipo de cuestionamiento (por ejemplo, valores extremadamente altos o bajos).

Siga los siguientes pasos para realizar el procedimiento de validación:

1. Para cada muestra obtenga la siguiente información:
 - Tiempo total de muestreo, min
 - Caudal volumétrico real promedio, $\overline{Q_a}$, m^3/min

- Peso total del filtro y peso del filtro pre-pesado, W_g , W_t , g
2. Recalcule la concentración total de MP10 para el siete por ciento de las muestras siguiendo lo indicado en el punto 11.2. Estas frecuencias sugeridas se pueden ajustar posteriormente, basado en experiencia acumulada y nivel de la calidad de los datos. Disminuya la frecuencia si la experiencia indica que los datos obtenidos son de buena calidad, o auméntela si el historial indica que los datos no son de muy buena calidad. En todo caso, se recomienda no seguir siempre la misma frecuencia de revisión ya que dependerá de las condiciones circundantes o situaciones especiales experimentadas en el período de muestreo en cuestión, las frecuencias de recálculo de los datos de concentraciones.
 3. Compare cada concentración validada de MP10 con el valor originalmente reportado. Corrija cualquier error que se encuentre y firme e indique la fecha de la corrección. Si se encuentra un alto porcentaje de errores verifique los cálculos adicionales. Si se encuentran errores consistentes, compruebe todos los valores del formulario de registro de datos e investigue y corrija la causa.
 4. Inspeccione todos los valores de concentraciones totales. Centre su atención en aquellos que indiquen valores excesivamente altos o bajos e investigue la causa y repita, ara estos valores, los pasos 2 y 3.
 5. Si los cálculos de concentraciones de masa parecer ser correctos y todavía se registran valores altos o bajos sujetos a cuestionamiento, revise toda la base de datos originales (tiempo de muestreo, caudal volumétrico real promedio, correcciones efectuadas a condiciones estándar) para establecer una completa revisión y corrección.

12 Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

- Instructivo de embalaje y traslado, RDM/CA/TEQ3
- Instructivo de armado e instalación, RDM/CA/IEQ3
- Instructivo de cambio de filtros, RDM/CA/IFILHV
- Instructivo de mantención de cabezales, RDM/CA/LIMCAB
- Instructivo de calibración, RDM/CA/CALHV

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Registro de Mantenimiento de Muestreadores de Alto Volumen

REGISTRO DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN					Formulario N°
Muestreador Alto Volumen					
Estación:			Fecha:		
Ubicación:					
Modelo Monitor:					
Actividades de Mantenimiento					
Actividad	Chequeo	Observación	Operador	Fecha	
En días de recuperación de muestras					
Verifique líneas de poder					
Verifique Portafiltro					
Tubos y montajes					
Cada 600 a 1000 horas					
Reemplace carbones motor					
Inspeccione empaquetadura y cableado de motor					
Ajuste cronómetro y medidor de tiempo transcurrido					
Calibre muestreador					
Cada 3 meses					
Verifique empaquetadura					
Limpie entrada de partículas					
Cuando sea necesario					
Verifique Dispositivo de registro de flujo					
Verifique Controlador de flujo					
Reemplace Motor					
Comentarios:					
Revisado por:			Fecha:		

ANEXO B. Formulario de Reporte de Muestreo

Identificación filtro:		
	Inicial	Final
Masa (unidades _____)		
Fecha pesaje (ddmmaa)		
Operador		

Identificación del muestreo		
Lugar de muestreo:		
	Inicial	Final
Fecha muestreo (dd/mm/aa)		
Hora muestreo (hh:mm)		
Contador horario interno		
Estatus de la muestra		
Temperatura ambiental	Mínima	Máxima
Presión atmosférica		
Operador:		
Observaciones		

ANEXO C. Formulario de Reporte Rápido de Muestreo

ID filtro	F _i	F _f	f _i	f _f	H _i	H _f	T	P	Op.

F_i : Fecha y hora inicial
 F_f : Fecha y hora final
 f_i : Flujo inicial
 f_f : Fljo final
 H_i : Horámetro inicial
 H_f : Horámetro final
 T : Temperatura
 P : Presión
 Op : Operador

REGISTRO DE DATOS DE LABORATORIO				Formulario n°.....	
Número de filtro			Analista de laboratorio		
Número de balanza			Supervisor de QC		
Pesaje de filtro pre-exposición		Fecha	Hum. Relativa	Temperatura	
Pesaje de filtro post-exposición		Fecha	Hum. Relativa	Temperatura	
Número de muestra	ID filtro*	Masa pre-exposición (g)	Masa post-exposición (g)	Masa neta (g)	
-	Cero	0,0000	0,0000	-	
-	Std.wt.1	3,0002	3,0005	-	
-	Std.wt.2	5,0005	5,0001	-	
A4	45630	3,9147	3,9714	0,0567	
B4	45631	3,9089	3,9550	0,0461	
C4	45632	3,9100	3,9973	0,0873	
*Indicar los chequeos de cero y los pesos estándar					
Comentarios					
Firma					

ANEXO E. Formulario de Registro de Control de Calidad de Laboratorio

REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD DE LABORATORIO					Formulario n°
Número de filtro			Analista de laboratorio		
Número de balanza			Supervisor de QC		
Fecha análisis		Chequeo de cero Peso (mg)	Masa estándar 1 Peso (mg)	Masa estándar 2 Peso (mg)	
Primera fecha	Segunda fecha	ID filtro	Primer pesaje (g)	Segundo pesaje (g)	
Comentarios					
Firma					

ANEXO A2

Procedimiento de Monitoreo de Calidad de Aire

Muestreadores Dicotómicos

Preparado por : _____ Fecha: 03/09/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PDGDICO

Revisión	V1.0
Fecha	03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación _____	7
2 Resumen _____	7
2.1 Descripción del principio de operación _____	7
2.2 Operación del Cabezal Dicotómico _____	7
2.3 Ilustraciones descriptivas del equipo _____	9
3 Calificaciones del personal _____	11
4 Embalaje y traslado del equipo _____	11
5 Instalación del equipo en el sitio _____	12
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra _____	12
5.2 Armado del equipo _____	14
5.3 Instalación del Equipo _____	15
5.3.1 Instalación de la carta de registro _____	15
6 Procedimiento de operación de muestreo _____	15
6.1 Resumen de la operación de muestreo _____	15
6.2 Frecuencias de muestreo _____	15
6.3 Equipamiento _____	15
6.4 Operaciones antes del muestreo _____	16
6.4.1 Consideraciones de manipulación de filtros antes del muestreo _____	16
6.4.2 Operaciones generales previas al muestreo _____	16
6.5 Operaciones después del muestreo _____	17
6.6 Documentación _____	18
6.7 Desechado de filtros en exposición _____	19
7 Procedimiento de Mantención _____	19
7.1 Precauciones _____	20
7.2 Calificaciones del Personal _____	20
7.3 Equipamiento _____	20
7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas _____	21
7.5 Limpieza de unidad de toma muestra _____	21
7.5.1 Desmontaje _____	21

7.5.2	Limpieza	22
7.5.3	Reensamblaje	23
7.5.4	Consideraciones	23
7.6	Limpieza del módulo de control	24
7.6.1	Módulo de control general	24
7.6.2	Rotámetros	25
7.6.3	Bomba de vacío	25
7.6.4	Sustitución del diafragma	26
7.7	Proceso final	26
7.8	Reparación de Muestreadores Dicotómicos	26
7.9	Control de Datos y Registros	26
8	<i>Procedimiento de calibración</i>	27
8.1	Equipamiento	28
8.2	Frecuencia	29
9	<i>Procedimiento de laboratorio</i>	29
9.1	Manejo del filtro	29
9.2	Verificación de integridad de los filtros	30
9.3	Acondicionado de filtros	30
9.4	Procedimiento de pesaje inicial	31
9.5	Control de calidad en laboratorio	31
9.6	Recepción de las muestras provenientes de campo	32
9.7	Procedimiento de pesaje final	33
10	<i>Procedimiento de Cálculo</i>	34
10.1	Cálculo de caudal	35
10.2	Cálculo de concentración de MP10	35
11	<i>Procedimiento de validación</i>	36
12	<i>Reportes de información</i>	37
	<i>REFERENCIAS</i>	37
	<i>ANEXO</i>	38
	ANEXO A. Formulario de Registro de Mantenimiento de Muestreadores Dicotómicos	38
	ANEXO B. Formulario de Reporte de Muestreo	39
	ANEXO C. Formulario de Reporte Rápido de Muestreo	40

ANEXO D. Formulario de Registro de Datos de Laboratorio _____ 41

ANEXO E. Formulario de Registro de Control de Calidad de Laboratorio _____ 42

RDM/CA/PDGDICO

Revisión	V1.0
Fecha	03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo de calidad de aire para muestreadores dicotómicos. Entrega los procedimientos recomendados de instalación del equipo, operación, mantenimiento, calibraciones, validaciones y reportes de información a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

2 Resumen

2.1 Descripción del principio de operación

Un muestreador dicotómico MP10 es un equipo que acumula partículas en dos filtros: uno atrapa el material particulado más fino, de un diámetro igual o menor a 2.5 μm , y el otro material particulado de mayor gravimetría entre los 10 y 2.5 μm , por medio de un flujo constante de aire que pasa a través de una entrada especialmente diseñada conocida como cabezal. En estos equipos se usa por regla general la medición durante un período específico de 24-horas.

Cada uno de los filtros de muestra se pesa antes y después de ser expuesto para determinar el peso neto y la ganancia de la muestra de MP10 y MP2.5 reunido.

El volumen total de aire de muestra es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto. La concentración de MP10 en el aire se mide como la masa total de partículas acumuladas en el filtro clasificado según el rango tamaño, dividido por el volumen de aire de muestra. Esta medida se expresa como microgramos por metro cúbico $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

Los muestreadores dicotómicos más comunes, disponibles comercialmente, son de flujo bajo (16.7 [lpm].) Estos recogen partículas con un diámetro aerodinámico de un tamaño nominal de 10 μm . Los muestreadores dicotómicos, como se señaló en párrafos anteriores, dividen la porción de aire en dos tramas, una fina (0 a 2.5- μm) y una gruesa (2.5 a 10- μm). Estas partículas son acumuladas en filtros separados. El flujo total de 16.7 [lpm] es dividido en dos flujos: flujo de alta velocidad y baja velocidad, el primero atrapa las partículas de menor tamaño y el segundo las de mayor gravimetría, esto debido al particular diseño del cabezal dicotómico.

La metodología de operación del muestreador es validada por U. S. EPA CFR40, Parte 50, Apéndice J.

2.2 Operación del Cabezal Dicotómico

Las partículas con diámetros aerodinámicos mayores a 10 μm son alejadas de la muestra de aire por separación inercial, en la entrada del fraccionador especialmente diseñado como se observa en la Figura 2-1.

Figura 2-1 Acelerador Primario

El aire cargado de partículas es arrastrado en la entrada, desviando y acelerando a velocidad jet hacia abajo produciéndose una reacción de alto impacto. Debido a su inercia mayor, las partículas mayores a 10 [μm] se alejan por el impacto. Partículas menores a 10 [μm] son arrastradas a través del tubo de ventilación del impactador virtual que más allá separa las partículas en los fragmentos de tamaño fino y grueso. A esta parte se le llama acelerador primario.

Figura 2-2 Impactador Virtual

La Figura 2-2 ilustra el principio que logra esta división. La corriente de aire que contiene las partículas MP10 es forzada a través de una boquilla de aceleración en la tobera del impactador virtual donde el flujo de aire es dividido. La mayoría de las partículas de la trama fina vuelve a seguir la corriente de flujo de velocidad más alta y pasa adelante al filtro de la partícula fina. Debido a su inercia mayor, las partículas gruesas continúan en el tubo receptor del impactador virtual y se acumulan en el filtro de partícula gruesa.

2.3 Ilustraciones descriptivas del equipo

El muestreador dicotómico se compone básicamente de 3 unidades:

1. Unidad de toma de muestras (formada por el cabezal MP10, trípode de sujeción, porta filtro de trama fina y gruesa), Figura 2-3.
2. Unidad de control de flujo (rotámetro de alta y baja velocidad, bomba interna de vacío), Figura 2-4.
3. Unidad de programación de muestreo (unidad de control de eventos), Figura 2-4.

Figura 2-3 Unidad de Toma de Muestras

Figura 2-4 Unidad de Control de Flujo y
Programación de Muestreo

Figura 2-5 Carta de registro dentro del
flujómetro neumático

Figura 2-6 Unidad cerrada

Figura 2-7. Vista general de la unidad de toma de muestra

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantención, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe. Las calificaciones específicas del personal a cargo en las distintas áreas del sistema de monitoreo se definen dentro de cada instructivo de trabajo.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado del equipo dicotómico al sitio de monitoreo se recomienda embalar con precaución sus partes componentes y poner especial cuidado en aquellas que puedan ser susceptibles de contaminarse o dañarse en el proceso de traslado, influyendo en los resultados de las mediciones.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material

científico y frágil. Refiérase al instructivo RDM/CA/TEQ1 de Embalaje y Traslado de Equipos Dicotómicos para realizar esta operación.

5 Instalación del equipo en el sitio

La validez de las conclusiones que se obtienen luego de realizado el monitoreo, depende, entre otros factores, de la representatividad de los datos obtenidos. En este contexto, a continuación se describen criterios básicos de selección de sitios de monitoreo de material particulado y consideraciones generales de localización del toma muestra de muestreadores dicotómicos.

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, la Tabla 5-1 muestra un resumen de criterios de ubicación del sitio y toma muestra en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 5-1. Criterios de ubicación del sitio y del toma muestra.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia a calles [m]
PM ₁₀ ^{B,C,D,E,F}	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 – 7	2 –10
	Local			2 - 15	Tabla 5-2 Figura 5-1
	Urbana Regional				

^A. Cuando el toma muestra se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de los árboles y debe estar a 10 metros cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor de la entrada del toma muestra; 180 grados si la entrada está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para muestreadores de MP10 una distancia de separación de 2 a 4 m entre otros muestreadores instalados.

Tabla 5-2. Distancia de monitores MP10 a caminos en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

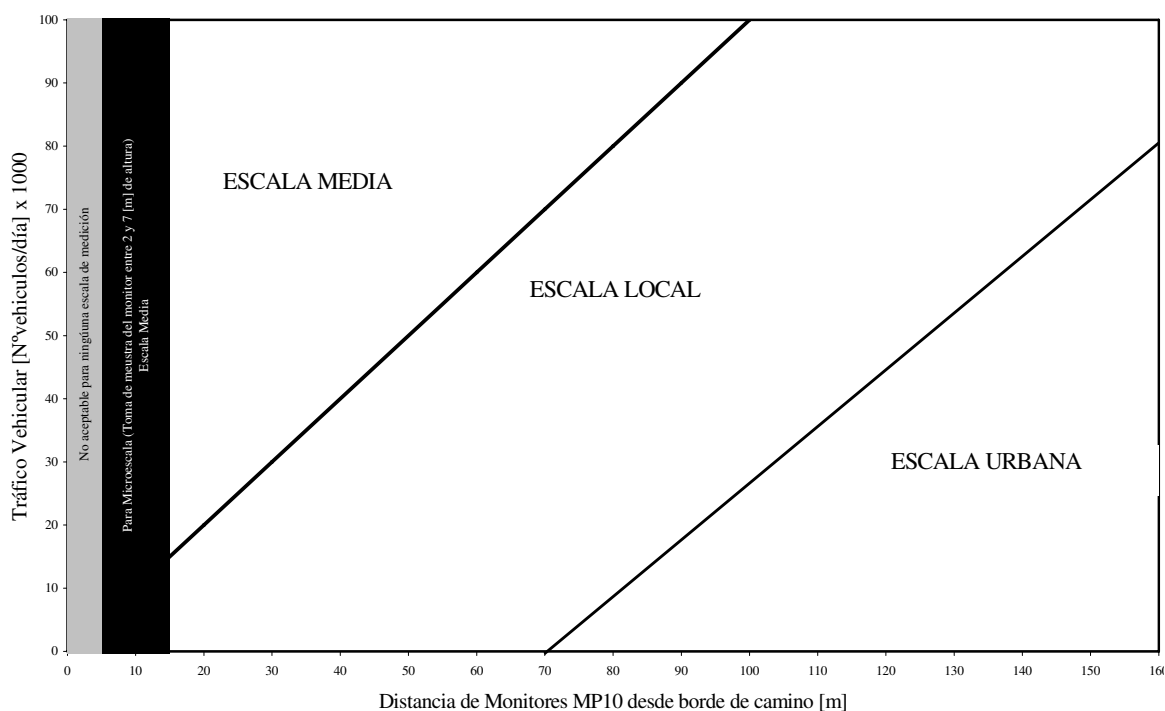


Figura 5-1. Distancia de monitores MP10 a caminos en función del tráfico vehicular, de acuerdo a escala de medición

Otras consideraciones:

- El muestreador dicotómico de material particulado es generalmente localizados al aire libre sobre la caseta o estación.
- El muestreador debe tener flujo de aire sin restricción.
- La entrada del muestreador debe estar, por lo menos, a 4 metros de cualquier otra entrada de un muestreador dicotómico instalado. Las entradas deben estar distantes alrededor de 4 m de otros muestreadores (por ejemplo de muestreadores de alto volumen)

- d) No coloque el muestreador directamente en la tierra, arena gruesa o en la cima de un tejado.
- e) No instale el muestreador cerca de cañones de salidas o aberturas (por ejemplo; chimeneas, ductos de ventilación, aire acondicionado, etc.)
- f) Si las muestras son analizadas químicamente (mediante: espectrómetros de emisión óptica con fuentes de excitación de ICP-Plasma de Acoplamiento Inducido, espectrómetros de absorción atómica, etc.) evalúe la potencial contaminación del sitio.
- g) El muestreador debe estar situado donde el operador pueda alcanzarlo de manera segura, a pesar de condiciones de tiempo adverso. Si el muestreador se localiza en una azotea, el cuidado debe tenerse en la seguridad personal, por ejemplo, que el operador no esté expuesto a una superficie del tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)
- h) El muestreador se debe localizar en un lugar que sea accesible en consideración a las actividades que implica el funcionamiento rutinario (es decir, calibraciones, instalación y recuperación de filtros, chequeos de flujo, y auditorías), las cuales involucran un transporte de suministros a la estación (equipo de monitoreo) y de regreso al laboratorio (y viceversa).
- i) Asegurar que la energía en el sitio esté disponible en todo momento. Interrupciones eléctricas pueden producir la pérdida de muestras irrecuperables.
- j) Indicaciones respecto al voltaje mínimo del muestreador y requisitos de potencia deben ser consultadas en el Manual del fabricante.
- k) La seguridad del propio muestreador depende básicamente de su emplazamiento. Sitios en la azotea con acceso cerrado con llave y sitios tierra-nivelados con cercos, son ejemplos comunes. En todos los casos, la seguridad del personal, así como la del muestreador, deben ser consideradas en conjunto.

Si se requiere información adicional sobre redes y sitios de exposición, use el criterio de Koch y Rector (Koch, R.C. and H.E. Rector, Optimun Network Design and Site Exposure Criteria for Particulate Matter. EPA-450/4-87-009, US EPA, Research Triangle Park, NC.)

5.2 Armado del equipo

Una vez recepcionado el equipo en el sitio de monitoreo arme el equipo siguiendo el Instructivo de Armado e Instalación de Equipos Dicotómicos, RDM/CA/IEQ1. Para aspectos específicos refiérase al Manual del fabricante.

5.3 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verifique que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante. Además, considere los criterios de ubicación de sitios de monitoreo y toma muestras señalados en la sección 6.1 de este procedimiento. Refiérase al instructivo RDM/CA/IEQ1 de Armado e Instalación de Equipos Dicotómicos.

5.3.1 Instalación de la carta de registro

La función de la carta de registro de flujo es verificar si durante el funcionamiento del equipo se han registrado cortes de energía, el horario asociado a dicho cortes y las variaciones en el flujo total del equipo. Para su instalación refiérase al instructivo RDM/CA/IREG de Instalación de Carta de Registro de Muestreadores Gravimétricos.

6 Procedimiento de operación de muestreo

El procedimiento de operación de muestreo aquí presentado describe las operaciones generales de terreno de un equipo dicotómico. Debido a que los procedimientos operacionales pueden variar entre modelos de muestreadores, consulte el Manual de operaciones del fabricante antes de poner en funcionamiento el equipo.

6.1 Resumen de la operación de muestreo

El proceso de operación del muestreador dicotómico consiste en el retiro y custodia de los filtros de exposición y en la instalación de los nuevos filtros que recolectarán las muestras para el período siguiente de medición. Información relativa a la identificación del filtro y del sitio de exposición, así como también observaciones en el sitio que estiman ser razones por las cuales el filtro extraído debe ser desechado, deben ser registradas.

La operación de terreno descrita a continuación considera como primera etapa la instalación de los filtros en el porta filtro del muestreador dicotómico, el muestreo propiamente tal en el período considerado en el programa de monitoreo y cierra el proceso de operación con el retiro y manejo de filtros post muestreo.

6.2 Frecuencias de muestreo

El muestreo de partículas es conducido acorde con la frecuencia de muestreo predeterminada por el programa de monitoreo. La operación se encuentra bajo el control de un dispositivo de cronometraje electrónico que se fija, por lo general, por un período de funcionamiento de 24 horas, o según lo determine el programa de monitoreo.

6.3 Equipamiento

- Muestreador dicotómico

- Filtro
- Cápsula de petri
- Guantes de nitrilo (o bien, guantes que no tengan talco o algún material que pueda contaminar el filtro)
- Lápiz
- Formulario de Reporte de Muestreo
- Formulario de Reporte Rápido de Muestreo

6.4 Operaciones antes del muestreo

6.4.1 Consideraciones de manipulación de filtros antes del muestreo

Como ya se había mencionado los equipos muestreadores dicotómicos permiten exponer filtros en 2 tramas de gravimetría, por lo cual, por convención, para la instalación de ellos se deben tener las siguientes consideraciones:

- Los anillos de Color Amarillo deben instalarse en la trama más gruesa (Coarse)
- Los anillos de Color Blanco deben instalarse en la trama más fina (Fine)

Otras consideraciones:

- La base de los anillos siempre es la más gruesa, los filtros tiene solo una dirección.
- Nunca se debe abrir el contenedor del filtro antes de su instalación.
- Los operadores deben usar guantes protectores al manejar los filtros (guantes de nitrilo o bien guantes que no tengan talco o algún material que pueda contaminar el filtro) para evitar la contaminación de estos con las grasas naturales de la piel y la humedad.
- Asegúrese de que los filtros se mantengan limpios y no se dañen antes de instalarlos en el muestreador dicotómico. El filtro debe mantenerse en la cápsula de petri como una manera de resguardarse de daños o contaminación del filtro antes de su exposición.
- Todo muestreador dicotómico está provisto de dos bases de filtros (uno para partículas finas y otro para partículas gruesas), por lo que la cápsula de petri se debe rotular indicando qué tipo de partículas recepcionará el filtro y toda la información que se detalla en la sección 7.6 de este procedimiento.

6.4.2 Operaciones generales previas al muestreo

1. Instale el filtro. Los filtros prepesados se envían a los operadores de la estación montados en las bases de filtros dentro de las cápsulas de petri con la debida identificación. Para instalar el filtro siga el procedimiento señalado en el

Instructivo de Cambio de Filtros de Muestreadores Dicotómicos RDM/CA/IFILDICO.

2. Verifique el vaso atrapa humedad. Si el vaso registra más de 1/5 de su capacidad, remueva el agua atrapada.
3. Ajuste el medidor de tiempo. Ajuste el medidor en el sentido de las agujas del reloj de acuerdo al día y hora a programar. Enciende el interruptor de poder principal.
4. Ajuste el flujo. Encienda la bomba del muestreador poniendo el estado "Manual." Y ajuste los flujos totales y gruesos para que el rotámetro indique los puntos fijos establecidos durante la calibración. Cambian a la posición "Auto."
5. Registre información inicial de muestreo en el formulario de Reporte de Muestreo (Anexo B). Registre la información que se señala en la sección 7.6 de este procedimiento.
6. Instale una nueva carta de registro. Refiérase al Instructivo de Instalación y Retiro de Cartas de Registro RDM/CA/IREG.

Nota: Recuerde registra la información derivada de esta operación en el formulario de Registro Rápido de Muestreo (Anexo C)

6.5 Operaciones después del muestreo

1. Registre información final de muestreo. Enciende la bomba del muestreador brevemente y verifique el flujo. Registre las lecturas de rotámetro final, total y grueso, en el formulario de Registro de Muestreo (Anexo B). Registre la lectura mostrada en el medidor de tiempo transcurrido final y otra información de muestreo como se señala en la sección 7.6 de este procedimiento.
2. Remueva el filtro expuesto y guárdelo. Remueva cuidadosamente el cartucho del filtro grueso (de color amarillo) y el cartucho de filtro fino (de color blanco) Una vez retirados los filtros, estos deben ser puestos inmediatamente en su contenedor y permanecer con la cara expuesta hacia arriba en posición siempre vertical. Introdúzcalos en las cápsulas de petri respectivas y colóquelos dentro del sobre. Refiérase al Instructivo de Cambio de Filtros de Muestreadores Dicotómicos ICF-07.
3. Registre la información referida en el formulario de Reporte de Muestreo. Notifique en el formulario cualquier observación que pueda sugerir que la muestra obtenida en el proceso no es representativa del área muestreada (por ejemplo, presencia de quemaduras y/o construcciones cercanas); comienzo y término de muestreo; lecturas iniciales y finales de mediciones de flujo.
4. Introduzca la carta registro, el filtro expuesto y el formulario de reporte de muestreo dentro del sobre proporcionado y guárdelo para las operaciones posteriores.

Nota: Recuerde registra la información derivada de esta operación en el formulario de Registro Rápido de Muestreo (Anexo C)

6.6 Documentación

El operador debe registrar la siguiente información sobre la cápsula de petri (contenedor del filtro), el formulario de Reporte de Muestreo y el formulario de Reporte Rápido.

Operaciones antes del muestreo:

1. Sobre la cápsula de petri indique:

- Número identificador de la muestra (ID muestra)
- Número identificador del filtro (ID filtro)
- Fecha de muestreo
- Identificación del filtro en fino (F) o grueso (G)

2. Sobre el formulario de Reporte de Muestreo indique:

- Identificación del sitio (nombre y dirección)
- Nombre del operador
- Número identificador de la muestra (ID muestra)
- Número identificador del filtro (ID filtro)
- Fecha y hora inicial de muestreo
- Flujo inicial y lecturas de rotámetro inicial
- Temperatura inicial y presión barométrica, si es necesario, es decir, si las condiciones de operación no son las estándares.
- Condiciones locales que puedan afectar los resultados (presencia de fuego o construcciones cercanas)

3. Sobre el formulario de Registro Rápido indique:

- Identificación del filtro
- Fecha y hora inicial de muestreo (F_i)
- Flujo inicial (f_i)
- Horómetro inicial (H_i)
- Temperatura. El valor de temperatura registrado corresponde a la temperatura que se le asigna al período anterior de muestreo. La temperatura representativa del período de muestreo también puede ser obtenida mediante la instalación de un sensor de temperatura o un termómetro que registre la temperatura máxima y mínima a partir de las cuales se obtiene el promedio de temperatura del período de muestreo.
- Presión barométrica inicial
- Nombre del operador

Operaciones después del muestreo:

1. Sobre el formulario de Reporte de Muestreo indique:

- Fecha y hora final del muestreo
- Flujo final y lecturas de rotámetro final
- Temperatura y presión barométrica final, si es necesario, es decir, si las condiciones de operación no son las estándares.
- Condiciones locales existentes que puedan afectar los resultados.
- Problemas relacionados con el estado del filtro.

2. Sobre el formulario de Registro Rápido indique:

- Identificación del filtro
- Fecha y hora final de muestreo (Fi)
- Flujo final (f_i)
- Horámetro final (H_i)
- Presión barométrica final
- Nombre del operador

6.7 Desechado de filtros en exposición

Los filtros se deben examinar antes del análisis respectivo para determinar si se ha incluido toda la información requerida de la muestra y para evaluar la condición física de cada filtro y si es conveniente para dicho análisis.

Razones de anular los filtros:

- Filtro rasgado antes o durante el muestreo.
- Fecha de monitoreo desconocida.
- Caudal o proporción de flujo desconocido.
- Tiempo transcurrido desconocido.
- Más de un filtro para el mismo sitio y fecha.
- Contaminación inusual (Ej.: deyecciones de pájaros).
- No funcionó el sistema.
- Filtro instalado incorrectamente

7 Procedimiento de Mantención

El procedimiento de mantención rutinaria entrega las pautas generales a seguir para la mantención de un muestreador dicotómicos señalando las acciones de chequeo que aseguran el funcionamiento del sistema, y las acciones de limpieza rutinaria, con el fin de evitar contaminación que podría afectar la calidad de los datos resultantes, así como

también las frecuencias de estas actividades. Refiérase al Manual del fabricante para acciones de mantenimiento específicas.

7.1 Precauciones

- Algunas entradas de muestreadores dicotómicos de MP10 no deben ser desmanteladas. Refiérase a las especificaciones técnicas del fabricante antes de proceder.
- Desenchufe el cordón de poder de su receptáculo antes de remover o abrir el tablero delantero del módulo de control dicotómico.
- No golpear el equipo ni forzar el desmontaje ni el montaje de sus piezas.
- No aplicar agentes químicos como solventes y abrasivos.
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica.
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo o piezas.

7.2 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar la mantención de muestreadores dicotómicos y la práctica suficiente en dicha actividad.

7.3 Equipamiento

Los suministros básicos requeridos para el procedimiento de mantención rutinaria de los equipos dicotómicos se presentan a continuación. Suministros específicos dependerán de las especificaciones técnicas del fabricante.

- Agua desionizada
- Etanol
- Paños de algodón texturizado (libre de pelusas)
- Pincel de cerdas suaves naturales.
- Un cepillo pequeño y de dientes suaves
- Toallas del papel tissue.
- Herramientas misceláneas de mano.
- Generador de Aire Cero o fuente de aire comprimido.
- Silicona en aerosol

7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas

El equipo dicotómico se debe verificar y limpiar regularmente para asegurar el funcionamiento del sistema y evitar contaminación que podría afectar la calidad de los datos resultantes.

Realice la mantención del equipo incluyendo las siguientes actividades:

- Efectúe chequeos de flujo y verifique la ausencia de fugas en el sistema a una frecuencia mensual. Refiérase al Instructivo RDM/CA/CFLDICO para estos propósitos.
- Limpie la unidad de toma muestra y el módulo de control según se describe en la sección 8.5 y 8.6 de este procedimiento.
- Calibre el instrumento semestralmente, siguiendo el Instructivo de Calibración de Muestreadores Dicotómicos RDM/CA/CFLDICO.
- Registre cada una de las actividades de mantenimiento en el formulario de Registro de Chequeos de Mantención (Anexo A).

La tabla siguiente resume las frecuencias de las actividades de mantenimiento señaladas anteriormente.

Tabla 7-1 Frecuencia de actividades de mantenimiento

ACTIVIDAD	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
Efectuar Chequeo de Fuga	X		
Efectuar Chequeo de Flujo Total	X		
Limpia: Entrada del Muestreador Impactador virtual			X
Verificar Orings y reemplazar en caso necesario.			X
Verificar toda la tubería y reemplazar en caso necesario.			X
Efectuar calibraciones de flujo total y rotámetros de alta y baja velocidad		X	

7.5 Limpieza de unidad de toma muestra

El proceso de limpieza de la unidad de toma muestra involucra la limpieza de la entrada del muestreador y del impactador virtual. A continuación se entregan recomendaciones de desmontaje, limpieza y montaje de sus partes componentes. Refiérase al Instructivo de Mantención de Cabezales, RDM/CA/LIMCAB.

7.5.1 Desmontaje

PRECAUCIÓN: Algunas entradas de muestreadores dicotómicos de MP10 no deben ser desmanteladas. Refiérase a las especificaciones técnicas del fabricante antes de proceder.

- Marque cada punto del ensamblaje de la entrada del muestreador con un lápiz para proporcionar marcas que faciliten el posterior proceso de reensamblaje en las posiciones adecuadas.
- Desmonte la unidad de acuerdo con las instrucciones del fabricante, teniendo cuidado en conservar todos los orings y sus diversas partes.

Nota: Si los tornillos se encuentran rígidos, aplicar aceite penetrante o lubricante para facilitar el proceso (W40).

La Figura 7-1 y la Figura 7-2 muestran la entrada del muestreador armada y desmantelada respectivamente y la Figura 7-3 el impactador virtual desmantelado.

Figura 7-1 Entrada del muestreador
dicotómico

Figura 7-2 Entrada del muestreador desmantelada

7.5.2 Limpieza

En la sección de impactación virtual, depósitos internos de partículas se acumulan principalmente en las superficies exteriores e internas de la punta del tubo de entrada (lo más cercano a la entrada del muestreador). Por lo tanto, este último debe inspeccionarse periódicamente debido a dichos depósitos de partículas y debe limpiarse como es requerido.

- Retire los orings y lave cada uno de los elementos con una solución formada por una parte de etanol y cuatro partes de agua desionizada, ponga especial atención a

los pequeños orificios o hendiduras, en los cuales deben emplearse paños de algodón o un cepillo pequeño de cerdas suaves para limpiar. Seque completamente todos los componentes, para esta operación utilice aire comprimido.

- Lave los orings con agua desionizada y seque con un paño que no deje pelusas.
- Aplique silicona de sellos en los orings.

7.5.3 Reensamblaje

- Reensamble la unidad de acuerdo con las marcas realizadas previamente (marcas emparejadoras).
- Tenga especial cuidado en asegurar que todos los sellos de Oring estén apropiadamente sellados y que todos los tornillos estén uniformemente apretados.

7.5.4 Consideraciones

- El Orings ubicado en la entrada de aire debe ser removido periódicamente y acondicionado con silicona de sello. Esto inhibirá la avería del Orings causada por la fricción en el tubo de entrada.
- La rejilla que protege la entrada del muestreador de los insectos debe limpiarse periódicamente durante los meses de verano especialmente.
- Tenga cuidado en no dañar o romper el vaso atrapa humedad, pues el muestreador no mantendrá el vacío adecuado durante la operación.
- Examine el módulo de vacío de la tubería periódicamente para controlar la aparición de grietas o roturas y reemplace si es necesario.

Figura 7-3 Impactador virtual desmontado

7.6 Limpieza del módulo de control

La unidad de control de flujos está formada por el módulo de control general, rotámetros de alta y baja velocidad y bomba interna de vacío. El procedimiento mantención rutinaria de estos componentes se describe a continuación.

7.6.1 Módulo de control general

PRECAUCIÓN: Desenchufe el cordón de poder de su receptáculo antes de remover o abrir el tablero delantero del módulo de control dicotómico.

- Abra el panel delantero y extraiga el polvo de la superficie con aire comprimido.
- Limpie abajo de todas las superficies con la solución de etanol y agua desionizada, secar con paños de algodón texturizado (libre de pelusas.)
- Tome nota de cualquier problema notorio en la unidad y tome las medidas necesarias para corregir el problema antes de finalizar la limpieza. Refiérase al Manual del fabricante para conocer las instrucciones al respecto.
- Limpie las láminas o hélices del ventilador con aire comprimido o un cepillo pequeño y, en general, verifique que sea eliminada cualquier suciedad que podría causar que el ventilador se trabase.

7.6.2 Rotámetros

Verifique la limpieza de los rotámetros. Si ellos están sucios y/o contienen agua, deben ser removidos y limpiados. Si presentan agua, el interior de la bomba de vacío puede dañarse. Ésta debe ser abierta para su inspección y posible reparación. Para limpiar los rotámetros siga los siguientes pasos:

- Quite la tubería del puerto de salida del rotámetro y cualquier otra tubería conectora que no permita el retiro flexible de los rotámetros.
- Remueva los tornillos que aseguran el montaje del rotámetro al panel delantero.
- Deslice la parte posterior del ensamblaje del panel delantero para acceder a los tornillos allen en la cara superior de cada rotámetro y quite la cubierta protectora.
- Mientras se encarga del rotámetro con una mano afloje los tornillos de allen para permitir el retiro de cada uno de los tubos de cristal graduados.
- Limpie los dos rotámetros con 2 partes de agua desionizada y una parte de etanol, aclárelos a fondo en agua desionizada.
- Permita que los tubos se sequen totalmente y vuelva a montar.

7.6.3 Bomba de vacío

Verifique la limpieza de la bomba de vacío considerando lo siguiente:

- Limpie las superficies exteriores de la bomba de vacío.
- Asegúrese que las aberturas del ventilador estén abiertas.
- Cuide que los fluidos no circulen dentro de la bomba.
- Verifique todos los soportes de montaje para asegurarse de que estén debidamente apretados y en buenas condiciones.

7.6.4 Sustitución del diafragma

Se recomienda que el diafragma y las válvulas de batimiento de la bomba del vacío se reemplacen rutinariamente (a intervalos de 1 año). Para sustituir el diafragma siga los siguientes pasos:

- Quite la tapa de la bomba quitando los tornillos principales.
- Retire los tornillos que sujetan el diafragma y reemplace el mismo.
- Limpie abajo de las válvulas principales e interiores para quitar cualquier partícula pequeña del caucho del diafragma que pudiera estar presente.
- Para volver a montar, invierta el procedimiento, cerciorándose de que la cavidad de la separación del tornillo en la placa esté alineada.
- Todos los tornillos principales se deben apretar uniformemente.

Los diafragmas están disponibles a través de los proveedores locales o pueden ser comprados a través del fabricante.

7.7 Proceso final

Cuando se ha completado toda la limpieza y el funcionamiento de mantenimiento de rutina:

- Cierre el módulo de control, vuelva a montar y conecte el módulo muestreador.
- Recalibre el instrumento (si es necesario). Refiérase al Instructivo de Calibración de Muestreadores Dicotómicos IC-08.

7.8 Reparación de Muestreadores Dicotómicos

Muestreadores dicotómicos que han funcionado en terreno por períodos extendidos pueden requerir reparaciones importantes o una completa mantención. En estos casos, refiérase al Manual del fabricante antes de proceder.

Un monitor dicótomo que ha estado sujeto a reparaciones o a un mantenimiento importante debe verificar la ausencia de fugas y calibrarse antes del trabajo de muestreo. Refiérase al Instructivo de Calibración de Muestreadores Dicotómicos RDM/CA/CFLDICO.

7.9 Control de Datos y Registros

Se debe mantener un registro de las operaciones de mantenimiento, el cual debe reflejar la historia de la mantención del equipo: frecuencia de la mantención y partes o piezas que han sido reemplazadas. El Anexo A describe el formulario de Registro de Mantención sobre el cual se debe registrar dicha información.

8 Procedimiento de calibración

El objetivo principal de la calibración es determinar y/o verificar la mantención de un valor de flujo total igual a 16.7 [lpm], un valor de flujo grueso a 1.67 [lpm] y un valor de flujo fino a 15.03 [lpm].

Las características de discriminación del tamaño de partícula del impactador virtual dependen de las velocidades especificadas del aire; un cambio en velocidad dará lugar a un cambio en el tamaño de partícula nominal recogido. Por esta razón, es imprescindible que la proporción de flujo a través del muestreador se mantenga en un valor constante tan cercano como sea posible del valor de diseño. Estos valores de proporción de flujo de diseño se especifican en el Manual del fabricante. Este último puede también proporcionar la tolerancia o los límites superiores e inferiores dentro de los cuales deben ser mantenidos los flujos del muestreador. Si la tolerancia no es especificada por el fabricante, se debe asumir un rango de $\pm 10\%$. Por ejemplo, si no se da ninguna tolerancia y la proporción de flujo de entrada de diseño se especifica como 16.7 [lpm], el rango aceptable del caudal sería 15.0 a 18.4 [lpm]. Refiérase al Instructivo de Calibración de Flujo en Muestreadores Dicotómicos, IC-08, para esta operación.

El proceso de calibración de los rotámetros y las operaciones de verificación de exactitud de los otros componentes del muestreador dicotómico son requeridos después del proceso de instalación y cada 3 meses.

Nota: El manual de operación del fabricante proporciona procedimientos de calibración más específicos y detallados que los procedimientos genéricos aquí presentados.

Los requisitos mínimos de calibración del equipo se señalan a continuación.

Tabla 8-1 Requisitos de calibración del equipo

Equipamiento	Frecuencia y método de medición	Límites de aceptación	Acción si se requiere
Muestreador	Calibre después del mantenimiento del muestreador y cuando los chequeos del flujo entreguen resultados que se desvíen más del $\pm 7\%$ del caudal indicado o $\pm 10\%$ del caudal del diseño.	Proporción de flujo indicada = $\pm 4\%$ proporción de flujo de diseño	Recalibre
Balance analítico	Prueba de peso gravimétrico durante chequeos periódicos de calibración	Sensibilidad = 1 $[\mu\text{g}]$ precisión = 1 $[\mu\text{g}]$	Sustituya balanza o vuelva a calibrar
Estándares de masa de referencia.	Chequeos de estándares de cada 3 a 6 meses contra estándar primario de laboratorio	Tolerancia individual no mayor a 25 $[\mu\text{g}]$	Obtenga los estándares apropiados
Indicador de humedad relativa (HR)	Compare con las lecturas del psicrómetro recibidas, a intervalos de seis meses	Lectura indicada = lectura HR del psicrómetro $\pm 6\%$.	Ajuste o sustituya para lograr límites aceptados
Contador de tiempo (on/off timer)	Verifique al recibir o recepcionar y rutinariamente en días de recuperación de muestras	± 30 min /24 hr	Ajuste o repare
Medidor de tiempo transcurrido	Compare con estándares de tiempo de exactitud conocida al recibir y a intervalos de 6 meses	± 2 min /24 hr	Ajuste o sustituya el indicador de tiempo para lograr límites de aceptación
Estándar de transferencia de proporción de flujo (dispositivo orificio)	Verifique al recibir y a intervalos de un año; vuelva a calibrar o sustituya la unidad de orificio si el daño es evidente	Proporción de flujo indicada (de la calibración anterior) = caudal verdadero o de fábrica $\pm 2\%$.	Adopte la nueva curva de calibración

8.1 Equipamiento

- Estándar primario o de transferencia para calibración de flujo (BIOS)
- Termómetro, rango 0 a 50 °C, escala mínima 0.1 °C
- Barómetro portátil, rango 500 a 800 mmHg, escala mínima 5 mmHg
- Hojas de calibración (plantillas) (Anexo A)
- Adaptador para conexión de estándar primario a toma muestra de equipo
- Herramientas para desmontaje de partes

8.2 Frecuencia

Con el objetivo de asegurar mediciones exactas de concentraciones de MP10 y MP2.5 calibre los muestreadores dicotómicos en el momento de la instalación y a las frecuencias recomendadas a continuación:

1. Por lo menos una vez al año.
2. Posterior a cualquier reparación que pueda afectar la calibración del equipo
3. Si los resultados del chequeo de flujo realizado en terreno exceden los límites del control de calidad ($\pm 10\%$ de la proporción de flujo indicada)
4. Cuando un chequeo de flujo de terreno o proceso de auditoría indique que el muestreador se encuentra fuera de los rangos aceptados de proporciones de flujo de entrada.
5. Después de efectuada una relocalización del muestreador.

9 Procedimiento de laboratorio

Uno de los factores primordiales de la exactitud de un programa de muestreo de MP10 es la aplicación adecuada de las técnicas de laboratorio por parte del equipo analítico. Esta sección señala algunas pautas para fortalecer la exactitud de las operaciones de laboratorio y, por lo tanto, las determinaciones totales de la concentración de MP10.

9.1 Manejo del filtro

Durante el proceso de pesaje de filtros, los analistas deben usar guantes de nylon o nitrilo (libres de talco) para reducir el efecto potencial de la humedad o de la grasitud de las manos al establecer contacto con los filtros ya que podrían afectar los resultados del peso final.

La cápsula de petri debe ser adecuadamente etiquetada con información de identificación del filtro asociado e información de operaciones de campo (fecha y sitio de muestreo, fino/grueso) (refiérase al punto 7.6 de este procedimiento).

Luego de la exposición, si las muestras van a ser enviadas, el operador de campo debe ser provisto de sobres, bolsas plásticas o envoltorios adecuados, además de las cápsulas de petri, para la protección de los filtros expuestos en el transporte del campo al laboratorio analítico. En la carátula de los sobres se puede imprimir el formulario de reporte de muestreo para asegurar que los datos correspondientes a la muestra permanezcan con ella en todo su proceso.

Medidas de aseguramiento de manejo de muestras y cadena de custodia y formato de etiquetados recomendados se detallan en la Guía para el establecimiento de sistemas de calidad, sección 4.3.

9.2 Verificación de integridad de los filtros

Antes del proceso de pesaje de los filtros (tara), estos deben ser examinados visualmente para asegurar que los filtros defectuosos sean desechados. Los filtros que contengan defectos deben devolverse al proveedor. Los defectos específicos a buscar son:

- Agujero pequeño (diámetro de alfiler): un agujero pequeño que aparece como un punto luminoso distinto o brillante cuando es examinado sobre una tabla de luz o una mancha oscura cuando es visualizado encima de una superficie negra.
- Material sobrepuesto: cualquier material ajeno o partículas de suciedad en el filtro que requiere ser removida antes de pesar.
- Decoloración: cualquier decoloración visible que podría ser evidencia de un contaminante.
- Filtro no uniforme: cualquier no uniformidad visible en la apariencia del filtro que podrían indicar gradaciones en la porosidad del filtro.
- Separación del anillo: cualquier separación o carencia del sello entre el filtro y anillo de reforzamiento del borde del filtro.
- Otro: un filtro con cualquier imperfección no descrita anteriormente, como superficies irregulares u otros resultados que pudieran ser causales de interferencia en la ejecución.

9.3 Acondicionado de filtros

Antes de ser pesados, los filtros se deben someter a un proceso de acondicionamiento por lo menos 24 horas antes. Esto puede ser realizado en una cámara de acondicionamiento o en un cuarto de pesaje ambientalmente controlado. La humedad relativa se debe establecer en un valor medio constante entre 20 y 45 [%], con una variabilidad de no más de ± 5 [%] y la temperatura en un valor medio constante entre 15 y 30 [C], con una variabilidad de no más de ± 3 [C]. La humedad relativa y la temperatura deben ser verificadas y registradas en los días de acondicionamiento (manualmente o por un sistema de programación) para asegurar la conformidad con estos valores señalados. Junto con estos valores, registre en el formulario de registro de laboratorio las situaciones de mal funcionamiento, discrepancias en los rangos antes señalados y las actividades de mantenimiento efectuadas.

Los filtros deben ser acondicionados dentro de las cápsulas de petri y con la tapa ubicada en la parte de abajo de la cápsula con el fin de evitar confusiones o intercambio de tapas (recuerde que sobre ella se encuentra el etiquetado con información de identificación).

9.4 Procedimiento de pesaje inicial

Los procedimientos que se señalan a continuación están basados en una balanza analítica común, por lo tanto, los procedimientos operacionales pueden tener que ser adaptado a otros modelos de balanza analítica.

Los filtros se deben pesar en una microbalanza con una resolución mínima de 0,001 [mg] y una precisión de ± 0.001 [mg] (1 μg). Cada balanza usada en los procedimientos de pesaje se debe identificar por un número de balanza.

Nota: Cerciórese de que la balanza haya sido calibrada (por lo menos anualmente) y mantenido según recomendaciones de los fabricantes.

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Encienda la balanza y permita que caliente por lo menos 15 minutos. Si se utiliza diariamente, déjelo encendido todo el tiempo.
2. Ponga a cero la balanza según indicaciones del fabricante.
3. Indique al supervisor de control de calidad que realice las verificaciones que se señalan en la sección 10.5 de este procedimiento a fin de asegurar la validez de las mediciones de pre-pesaje de los filtros.
4. Si los filtros deben ser pesado fuera del compartimiento acondicionado, evite interferencias con las partículas higroscópicas ambientales y comience el procedimiento de pesaje dentro de 30 s. Pese el filtro según las indicaciones del fabricante y cerciórese de obtener lecturas estables. A intervalos rutinarios, verifique el cero y la calibración de la balanza conforme a la sección 10.5.
5. Coloque el filtro pre-pesado en una cápsula de petri adecuadamente etiquetada, con el anillo de reforzamiento hacia arriba.
6. Registre el número asignado del filtro en la cápsula de petri y a continuación señale la fracción del tamaño de partícula (F para fina y C para gruesa).
7. Registre el número identificador de la balanza, el número asignado del filtro, y el peso del filtro sin impactar en el formulario de Registro de Datos de Laboratorio (Anexo D).
8. Realice los chequeos regulares de control de calidad de acuerdo al punto 10.5 de este procedimiento.

9.5 Control de calidad en laboratorio

- Acciones recomendadas

Vuelva a inspeccionar el cero en la balanza y verifique la calibración después del décimo proceso de pesaje que se realice. Registre éstos valores en el formulario de registro interno de control de calidad de laboratorio (Anexo B). Considere como

aceptables desviaciones de 4 [µg] con respecto al cero verdadero y de 2 [µg] de 10 mg en el control de calidad de calibración. En caso de desviaciones mayores éstas deben ser corregidas de inmediato.

Cuando los chequeos de control de calidad indican resultados que podrían alterar la exactitud de las mediciones, se deben repesar los últimos 10 filtros. Si el peso un filtro no se encuentra dentro del rango entre 80 y 100 mg, debe ser investigada su causa o bien optar por la utilización de otro filtro en el proceso.

Nota: la presencia de cargas electrostáticas evita que una microbalanza funcione correctamente. La carga estática es la acumulación de cargas eléctricas en la superficie de un material no conductor. Este problema puede ser detectado al experimentar cambios repentinos en las lecturas, derivas, ruidos, etc. Para reducir la carga estática dentro de la balanza, puede ser necesario poner una unidad de ionización radiactiva (por ejemplo, Polonium 210) en el compartimiento de pesaje. Puede también ser necesario exponer los filtros a una unidad de ionización antes de ser pesados.

- Registro de información

Mantenga un registro de control de calidad como el que se señala en el Anexo B. El libro de registros debe contener todos los datos de control de calidad: información de calibración y mantenimiento de la balanza y cheques internos de rutina. Se recomienda que la información relativa al funcionamiento y chequeos efectuados sobre la balanza sean mantenidos junto a ella a fin de que el operador note cualquier indicación de malfuncionamiento.

- Verificación de pesos de filtros pre-pesados y total

En cada día de operación, se recomienda volver a pesar entre cinco y siete filtros expuestos y no expuestos. Los pesos de los filtros deben estar dentro de $\pm 20 \mu\text{g}$ de los valores originales; en caso contrario, se debe investigar la causa del problema y volver a pesar. Debido a la pérdida de componentes volátiles, no se fija ningún límite de aceptación para los filtros expuestos. Recuerde registrar estos valores sobre el formulario de registro de datos de control de calidad interno.

9.6 Recepción de las muestras provenientes de campo

Al momento de recibir las muestras de campo, el analista debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Examine el formulario de reporte de muestreo y determine si están ingresados todos los datos necesarios para verificar la validez de la muestra y para calcular la concentración total (caudal promedio, temperatura ambiente, presión barométrica y tiempo transcurrido). En el caso de que falten datos en el formulario o que en él se informe del mal funcionamiento del muestreador durante el período de muestreo en cuestión o bien se señalen situaciones que podrían afectar el aseguramiento de la

calidad, anule la muestra. En este contexto, se recomienda realizar un listado de “Códigos de Validación” a fin de estandarizar las situaciones que podrían invalidar la muestra captadas en el campo y registradas por el operador en el formulario de registro de muestreo. Revise, entonces, estos códigos y resuelva la situación.

2. Empareje el número de identificación del filtro con lo señalado en el formulario de datos de laboratorio en el que se señala información original relativa a la identificación de la balanza con que fue pre-pesado el filtro y su peso original correspondiente.
3. Remueva el filtro de la cápsula de petri y examine el interior de la cápsula. Preocúpese de seguir las recomendaciones señaladas en el punto 10.1 de manejo de muestras. Si se observa que algo de material perteneciente a la muestra se ha removido fuera del filtro, recupere tanto como sea posible utilizando un cepillo de pelo de camello y descargando el material sobre la superficie del filtro. Examine los filtros con el fin de determinar cualquier daño que pudiera haber ocurrido durante el muestreo. En el caso de encontrar daños en ellos, identifíquelo con alguno de los códigos de validación antes señalados o bien señale la situación en el formulario de reporte de datos de laboratorio y rechace el filtro. Devuelva los filtros a sus cápsulas de petri y envíe estos filtros defectuosos al supervisor de laboratorio para la aprobación final de la validez del filtro
4. En caso de no observarse defectos sobre el filtro, reincorpórelo a su cápsula de petri original y envíelo al laboratorio con la información recopilada anteriormente para los siguientes operaciones e pesaje y cálculos de concentración.

9.7 Procedimiento de pesaje final

1. Se recomienda agrupar los filtros según el número de identificación de la balanza con que fueron pesados originalmente a fin de disminuir la incidencia del error de balanza entre filtros pre-pesados y pesos de filtros post-muestreo.
2. En un área ambientalmente controlada, abra la cápsula de petri, asegurándose colocar la tapa (con la identificación del filtro inscrita) debajo de la base de la cápsula a fin de evitar confusiones.
3. Cubra la cápsula de petri destapada con una toalla de papel (limpia y proveniente del laboratorio) y colóquela en la cámara de acondicionamiento siguiendo el procedimiento señalado en la sección 10.3.
4. Repita los pasos del 1 al 5 del procedimiento de pesaje inicial de filtros que se señalan en la sección 10.4.
5. Realice los cheques internos de QC descritos en la sección 10.5 para asegurar la validez de los resultados de esta operación.
6. Registre el peso total indicado en el formulario de datos de laboratorio.

7. Si el filtro dicótomo no debe recibir análisis adicional, ubíquelo nuevamente dentro de la cápsula de petri correspondiente. Entregue los filtros pesados al encargado de la custodia de las muestras.
8. Si el filtro debe recibir análisis adicional, posicónelo dentro la cápsula de petri correspondiente e indique mediante una señalización (asterisco) junto a la columna de peso total en el formulario de datos de laboratorio, que el filtro requiere análisis adicional. Envíe cada filtro debidamente empaquetado al encargado de custodia de las muestras quien las remitirá al laboratorio responsable del análisis adicional.

10 Procedimiento de Cálculo

La discriminación del tamaño de las partículas mediante separación inercial requiere que las velocidades específicas en el sistema de entrada de aire se mantengan. Estas velocidades de diseño se obtienen cuando un caudal especificado de diseño se mantiene. El caudal de diseño es especificado como un caudal real (TQ_a y CQ_a), medido a condiciones existentes de temperatura (T_a) y presión (P_a). El caudal operacional de los muestreadores (es decir, el caudal real cuando el muestreador está funcionando normalmente) debe estar muy cerca del caudal de diseño.

El sistema de medición de caudal de todos los muestreadores se debe calibrar periódicamente con un estándar certificado de transferencia de caudal. Generalmente, se requieren mediciones (o estimaciones) de temperatura ambiental y presión barométrica para conseguir una indicación exacta del caudal operacional.

Para determinar el caudal promedio del muestreador bajo un período de muestreo se recomienda utilizar los valores de temperatura (T_{av}) y presión (P_{av}) promedios para ese período de muestra. Sin embargo, si estos valores promedios no pueden ser obtenidos para cada período de muestreo, pueden ser sustituidos por valores promedios estacionales en el sitio (T_s y P_s).

Así, los valores de T_{av} y P_{av} pueden ser obtenidos y registrados en el sitio o bien, estimados de los datos obtenidos de un servicio nacional de mediciones meteorológicas cercano. Para el caso de lecturas de presión barométrica, éstas deben referidas a la presión de la estación y no corregido al nivel medio del mar, y posiblemente tendrán que ser corregidos debido a las diferencias entre la elevación del sitio de monitoreo y la ubicación de la fuente de información en cuestión.

La metodología de cálculo que se presenta a continuación asume que el muestreador ha sido calibrado en unidades de caudal real (TQ_a y CQ_a) y que los valores de temperatura y presión barométrica promedios son utilizados para cada período de muestra. En el caso de que sean utilizados valores de temperatura y presión estacionales en el sitio (T_s y P_s), T_s puede ser sustituido por T_{av} , y P_s por P_{av} en ecuación (2).

Recuerde que las medidas de concentración total de MP10 en la atmósfera se deben expresar en unidades de microgramos por metro cúbico [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

10.1 Cálculo de caudal

Los caudales totales y gruesos son calculados primero promediando los puntos de rotámetro inicial de los muestreadores (TSP o CSP) y las respuestas finales del rotámetro (IF).

$$\bar{I} = (TSP + CSP + IF) / 2 \quad (1)$$

Donde:

- $\bar{I}$ = Respuesta promedio de rotámetro total o grueso, unidades arbitrarias
 TSP, CSP = Set points rotámetro total y grueso, unidades arbitrarias
 IF = Respuesta final rotámetro total o grueso, unidades arbitrarias.

Estos valores son aplicados a la relación de calibración de partículas totales y gruesas del muestreador.

El caudal promedio total corregido a condiciones estándar de presión y temperatura se obtiene de:

$$\overline{TQ_a} \text{ o } \overline{CQ_a} = 1/m [\bar{I} (T_{av} / P_{av})^{1/2} - b] \quad (2)$$

Donde:

- $\overline{TQ_a}, \overline{CQ_a}$ = Caudal promedio total o grueso, L/min
 $\bar{I}$ = Respuesta promedio rotámetro total o grueso
 T_{av} = Temperatura ambiental promedio para el día de exposición, K
 P_{av} = Presión ambiental promedio para el día de exposición, mmHg o kPa
 m = Pendiente de relación de calibración caudal total o grueso
 b = Intercepto de relación de calibración caudal total o grueso

10.2 Cálculo de concentración de MP10

La determinación de la concentración de masa total de MP10 requiere previamente calcular el volumen total de aire muestreado:

$$V = (\overline{TQ_a})t \quad (3)$$

Donde:

- V = Volumen total de muestra, m^3
 $\overline{TQ_a}$ = Caudal total corregido a condiciones estándar, m^3/min
 t = Tiempo transcurrido total de muestreo, min .

Luego, la concentración de masa de MP10 se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$MP10 = \frac{(Mf + Mc)(10^6)}{V} \quad (4)$$

donde:

- $MP10$ = Concentración de masa de MP10, $\mu g / m^3$
 Mf = Masa neta de filtro de partículas finas, mg
 Mc = Masa neta de filtro de partículas gruesas, mg
 10^6 = Factor de conversión para mg a μg y de L a m^3
 V = Volumen total de muestra, L .

11 Procedimiento de validación

Los datos necesarios para calcular la concentración total MP10 se originan a partir de dos fuentes principales: operaciones de campo y operaciones del laboratorio. Estos datos se deben validar con el fin de asegurar que los valores reportados de concentraciones de MP10 son los adecuados en relación a los objetivos del programa de monitoreo. El procedimiento de validación verifica los cálculos de las concentraciones finales de MP10 y ayuda a identificar valores de concentraciones totales sujetas a algún tipo de cuestionamiento (por ejemplo, valores extremadamente altos o bajos).

Siga los siguientes pasos para realizar el procedimiento de validación:

1. Para cada muestra obtenga la siguiente información:
 - Tiempo total de muestreo y caudal total promedio corregido a condiciones estándares, min y L/min
 - Peso total del filtro, peso del filtro pre-pesado y pesos netos de filtros de partículas finas y gruesas, mg, W_g , W_f .
2. Recalcule la concentración total de MP10 al 10 por ciento de las muestras siguiendo lo indicado en el punto 10.2. Estas frecuencias sugeridas se pueden ajustar posteriormente, basado en experiencia acumulada y nivel de la calidad de los datos. Disminuya la frecuencia si la experiencia indica que los datos obtenidos son de buena calidad, o aumentela si el historial indica que los datos no son de muy buena calidad. En todo caso, se recomienda no seguir siempre la misma frecuencia de revisión ya que dependerá de las condiciones circundantes o situaciones especiales experimentadas en el período de muestreo en cuestión, las frecuencias de recálculo de los datos de concentraciones.
3. Compare cada concentración validada de MP10 con el valor originalmente reportado. Corrija cualquier error que se encuentre y firme e indique la fecha de la corrección. Si se encuentra un alto porcentaje de errores verifique los cálculos adicionales. Si se encuentran errores consistentes, compruebe todos los valores del formulario de registro de datos e investigue y corrija la causa.

4. Inspeccione todos los valores de concentraciones totales. Centre su atención en aquellos que indiquen valores excesivamente altos o bajos e investigue la causa y repita, para estos valores, los pasos 2 y 3.
5. Si los cálculos de concentraciones de masa parecer ser correctos y todavía se registran valores altos o bajos sujetos a cuestionamiento, revise toda la base de datos originales (tiempo de muestreo, caudal total promedio, correcciones efectuadas a condiciones estándar y masa neta total de filtros de partículas finas y gruesas) para establecer una completa revisión y corrección.

12 Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

- Instructivo de Embalaje y Traslado, RDM/CA/TEQ1
- Instructivo de Armado e Instalación, RDM/CA/IEQ1
- Instructivo de Instalación de Carta de Registro, RDM/CA/IREG
- Instructivo de Mantenimiento de Cabezales, RDM/CA/LIMCAB
- Instructivo de Cambio de Filtro, RDM/CA/IFILDICO
- Instructivo de Prueba de Fuga, RDM/CA/PFGDICO
- Instructivo de Chequeo de Flujo, RDM/CA/CHFLDICO
- Instructivo de Calibración de Flujo, RDM/CA/CFLDICO

ANEXO

ANEXO A. Formulario de Registro de Mantenimiento de Muestreadores Dicotómicos

REGISTRO DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN					Formulario N°	
Muestreador Dicotómico						
Estación:				Fecha: mes/año		
Ubicación:				Operador:		
Modelo Monitor:						
Actividades de Mantenimiento						
MENSUAL						
Actividad	Operac. Específ.	Chequeo	Observación	Operador	Fecha	
Chequeo de fuga						
Chequeo de flujo						
SEMESTRAL						
Limpieza	Entrada del muestreador					
	Impactador virtual					
	Base de porta filtro					
	Orings					
Verificar y reemplazar si es necesario	Tuberías y Orings					
Calibración						
Comentarios:						
Revisado por:				Fecha:		

ANEXO B. Formulario de Reporte de Muestreo

Identificación filtro:		
	Inicial	Final
Masa (unidades _____)		
Fecha pesaje (ddmmaa)		
Operador		

Identificación del muestreo		
Lugar de muestreo:		
	Inicial	Final
Fecha muestreo (dd/mm/aa)		
Hora muestreo (hh:mm)		
Contador horario interno		
Estatus de la muestra		
Temperatura	Mínima	Máxima
Presión atmosférica		
Operador:		
Observaciones		

ANEXO C. Formulario de Reporte Rápido de Muestreo

ID filtro	F _i	F _f	f _i	f _f	H _i	H _f	T	P	Op.

F_i : Fecha y hora inicial
 F_f : Fecha y hora final
 f_i : Flujo inicial
 f_f : Flujo final
 H_i : Horámetro inicial
 H_f : Horámetro final
 T : Temperatura
 P : Presión
 Op : Operador

[illegible]

ANEXO E. Formulario de Registro de Control de Calidad de Laboratorio

REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD DE LABORATORIO				Formulario n°
Número de filtro		Analista de laboratorio		
Número de balanza		Supervisor de QC		
Fecha análisis	Chequeo de cero Peso (mg)	Chequeo de cero respecto al verdadero Peso (mg)	Chequeo Calibración Peso (mg)	
ID filtro	Pesaje Original (mg)	Segundo pesaje (mg)	$\Delta \pm 20\mu g$ (Si/No)	
Comentarios				
Firma				

ANEXO A3

Procedimiento de Monitoreo de Calidad de Aire

Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PDGTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i> _____	5
<i>2 Resumen</i> _____	5
2.1 Descripción del principio de operación _____	5
2.2 Ilustraciones del equipo _____	8
<i>3 Calificaciones del personal</i> _____	10
<i>4 Embalaje y traslado del equipo</i> _____	10
<i>5 Instalación del equipo en el sitio</i> _____	10
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra _____	11
5.2 Armado del equipo _____	13
5.3 Instalación del equipo _____	13
<i>6 Procedimiento de operación</i> _____	13
6.1 Precauciones _____	13
6.2 Iniciación de Operación _____	14
6.3 Recomendación de seteos operacionales _____	14
6.4 Adquisición de datos _____	16
<i>7 Procedimiento de Mantenición</i> _____	16
7.1 Precauciones _____	16
7.2 Calificaciones del Personal _____	16
7.3 Equipamiento _____	16
7.4 Acciones y frecuencias de mantención recomendadas _____	17
7.4.1 Limpieza de la entrada de PM10 _____	17
7.4.2 Reemplazo del filtro en línea _____	18
7.4.3 Verificación del funcionamiento de la bomba _____	18
7.4.4 Reensamblaje de la bomba de muestra _____	19
7.4.5 Limpieza del sistema de entrada de aire _____	19
7.4.6 Limpieza del filtro del aire acondicionado _____	20
7.4.7 Prueba de fugas _____	20
7.4.8 Chequeo de flujo _____	20
7.5 Control de Datos y Registros _____	20
<i>8 Procedimiento de calibración</i> _____	20
8.1 Calibración de software controlador de flujo _____	21

8.2	Calibración de comunicaciones análogo digitales _____	21
8.3	Configuración del hardware controlador de flujo de masa _____	21
8.4	Calibración del transductor de masa _____	22
9	<i>Validación de la información</i> _____	22
10	<i>Reportes de información</i> _____	24
<i>REFERENCIAS</i> _____		24
<i>ANEXOS</i> _____		25
ANEXO A. Formulario de Registro de Chequeo de Mantención General _____		25
ANEXO B. Formulario de Registro de Información de Chequeo de Mantención_		26

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo continuo de calidad de aire para monitores TEOM. Entrega los procedimientos recomendados para la configuración, adquisición y transmisión de datos, cambio de filtros, mantenimiento del equipo, calibraciones y validaciones a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

Se recomienda que el Manual de Operaciones del TEOM sea usado en conjunto con los procedimientos aquí descritos durante la instalación, operación, mantención y calibración de los equipos.

2 Resumen

2.1 Descripción del principio de operación

El monitor TEOM 1400a MP10 es un instrumento gravimétrico que muestrea el aire del ambiente conduciéndolo a través de un filtro a un flujo constante, pesando el filtro continuamente en forma indirecta y calculando a intervalos cercanos al tiempo real (10 minuto) las concentraciones de masa. Además, el instrumento calcula la acumulación de masa total en el filtro, así como cada 30-minutos, 1-hora, 8-horas y 24-horas registran los promedios de la concentración de masa. Estos son grabados en una unidad interna y permite acceder a ellos mediante un puerto RS-232.

El instrumento tiene un flujo de operación de 16.7 l/min, parte de este flujo entre 1 y 3 l/min, denominado principal, va al transductor de masa. El diseño del cabezal de entrada permite solo el ingreso de partículas más pequeñas que 10 μm de diámetro. Parte de este

Dentro del transductor de masa el flujo de aire atraviesa un filtro de borosilicato de vidrio soportado en una camisa de Teflón. Este filtro es pesado cada dos segundos. La diferencia entre el peso actual del filtro y el peso inicial del filtro (automáticamente medido por el instrumento después de la instalación del filtro) da la masa total del particulado acumulado. Luego, la concentración de masa en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se calcula dividiendo la proporción de masa por la proporción de flujo (normalizado a condiciones estándar de temperatura y presión expresada)

Se controlan temperaturas interiores en el instrumento para minimizar los efectos de condiciones del ambiente cambiantes. El flujo de la muestra se precalienta a 50 °C entrando en el transductor de masa para que el filtro haga un muestreo siempre bajo condiciones de muy baja humedad (y por consiguiente relativamente constante).

El principio del peso usado en el transductor de masa es fundamentalmente diferente a otros dispositivos. El elemento sensor principal del sistema de calculo de masa (Fig. 2) es un delgado tubo de cristal, fijo en un extremo y libre en el otro para vibrar. Un filtro desmontable, mencionado anteriormente, se pone encima de la punta del extremo libre. El flujo de la muestra atraviesa este filtro bajo el delgado tubo de cristal. Este flujo se

mantiene a un volumen constante por un flujómetro másico que corrige temperatura y presión barométrica.

Figura 1 Vista interior de la balanza de masa donde se observa la electrónica asociada (1) y el módulo de protección del elemento sensor (2)

Figura 2 Diagrama que muestra el elemento sensor en el centro y los otros elementos asociados

El elemento sensor vibra a su frecuencia natural, como diapason de afinación. Un circuito del mando electrónico da cuenta de esta vibración y, a través de la regeneración positiva, agrega energía suficiente al sistema a fin de evitar pérdidas. Un circuito de mando de ganancia automático mantiene la vibración a una amplitud constante. Un contador electrónico de precisión mide la frecuencia cada dos segundos como periodo de prueba.

El elemento sensor está asociado a una frecuencia-masa en vacío. Ante cualquier aumento en la masa disminuye la vibración.

En el sistema la masa y la frecuencia siguen la siguiente ecuación:

$$f = \sqrt{K/M}$$

donde:

f = frecuencia (radianes/sec)

K = proporción variable

M = masa

K y M están en unidades consistentes. La relación entre masa y cambio en la frecuencia puede expresarse como:

$$dm = K_o * \left\{ \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_0^2} \right\}$$

donde:

dm = variación de masa

K_o = constante de variación (incluso las conversiones de masa)

f_o = frecuencia inicial (Hz)

f_l = frecuencia final (Hz)

Cuando esta ecuación se reordena, se puede resolver para la constante de variación, K_o :

$$K_o = \frac{dm}{\left\{ \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_0^2} \right\}}$$

Así, K_o (la calibración constante para el instrumento) puede determinarse fácilmente midiendo las frecuencias con o sin una masa conocida (sin filtro y filtro pre-pesado)

En funcionamiento real, el monitor TEOM mide siempre la masa entera del sistema usando la ecuación:

$$M = K_o / f^2$$

El monitor promedia la frecuencia por un periodo corto y usa esta frecuencia para medir la masa básica, finalmente espera el tiempo necesario para equilibrar el flujo y la temperatura. Una vez que la unidad se restablece o se sale de su modo de adquisición de datos, la frecuencia se prueba cada dos segundos y la masa del sistema se calcula. La diferencia entre esta masa y la masa básica es la masa de partículas depositadas en la superficie del filtro.

2.2 Ilustraciones del equipo

El equipo está formado por 3 unidades básicas: unidad electrónica, balanza de masa y cabezal toma muestra. De acuerdo al tipo de este último el equipo medirá MP10, MP2.5 o MP1.0

La unidad Electrónica (Figura 3 y Figura 4) cuenta con diversas puertas de comunicación y con 3 conectores neumáticos de 3/8" de entrada y salida de aire. Esta unidad concentra varios sistemas como flujómetro másico, comunicaciones, adquisición de datos, enlace a balanza de masa y otras variables. En la Figura 4 se numeran las conexiones a través de esta unidad.

La balanza de masa (Figura 3 y Figura 5) posee una puerta de comunicación DB-25, una toma de aire de acero inoxidable 3/4" y un conector 1/4" neumático. Además de una puerta de acceso a su electrónica.

Figura 3 Unidad electrónica a la izquierda y balanza de masa a la derecha

1. Cable de poder (220V) y fusibles
2. Cable de comunicación y alimentación a balanza de masa
3. Conexión a bomba de vacío
4. Conexión a flujo de muestra (main flow)
5. Conexión a flujo de auxiliar
6. Conexión a unidad ACCU
7. Conexión a termistor

Figura 4 Vista posterior de unidad electrónica

Figura 5 Conexiones balanza de masa

El toma muestra está formado por un ciclón “tipo” según la clasificación de material particulado a medir: MP10 (Figura 7) o MP2.5 (Figura 8); una trampa de humedad y un soporte o trípode (Figura 6).

Figura 6 Ciclón con trampa de humedad (1 y (2) trípode de soporte

Figura 7 Ciclón MP 10

Figura 8 Ciclón MP 2.5

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantención, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe. Las calificaciones específicas del personal a cargo en las distintas áreas del sistema de monitoreo se definen dentro de cada instructivo de trabajo.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado del monitor TEOM al sitio de monitoreo se recomienda embalar con precaución sus partes componentes y poner especial cuidado en aquellas que puedan ser susceptibles de contaminarse o dañarse en el proceso de traslado, influyendo en los resultados de las mediciones.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material científico y frágil. Refiérase al instructivo RDM/CA/TEQ3 de Embalaje y Traslado de Monitores TEOM para realizar esta operación.

5 Instalación del equipo en el sitio

La validez de las conclusiones que se obtienen luego de realizado el monitoreo, depende, entre otros factores, de la representatividad de los datos obtenidos. En este contexto, a continuación se describen criterios básicos de selección de sitios de monitoreo de material

particulado y consideraciones generales de localización del toma muestra de muestreadores dicotómicos.

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, la Tabla 5-1 muestra un resumen de criterios de ubicación del sitio y toma muestra en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 5-1. Criterios de ubicación del sitio y del toma muestra.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia a calles [m]
PM ₁₀ ^{B,C,D,E,F}	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 – 7	2 – 10
	Local			2 - 15	Tabla 5-2 Figura 5-1
	Urbana Regional				

^A. Cuando el toma muestra se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de los árboles y debe estar a 10 metros cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor de la entrada del toma muestra; 180 grados si la entrada está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para monitores de MP10 una distancia de separación de 2 a 4 m entre otros muestreadores instalados.

Tabla 5-2. Distancia de monitores MP10 a caminos en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

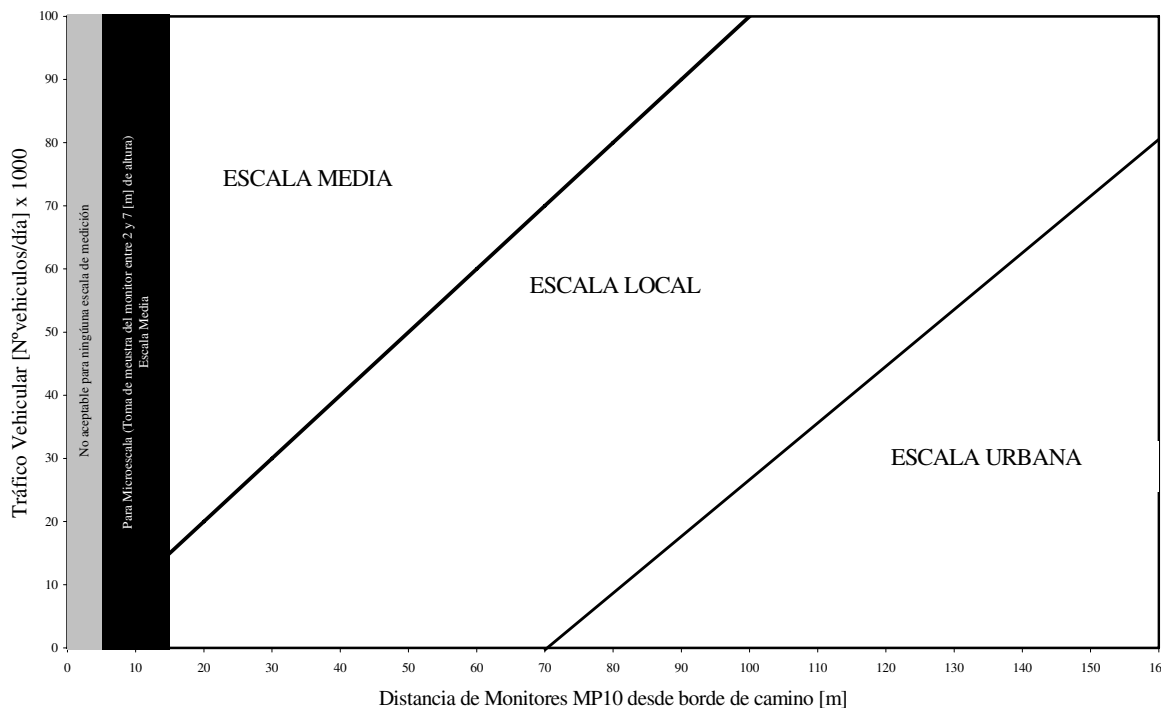


Figura 5-1. Distancia de monitores MP10 a caminos en función del tráfico vehicular, de acuerdo a escala de medición

Otras consideraciones:

- Los monitores automáticos de partículas son ubicados dentro de la estación (en racks) recibiendo la muestra de aire del exterior a través de mangueras de material inerte (recomendable teflón)
- La entrada del monitor debe estar, por lo menos, a 4 metros de cualquier otra entrada de un monitor instalado. Las entradas deben estar distantes alrededor de 4 m de otros muestreadores (por ejemplo de muestreadores de alto volumen)
- No instale el monitor cerca de cañones de salidas o aberturas (por ejemplo; chimeneas, ductos de ventilación, aire acondicionado, etc.)
- Si las muestras son analizadas químicamente (mediante: espectrómetros de emisión óptica con fuentes de excitación de ICP-Plasma de Acoplamiento Inducido, espectrómetros de absorción atómica, etc.) evalúe la potencial contaminación del sitio.
- El toma muestra del monitor debe estar situado donde el operador pueda alcanzarlo de manera segura, a pesar de condiciones de tiempo adverso. Si el toma muestra se localiza en una azotea, el cuidado debe tenerse en la seguridad personal, por

ejemplo, que el operador no esté expuesto a una superficie del tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)

- f) El monitor se debe localizar en un lugar que sea accesible en consideración a las actividades que implica el funcionamiento rutinario (es decir, calibraciones, instalación y recuperación de filtros, chequeos de flujo, y auditorías), las cuales involucran un transporte de suministros a la estación (equipo de monitoreo) y de regreso al laboratorio (y viceversa).
- g) Asegurar que la energía en el sitio esté disponible en todo momento. Interrupciones eléctricas pueden producir la pérdida de muestras irrecuperables.
- h) Indicaciones respecto al voltaje mínimo del muestreador y requisitos de potencia deben ser consultadas en el Manual del fabricante.

Si se requiere información adicional sobre redes y sitios de exposición, use el criterio de Koch y Rector (Koch, R.C. and H.E. Rector, Optimun Network Design and Site Exposure Criteria for Particulate Matter. EPA-450/4-87-009, US EPA, Research Triangle Park, NC.)

5.2 Armado del equipo

Para el armado del TEOM, refiérase al Instructivo de Armado e Instalación de monitores TEOM, RDM/CA/IEQ4. Para aspectos específicos refiérase al Manual del fabricante.

5.3 Instalación del equipo

Antes de la instalación, verifique que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante. Refiérase al Instructivo de Armado e Instalación de monitores TEOM, RDM/CA/IEQ4.

6 Procedimiento de operación

Este procedimiento describe la iniciación del proceso de operación del TEOM, el cambio de filtro y la adquisición de los datos obtenidos y se aplica en la etapa operacional de recolección de datos de partículas ambientales.

6.1 Precauciones

- No realice el trabajo bajo condiciones que considere inseguras. Antes de comenzar el trabajo descrito en este procedimiento, repase las necesidades y los requisitos de seguridad, identifique los peligros, y desarrolle las medidas de mitigación del peligro.
- Ante la presencia de tiempo tempestuoso cambie la hora o retrase las actividades de operación tanto como sea necesario.

- Si se dañan las conexiones eléctricas o los cables conductores, no toque la unidad e informe lo sucedido en el formulario de Reporte de Operación.

6.2 Iniciación de Operación

Para iniciar la operación del TEOM considere lo siguiente:

1. Compruebe que todos los componentes (bomba, unidad del sensor, filtro, toma muestra y unidad electrónica) se ubiquen de manera correcta.
2. Asegure la conexión eléctrica apropiada. Nota: El enchufe externo (220 v) tiene una configuración especial para el uso en circuitos más altos de amperaje.
3. Fije el aire acondicionado a 20° C y los termostatos del aire acondicionado a 20°C.
4. Presione el botón de encendido sobre la unidad.
5. Encienda la bomba (si existe bomba externa)
6. Deje pasar un tiempo para que el equipo se ponga en funcionamiento. Nota: el proceso de recolección de datos no se efectuará hasta que los valores de proporción de flujo y de temperatura alcancen niveles de tolerancia y permanezcan estables por 30 minutos. La pantalla principal proporciona la información en el proceso de inicialización, el cargamento del filtro, y los ajustes operacionales. También exhibe información de promedios de concentraciones totales, de acumulación total en el filtro, de temperaturas del sistema, de proporciones de flujo y de indicadores de diagnóstico.
7. Compruebe que el filtro esté instalado en el transductor de masa. Si el cargamento del filtro, según lo exhibido en la pantalla principal, está sobre el 90% sustituya el filtro antes del período siguiente de operación. Refiérase al Instructivo de Cambio de Filtro RDM/CA/IFILTEOM para esta operación.
8. Determine los parámetros operativos que entrega la pantalla 18 del monitor y regístrelos en el formulario de Reporte de Operación (Anexo A). Refiérase al Instructivo de Uso de Formulario de Reporte de Operación de TEOM, RDM/CA/REPTEOM. El objetivo básico de llevar una bitácora de visitas (reflejada en el formulario de Reporte de Operación) es conservar los datos y acciones realizadas en terreno con el fin de validarlos de acuerdo a estos antecedentes.

6.3 Recomendación de seteos operacionales

Temperaturas:

El seteo de la temperatura en la columna calefaccionada del transductor de masa es un factor importante en la calidad de los resultados, en especial en zonas o lugares de alta humedad. Este valor, por diseño del equipo, puede ser 30°C ó 50°C, en general, se recomienda utilizar temperaturas más cercanas a la temperatura ambiente (es decir 30°). Sin embargo, en las zonas de alta humedad el funcionamiento a 30°C no seca completamente la

muestra de aire provocando condensación de agua en las mangueras del sistema, generando inestabilidad en los controladores de flujo. Por otro lado, en zonas de altos niveles de material particulado volátil o semivolátil (zonas con altas emisiones asociadas a quema de leña) el funcionamiento a 50°C produce una volatilización de particulado y una subestimación de las concentraciones.

Flujos:

Se recomienda fijar el flujo principal en 3 l/min y el auxiliar en 13.67 l/min. En aquellas zonas de altos niveles de MP10, para prolongar la duración del filtro de muestra se recomienda disminuir el flujo principal a 1 l/min, siendo necesario instalar un adaptador de flujo en la columna de entrada.

Variables:

El monitor TEOM permite almacenar hasta 8 variables. Se recomienda almacenar las siguientes variables de interés:

Tabla 6-1. Variables a almacenar

Variable	Unidades	Descripción	Código en TEOM
Mass Conc	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 últimos 10 m	008
30 – Min MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 30 m	057
01 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 1h	058
24 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 promedio 24h	060
Tot Mass	μg	Masa total acumulada	009
Noise	μg	Ruido en la medición	013
Main Flow	l/min	Flujo principal	039
Aux Flow	l/min	Flujo Auxiliar	040

El Instructivo de Almacenamiento de Datos, RDM/CA/IADTEOM indica como programar estas variable en el monitor TEOM 1400a.

Intervalos de almacenamiento de datos:

Se recomienda almacenar datos a intervalos de 10 minutos (600 segundos), para lo cual la capacidad de almacenamiento del datalogger es del orden de 12 días. En caso de almacenar cada 30 minutos, la capacidad de almacenamiento es 5 semanas.

6.4 Adquisición de datos

Para descargar la información del TEOM al computador personal de trabajo refiérase al Instructivo de Adquisición de Datos RDM/CA/DATTEOM.

7 Procedimiento de Mantenición

Este procedimiento describe las acciones de limpieza y los chequeos de funcionamiento recomendados para el monitor de material particulado en cuestión.

7.1 Precauciones

- El equipo eléctrico se debe apagar y desconectar antes del mantenimiento de piezas internas.
- No golpear el equipo ni forzar el desmontaje ni el montaje de sus piezas.
- No aplicar agentes químicos como solventes y abrasivos.
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica.
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo.

7.2 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar la mantención de monitores TEOM y la práctica suficiente en dicha actividad.

7.3 Equipamiento

Los suministros recomendados para los Procedimientos de Mantenimiento son:

- etanol
- paños de algodón
- silicona en aerosol
- cepillo pequeño de dientes suaves
- toallas de papel
- agua desionizada
- grasa de llave de paso basado en silicona
- destornillador pequeño
- llave ajustable

- herramientas misceláneas de mano.
- Aunque no es requerido para todos los casos, se recomienda una fuente de aire comprimido o aspiradora de tamaño apropiado.
- Kit. Incluye un filtro de masa, hoja de comprobación de garantía de calidad, herramienta de intercambio de filtro y un indicador de humedad.

Figura 2 Elementos que componen el Kit.

7.4 Acciones y frecuencias de mantención recomendadas

La tabla 1 señala el resumen de las actividades y las frecuencias de mantención recomendadas.

Tabla 7-1 Actividades y frecuencias de mantención de rutina

ACTIVIDAD	FECUENCIA REQUERIDA
Limpieza de Entrada de PM10	Con cada cambio de filtro
Reemplazo de filtros en línea	Cada 3 meses, o cuando sea necesario
Reemplazo de orificios críticos controladores de flujos	Cada 6 meses, o cuando sea necesario
Chequeo de bomba	Cada 1 meses, o cuando sea necesario
Limpieza del sistema de entrada de aire	Una vez al año, o cuando sea necesario
Procedimiento de ajuste de reloj	Chequeo mensual y ajuste si necesita
Reestablecimiento del sistema	Si necesita
Prueba de fuga	Cada 3 meses, o cuando sea necesario
Chequeo de flujo	Cada 3 meses, o cuando sea necesario
Manutención total de bomba de muestra	Cada 12 meses

Las frecuencias de mantención dependen de las condiciones locales en las que se ubique el toma muestra (polvo muy fino implica una saturación del filtro antes de lo presupuestado, exceso de aire húmedo por clima local, etc)

7.4.1 Limpieza de la entrada de PM10

Para efectuar esta operación refiérase al instructivo de Limpieza de Cabeza ILC-03.

Recomendaciones:

- La entrada del cabezal PM10 debe limpiarse periódicamente para prevenir acumulación de material particulado y contaminantes.
- La limpieza de la entrada es mejor hacerla antes de un intercambio de cartuchos de filtros del TEOM.

7.4.2 Reemplazo del filtro en línea

Los dos filtros en-línea localizados en la parte posterior de la unidad de control del TEOM (uno en flujo principal y otro en auxiliar) evitan que la contaminación alcance los reguladores del flujo.

1. Quite los filtros existentes y reemplácelos con los nuevos filtros. Para esta operación refiérase al Instructivo de Cambio de Filtros en Línea, ICFL-13.
2. Asegúrese que las flechas en los filtros apuntan fuera de la unidad de control. Si los filtros se instalan de esta manera, el usuario puede visualizar el polvo reunido en el filtro.

NOTA: Si el porcentaje del cargamento del filtro es alto cuando un filtro nuevo de TEOM se coloca en la masa el transductor, o si el tiempo de vida de los cartuchos de filtro de TEOM llega a ser notoriamente más corto, esto indica que el filtro en línea en la línea principal del flujo necesita ser cambiado.

Recomendaciones:

- El reemplazo de filtro es mejor hacerlo inmediatamente después de un intercambio de filtro de muestra.
- El intervalo máximo para sustituir el filtro en línea es tres meses.

7.4.3 Verificación del funcionamiento de la bomba

Esta prueba ayuda al usuario a determinar si la bomba sigue siendo capaz de proporcionar el vacío adecuado al funcionamiento del monitor.

1. Opere el monitor en el modo usual con la bomba de muestra funcionando.
2. Quite el filtro del transductor de masa.
3. Quite la entrada selectiva de tamaño del divisor de flujo y sustitúyala por el adaptador de intervención de flujo contenido en el kit del instrumento.
4. Despliegue los flujos principales y auxiliares en la pantalla principal del despliegue de línea cuatro.
5. Comience lentamente a cerrar la válvula en el adaptador de flujo para que el flujo entrante se restrinja.

6. Mire el porcentaje del cargamento de filtro junto con las lecturas principales y auxiliares del flujo. Observe el porcentaje en el cual cualquiera o ambos flujos comienza a disminuir.
7. Si cualquier flujo comienza a disminuir en un porcentaje menor que 90% la bomba debe enviarse a reparación.

Recomendaciones:

- La esperanza de vida de la bomba es 1 a 1.5 años (sin efectuar mantención)
- Esta prueba se realiza cada 6 meses o si ocurren uno de los dos casos:
 1. El flujo principal cae en el cargamento del filtro menos que 90%.
 2. El porcentaje del cargamento del filtro varía.

7.4.4 Reensamblaje de la bomba de muestra

Siga los procedimientos de ensamblaje proporcionados por el Manual del fabricante para reensamblar la bomba.

7.4.5 Limpieza del sistema de entrada de aire

La entrada de aire de muestra en el monitor debe ser limpiada periódicamente para remover la acumulación de partículas en sus paredes internas.

1. Apague la unidad de control del TEOM.
2. Con el transductor de masa en posición vertical, quite cuidadosamente el termistor de aire del "casquillo" del transductor de masa del TEOM presionando sobre la cerradura de metal. El casquillo se localiza inmediatamente sobre la parte del transductor de masa que gira o se extiende hacia abajo.
3. Abra el transductor de masa tirando hacia arriba su manilla.
4. Coloque un plástico o cualquier material de protección en la parte expuesta del transductor de masa.
5. Usando solución de etanol con agua desionizada, limpie la Entrada de Aire. Puede también usarse un cepillo suave para quitar las partículas de las paredes interiores.
6. Permita que la entrada de aire se seque. Reinserte cuidadosamente el termistor del aire en el casquillo del montaje total del transductor.
7. Quite el plástico o cualquier material protector de la parte expuesta de la microbalanza.
8. Reinserte cuidadosamente el termistor del aire en el casquillo del transductor de masa.
9. Enciende la Unidad de Control del TEOM.

7.4.6 Limpieza del filtro del aire acondicionado

El aire acondicionado tiene un filtro externo en él para desprender el polvo hacia fuera. Este filtro necesita ser removido y limpiado sobre una base mensual y reemplazado aproximadamente cada 2 años

1. Sople hacia afuera con aire comprimido o extraiga las impurezas con una aspiradora.
2. Las impurezas pueden ser eliminadas con agua, pero tiene que estar totalmente seco cuando se reinstale.

7.4.7 Prueba de fugas

Refiérase al Instructivo de Prueba de Fugas de monitores continuos de material particulado, RDM/CA/CHFGTEOM. En caso de no aprobar, tome las acciones correctivas correspondientes.

7.4.8 Chequeo de flujo

Refiérase al Instructivo de Chequeo de Flujo de monitores continuos de material particulado, RDM/CA/CHFLTEOM. En caso de no aprobar, tome las acciones correctivas correspondientes.

7.5 Control de Datos y Registros

Se debe mantener un registro de las operaciones de mantenimiento, el cual debe reflejar la historia de la mantención del equipo: frecuencia de la mantención y partes o piezas que han sido reemplazadas. El Anexo A describe el formulario de Registro de Mantención sobre el cual se debe registrar dicha información.

8 Procedimiento de calibración

En la Tabla 8-1 se entregan los procedimientos de calibración, las frecuencias de ejecución de estos procedimientos y el equipamiento asociado para la implementación de cada uno de ellos. En párrafos posteriores se describe un resumen de los procedimientos de calibración y se hace referencia a instructivos particulares en donde se describe a mayor detalle estos procedimientos.

Tabla 8-1. Procedimientos de calibración y frecuencias asociadas

Frecuencia	Procedimiento	Equipamiento
Cada 6 meses	Calibración del software controlador de flujo	• Estándar de transferencia de caudal

		• Termómetro y barómetro calibrado • Adaptador de flujo R&P • pies de tubería Tygon ID 1/ 4" • filtro cero (partículas) R&P • Formulario de registro de calibración
Una vez al año	Calibración análoga (input/output)	• Multímetro de calibración 3-1/2 dígitos • 30 cm de alambre para hacer puente
	Calibración de hardware controlador de flujo	• Estándar de transferencia de caudal • Termómetro y barómetro calibrado
Cada 2 años	Verificación de calibración del transductor de masa	Kit de verificación de calibración R&P o filtro de muestra pre-pesado certificado

8.1 Calibración de software controlador de flujo

El procedimiento de calibración del software controlador de flujo consiste en medir los caudales total, principal y auxiliar con un certificado estándar de transferencia y calcular las desviaciones de diseño de entrada y lo exhibido en el monitor. Estas desviaciones de caudales son entonces corregidas ajustando el software controlador de flujo (software TEOM's FAdj.) para cada caudal, principal y auxiliar. Refiérase al Instructivo de Ajuste de Flujo, IAF-30 para realizar este procedimiento.

Es recomendable realizar junto con el ajuste de flujo, una prueba de fuga, una limpieza del sistema de entrada de aire y un reemplazo de filtros en caso de que sea necesario.

8.2 Calibración de comunicaciones análogo digitales

Este procedimiento consiste en ajustar la entrada analógica y los potenciómetros de salida en el Tablero Analógico Input/Output del TEOM. Refiérase al Instructivo de Calibración Analógica, RDM/CA/CANATEOM.

8.3 Configuración del hardware controlador de flujo de masa

El fabricante (R&P) recomienda que el procedimiento de calibración analógico se desarrolle antes de la calibración del hardware de flujómetro de masa. Además, ambas calibraciones deben efectuarse una vez al año o bien si se encuentran desviaciones de flujo mayores que $\pm 10\%$ durante la calibración del software controlador de flujo.

El procedimiento de calibración del hardware difiere dependiendo si son instalados controladores de flujo Tylan o Brooks. Refiérase a la sección 8.4 del Manual de operación de TEOM 1400a para efectuar la calibración del hardware.

8.4 Calibración del transductor de masa

Los resultados de la calibración del transductor de masa (verificación) son usados para indicar si la constante de calibración (K_o) del transductor de masa ha cambiado significativamente desde que el instrumento salió de fábrica. Esto es efectuado usando un filtro de muestra pesado de manera certificada como el suministrado por el kit de calibración R&P o un filtro equivalente. Se recomienda que si la constante de calibración indicada difiere por más de 2.5% del valor original contáctese con el servicio técnico autorizado de R&P. Se recomienda, además, que esta verificación se realice cada 2 años siguiendo los pasos señalados en el Instructivo de Calibración del Transductor de Masa RDM/CA/CMASTEOM.

9 Validación de la información

El proceso de verificación y validación de datos debe ser acorde a los objetivos de calidad acordados y se enfoca a aceptar o invalidar las concentraciones de MP10 obtenidas con el monitor TEOM.

La primera recomendación es trabajar con los datos obtenidos directamente del equipo TEOM, es decir bajados desde el datalogger interno del equipo, ya sea en forma manual o remota. Los archivos de datos corresponden a formato texto separado por comas, el cual se puede manipular con planillas de cálculo.

La primera operación consiste en eliminar o invalidar aquellos datos generados durante períodos de funcionamiento anormal del equipo TEOM, es decir en los siguientes casos:

- Monitor TEOM con falla
- Monitor TEOM en mantención
- Monitor TEOM inestable, problemas en la unidad de balanza
- Monitor TEOM inestable en la partida (valores 0 y/o valores fuera de rango)
- Durante calibraciones o chequeos (de flujos, unidad sensora, otros)

También existen ocasiones, consideradas como datos inválidos en las cuales hay ausencia de valores, se pueden identificar los siguientes casos:

- Valor perdido sin identificar la causa
- Monitor trasladado para reparación
- Monitor apagado por el operador

- Corte de luz
- Valor perdido por mala operación durante recolección de datos
- Falla en la unidad de almacenamiento de datos

Para determinar los períodos con funcionamiento anormal o identificar posibles causas de ausencia de valores es fundamental contar con los registros de las actividades de operación, mantención y calibración de los equipos.

Se recomienda, además intercalar columnas en la planilla de datos en la cual a cada dato verificado se le asigne un indicador de la calidad de dato (denominado status).

Otras situaciones, que podría conducir a datos inválidos se producen cuando hay seteos inapropiados del monitor TEOM o existen condiciones en el entorno que pueden afectar la representatividad de los datos, estas situaciones requieren de un análisis más profundo, en el cual es necesario analizar incluso el comportamiento de otros contaminantes, el comportamiento esperado para la época del año y las variables meteorológicas para validar los datos y/o aplicar factores de corrección. Entre estos casos se puede considerar:

- Valor inferior al mínimo aceptable (menor que $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Valor superior al máximo (fuera del rango seteado)
- Período durante visita a estación y sin intervención en el monitor (por ejemplo toma de datos)
- Temperatura muy alta en el interior de la estación o caseta ($>40^\circ\text{C}$) podría afectar el funcionamiento de los controladores de flujo
- Actividades en el entorno que podrían interferir la medición (que generen levantamiento de polvo u otros)
- Mal seteo de hardware (por ejemplo constante K0).
- Temperatura promedio y presión promedio no representativa de las condiciones atmosféricas del lugar
- Temperatura estándar y presión estándar diferente de 25°C o 1 atm.
- Equipo en “status condition” por flujos inestables

En el caso de validar valores de concentración de MP cada 10 minutos, se deberá contar con al menos 3 valores válidos sucesivos para generar un promedio horario válido. En caso de validar promedios de 30 minutos, se debe contar con al menos 1 valor para validar el promedio horario.

Para generar un promedio de 24 horas válido se requiere al menos con 18 valores horarios válidos. Al respecto, el DS 59/1998 define como concentración de 24h al mayor de los promedios móviles de 24h registrados durante el día.

10 Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

- Instructivo de Embalaje y Traslado Monitores TEOM, RDM/CA/TEQ3
- Instructivo de Armado e Instalación de Monitores TEOM, RDM/CA/IEQ4
- Instructivo de Cambio de Filtros, RDM/CA/IFILTEOM
- Instructivo de Uso de Formularios de Reporte de Operación, RDM/CA/REPTEOM
- Instructivo de Adquisición de Datos, RDM/CA/DATTEOM
- Instructivo de Cambio de Filtros en Línea, ICFL-13
- Instructivo de Prueba de Fuga, RDM/CA/CHFGTEOM
- Instructivo de Chequeo de Flujo, RDM/CA/CHFLTEOM
- Instructivo de Almacenamiento de Datos, RDM/CA/IADTEOM
- Instructivo de Calibración de Flujo, RDM/CA/CFLTEOM
- Instructivo de Calibración Analógica, RDM/CA/CANATEOM
- Instructivo de Calibración de Transductor de Masa, RDM/CA/CMASTEOM
- Manual de operación de Monitor TEOM series 1400a (AB Serial Nunbers).

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Registro de Chequeo de Mantenimiento General

REGISTRO DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN GENERAL					Formulario N°
Monitores TEOM					
Estación:			Fecha:		
Ubicación:					
Modelo Monitor:					
Actividades de Mantenimiento					
Actividad	Chequeo	Observación	Operador	Fecha	
Semanal					
Registre valores de pantalla principal					
Quincenal					
Chequeo de flujo					
Determine presión y temperatura					
Semestral					
Limpie sistema de entrada de aire					
Reemplace filtro en línea de flujo principal y auxiliar					
Calibre el software controlador de flujo y realice prueba de fuga					
Anual					
Calibre la entrada y salida analógica					
Calibre el hardware controlador de flujo					
Bianual					
Verifique la calibración del transductor de masa					
Comentarios:					
Revisado por:			Fecha:		

ANEXO B. Formulario de Registro de Información de Chequeo de Mantenimiento

Formulario N°

REGISTRO DE INFORMACIÓN DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN

Monitores TEOM

Lugar de medición: _____

Operador: _____

Fecha: _____

1. Datos equipo TEOM

Modelo TEOM	
No. de serie unidad electrónica	
No. de serie unidad balanza	
Cabezal	

2. Parámetros de operación TEOM (pantalla principal 18)

Equipo	Normal	Inicio visita	Fin visita
Status	OK 4		
% Filtro	Menor a 90%		
Time	hora		
Mass Conc [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
30 - Min MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
01 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
08 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
24 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Tot Mass [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Case Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Air Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Cap Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Main Flow [lt/m]	2		
Aux Flow [lt/m]	14.67		
Noise			
Frecuency			

3. Parámetros de configuración equipo TEOM

A) Seteo de Hardware (ver pantalla 13)

	Default	Seteado
Cal const		
Ser num		
Wait Time	1800	
MR/MC Ave	300	
TM Ave	300	
XX – Hr Mc	8	
Const A	3.000	
Const B	1.030	
Version		

B) Seteo Flujos y Temperatura (ver pantalla 19)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
T – Case	50		
T – Air	50		
T – Cap	50		
F – Main	3		
F – Aux	13.67		
T – A/S	25 25		
P – A/S	1 1		
Amb Temp			
Amb Press			
Fadj Main	1		
Fadj Aux	1		

C) Seteo valores para almacenar en memoria (ver pantalla 09)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Stor Var1	Mass Conc		
Stor Var2	30 – min MC		
Stor Var3	01 – Hr MC		
Stor Var4	24 – Hr MC		
Stor Var5	Tot _ Mass		
Stor Var6	Null		
Stor Var7	Null		

Stor Var8	Null		
Intervals	1800.0		
Stor Vars	8		
Station			

D) Seteo Salidas análogas (ver pantalla 04)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Max Volt >	10 – VDC		
A01 Var	30 – min MC		
A01 Min	0.00		
A01 Max	500.00		
A02 Var	01 – Hr MC		
A02 Min	0.00		
A02 Max	500.00		
A03 Var	Tot Mass		
A03 Min	0.00		
A03 Max	5000.00		
Jumpers	10 – VDC		

E) Seteo Puerta RS - 232 (ver pantalla 05)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Mode :	none		
> None			
Print on Line			
R & P Protocol			
AK Protocol			
German Network			
Store to Print			
Fast Storage Out			

4. Chequeos de funcionamiento

4.1 Test de Fuga

	Valor de control	Valor medido
Flujo Main (l/min)	< 0.15	
Flujo Auxiliar (l/min)	<0.15	

4.2 Verificación de flujos

	Valor seteado	Valor medido
Flujo Main (l/min)		
Flujo Auxiliar (l/min)		

4.3 Verificación de constante de unidad sensora de masas (pantalla 17)

	Valor medido	Observaciones
K0 Confirm		Valor actual de frecuencia
Filt Wght		Ingresar Masa del filtro de referencia
287.53182		
Audit K0		Estimación de K0
Actual K0		
% Diff		Valor debe ser menor a 2.5

4.4 Otras actividades realizadas

	Si	No
Limpieza de cabezal		
Toma de datos		
Chequeo de conexiones		
Cambio de filtros en línea		
Cambio filtro unidad sensora		



Firma Supervisor

Fecha

ANEXO A4

Procedimiento de Monitoreo de Calidad de Aire

Monitores de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PDGGASES

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación _____	5
2 Resumen _____	5
2.1 Descripción del principio de operación _____	5
2.2 Ilustraciones descriptivas del equipo _____	5
3 Calificaciones del personal _____	7
4 Embalaje y traslado del equipo _____	7
5 Instalación del equipo en el sitio _____	7
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de entrada del monitor _____	7
5.2 Armado del equipo _____	9
5.3 Instalación del Equipo _____	9
6 Procedimiento de operación de recolección de datos _____	9
6.1 Precauciones _____	9
6.2 Iniciación de Operación _____	10
6.3 Adquisición de datos _____	10
7 Procedimiento de Mantenición _____	11
7.1 Precauciones _____	11
7.2 Calificaciones del Personal _____	12
7.3 Equipamiento _____	12
7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas _____	12
7.4.1 Procedimiento de limpieza _____	13
7.4.2 Prueba de fuga _____	13
7.4.3 Chequeo de flujo _____	13
7.4.4 Chequeo de cero y span _____	13
7.5 Problemas comunes en el campo _____	13
8 Procedimiento de calibración _____	14
8.1 Equipamiento _____	15
8.2 Frecuencia _____	15
9 Validación de la información (en preparación) _____	16
10 Reportes de información _____	16
REFERENCIAS _____	16

ANEXOS _____ 17

ANEXO A. Formulario de Registro de Mantención de Monitores de Gases _____ 17

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo de calidad de aire para monitores de gases (CO, SO₂, NO₂ y O₃). Entrega los procedimientos recomendados para instalación del equipo, captura de datos, mantenimiento del equipo, calibraciones, validaciones y reportes de información a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

2 Resumen

2.1 Descripción del principio de operación

Dependiendo del contaminante monitoreado y del equipo y modelo utilizado para efectuar las mediciones se tendrán distintos principios de operación, los cuales se listan en la Tabla 2-1. El detalle de cada uno de estos métodos se describe en el Anexo B de la Guía de Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones de Calidad de Aire y Meteorología.

Tabla 2-1. métodos de medición de gases contaminantes

Contaminante	Método de medición
Ozono (O ₃)	• Quimiluminiscencia con etileno; • Fotometría de absorción ultravioleta; • Cromatografía líquida gas/sólido; • Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Dióxido de azufre (SO ₂)	• Fluorescencia ultravioleta; • Espectrometría de absorción diferencial con calibración in – situ.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	• Quimiluminiscencia; • Los que se basen en el método modificado de Griess-Saltzman; • Espectrometría de absorción óptica diferencial, con calibración in-situ.
Monóxido de carbono (CO)	• Fotometría infrarroja no dispersiva.

2.2 Ilustraciones descriptivas del equipo

Un monitor continuo de gases cuenta con distintas configuraciones, dependiendo de la marca y metodología usada en su medición. Por consiguiente, éste puede estar formado por solo una unidad o contar con otras externas a la unidad de medición (bombas o equipos auxiliares, etc.).

A continuación se entregan figuras que describen los componentes del equipo:

Figura 2-1. Zona delantera del equipo

Como se observa en la Figura 2-1, en el plano delantero se ubican los botones de control, la pantalla alfa-numérica, los indicadores de estatus y el botón de encendido.

Figura 2-2. Zona posterior del equipo

En el plano posterior (Figura 2-2) se ubican las entradas y salidas del sistema neumático, los puertos de comunicación, la entrada de poder del equipo y ventilador. Cada una de estas partes se ilustran con mayor detalle en las figuras siguientes.

Figura 2-3. Zona de Poder y ventilación

Figura 2-4. Entradas/Salidas Sistema Neumático

Figura 2-5. Sistema de Comunicaciones

Figura 2-6. Enrejado de ventilación

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantención, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe. Las calificaciones específicas del personal a cargo en las distintas áreas del sistema de monitoreo se definen dentro de cada instructivo de trabajo.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado del monitor de gases al sitio de monitoreo se recomienda embalar con precaución sus partes componentes y poner especial cuidado en aquellas que puedan ser susceptibles de contaminarse o dañarse en el proceso de traslado, influyendo en los resultados de las mediciones.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material científico y frágil. Refiérase al instructivo RDM/CA/TEQ2 de Embalaje y Traslado de Monitores de Gases para realizar esta operación.

5 Instalación del equipo en el sitio

A continuación se describen criterios básicos de selección de sitios de monitoreo de gases y consideraciones generales de la localización de la entrada del monitor.

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de entrada del monitor

La Tabla 5-1 presenta un resumen de los criterios generales de localización del sitio y ubicación de la entrada del monitor en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las

mediciones de contaminantes. Esta información se encuentra detallada en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 5-1. Criterios de ubicación del sitio y entrada del monitor por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Distancia a calles [m]
SO ₂ ^{B,C,D,E}	Media Local Urbana Regional	> 1	> 10	N/A
CO ^{C,D,F}	Microescala	>1	>10	2 -10
	Media Local			Tabla 5-2
O ₃ ^{B,C,D}	Media Local Urbana Regional	>1	>10	Tabla 5-2
NO ₂ ^{B,C,D}	Media Local Urbana	>1	>10	Tabla 5-2

N/A: No aplicable

^A. Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de los árboles y debe estar a 10 metros cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor del sensor o muestreador; 180 grados si el sensor está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para microescalas de sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 metros de una intersección de calle y preferiblemente en una localización del midblock.

Tabla 5-2 Distancia de monitores a caminos, para O₃, NO_x y CO

Promedio diario de tráfico vehicular [Vehículos/día]	Distancia mínima para monitores de CO Escalas: Media y Local [m]	Distancia mínima para monitores de O ₃ y NO _x Para todas las escalas [m]
10.000	10	10
15.000	25	20
20.000	45	30
30.000	80	
40.000	115	50
50.000	135	
60.000	150	
70.000		100
110.000		250

5.2 Armado del equipo

Para el armado del monitor de gases, refiérase al instructivo RDM/CA/IEQ2 de Armado e Instalación de monitores de gases. Para aspectos específicos refiérase al Manual del fabricante.

5.3 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verifique que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante. Refiérase al instructivo RDM/CA/IEQ2 de Armado e Instalación de Monitores de Gases.

6 Procedimiento de operación de recolección de datos

Este procedimiento describe la iniciación del proceso de operación de monitores de gases, el cambio de filtro y la adquisición de los datos obtenidos y se aplica en la etapa operacional de recolección de datos de gases contaminantes.

Instale el monitor siguiendo las consideraciones generales de instalación de monitores continuos de gases en estaciones de calidad de aire, señaladas en el instructivo RDM/CA/CGMGASES. Para recomendaciones específicas refiérase al Manual del fabricante.

6.1 Precauciones

- No realice el trabajo bajo condiciones que considere inseguras. Antes de comenzar el trabajo descrito en este procedimiento, repase las necesidades y los requisitos de seguridad, identifique los peligros, y desarrolle las medidas de mitigación del peligro.

- Ante la presencia de tiempo tempestuoso cambie la hora o retrase las actividades de operación tanto como sea necesario.
- Si se dañan las conexiones eléctricas o los cables conductores, no toque la unidad e informe lo sucedido en el formulario de Reporte de Operación.

6.2 Iniciación de Operación

Para iniciar la operación del monitor considere lo siguiente:

1. Compruebe que todos los componentes (bomba, unidad del sensor, filtro, toma muestra y unidad electrónica) se ubiquen de manera correcta.
2. Asegure la conexión eléctrica apropiada. Nota: El enchufe externo (220 volts) tiene una configuración especial para el uso en circuitos más altos de amperaje.
3. Fije el aire acondicionado a 20° C y los termostatos del aire acondicionado a 20 [C].
4. Presione el botón de encendido sobre la unidad.
5. Encienda la bomba (si existe bomba externa)
6. Deje pasar un tiempo para que el equipo se ponga en funcionamiento. Nota: el proceso de recolección de datos no se efectuará hasta que los valores de proporción de flujo y de temperatura alcancen niveles de tolerancia y permanezcan estables por 30 minutos. La pantalla principal proporciona la información en el proceso de inicialización, de temperaturas del sistema, de proporciones de flujo y de indicadores de diagnóstico.

6.3 Adquisición de datos

Para descargar la información del monitor de gases al computador personal de trabajo refiérase al Manual de fabricante debido a la variedad de modelos de monitores. A continuación se entregan recomendaciones de operaciones básicas a realizar.

Cada uno de los equipos de monitoreo continuo de gases cuenta con una memoria interna de estado sólido en la cual se almacenan los datos medidos por el equipo. El tamaño de estas memorias depende del modelo y la marca de los equipos y, a su vez, el número de datos almacenados dependerá entre otras cosas del tamaño de la memoria.

Los distintos fabricantes de monitores han desarrollado distintos programas para facilitar la adquisición de estos datos por medio de computadoras portátiles o PDA, y puertos estándar ubicados en los monitores, por ejemplo conectores DB 9, DB 25, USB, FIRE WARE, Field Bus, etc. El problema es que estos desarrollos se han gestado en forma independiente, y es por esta misma razón que el programa de un determinado fabricante no es compatible con otros monitores de distinta marca. En todo caso, existen desarrollos de algunos programas que son capaces de capturar datos de varios tipos de monitores sobre todos los que están asociados a las pautas de la IEE, pero aun son los menores.

Otra forma de captura de datos es por medio de la salida análoga de los monitores, a partir de la cual es posible programar dataloggers para guardar los datos de monitoreo y luego recuperarlos por medios telemétricos o directamente en sus puertos de comunicación.

7 Procedimiento de Mantenición

El procedimiento de mantención rutinaria entrega las pautas generales a seguir para la mantención de monitores de gases señalando las acciones de chequeo que aseguran el funcionamiento del sistema, y las acciones de limpieza rutinaria, con el fin de evitar contaminación que podría afectar la calidad de los datos resultantes, así como también las frecuencias de estas actividades. Refiérase al Manual del fabricante para acciones de mantenimiento específicas.

7.1 Precauciones

1. Medidas de seguridad generales relacionadas con los peligros eléctricos deben ser consideradas siempre al trabajar con el equipo eléctrico:

- Los receptáculos y el equipo eléctricos deben ser puestos a tierra correctamente.
- Tenga cuidado en mantener funcionando el equipo eléctrico en condiciones de humedad o en contacto con agua.
- El equipo eléctrico se debe apagar y desconectar antes del mantenimiento de piezas internas. Salvo para el caso de ajustes internos que pueden requerir del equipo ser encendido.

2. Medidas de seguridad generales relacionadas con la dirección y el uso de gases comprimidos deben ser consideradas durante la calibración y los procedimientos de QC para los analizadores continuos:

- Nunca procure utilizar el contenido de un cilindro de gas comprimido sin un regulador de presión apropiado.
- No quite el casquillo protector de la válvula hasta que esté listo para hacer conexiones.
- Mantenga la válvula apuntando en dirección contraria a la suya y a la de cualquier otra persona presente.
- No utilice fuerza excesiva en la abertura o en el cierre de la válvula del cilindro.
- Después de hacer conexiones, verifique que no existan escapes, con agua jabonosa o líquido detector de fugas.
- Cierre la válvula del cilindro y libere toda la presión de un dispositivo antes de desconectar.
- Nunca aplique aceite a una válvula o regulador de gas comprimido.

- Nunca exponga un cilindro de gas comprimido a una temperatura sobre 50 °C.
- Utilice gases comprimidos solamente en lugares con ventilación adecuada.

7.2 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar la mantención de monitores de gases y la práctica suficiente en dicha actividad.

7.3 Equipamiento

El equipamiento y suministros requeridos para el procedimiento de mantención rutinaria de los monitores de gases se presentan a continuación. Suministros específicos dependerán de las especificaciones técnicas del fabricante.

- Soplador eléctrico
- Fuente de aire comprimido
- Generador de aire cero
- Set de herramientas
- Agua jabonosa o líquido detector de fugas

7.4 Acciones y frecuencias de mantenimiento recomendadas

Además de realizar el mantenimiento diario, se deben realizar inspecciones periódicas a intervalos recomendados en la Tabla 7-1. Considere que el analizador siempre debe mantenerse en condiciones normales de funcionamiento.

Registre todos los datos y acciones de mantenimiento realizadas en el formulario de Reporte de Mantenimiento (Anexo A). Estos registros de mantenimiento servirán de referencia para llevar una bitácora del funcionamiento del equipo y para evaluaciones y procesos de auditorías posteriores.

En cada visita, compare los datos actuales con los datos registrados anteriormente y verifique cualquier valor anormal. Si se detectan datos inestables o mal funcionamiento del sistema siga las recomendaciones que se presentan en la Tabla 7-2.

Tabla 7-1. Acciones de mantenimiento y frecuencias recomendadas

Acción de mantenimiento	Frecuencia
Bitácora de condiciones de funcionamiento	Cada visita
Revisión de filtro de partículas	Cada visita
Cambio de filtro de partículas	Cada 2 semanas o cuando sea necesario (de acuerdo a lo indicado por el fabricante)
Verificar diafragma de la bomba	Cada 12 meses de funcionamiento (de acuerdo a lo indicado por el fabricante)
Chequeo de flujo	Cada mes o cuando sea necesario
Limpiar líneas neumáticas	Cada mes o cuando sea necesario (de acuerdo a lo indicado por el fabricante)
Limpieza de filtro óptico	Cuando sea necesario
Limpieza de cámara de reacción	Cada 12 meses o cuando sea necesario (de acuerdo a lo indicado por el fabricante)
Prueba de fuga	Cada 2 meses
Prueba de vacío	Cada 2 meses
Chequeo Cero/Span	Según programa de monitoreo o si es necesario
Calibración Cero/Span	Según programa de monitoreo o si es necesario

7.4.1 Procedimiento de limpieza

Para esta operación refiérase al Manual del fabricante debido a la diferencia entre modelos.

7.4.2 Prueba de fuga

Refiérase al Instructivo de Prueba de Fuga, RDM/CA/CHVAGASES.

7.4.3 Chequeo de flujo

Refiérase al Instructivo de Chequeo de Flujo, RDM/CA/CHFLGASES.

7.4.4 Chequeo de cero y span

Refiérase al Instructivo de Chequeo y Ajuste de Cero y Span, RDM/CA/CHSPGASES.

7.5 Problemas comunes en el campo

Al realizar las operaciones de mantención pueden encontrarse problema con el funcionamiento del sistema. Tabla 7-2 presenta las acciones recomendadas ante la presencia de fenómenos indicadores de defectos en alguna parte del sistema.

Tabla 7-2. Indicadores de fallas en el sistema y acciones recomendadas

Fenómeno	Causa	Acción recomendada
Ninguna sensibilidad	Defecto en el sistema de gas	Verifique distribución de cañería por fuga de gas.
	Defecto en el sistema eléctrico	Verifique cada conector. Verifique el funcionamiento de cada módulo.
Ruido e inestabilidad	Defecto en el sistema de gas	Chequee la cañería de distribución para saber si hay escape de gas. Limpie la cañería de distribución.
	Defecto en el sistema eléctrico	Compruebe las líneas de señales para saber si hay aislamiento o defectos en las protecciones. Compruebe el control de temperatura. Verifique cada conector.
	Defecto en el detector	Compruebe los tornillos de presión para saber si hay alguno suelto. Chequee la función de medición. Verifique el nivel de vibración en el sitio de instalación.
Baja sensibilidad	Defecto en el sistema de gas	Verifique fugas de gas y purgue dentro del sistema de distribución de cañería.
	Defecto en el sistema eléctrico	Verifique la función de cada módulo.
	Defecto en cámara de reacción	Reajuste el sistema.
No muestra respuesta	Defecto en el sistema de gas	Verifique fuga de gas. Verifique la proporción de flujo. Purgue el sistema de cañería de distribución.
Grandes fluctuaciones en la medición	Defecto en el sistema de gas	Verifique fugas de gas. Verifique la proporción de flujo. Purgue el sistema de cañería de distribución.
	Defecto en el sistema eléctrico	Verifique el sistema de control de temperatura.
	Defecto en el detector	Reajuste el sistema óptico. Limpie la medición celular.

8 Procedimiento de calibración

Una calibración establece la relación entre la entrada real de la concentración del contaminante y la respuesta del instrumento. Esta relación es utilizada para convertir los valores posteriores de respuesta entregadas por el analizador, a las concentraciones correspondientes del contaminante, esto hasta que sean reemplazadas por una calibración posterior del analizador.

Las calibraciones se realizan en el sitio de monitoreo ya que le permite al analizador monitorear un gas estándar que contenga una concentración de contaminante conocida. Durante la calibración, el analizador opera en su modo normal de muestreo, y el gas estándar debe pasar por todos los filtros, los “scrubbers” (filtros de carbón activado), los acondicionadores, y los otros componentes utilizados durante un monitoreo rutinario del ambiente.

Debido a la variedad de modelos y fabricantes, cada analizador, se debe calibrar de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por el manual de operación del fabricante.

El tipo y la calidad de los gases estándar utilizados se especifican en 40 CFR 58, Apéndice A, Sección 2, 40 CFR 58, Apéndice B, Sección 2, y 40 CFR 50, Apéndices C, D, y F. La calibración incluye una concentración de cero y por lo menos tres (3) concentraciones en una escala superior, esparcidos equitativamente sobre el rango de la escala de medición.

Es posible que las concentraciones adicionales de escala superior sean necesarias para establecer la relación de la calibración para analizadores no lineales. Los analizadores de multi rango deben ser calibrados para todos los rangos posibles a ser utilizados.

Luego de realizar los chequeos de cero y span al evaluar el funcionamiento del monitor, ajuste el monitor de acuerdo a lo referido en Instructivo de Chequeo y Ajuste de Cero y Span, RDM/CA/CHSPGASES.

8.1 Equipamiento

- Fuente de aire cero (cilindro, limpiador (scrubber), oxidante)
- Estándares de calibración traceables:
 - tubo de impregnación y tubería de conexión (para SO₂, NO₂, y H₂S)
 - cilindro de gas (para CO y NO)
 - fotómetro estándar U.V. (para O₃)
- Válvula del Regulador
- Tubería y conectores
- Válvula de Desviación para prevenir presurización del analizador
- Flujómetro
- Equipamiento de dilución calibrado

8.2 Frecuencia

- Calibre el analizador en el momento de instalación.
- Posterior a la instalación, calibre el instrumento a intervalos de 6 meses.

- Verifique cero y span y determine si es necesario calibrar el analizador, ante cualquiera de las siguientes situaciones:
 - Interrupción del funcionamiento normal del equipo
 - Acciones de reparación que podrían afectar la calibración
 - Reinstalación del equipo en otro sitio
 - Cualquier otra indicación de inexactitud significativa del analizador.

9 Validación de la información (en preparación)

10 Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

- Guía de Aseguramiento de la Calidad de las Mediciones de Calidad de Aire y Meteorología.
- Instructivo de Embalaje y Traslado, RDM/CA/TEQ2
- Instructivo de Armado e Instalación, RDM/CA/IEQ2
- Instructivo de Consideraciones Generales de Instalación de Monitores Continuos de Gases en Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire, RDM/CA/CGMGASES
- Instructivo de Prueba de Fuga, RDM/CA/CHVAGASES
- Instructivo de Chequeo de Flujo, RDM/CA/CHFLGASES
- Instructivo de Chequeo y Ajuste de Cero y Span, RDM/CA/CHSPGASES
- Instructivo de Chequeo Multipunto, RDM/CA/CHMPGASES

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Registro de Mantenimiento de Monitores de Gases

REGISTRO DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN GENERAL Formulario N°				
Monitores de Gases				
Estación:		Fecha:		
Ubicación:				
Modelo Monitor:				
Actividades de Mantenimiento				
Actividad	Chequeo	Observación	Operador	Fecha
Semanal (cada visita)				
Registre valores de condiciones de funcionamiento				
Revise filtro de partículas				
Quincenal				
Cambio de filtro de partículas				
Mensual				
Realice cheque de flujo				
Limpie líneas neumáticas				
Bimensual				
Efectúe prueba de fuga				
Efectúe prueba de vacío				
Semestral				
Limpie sistema de entrada de aire				
Reemplace filtro en línea de flujo principal y auxiliar				
Calibre el software controlador de flujo y realice prueba de fuga				
Anual				
Verifique diafragma de la bomba				
Limpie cámara de reacción				
Bianual				
Verifique la calibración del transductor de masa				
Cuando sea necesario				
Limpie filtro óptico				
Cheque cero y span (según programa)				
Calibración cero y span (según programa)				
Comentarios:				
Revisado por:		Fecha:		

ANEXO A5

Procedimiento de Monitoreo de Variables Meteorológicas

Monitores Meteorológicos

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/PDGMEDMET

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación	5
2 Resumen	5
2.1 Descripción de los principios de operación	5
3 Calificaciones del personal	11
4 Embalaje y traslado del equipo	11
5 Instalación del equipo en el sitio	11
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de sensores	12
5.2 Instalación de la estación meteorológica	13
6 Procedimiento de operación	13
6.1 Precauciones	13
6.2 Toma de datos	14
6.3 Verificaciones en terreno	14
7 Procedimiento de Mantenimiento	14
7.2 Control de Datos y Registros	19
8 Procedimiento de calibración	19
8.1 Línea de calibración de sensores de viento	20
9 Validación de la información	25
9.1 Preparación para la validación	25
9.2 Niveles de validación	25
9.3 Procedimiento de validación	27
9.4 Reportes de información	29
9.5 Tratamiento de la información	34
10 Control de datos y registros	39
11 Reportes de información	39
REFERENCIAS	39
ANEXOS	40

RDM/CA/PDGMEDMET

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo de variables meteorológicas. Entrega los procedimientos recomendados para la adquisición y transmisión de datos, mantenimiento de los sensores de medición, calibraciones y validaciones a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

Se recomienda que el Manual de Operaciones de variables meteorológicas sea usado en conjunto con los procedimientos aquí descritos durante la instalación, operación, mantención y calibración de los equipos.

2 Resumen

2.1 Descripción de los principios de operación

Se resumen los principios de operación de los sensores más comunes utilizados para cada una de las variables meteorológicas

2.1.1 Sensores de viento tipo propelas integradas

2.1.1.1 Aspectos constructivos

El sensor de vientos mide la dirección y velocidad del viento horizontal. El cuerpo del sensor, la propela, el cono de exposición y otras partes internas se construyen de plástico resistente a la luz ultra violeta, de manera que la resistencia a la corrosión y al clima es muy buena.

El soporte del eje del anemómetro tiene una rosca sellada con un o-ring para evitar la entrada de suciedad y humedad al interior del cuerpo del sensor. Los ejes de la propela y veleta están contruidos de acero inoxidable y usan micro rodamientos con sellos de teflón para la obtención de un torque pequeño en una escala amplia de temperaturas. El sello de teflón no requiere de lubricación y mantiene los micro rodamientos sin partículas de polvo y humedad, aumentando la vida útil de los mismos.

Estos detalles en la construcción del sensor permiten que el mantenimiento y la calibración tengan periodos largos de aplicación.

2.1.1.2 Principios de funcionamiento

La velocidad del viento se mide a través de la generación de una señal alterna de tipo senoidal. Para lograr esto se induce a una bobina estacionaria la señal alterna mediante un imán de seis polos que se encuentra solidario a eje de la propela, así tres ondas son producidas por cada rotación de la propela. Dependiendo de la velocidad del viento la rotación de la propela producirá señales de distinta frecuencia. El resultado es la proporcionalidad de la velocidad del viento a la frecuencia de generación de la señal alterna.

La dirección del viento se mide a través de la diferencia de potencial que causa la rotación del eje de la veleta del sensor al conectarlo al punto medio de un potenciómetro de precisión. Para esto se requiere de una excitación externa de potencial constante entre los extremos del potenciómetro. El punto medio del potenciómetro y el extremo de potencial menor miden en forma directa, mediante un factor de multiplicación, el ángulo de azimut de la veleta. El cálculo del factor de multiplicación depende del potencial de excitación y del ajuste que se debe realizar debido a la abertura eléctrica del potenciómetro.

En la figura se puede ver una fotografía de este tipo de sensor

Figura 2-1 Sensor de viento tipo propela integrada

2.1.2 Sensores de Temperatura

2.1.2.1 Aspectos constructivos

Las resistencias termistores se montan sobre un circuito electrónico que consiste básicamente en un divisor de voltaje con una resistencia de protección de corriente.

El circuito electrónico se monta a su vez sobre una carcaza, la cual varía en su forma de acuerdo al modelo del sensor.

La exposición del elemento sensor al medio es de suma importancia en la construcción de sensor de temperatura, para la obtención de medidas que reflejen en forma eficiente las condiciones del medio, así, en la mayoría de los sensores se expone el elemento sensor protegido de la radiación solar para evitar el calentamiento mediante la circulación de aire ambiente entre las paredes de la protección.

El termistor entra en contacto con el aire ambiente protegido de la suciedad por una membrana porosa.

2.1.2.2 Principios de funcionamiento

El termistor es una resistencia de precisión que varía su valor en forma inversa a la temperatura del medio en que se encuentra, de manera que si una corriente constante circula por él variará el valor del potencial que se produce entre sus terminales.

La generación de corriente constante no es fácil de conseguir, de manera que se opta por la alimentación del circuito mediante una fuente constante de voltaje (obtenida desde el datalogger) para la medición de la temperatura. En este caso la variación de la resistencia eléctrica del termistor produce una caída de voltaje que es proporcional a la temperatura del medio en que se encuentra. El circuito de medición consiste en un circuito serie de tres resistencias, dos de ellas para la protección para la corriente del circuito y el termistor.

2.1.3 Sensores de Humedad

2.1.3.1 Aspectos constructivos

Los sensores de humedad se montan sobre un circuito electrónico que consiste básicamente en la medición de la capacidad eléctrica del elemento sensor. El circuito electrónico se monta a su vez sobre una carcaza, la cual varía en su forma de acuerdo al modelo del sensor.

La exposición del elemento sensor al medio es de suma importancia en la construcción de sensor de humedad, para la obtención de medidas que reflejen en forma eficiente las condiciones del medio, así, en la mayoría de los instrumentos de medición se expone el elemento sensor protegido de la radiación solar para evitar el calentamiento mediante la circulación de aire ambiente entre las paredes de la protección.

El sensor queda en contacto con el aire ambiente protegido de la suciedad por una membrana porosa.

2.1.3.2 Principios de funcionamiento

En general el sensor está compuesto de dos electrodos separados por una membrana delgada que puede absorber o exudar humedad permitiendo que la capacidad eléctrica del dieléctrico cambie de acuerdo a una relación conocida y que mediante la electrónica del sensor se pueda convertir en valores medibles de humedad.

En la Figura 2-2 se puede apreciar el aspecto constructivo del elemento sensor de los medidores de humedad relativa.

Figura 2-2 Esquema sensor de humedad relativa. Aspectos constructivos

La electrónica del medidor de humedad capta los cambios que se producen en la capacidad eléctrica del elemento sensor y los transforma a señales analógicas de voltaje las cuales pueden ser registradas en distintos medios (scrip chart, dataloggers, etc.) seteando la entrada de ellos para que exista una distribución lineal entre el valor mínimo y máximo que el sensor entrega.

2.1.4 Sensores de Presión Atmosférica

2.1.4.1 Aspectos constructivos

El sensor de presión atmosférica está constituido por el elemento sensor, montado sobre un circuito electrónico que permite la medición de las variaciones de la capacidad eléctrica con la presión y la transformación de ellas a lecturas de presión.

Este conjunto se monta en una caja que permite la toma de presión y las conexiones para el registro de las mediciones, en la Figura 2-3 se muestra un ejemplo de sensor de presión al sensor y sus elementos de muestreo y conexiones.

Figura 2-3 Sensor de Presión Atmosférica modelo PTB100B, Marca Vaisala INC

1.1.1 Principios de funcionamiento

Cuando la presión atmosférica cambia, el diafragma de silicio se curva cambiando la altura del espacio de vacío entre los electrodos del sensor. Este cambio en la altura del espacio de vacío permite que la capacidad eléctrica del conjunto se modifique. La electrónica del sensor detecta esta modificación en la capacidad eléctrica del elemento sensor produciendo una señal que resulta proporcional a los cambios en la presión. En la Figura 2-4 se puede ver un esquema del elemento sensor, en donde se muestra como esta construido.

Figura 2-4 Estructura interna del sensor de presión

2.1.5 Sensores de Radiación Solar

2.1.5.1 Aspectos constructivos

El sensor de radiación solar es un piranómetro construido con un fotodiodo de silicio montado en una base plástica tapado con una cubierta polimérica semi transparente, el cual genera una corriente eléctrica que es proporcional a la cantidad de radiación solar proveniente de la semiesfera celeste.

Este conjunto debe ser montado sobre una base con control de nivel para la horizontalidad.

2.1.5.2 Principios de funcionamiento

La radiación solar varía significativamente entre regiones. Para una misma región, la estación del año y la hora del día son las causantes de variaciones de orden mayor. Además el terreno, las construcciones y los árboles, también pueden causar variaciones muy significativas en las mediciones de un área específica.

A menudo, las mediciones más requeridas de densidad de flujo de energía, directa y difusa, se refieren a aquella que pasa a través de un plano horizontal en un área conocida. Esta necesidad de mediciones permite que el piranómetro sea ocupado como medidor de flujo de energía con una exactitud razonable en el rango de estabilidad.

La respuesta del fotodiodo de silicio no es ideal, en la Figura 2-5 se puede apreciar una curva típica de respuesta del fotodiodo, lo que no causa un error mayor cuando es usado sólo como medidor de radiación solar y bajo condiciones que no alteren su distribución espectral.

La respuesta espectral del fotodiodo de silicio no es uniforme en todo el rango de radiación solar. Como se ve en la Figura 2-5, la respuesta es muy baja en los $0.4 \mu\text{m}$ y se incrementa casi linealmente hasta el máximo en los $0.95 \mu\text{m}$, después decae en forma casi lineal hasta cortarse en los $1.2 \mu\text{m}$.

En el rango de 0.4 y $0.7 \mu\text{m}$, si se comparan días nublados y despejados se ha mostrado que la distribución espectral de la radiación solar incidente se puede considerar constante. Sin embargo, se ha demostrado que el mayor cambio en distribución espectral de la radiación solar se produce cerca del infrarojo cuando la absorción de vapor de agua toma lugar en los días nublados, además los datos recolectados para elevaciones pequeñas del sol en el horizonte pueden causar errores debido a la alteración de la transmisión atmosférica en las amanecidas y puestas de sol. Esta pequeña parte del día causa errores pequeños en la integración total.

El área bajo la curva del espectro radiativo de una fuente es directamente proporcional a la energía recibida por una superficie horizontal. Esta conclusión permite usar el fotodiodo como un medidor de la energía recibida conociendo su curva de respuesta a la radiación solar. Para tal efecto se debe mantener en forma horizontal el elemento sensor y conociendo el área expuesta se puede determinar la energía recibida.

Figura 2-5 Respuesta típica del silicio a la radiación solar

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantención, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe. Las calificaciones específicas del personal a cargo en las distintas áreas del sistema de monitoreo se definen dentro de cada instructivo de trabajo.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado de los sensores al sitio de medición se recomienda embalar con precaución cada uno de ellos, poniendo especial cuidado en el sensor de vientos que resulta tener las partes más frágiles. Cuando se realiza el embalaje de los sensores se debe cuidar que, para cada uno de ellos, se embalen con sus respectivos accesorios y cables de conexión. Además se debe completar la hoja de verificación de embalaje para asegurar que esta se realice.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material científico y frágil. Refiérase al instructivos de Embalaje y Traslado de equipos meteorológicos para realizar esta operación.

5 Instalación del equipo en el sitio

El objetivo primario de la instalación de instrumental meteorológico es la medición de las condiciones de atmósfera de una locación, de la manera mas exacta posible, y que sea

representativa de una zona de mayor extensión. Para lograr este objetivo primario, se requiere que la selección del lugar de emplazamiento sea el más apropiado, representando las condiciones generales de la zona de estudio.

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de sensores

Aparte del cuidado que se debe tomar para la selección del sitio de medición de las variables meteorológicas, específicas para cada tipo de sensor, se debe poner cuidado respecto de las características relativas a las construcciones y topografía del lugar de medición, tales como ciudades, montañas, cercanía a grandes depósitos de agua, valles estrechos, etc., que pueden causar perturbaciones en las mediciones meteorológicas.

Por ejemplo las mediciones de temperatura en el interior de las ciudades se ve afectado por el efecto suelo (isla térmica) que se presenta en ellas, así las mediciones realizadas al interior de una ciudad pueden variar significativamente respecto de las mediciones realizadas fuera de la ciudad, en terrenos no urbanos con diferencias de localización de algunos kilómetros. Los efectos que pudieran causar la ubicación de las estaciones de medición deben ser tomadas en cuenta cuando se realice el análisis de ellas.

Es importante destacar que, probablemente, no es posible encontrar un sitio que no presenten algún tipo de perturbación en alguna de las variables medidas. Deberá ser responsabilidad del encargado de las mediciones seleccionar un sitio que represente de mejor manera las condiciones meteorológicas de la zona en estudio, el cual además deberá responder a los objetivos de la medición al uso de la información. Para todos los efectos posteriores los sitios de medición deben quedar documentados en fichas que muestren en detalle la instalación tales como mapas (en caso de efectos topográficos de gran envergadura), esquemas del sitio de instalación (influencia local en las mediciones), fotografías y una descripción del lugar de medición.

En las secciones siguientes se entregan los criterios particulares respecto de los sitios de instalación y ubicación de sensores para cada una de las variables medidas.

5.1.1 Velocidad y dirección del viento

La medición del viento se debe realizar a 10 m de altura sobre el nivel del suelo, de acuerdo a lo establecido por OMM, en terrenos abiertos. Dependiendo de la aplicación que requiere los datos de viento, es posible instalarlos a otras altura que optimicen la aplicación.

Se define terreno abierto el área que cumple con las siguiente especificación:

La distancia horizontal entre el sitio de medición y los obstáculos debe ser mayor que 10 veces la altura del obstáculo, los cuales pueden ser naturales o artificiales (casas, edificios, etc), en todas las direcciones.

Si el sensor de viento debe ser instalado en el techo de un edificio, debería ser montado a una altura tal que no se vea influenciado por las perturbaciones que produce el edificio. Usualmente esta altura corresponde a 1.5 veces la altura del edificio, sobre el nivel del techo.

5.1.2 Temperatura y humedad

La medición de temperatura y humedad ambiente se debe realizar a una altura de 2 m, para terrenos abiertos, sobre un mástil que permita la instalación de los accesorios tales como, protectores de radiación solar y otros. Además, no deben quedar expuestos a zonas donde fuentes de calor puedan influenciar las mediciones de temperatura y humedad. Algunas fuentes que pueden influenciar estas mediciones son: escapes de motores de combustión interna, salidas de chimeneas, bolsones de aire caliente por mala ventilación, etc.

5.1.3 Radiación Solar

La medición de radiación solar se debe localizar en zonas que no tengan restricción, natural o artificial, para recibir la radiación solar desde todos los ángulos del espacio en todas las estaciones del año. Además, el sensor no debe ser impactado por sombras de construcciones aledañas al sitio de instalación, lo cual debe verificarse en todas las estaciones del año.

5.1.4 Presión atmosférica

La medición de presión atmosférica se debe localizar en zonas en donde, por acción natural o artificial, no se produzcan aumentos bruscos de velocidad del viento que puedan alterar la medición. En general esta condición no es relevante, dependiendo de la posición del toma muestra del sensor (barómetros aneroides).

5.2 Instalación de la estación meteorológica

Verifique que dispone de todos los elementos para la realización de la instalación de la estación meteorológica, refiérase al instructivo RDM/MET/IEM01 para ello.

La instalación de la estación meteorológica debe ser un proceso seguro, de manera tal que se debe poner especial cuidado en el uso del material, herramientas y elementos de seguridad recomendados para ello.

Ponga especial cuidado en la orientación de la estación. La calidad de las mediciones de dirección de viento depende de ello, refiérase al instructivo RDM/MET/SOD01.

De ser necesario verifique la existencia de alimentación de 220 Volts.

6 Procedimiento de operación

6.1 Precauciones

- No realice el trabajo bajo condiciones que considere inseguras. Antes de comenzar el trabajo descrito en este procedimiento, repase las necesidades y los requisitos de seguridad, identifique los peligros, y desarrolle las medidas de mitigación del peligro.
- Ante la presencia de tiempo tempestuoso cambie la hora o retrase las actividades de operación tanto como sea necesario.

6.2 Toma de datos

Dependiendo de la configuración y el emplazamiento de la estación proceda de acuerdo a los instructivos específicos, RDM/MET/TDA o RDM/MET/TDM, para estaciones de recolección automática o manual respectivamente.

6.3 Verificaciones en terreno

En cada visita a la estación se debe realizar la verificación de funcionamiento de los sensores. Pare ello, en términos generales, se debe comparar cada uno de los sensores con los instrumentos de transferencia de los patrones de laboratorio para verificar que se encuentran en los rangos de operación.

Estas operaciones permitirán determinar aquellos sensores que requieran mantención correctiva y asegurar que la información almacenada es de la calidad esperada y diseñada.

Un factor importante en la medición de la dirección del viento es la orientación de la estación, la cual requiere de una verificación especial.

Los procedimientos específicos para la realización de estas operaciones se encuentran en el instructivo RDM/MET/VERMET.

7 Procedimiento de Mantención

En general los sensores meteorológicos requieren de mantenciones preventivas muy simples, tales como limpieza y aseguramiento de las condiciones de medición y verificación de suministros de energía tales como paneles solares, fuentes de poder y baterías.

Los procedimientos de mantención se encuentran detallados para cada uno de los sensores y sistemas en el instructivo RDM/MET/MANTPRE.

La Tabla 7-1 señala en resumen las actividades y frecuencias de mantención recomendadas.

Tabla 7-1 Actividades y frecuencias de mantención recomendadas

ACTIVIDAD	FECUENCIA REQUERIDA
Limpieza de accesorios de sensores	Cada tres meses o cuando se requiera
Limpieza de sensores (temperatura y humedad, radiación solar, Presión atmosférica)	Cada tres meses
Limpieza de sensor de vientos	Cuando sea necesario
Limpieza de sitio de mediciones	Cada un año o cuando se requiera (corte de pasto , homogenización del sitio de mediciones)
Limpieza de panel solar	Cada visita
Chequeo de orientación de estación	Cada visita
Comparaciones de mediciones	Cada tres meses
Ajuste de reloj de estación	Cada visita (recolección manual), cada conexión (recolección automática)
Chequeo de baterías y sistema de alimentación	Cada tres meses
Rotación de sensores	Cada un año

Las frecuencias de mantención, en general, no dependen de las condiciones locales en las que se ubiquen los sensores, pero se debe considerar frecuencias menores en sitios que presenten condiciones con mayor presencia de agentes que puedan alterar el funcionamiento de los mismos.

7.1.1 Limpieza de accesorios

Se refiere a la limpieza que se debe realizar a los accesorios de los sensores, sean estos protecciones de radiación solar, anclaje a mástiles, brazos de instalación, mástiles, cajas, etc. Se debe mantener libre de obstáculos las tomas de muestra de los sensores y los anclajes de los mismos, de manera que, cuando se requiera, no constituya pérdida de materiales.

Para la realización de la limpieza se deben realizar las siguientes acciones:

- Con una brocha de cerdas blandas retire el polvo y suciedad presente en los accesorios de los sensores, ponga especial cuidado en no estropearlos o causar daño en las conexiones de los cables de los sensores. En algunas locaciones insectos (tales como arañas, abejas, avispa, etc.) podrían usar los accesorios como refugio. Tome las precauciones del caso para evitar picaduras.
- Si es necesario humedezca un paño con agua corriente y limpie aquella suciedad que no fue posible sustraer con la brocha. Evite que la humedad se ponga en contacto con terminales y/o cables de conexión.
- Revise los anclajes de los accesorios de los sensores, si detecta formación de óxidos límpielos con una brocha de cerdas duras. Para facilitar el trabajo rocíe previamente con algún producto (WD40) que permita la limpieza. Una vez finalizado deje los anclajes protegidos con silicona líquida para minimizar la formación de óxidos. Se debe tener especial cuidado en las juntas de anclajes de aluminio y acero, en ella se forma soldadura fría la cual es muy difícil de remover. Para ello ayúdese con una herramienta con punta que permita sacar esta soldadura.
- Anote las acciones realizadas en la bitácora de la estación y en la bitácora de campo del operador.

7.1.2 Limpieza de sensores de temperatura y humedad

Normalmente los sensores de temperatura y humedad se encuentran montados en la misma cápsula, la cual se encuentra protegida por una membrana porosa, de manera tal que cuando se realiza la mantención de uno de ellos es recomendable la realización de ambos.

Para realizar esta limpieza se deben realizar las siguientes acciones:

- Desmonte el sensor de temperatura y humedad de la protección de radiación solar. Ponga especial cuidado en no remover conexiones del sensor.
- Retire la protección del elemento sensor. En esta protección se encuentra la membrana porosa.

- Revise los elementos sensores. Con un pincel retire el polvo que podría estar presente. La membrana porosa no debería permitir el paso de polvo.
- Limpie la membrana porosa. Pare ello no la desmonte de la tapa, solo límpiela con el pincel.
- Monte la protección del elemento sensor. Monte el sensor en la protección de radiación solar.
- Anote las acciones realizadas en la bitácora de la estación y en la bitácora de campo del operador.

7.1.3 Limpieza de sensores de presión atmosférica y radiación solar.

- Los sensores de presión atmosférica no requieren de limpiezas mayores, solo se debe verificar que la toma muestra esté libre de obstáculos, tales como telas de araña, insectos, etc.
- Los sensores de radiación solar requieren de la limpieza de la superficie que actúa como receptora de la radiación solar, para ello remueva la suciedad que se pueda acumular con un paño húmedo.
- Si se trata de sensores de radiación solar que poseen domos de protección, verifique que la transparencia del domo se mantenga. Limpie cuidadosamente la superficie del domo, evitando que se produzcan manchas durante la operación. Además verifique la integridad del domo protector.
- Anote las acciones realizadas en la bitácora de la estación y en la bitácora de campo del operador.

7.1.4 Limpieza de los sensores de viento

Normalmente los sensores de viento se encuentran en la punta de mástiles, de acuerdo a las recomendaciones de esta guía, a 10 m de altura, de manera tal que la realización de limpieza de estos sensores podría no ser practicada. En general se debe realizar una inspección visual del estado del sensor, verificando la rotación de la veleta y el anemómetro. Si alguna de las dos no se verifica, si es posible, realice la limpieza siguiendo los pasos siguientes:

- Baje el mástil
- Desmonte el sensor de vientos, ponga especial cuidado en los cables de señal.
- Si es necesario desmonte la propela (hélice) y la veleta (cola).
- Con la ayuda de una brocha retire la suciedad del sensor. De ser necesario utilice un paño humedecido con agua corriente para retirar la suciedad. Si existieran cuerpos extraños en el sensor, retírelos procurando no causar daño.
- Monte la propela y la veleta, verifique su funcionamiento.

- Monte el sensor en la punta del mástil
- Levante el mástil

Para aquellas estaciones que pudieran estar montadas sobre torres de comunicaciones existentes en los sitios de medición la acción de limpieza se debe realizar al menos cada seis meses.

7.1.5 Limpieza de los sitios de medición

Este mantenimiento se debe realizar al menos una vez al año o cada vez que se requiera. Para la realización de esta operación se deben realizar las siguientes acciones:

- Gestionar la realización del mantenimiento (corte de pasto, reposición de condiciones iniciales de medición, etc.)
- Coordinar con terceros (contratistas en general) la ejecución del mantenimiento
- Supervisar la ejecución de los trabajos
- Registrar en la bitácora de la estación y la bitácora de campo del operador la realización de los trabajos.

7.1.6 Limpieza del panel solar

Se debe mantener libre de obstáculos la superficie de intercambio del panel solar, para ello se deben realizar las siguientes acciones:

- Humedecer con líquido limpiador la superficie de intercambio del panel solar
- Con un paño, retirar el exceso de humedad y limpiar la superficie.
- Con toallas de panel secar la superficie de intercambio
- Poner especial cuidado en no dañar ni humedecer los cables del panel solar. Note que los paneles solares están diseñados para trabajo en terreno, por lo tanto pueden mojarse completamente, la acción del líquido limpiador puede alterar esta condición normal de trabajo.
- Registrar en la bitácora de la estación y la bitácora de campo del operador la realización de los trabajos.

7.1.7 Chequeo de orientación de estación

Es de vital importancia, sobre todo para la medición de la dirección del viento, mantener la orientación de la estación, la cual se debe verificar cada vez que se visite el sitio de medición. Para ello siga las instrucciones que se detallan.

- Monte la brújula o compás magnético de manera tal que pueda visualizar la varilla de orientación del mástil.

- Mida el ángulo de desfase que existe entre la varilla y el norte magnético. Realice esta operación al menos tres veces para minimizar errores de medición. Promedie los valores medidos.
- Compare el desfase promediado con el reportado en la instalación de la estación. Verifique que este no tenga un corrimiento mayor a 3 grados.
- De existir un corrimiento mayor, re oriente la estación, de acuerdo a los procedimientos de instalación.
- Registre en la bitácora de la estación y la bitácora de campo del operador los valores medidos y las acciones tomadas.

7.1.8 Comparación de mediciones

La comparación de las mediciones con los instrumentos de transferencia de los patrones de laboratorio permite determinar el estado operacional de los sensores de la estación, para la realización de esta actividad refiérase al procedimiento del instructivo RDM/MET/VERMET.

7.1.9 Ajuste de reloj de estación

La hora del sistema de registro de la estación debe ser verificada en cada visita o en cada conexión automática. Si la hora de la estación difiere en más de 5 minutos con la hora del sistema central, ingrese la hora corregida de acuerdo a los procedimientos de cada sistema en particular, los cuales puede obtener de los manuales de fabricante del sistema de registro.

Registre en la bitácora de la estación y la bitácora de campo del operador esta operación.

7.1.10 Chequeo de baterías y sistema de alimentación

Se debe verificar el estado operacional de las baterías y el sistema de alimentación en cada visita. Para ello realice las siguientes acciones:

- Desconecte la batería de los sistemas de carga y/o alimentación. Ponga especial cuidado de que el sistema de registro no se apague.
- Con un multímetro mida el voltaje en vacío de la batería. Verifique que se encuentre en los rangos operativos del dispositivo.
- Conecte la batería a la estación. Retire los sistemas de carga y alimentación de la batería, quedando el sistema de registro soportado solo con la batería. Cuide que la estación no se apague.
- Nuevamente mida el voltaje de la batería, pero esta vez con carga. Verifique que en estas condiciones la batería se encuentre en los valores operativos del dispositivo. Recuerde que la batería actúa solo como respaldo de los sistemas principales de alimentación en caso de ausencia.

- Reconecte todos los sistemas.
- Si la batería no está en estado operacional, reemplácela por una que si cumpla con el estado operacional. Si no dispone de una batería. Registre este evento y comuníquelo para su solución lo más pronto posible.
- Registre en la bitácora de la estación y la bitácora de campo del operador los valores medidos y las acciones tomadas.

7.1.11 Rotación de sensores

Esta operación de mantenimiento mayor se debe realizar al menos una vez al año. Los sensores son retirados de la estación y reemplazados por aquellos a los cuales se les haya realizado la calibración anual. Con esto se asegura que por el periodo recomendado la estación registrará valores que cumplen con los objetivos de la medición y del control de calidad.

Los sensores sacados de la estación deben ingresar a las líneas de calibración y/o verificación del laboratorio correspondiente o ser entregados a terceras personas para su calibración y/o verificación.

7.2 Control de Datos y Registros

Se debe mantener un registro de las operaciones de mantenimiento, el cual debe reflejar la historia de la mantención del equipo: frecuencia de la mantención y partes o piezas que han sido reemplazadas.

8 Procedimiento de calibración

Los procedimientos de calibración de calibración y/o verificación para cada uno de los sensores meteorológicos se pueden revisar en extenso en los instructivos que se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 8-1 Instructivos para la calibración de sensores meteorológicos

Nombre del procedimiento	Identificador del instructivo
Calibración de sensores de viento	RDM/MET/CALVIEN
Calibración de sensores de temperatura	RDM/MET/CALTEMP
Calibración de sensores de humedad	RDM/MET/CALHUM
Comparación de sensores de radiación solar	RDM/MET/COMPRAD
Calibración de sensores de presión atmosférica	RDM/MET/CALPRE

Para la realización de las calibraciones se deben considerar los siguientes esquemas para su realización.

8.1 Línea de calibración de sensores de viento

Sensores con sistema anemómetro veleta brazo trasmisor

El sistema de calibración debe estar dividido en tres etapas, calibración de anemómetros, calibración de veletas y verificación de funcionamiento de brazo transmisor.

El sistema de calibración de anemómetros debe poseer un generador de revoluciones controlado, registro de mediciones y emisión de certificado.

El sistema de calibración de veleta debe consistir en un banco de ángulos, registro de mediciones y emisión de certificado.

El sistema de verificación de brazo transmisor debe consistir en un banco de prueba y emisión de certificado de funcionamiento.

En el diagrama de la figura siguiente se puede ver línea de calibración sugerida de los sensores de viento.

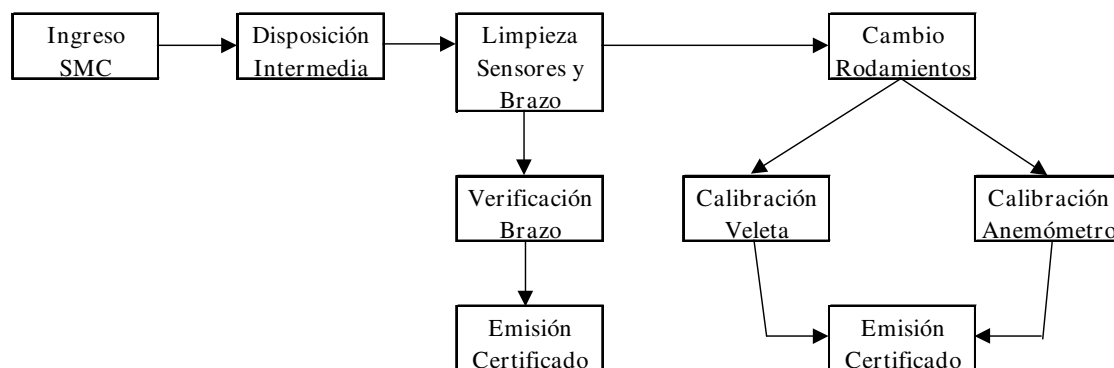


Figura 8.1 Línea de Calibración Sensores de Viento con Sistema anemómetro Veleta Brazo trasmisor

Sensores tipo anemómetro integrado

El sistema de calibración debe estar dividido en dos etapas, calibración de anemómetros y calibración de veletas

El sistema de calibración de anemómetros debe consistir en un generador de revoluciones controlado, registro de mediciones y emisión de certificado.

El sistema de calibración de veleta debe consistir en un banco de ángulos, registro de mediciones y emisión de certificado.

En el diagrama de la figura siguiente se puede ver línea de calibración de los sensores de viento.

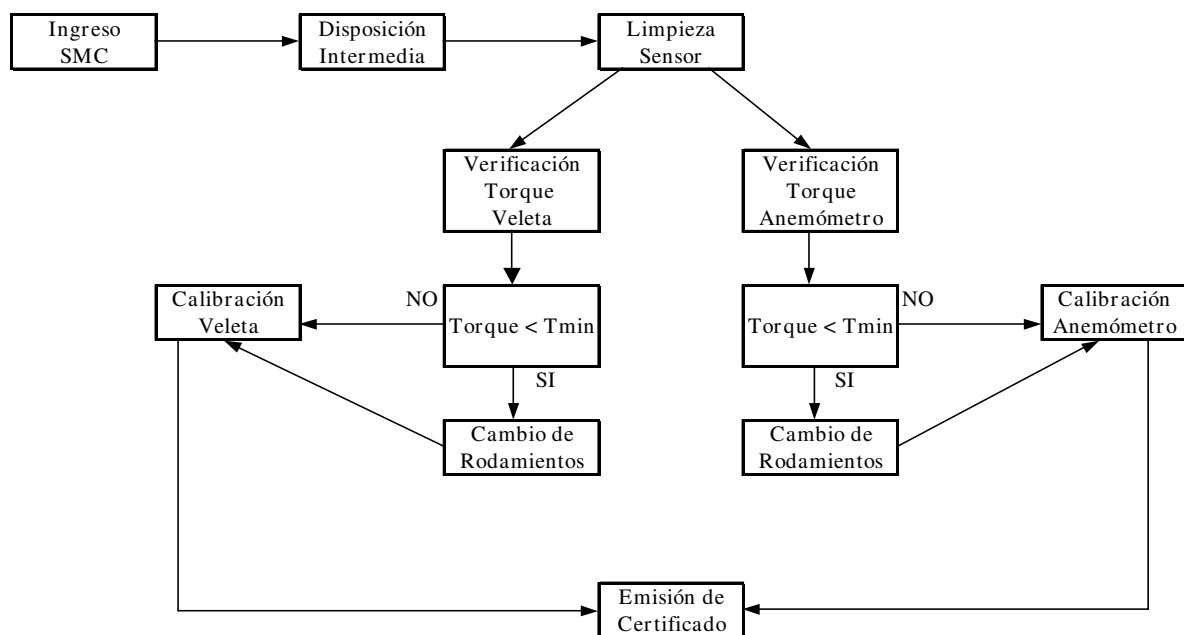


Figura 8.2 Línea de Calibración de sensores de Viento Tipo anemómetro integrado

8.1.1 Línea de calibración de sensores de temperatura

El sistema de calibración para sensores temperatura debe estar provisto de los siguientes elementos:

- Generador de temperatura
- Termómetros patrones, de mercurio o electrónicos
- Sistema de medición y registro
- Espacio disponible con control de temperatura

Se debe establecer una escala única de puntos de calibración para todos los sensores de la red la cual cubre todo el rango de medición de los instrumentos. Dependiendo de los tiempos de realización de las calibraciones, esta escala puede variar, como ejemplo se muestra la siguiente escala de calibración:

-5, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 grados Celcius.

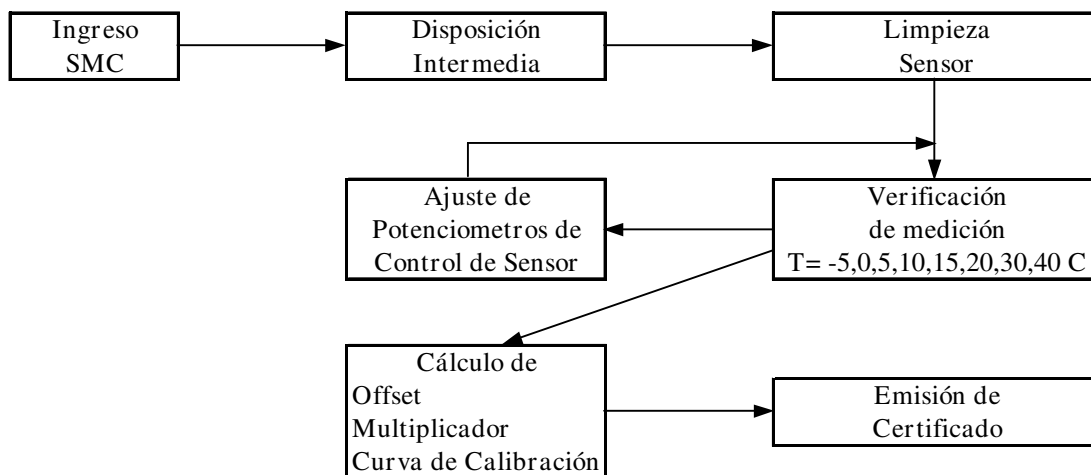


Figura 8.3 Línea de Calibración Sensores de temperatura

8.1.2 Línea de calibración de sensores de humedad

La línea de calibración para sensores de humedad debe contar con los siguientes elementos:

- Generador de humedad
- Termómetros patrones
- Sistema de medición y registro
- Espacio disponible con control de temperatura

La implementación de sistema de calibración para los sensores de humedad, debe considerar al menos la verificación de dos puntos de medición, el punto seco y el punto húmedo. Sistemas más sofisticados podrían tener puntos intermedios de verificación. En el diagrama de la figura siguiente se puede ver el flujo de la línea de calibración de sensores de humedad.

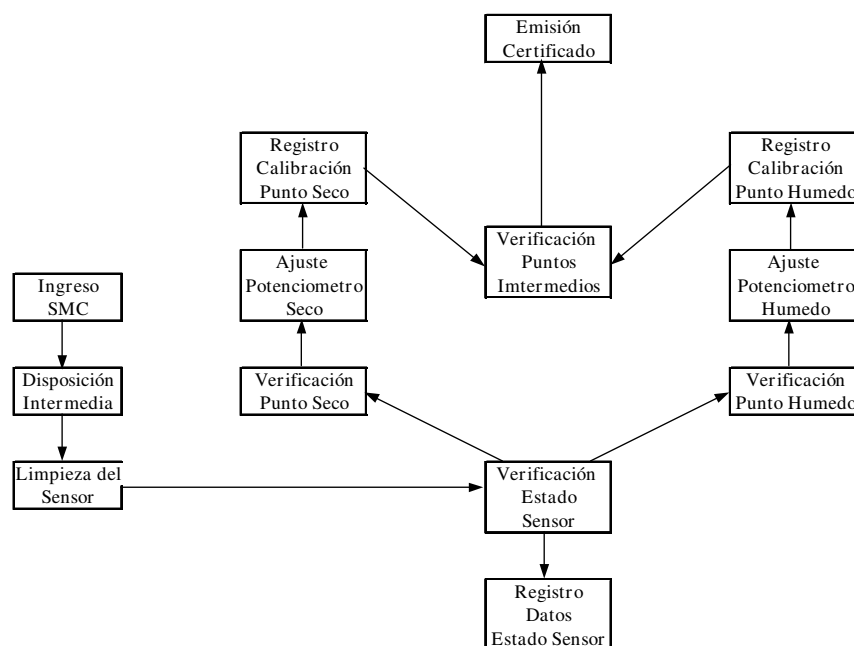


Figura 8.4 Línea de Calibración Sensores de Humedad Relativa

8.1.3 Línea de comparación de sensores de Radiación Solar

Para la implementación de una línea de comparación de sensores de radiación solar se debe contar con los siguientes elementos:

- Patrón de radiación solar
- Banco de pruebas
- Sistema de medición y registro

La línea de comparación debe contar con dos etapas, mediciones y cálculos. Las mediciones constituyen la parte más importante en la línea de comparación puesto que representan la base de valores que se usarán para el cálculo de los factores de corrección del sensor (multiplicador y offset).

En el esquema de la figura siguiente se puede ver el flujo de la línea de calibración de sensores de radiación solar.

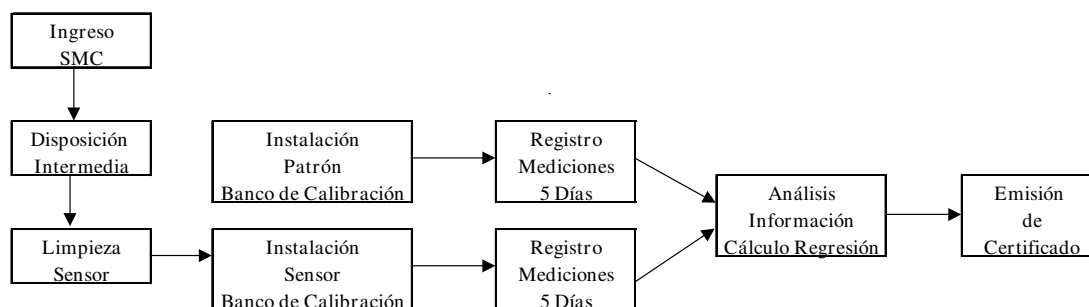


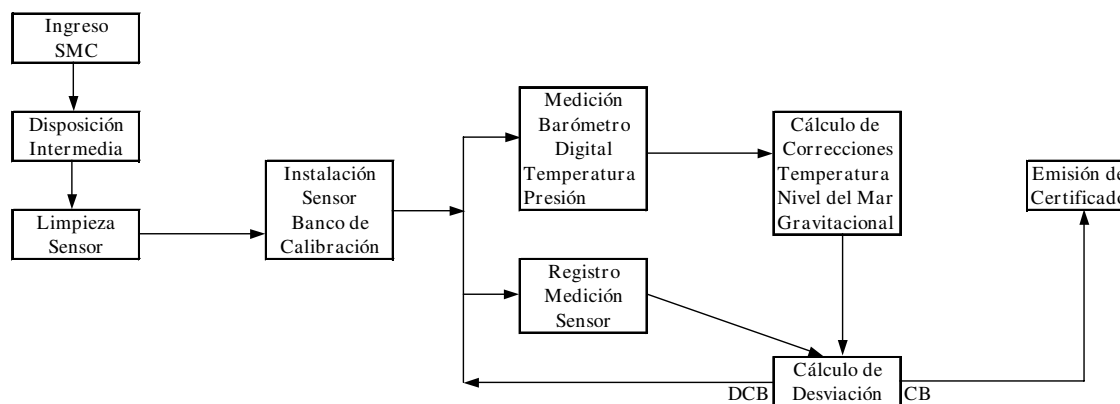
Figura 8.5 Línea de Calibración Sensores de Radiación Solar

8.1.4 Línea de calibración de sensores de presión atmosférica

Para la implementación de una línea de calibración de sensores de presión atmosférica se debe contar con los siguientes elementos:

- Patrón de presión atmosférica
- Banco de pruebas
- Sistema de medición y registro
-

En el esquema de la figura siguiente se muestra el flujo de la línea de calibración.



Nota: DCB: Sensor descalibrado, CB: Sensor calibrado

Figura 8.6 Línea de Calibración de Sensores de Presión Atmosférica

9 Validación de la información

La validación de información es un proceso realizado para que la información sospechosa pueda ser identificada y marcada para su edición y corrección, si es necesario, de manera que su calidad y exactitud, planteada en los objetivos del monitoreo, se mantenga. Además, esta actividad permite detectar funcionamientos erróneos esporádicos de los sensores, los que podrían no ser detectados durante las operaciones de mantenimiento preventivo y auditorias.

Este proceso debería ser realizado por personal capacitado en meteorología o que producto de la experiencia pueda comprender los procesos meteorológicos de escala local y que además entienda los principios de operación de los sensores usados.

La validación de la información generada debería realizarse con un desfase no superior a los tres meses, potenciando de esta manera su uso.

9.1 Preparación para la validación

Se hace necesario para la realización de la validación las siguientes actividades:

- Generación y almacenamiento de la información cruda, referido a los sistemas de almacenamiento y pre procesos en las estaciones de medición (dataloggers)
- Traspaso de información. La información recolectada y almacenada en los dataloggers debe ser recolectada por algún medio (recolecciones manuales o automáticas con periodicidad que asegure la no pérdida de información debido al rebosamiento de memorias de almacenamiento de los dataloggers), que permita el traspaso al sistema de validación.
- Respaldo de información cruda. Toda información generada y almacenada en los sistemas de registro debe ser respalda para evitar pérdidas debidas a la edición y corrección de la información en el proceso de validación.
- Revisión preliminar. Revisión de la información generada para verificar funcionamiento de sensores.

9.2 Niveles de validación

Los niveles de validación, cada uno por separado, entregan códigos, por ejemplo numéricos, que indica la confiabilidad de la información generada, los cuales son adicionados a la información cruda para su uso posterior.

Así es posible definir cuatro niveles de validación:

Nivel 0: Corresponde esencialmente a la información cruda, obtenida directamente desde los sistemas de adquisición. Este nivel permite revisar la información para su reformato (como se presenta), pero no es editada ni reescrita. No debe recibir ningún tipo de ajuste o

corrección que pudiera ser detectado durante las actividades de mantenimiento preventivo o auditorias. Esta información puede ser usada para monitorear el estado operativo de los sensores, pero no debe ser usada para aplicaciones medioambientales sin antes haber recibido, al menos la validación del Nivel 1.

Nivel 1: Corresponde a la revisión cuantitativa y cualitativa de la precisión, completitud y consistencia de la información generada. La revisión cuantitativa de la información puede ser realizada a través de programas computacionales, mientras que la revisión cualitativa debe ser realizada por personal entrenado en meteorología o meteorólogos, los que realizan una revisión manual de la información. El resultado de este nivel de validación es la información editada y sus correspondientes códigos de validación. En la Tabla 9-1 se puede ver un ejemplo de códigos de validación.

Nivel 2: El nivel de validación 2 involucra la comparación de la información generada con información generada en forma independiente para la edición y corrección de aquella que después del Nivel 1, aún se encuentre sospechosa.

Nivel 3: El nivel 3 de validación solo se puede observar después del uso de la información en procesos de modelación o análisis, en donde se pudieran generar inconsistencias o errores atribuibles a errores de medición.

Tabla 9-1 Ejemplo de códigos de validación

Código	Significado	Descripción
0	Válido	El valor medido cumple con todos los requisitos de la medición, no sobrepasa los límites históricos, se mantiene en los rangos de medición del instrumento y con la exactitud requerida.
1	Estimado	Mediciones que requieren procesamiento adicionales debido a que el valor original fue sospechoso, inválido o perdido. Los valores estimados pueden ser calculados a través de tendencias en la información o basado en la experiencia meteorológica revisor.
2	Modificado	Mediciones que fueron corregidas usando un factor conocido (por ejemplo, offset de instrumento, medido en auditoria)
3	Para revisión	Medición que no pasó el chequeo automático (revisión cuantitativa), debe ser revisado manualmente.
4	Sospechoso	Mediciones, que a juicio del revisor, fueron realizadas con error debido a que los valores no cumplen con los criterios físicos o bien no existe consistencia, pero no existe una causa clara de por que se produjo. Se requiere de mediciones independientes para verificarlos. Medición susceptible de ser validada en Nivel 2.
5	Invalido	Medición que no cumple con uno o todos los criterios de validación, o que fue invalidado en forma manual por el revisor.
6	Perdido, no guardado	Medición que no fue recolectada, sin importar la causa

9.3 Procedimiento de validación

Cada sistema de medición debe generar programas computacionales para realizar la validación cuantitativa de la información generada, los cuales al menos deben considerar los criterios siguientes.

9.3.1 Criterios de validación para la temperatura ambiente

La variable temperatura presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-2 Criterios de validación de Temperatura

Criterio	Valor Adoptado	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$T < T_{\min \text{ inst}} \text{ ó } T > T_{\max \text{ inst}}$	6999 (2)	Temperatura fuera de rango instrumento
$T < T_{\min \text{ hist}}$	Reporte Operador	Temperatura menor que mínima histórica. Se cambia valor mínimo histórico, requiere de validación manual
$T > T_{\max \text{ hist}}$	Reporte Operador	Temperatura mayor que máxima histórica. Se cambia valor máximo histórico, requiere de validación manual
$T = -6999$ (1)	6999	Rebosamiento instrumental
$DT/dt = 0$	Reporte Operador	Gradiente temporal nulo para dos horas consecutivas, requiere de validación manual
$ DT/dt > DT/dt _{\max}$	Reporte Operador	Gradiente horario mayor que el máximo histórico, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Validado	Dato utilizable

(1) El valor -6999 es arbitrario, cambia para cada sistema de almacenamiento en particular

(2) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

9.3.2 Criterios de validación para la velocidad del viento

La variable velocidad del viento presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-3 Criterios de validación de Velocidad del Viento

Criterio	Bandera de validación	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$V > V_{\max \text{ inst}}$	6999	Velocidad fuera de rango instrumento
$0 < V < V_{\min \text{ hist}}$	Reporte Operador	Velocidad menor que mínima histórica. Se cambia valor mínimo histórico, requiere de validación manual
$V > V_{\max \text{ hist}}$	Reporte Operador	Velocidad mayor que máxima histórica. Se cambia valor mínimo histórico, requiere de validación manual
$V < 0$	6999 (2)	Dato inválido
$Si_{\sigma V} > 3$ (1) ó $\sigma V < 0$	Reporte Operador	Datos con desviaciones no válidas, requiere de validación manual
$DV/dt = 0$	Reporte Operador	Gradiente temporal nulo para dos horas consecutivas, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Válido	Dato utilizable

(1) Valor de cota máxima de desviación de velocidad del viento depende de valores históricos

(2) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

9.3.3 Criterios de validación para la dirección del viento

La variable dirección del viento presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-4 Criterios de validación de Dirección del Viento

Criterio	Bandera de validación	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$D < 0$	6999	Dirección no válida
$D > 360$	6999	Dirección no válida
Si $\sigma\theta > 180$ ó $\sigma\theta < 0$	Reporte Operador	Datos con desviaciones no válidas. Se debe poner bandera de eliminación a los valores de velocidad del viento, desviación estándar de velocidad y dirección del viento, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Válido	Dato utilizable

(1) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

9.3.4 Criterios de validación para la humedad relativa

La variable humedad relativa presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-5 Criterios de validación de Humedad Relativa

Criterio	Bandera de validación	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$HR < 0$ ó $HR > 100$	6999	Valores no válidos
$HR = -6999$ (1)	6999 (2)	Rebosamiento instrumental
$HR < HR_{\text{mín hist}}$ Para $HR > 0$	Reporte Operador	Humedad relativa menor que mínima histórica. Cambio de valor mínimo histórico, requiere de validación manual
$HR > HR_{\text{máx hist}}$ Para $HR < 100$	Reporte Operador	Humedad relativa mayor que máxima histórica. Cambio de valor máximo histórico, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Válido	Dato utilizable

(1) El valor -6999 es arbitrario, cambia para cada sistema de almacenamiento en particular

(2) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

9.3.5 Criterios de validación para la radiación solar

La variable radiación solar presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-6 Criterios de validación de Radiación Solar

Criterio	Bandera de validación	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$RS > 1400$ (1)	6999 (2)	Valor fuera de rango instrumento
$RS < 0$	0	Valor fuera de rango físico
$RS > RS_{\text{máx hist}}$	Reporte Operador	Radiación solar mayor que radiación solar histórica, requiere de validación manual
$DRS/Dt = 0$	Reporte Operador	Gradiente temporal nulo para dos horas consecutivas, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Válido	Dato utilizable

(1) Cota máxima depende del modelo y tipo de sensor

(2) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

9.3.6 Criterios de validación para la presión atmosférica

La variable presión atmosférica presenta los siguientes criterios para la validación

Tabla 9-7 Criterios de validación de Presión Atmosférica

Criterio	Bandera de validación	Comentario
Dato faltante	Faltante	Dato que no fue recolectado
$P > 1150$ (1)	6999	Valor fuera de rango instrumento
$P < 600$ (1)	6999 (2)	Valor fuera de rango instrumento
$RS > RS_{\text{máx hist}}$	Reporte Operador	Radiación solar mayor que radiación solar histórica, requiere de validación manual
$P > P_{\text{máx}}$	Reporte Operador	Presión mayor que máximo histórico, requiere de validación manual
$P > P_{\text{mín}}$	Reporte Operador	Presión menor que mínimo histórico, requiere de validación manual
Para el resto de valores	Dato Válido	Dato utilizable

(1) Cotas superiores e inferiores dependen del modelo y tipo de sensor

(2) El valor 6999 se adopta arbitrariamente

La validación cualitativa debe ser realizada manualmente por personal calificado, que sea capaz de entender los procesos meteorológicos de escala local o por meteorólogos. Además deben estar capacitado en el entendimiento de los principios de funcionamiento de los sensores utilizados en la medición de las variables meteorológicas, para formar un criterio uniforme en el proceso de validación.

Pueden utilizar herramientas computacionales, tales como planillas de calculo o programas estadísticos, que sirvan de ayuda en la decisión en que hacer con el dato sospechoso o que no cumpla con los criterios cuantitativos de la validación.

9.4 Reportes de información

La información recolectada, después del proceso de validación debe ser reportada para su uso y distribución, para ello se deben seguir las siguientes pautas.

9.4.1 Variables escalares

Se debe reportar mensualmente para las variables temperatura, humedad, velocidad del viento (magnitud), presión atmosférica y radiación solar los siguientes parámetros:

- Ciclos diarios promedios, incluyen valores extremos
- Valores promedios y extremos diarios y mensuales
- Valores acumulados diarios y mensuales para radiación solar

Estos pueden ser presentados en tablas y gráficos, las figuras siguientes muestran ejemplos de estos reportes.

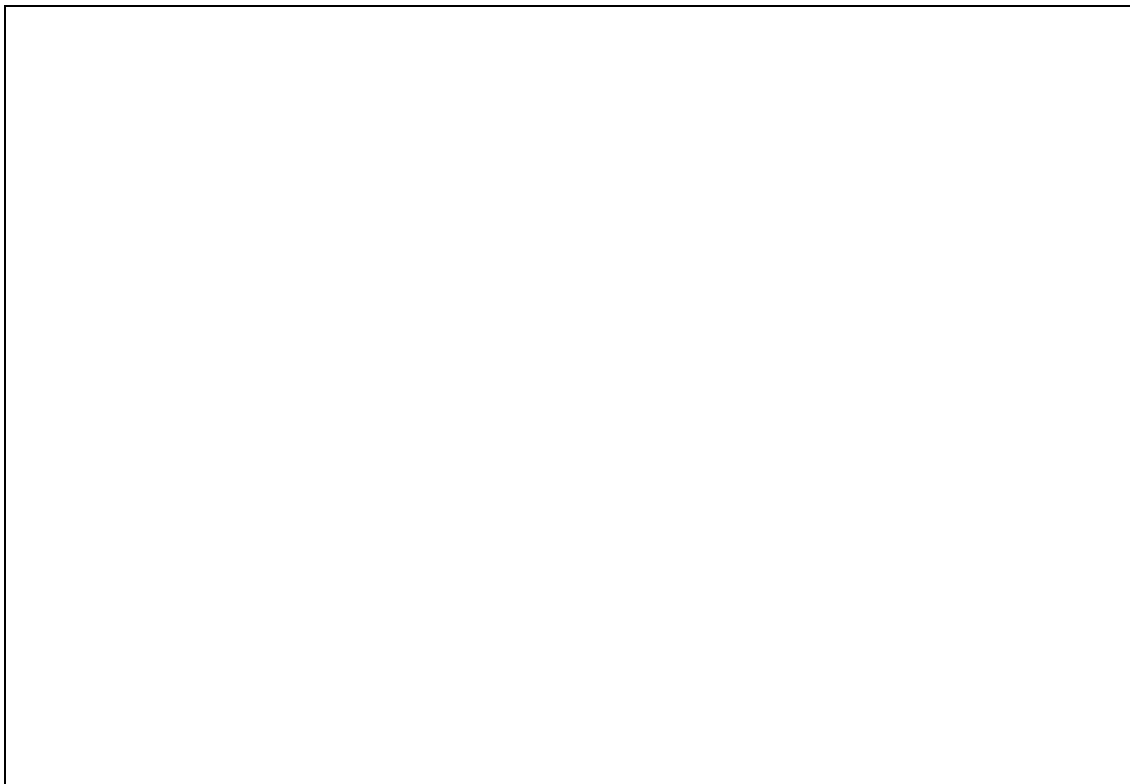


Figura 9-1 Ejemplo de tabla de reporte mensual de mediciones

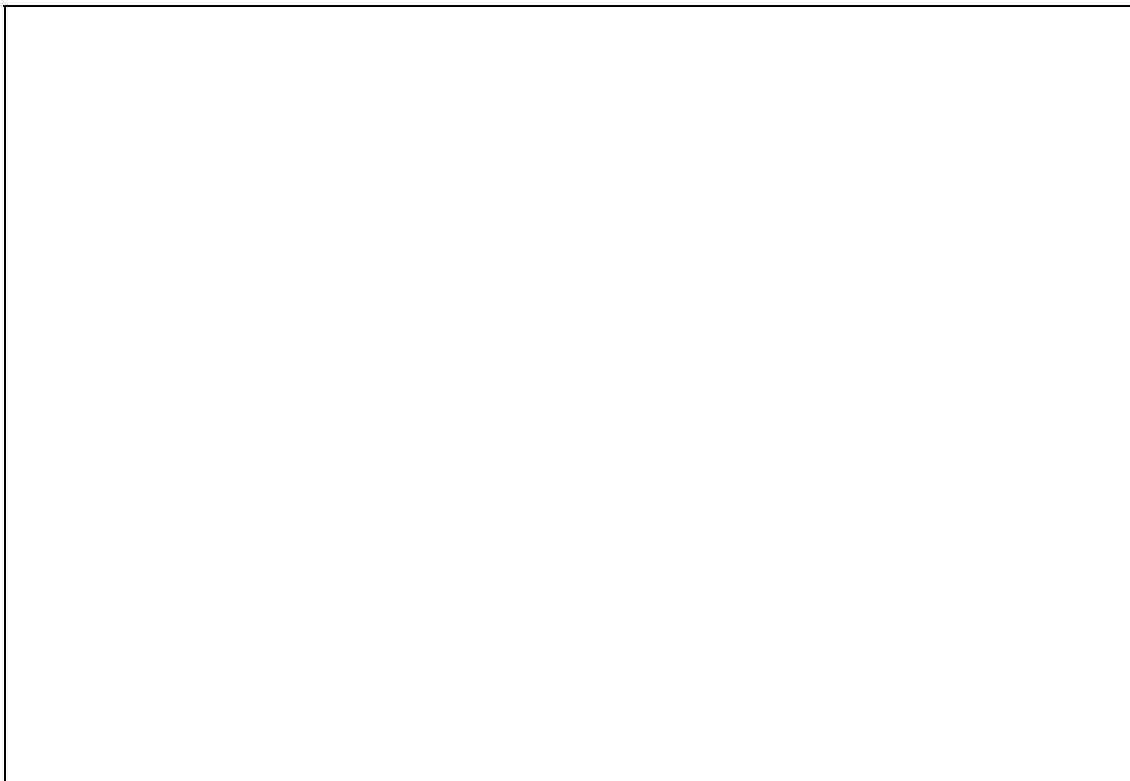


Figura 9-2 Ejemplo de gráfico de ciclos diarios

9.4.2 Variables vectoriales

Se debe reportar mensualmente para la variable dirección del viento los valores medidos en las estaciones mediante tablas y gráficos resúmenes. La tabla debe contener los valores observados, mientras que los gráficos deben mostrar los ciclos diarios de frecuencia de direcciones principales (al menos los ciclos diurno y nocturno) y la frecuencia de direcciones principales mensuales. Las figuras siguientes muestran un ejemplo de ellos.

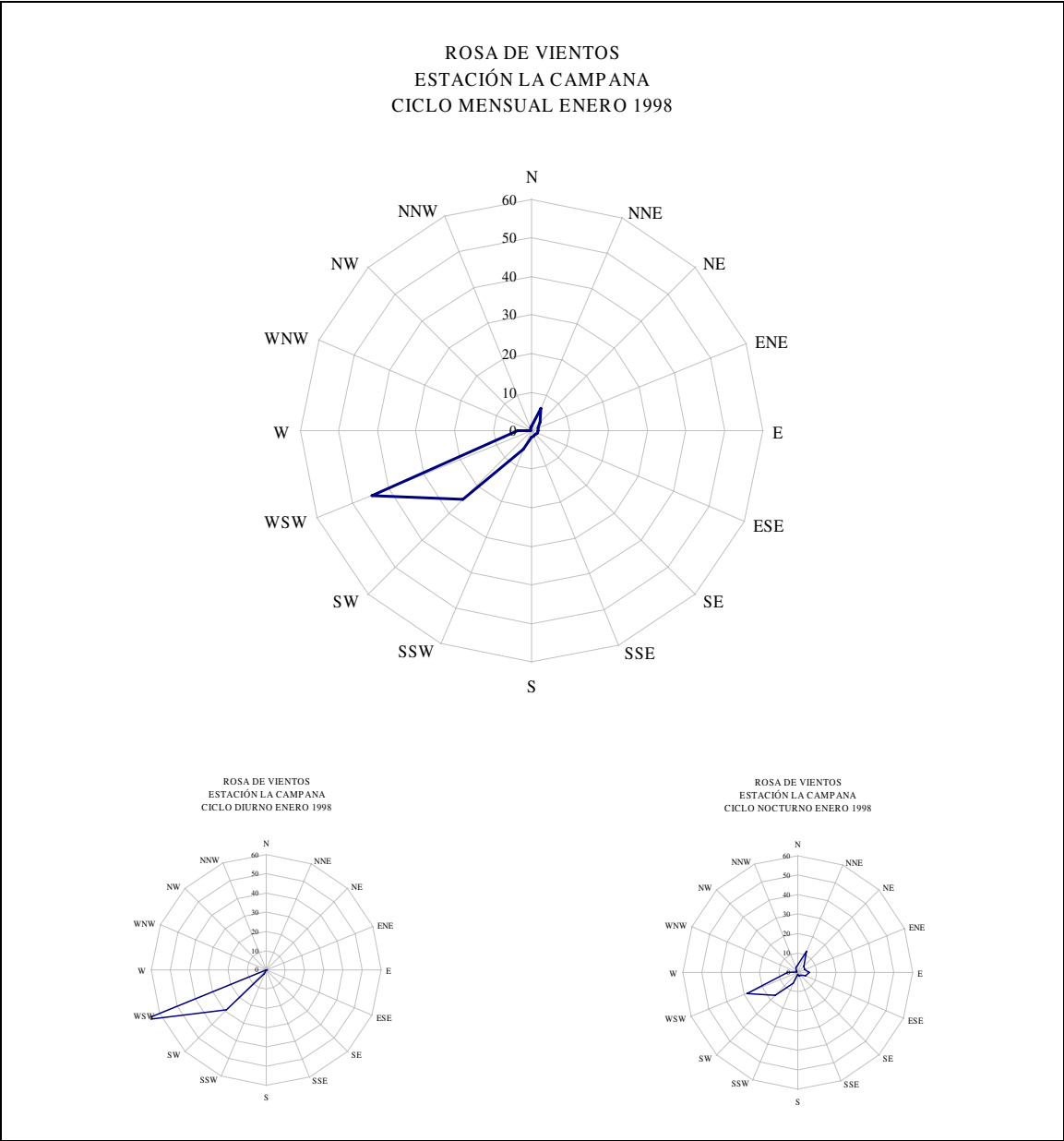


Figura 9-3 Ejemplo de reporte de rosas de frecuencia

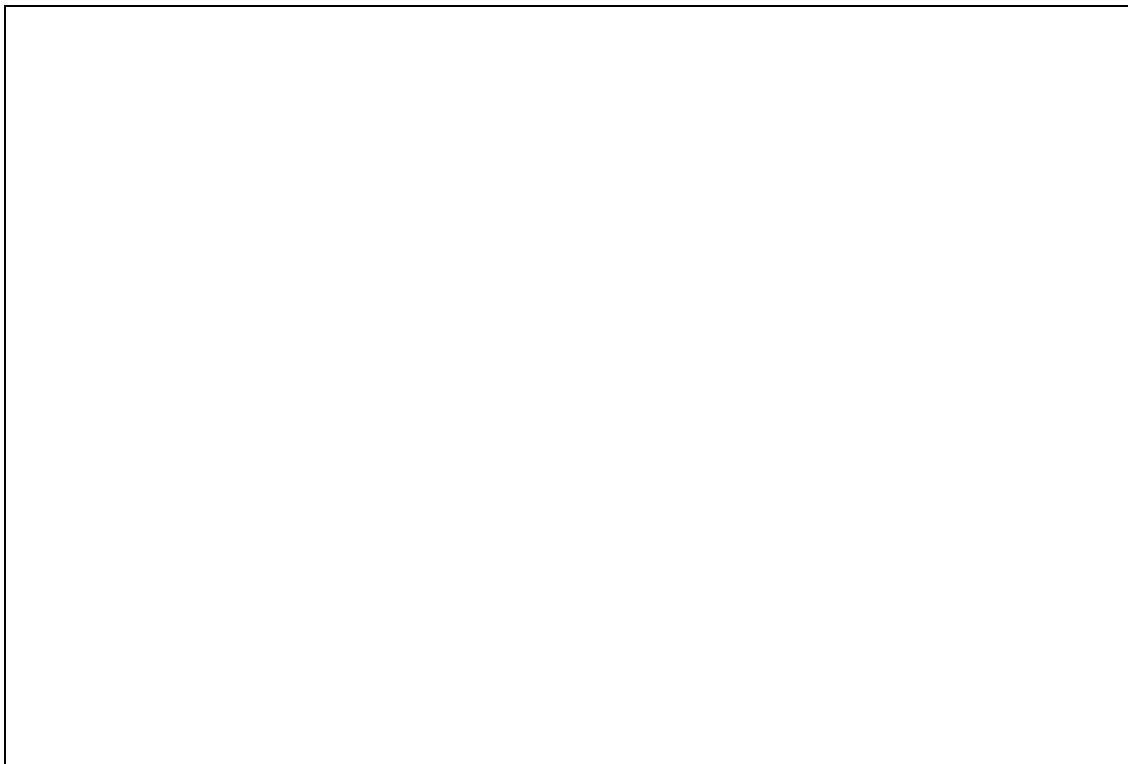


Figura 9-4 Ejemplo de reporte de datos de dirección de viento

El viento, como magnitud vectorial, puede ser reportado a través de sus componentes Zonal y Meridional, con el tratamiento de magnitudes escalares. El vector resultante se reporta en mapas considerando ciclos diarios, diurnos y nocturnos. Este tratamiento se hace en conjunto con otras estaciones para corroborar la consistencia de los flujos de viento locales.

9.4.3 Reportes anuales

Anualmente se debe generar un reporte que resuma las condiciones meteorológicas de cada una de las variables medidas por la estación, en donde se muestren los valores extremos y promedios mensuales y anuales. También se debe reportar las características específicas de cada una de las variables medidas, definidas en los objetivos del monitoreo.

Para la dirección del viento se debe reportar la frecuencia principal mensual y anual.

Además se debe reportar el porcentaje de datos validados con los cuales se realizaron los cálculos mensuales y anuales.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de este tipo de reporte.

Red Meteorológica Operada para CONAMA RM

1998

ESTACIÓN LA CAMPANA

Longitud: 70.9500 W

Latitud: 33.6371 S

Altura: 483 m snm

Variables	Unidades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Temperatura del aire														
Promedio	C	20.1	17.9	17.5	14.6	14.0	11.7	9.3	10.6	12.1	15.3	15.4	18.3	14.7
Máxima		31.0	30.4	28.9	26.0	24.5	20.9	18.6	26.3	25.8	28.4	26.7	31.7	31.7
Mínima		11.9	11.6	10.7	8.6	7.6	4.5	2.8	3.4	4.9	6.6	7.3	9.0	2.8
Velocidad del viento														
Promedio	m/s	4.0	3.8	3.3	2.9	2.9	3.1	2.9	2.9	3.1	3.9	4.4	4.3	3.4
Máxima		13.4	11.1	10.7	11.7	8.2	8.1	7.8	10.8	13.1	11.7	13.4	12.6	13.4
Nº de días viento > 10 m/s		5	8	1	1	0	0	0	3	4	5	12	8	47
Dirección del viento														
Dirección predominante		WSW	WSW	SW	SW	NNE	NNE	NNE	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW	WSW
Humedad relativa														
Promedio	%	56.8	71.9	67.6	77.0	73.4	74.3	82.1	72.5	71.5	65.9	62.7	62.2	69.8
Máxima		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mínima		18.8	31.3	16.1	26.8	18.6	27.3	34.4	14.8	18.5	17.1	10.6	13.4	10.6
Presión atmosférica														
Promedio	hPa	956.6	958.2	958.6	960.1	961.6	962.5	963.0	963.5	963.4	961.0	960.3	959.3	960.7
Sigma dirección														
Promedio	Grados	15.0	18.8	20.5	27.1	24.1	14.5	14.7	17.8	17.7	13.6	14.4	15.4	17.8
Máxima		102.0	95.0	93.5	102.5	96.9	97.5	98.5	103.2	90.2	92.0	93.8	95.4	103.2
Mínima		2.3	0.5	2.1	0.9	1.6	0.8	1.0	1.0	1.8	0.8	1.6	1.6	0.5
Sigma velocidad														
Promedio	m/s	0.60	0.58	0.53	0.51	0.51	0.50	0.47	0.51	0.57	0.56	0.62	0.64	0.55
Máxima		1.47	2.21	2.10	2.27	2.40	1.89	1.40	1.81	1.89	1.54	1.84	2.04	2.40
Mínima		0.11	0.10	0.10	0.10	0.07	0.08	0.08	0.11	0.07	0.08	0.09	0.11	0.07
Heladas														
Nº días con heladas	Días	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fecha primera helada														
Fecha última helada														
Horas de frío		Horas	0	0	0	0	15	167	112	30	10	0	0	334
Requerimiento de calefacción		Grados-Días	3.9	27.2	29.6	103.3	124.6	168.2	229.6	178.3	93.0	81.1	25.9	1333.3
Información utilizada														
Temperatura del aire	%	100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Velocidad del viento		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Dirección del viento		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Humedad relativa		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Presión atmosférica		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Sigma dirección		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
Sigma velocidad		100.0	94.0	100.0	99.9	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4
		100.0	94.0	100.0	100.0	100.0	87.2	100.0	100.0	99.2	100.0	100.0	100.0	98.4

Figura 9-5 Ejemplo de reporte anual de mediciones

9.5 Tratamiento de la información

Para la realización de los cálculos de los reportes de datos se debe considerar la siguiente formulación.

9.5.1 Promedios mensuales y anuales para variables escalares

Las variables que se promedian mensual y anualmente deben ser calculadas utilizando las siguientes relaciones:

Promedio Mensual

$$\overline{x_j} = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} x_i}{N_j} \quad \text{con } N_j = \text{número de datos del mes } j, \text{ con } j = 1..12$$

Promedio Anual

$$\overline{x_{anual}} = \frac{\sum_{j=1}^{12} \overline{x_j}}{12} \quad \text{con } \overline{x_j} = \text{promedios mensuales}$$

9.5.2 Valores extremos

El cálculo de los valores extremos mensuales se debe realizar utilizando la siguiente relación

$$x_{max}^j = \max(x_i)_{N_j} \quad \text{con } N_j = \text{número de datos del mes } j$$

$$x_{min}^j = \min(x_i)_{N_j} \quad \text{con } N_j = \text{número de datos del mes } j$$

El cálculo de los valores extremos anuales se deben realizar de la siguiente manera

$$x_{max}^{anual} = \max(x_j) \quad \text{con } x_j = \text{maximos mensuales}$$

$$x_{min}^{anual} = \min(x_j) \quad \text{con } x_j = \text{minimos mensuales}$$

9.5.3 Ciclos promedios diarios

Los ciclos diarios corresponden a los promedios mensuales de las horas del día y se calculan como sigue

$$\overline{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^{N_j} x_i^j}{N_j} \quad \text{con } N_j = \text{número de horas } i \text{ en el periodo de cálculo, con } i = 1..24$$

9.5.4 Rosas de viento

Las rosas de viento se construyen mediante una análisis de frecuencia de las direcciones medidas por las estaciones de la red, para ello se deben discretizar estos valores utilizando los siguientes criterios.

- Se deben definir 16 sectores de análisis, con un ancho de 22.5° que conforman la rosa de vientos usual para las mediciones de dirección de viento.
- Para cada sector se define un valor central y valores de límites inferiores y superiores.
- El criterio de discretización consiste en lo siguiente
- Si el valor medido se encuentra entre los límites superior e inferior, adopta el valor central del sector.

En la tabla siguiente se muestran los límites inferiores y superiores de los sectores y el valor adoptado por el valor medido.

Tabla 9-8 Discretización de mediciones de dirección del viento

Nombre

Sector Límite

Inferior Condición Límite

Superior Valor

Adoptado	N	348.75	<	X	<=	11.25	0.0	NNE	11.25	<	X		
<=	33.75	22.5	NE	33.75	<	X	<=	56.25	45.0	ENE	56.25	<	X
<=	78.75	67.5	E	78.75	<	X	<=	101.25	90.0	ESE	101.25	<	X
<=	123.75	112.5	SE	123.75	<	X	<=	146.25	135.0	SSE	146.25	<	X
<=	168.75	157.5	S	168.75	<	X	<=	191.25	180.0	SSW	191.25	<	X
<=	213.75	202.5	SW	213.75	<	X	<=	236.25	225.0	WSW	236.25	<	X
<=	258.75	247.5	W	258.75	<	X	<=	281.25	270.0	WNW	281.25	<	X
<=	303.75	292.5	NE	303.75	<	X	<=	326.25	315.0	NNW	326.25	<	X
<=	348.75	337.5	El análisis de frecuencia cuenta los valores que se encuentran en										

Las rosas anuales ocupan todos los datos del año que están disponibles para la realización de los cálculos.

Las rosas mensuales ocupan los valores del mes en análisis que están disponibles para realizar los cálculos

Las rosas diurnas ocupan los valores entre las 12:00 y 18:00 horas que están disponibles para la realización de los cálculos

Las rosas nocturnas ocupan los valores entre las 00:00 y 06:00 horas que están disponibles para la realización de los cálculos

Viento resultante

El cálculo del viento resultante se realiza mediante el siguiente algoritmo

V_i = Velocidad del viento medida

Θ_i = Dirección del viento medida

N = Número de datos del periodo analizado

Para el cálculo del viento resultante se consideran todas las mediciones realizadas durante el periodo de mediciones.

Cálculo de viento de componente Zonal (E-W)

$$\overline{Ue} = \frac{\sum_{i=1}^N -V_i * \sin(\Theta_i)}{N}$$

Cálculo de viento de componente Meridional (N-S)

$$\overline{Un} = \frac{\sum_{i=1}^N -V_i * \cos(\Theta_i)}{N}$$

Cálculo de ángulo de viento resultante

$$\beta = 270 - \left[\text{atan2} \left(\frac{\overline{Un}}{\overline{Ue}} \right) \right]$$

Para el ángulo β se debe verificar que corresponda a un ángulo entre 0 – 360 °, para lo cual se realiza el siguiente procedimiento

Si $\beta > 360^\circ$ entonces $\beta = \beta - 360$

Si $\beta < 360^\circ$ entonces $\beta = \beta$

Nota: atan2 es una función trigonométrica que entrega valores de ángulos comprendidos entre $-\pi$ y π (-180 y 180)

Magnitud del viento resultante

$$\overline{V} = \sqrt{\overline{Un}^2 + \overline{Ue}^2}$$

Valores acumulados
 Diarios

Los valores acumulados diarios son la suma de los valores medidos durante el periodo de medición.

Para la Radiación Solar se consideran las siguientes relaciones

$$RSh_k = \sum_{i=1}^4 rs_i * 0.25$$

$rs_i = \text{Mediciones de radiación solar cada 15 minutos}$

$$RSd_k = \sum_{i=1}^{24} RSh_i$$

$RSh_i = \text{Valores acumulados horarios}$

$$RSm_k = \sum_{i=1}^{N_k} RSd_i$$

$RSd_i = \text{Valores acumulados diarios}$
 $N_k = \text{Número de horas mensuales}$

$$RSa = \sum_{i=1}^{12} RSm_i$$

$RSm_i = \text{Valores acumulados mensuales}$
 $RSa = \text{Valor acumulado anual}$

Nota: El cálculo de Radiación Solar acumulada se presenta como valores de energía Wh/m²

Valores extremos diarios y horarios

Radiación Solar

Los valores máximos horarios, diarios y anuales de radiación solar se calculan con las siguientes relaciones.

$$\overline{RSh_k} = \frac{\sum_{i=1}^4 rs_i * 0.25}{1 \text{ hora}}$$

$rs_i = \text{Mediciones de radiación solar cada 15 minutos}$

$$MhdRS_k = \text{Max}(\overline{RSh_j}) \quad j = 1..24$$

$\overline{RSh_j} = \text{Valor característico horario de radiacion solar}$

$$MhmRS_k = \text{Max}(MhdRS_j) \quad j = 1..N_k$$

$MhdRS_j$ = Maximo horario diario

N_k = Número de dias mes k

$$MhaRS = \text{Max}(MhmRS_j) \quad j = 1..12$$

$MhmRS_j$ = Maximo horario mensual

$MhaRS$ = Maximo horario anual

$$MdmRS_k = \text{Max}(RSd_i)$$

RSd_i = Valores acumulados diarios

$$MdaRS = \text{Max}(MdmRS_i)$$

$MdmRS_i$ = Maximo acumulado diario mensual

$MdaRS$ = Maximo acumulado diario anual

Control de datos y registros

Se debe mantener un registro de todas las operaciones que se realicen en relación a los sensores meteorológicos, relativos a las actividades de:

Mantenimiento preventivo

Visitas de rutina, visitas por fallas

Mantenimiento correctivo, acciones tomadas

Calibraciones

Validación y reportes

Estos registros permitirán determinar en todo momento el estado operacional de los sensores y servirán como base para la distribución de los recursos humanos y materiales.

Cada instructivo y/o procedimiento posee su propio formato de registro, el que debe quedar archivado y asegurar su preservación.

Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

Instructivo de instalación de estación meteorológica completa, rdm/met/iem01

Instructivo de seteo de offset de dirección para estaciones meteorológicas, rdm/met/sod01

Instructivo de toma de datos estaciones con acceso automático, rmd/met/tda01

Instructivo de toma de datos estaciones con acceso manual, rmd/met/tdm01

Instructivo de calibración de sensores de humedad relativa (de tipo capacitivo), rdm/met/calhum

Instructivo de calibración de sensores de presión, rdm/met/calpres

Instructivo de calibración de sensores de temperatura(basados en termistores), rdm/met/caltemp

Instructivo de calibración de monitores de viento (rm young, modelos 05305aq y 05301), rdm/met/calvien

Instructivo de verificación de funcionamiento para sensores de radiación solar (tipo pirómetros), rdm/met/comprad

ANEXOS

No tiene.

ANEXO A6

Procedimiento de Monitoreo de Calidad de Aire

Monitores BETA

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PDGBETA

Revisión V1.0

Fecha 16/12/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación _____	5
2 Resumen _____	5
2.1 Descripción del principio de operación _____	5
2.2 Ilustraciones del equipo _____	7
3 Calificaciones del personal _____	10
4 Embalaje y traslado del equipo _____	10
5 Instalación del equipo en el sitio _____	10
5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra _____	10
5.2 Armado del equipo _____	12
5.3 Instalación del equipo _____	12
6 Procedimiento de cálculo _____	13
6.1 Cálculo de masa de partículas en la cinta del filtro _____	13
7 Procedimiento de Mantención _____	14
7.1 Precauciones _____	14
7.2 Acciones y frecuencias de mantención recomendadas _____	15
7.2.1 Reemplazo de la cinta del filtro _____	15
7.2.2 Reemplazo de aspas de carbón de la bomba _____	15
7.2.3 Limpieza de la entrada de MP10 _____	17
8 Procedimiento de calibración _____	18
8.1 Calibración de masa _____	19
9 Validación de la información _____	20
9.1 Validación de masa _____	21
9.2 Aseguramiento de calidad de los datos _____	22
9.2.1 Cambios de estado e ingreso en la hoja de registro _____	22
10 Reportes de información _____	22
REFERENCIAS _____	22
ANEXOS _____	23
ANEXO A. Formulario de Registro de Chequeo de Mantención General _____	23

RDM/CA/PDGBETA

Revisión V1.0

Fecha 16/12/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento describe el proceso de monitoreo continuo de calidad de aire para monitores basados en el principio de atenuación de rayos beta. Entrega los procedimientos generales recomendados para los cálculos de masa, mantención, calibración y validación a realizar bajo cualquier programa de monitoreo.

Se recomienda que el Manual de Operaciones del fabricante del monitor de atenuación beta a utilizar sea usado en conjunto con los procedimientos aquí descritos durante las distintas instancias del programa de monitoreo.

2 Resumen

El método de atenuación de rayos beta, se aplica a la determinación de concentración de material particulado total o con diámetro $< 10 \mu\text{m}$, según el tipo de separador que se coloca en la entrada.

La radiación emitida por una fuente de rayos β pasa por un filtro de fibra de vidrio limpio, generalmente en forma de cinta. Un volumen conocido de muestra de aire se hace pasar por el filtro y en la mancha se mide la atenuación de rayos beta por absorción en la muestra. Periódicamente se corre el filtro. La relación entre ambas mediciones dan la cantidad de MP depositado. La fuente de rayos- β es usualmente un isótopo de C^{14} .

2.1 Descripción del principio de operación

Los monitores en cuestión utilizan el principio radiométrico de atenuación beta, a través de un área conocida sobre una cinta de filtro fibrosa, para continuamente detectar la masa depositada de partículas ambientales.

Un monitor de atenuación beta mide emisiones de partículas alfa, directamente del aire ambiental muestreado y excluye masa negativa de la descomposición de gas radón, para lograr una medición de masa refinada. Mediciones de masas refinadas y simultáneas de particulado muestreado sobre la cinta de filtro y mediciones de muestreo volumétrico, proporcionan una medición continua de concentraciones de MP10.

La Figura 1 proporciona un esquema de los componentes utilizados dentro del monitor de atenuación beta. Dentro de la cámara de medición, los cuatro componentes claves son:

1. el detector proporcional
2. la colección del particulado en una cinta del filtro de fibra de vidrio
3. el plato de la cámara de vacío con movimientos verticales
4. la fuente de beta ^{14}C $< 100 \mu\text{Ci}$ ($< 3.7 \text{ Mbq}$). (dependiendo del modelo del monitor)

Figura 1. Esquema de un monitor de atenuación beta

Por defecto, un área limpia del filtro es introducida por un cambio automático del muestreo combinado y la cámara de detección, cada 24 horas.

Los cambios automáticos del filtro son controlados por un instrumento que detiene la operación de bombeo, baja el plato de la cámara de vacío, avanza la cinta del filtro a un largo fijo, eleva el plato de la cámara de vacío e inicia la operación de bombeo y la puesta en cero del detector.

Inmediatamente después del cambio de filtro un nuevo ciclo de medición se inicia con un ajuste automático en cero de la señal de masa. El ciclo de cambio de filtro es ajustable por el operador.

Además, cambios automáticos del filtro ocurren si la masa sobre el filtro excede 1,500 μg o si la tasa de flujo a través de la cinta del filtro se reduce en más de 5% debido a un particulado potencialmente restrictivo.

El aire ambiental es atraído hacia una entrada selectiva para partículas menores a 10 μm (entrada aprobada por la USEPA (RFPS-0699-130, 131, y 132). La tasa volumétrica de flujo en la entrada es de 16.67 litros por minuto.

Además, la temperatura ambiental se mide vía una pantalla de radiación y un sensor termopar (T1) como parte de un control de la tasa volumétrica de flujo.

Posteriormente, las partículas ambientales son atraídas hacia un tubo calentado de muestreo. El calor administrado al tubo de muestreo es ajustable según región (condiciones locales) o estación del año.

El propósito de calentar el tubo de muestreo es para reducir la adhesión de partículas de agua y la humedad relativa en menos de 60%. El calentador es controlado por el CPU a través de una caja calentadora externa.

En la ubicación donde el tubo de muestreo se conecta al cuerpo del monitor de atenuación beta, un tubo aislado curvo (con un radio para evitar las vueltas bruscas) une el tubo de muestreo a la cámara de colección. Aquí, el particulado es atraído a la cinta del filtro de fibra de vidrio y se posiciona entre el detector proporcional (arriba) y la fuente beta (abajo). El rayo de beta pasa hacia arriba por la cinta del filtro y la capa acumulada de particulado. La intensidad del rayo de beta se atenúa con la carga creciente de masa, llevando a una disminución en la tasa de conteo (R1) desde el detector. Desde una tasa de conteo continuamente integrada, se calcula la masa en la cinta del filtro. Durante el muestreo, siempre se conoce la masa en el área del filtro y la tasa de acumulación del particulado puede ser observada.

Una medición continua de la tasa del flujo determina el volumen de la muestra. Se utiliza una bomba para mantener la tasa del flujo de la muestra en su valor nominal.

La cámara de medición alberga, también, dos sensores de temperatura en la parte superior (T2) e inferior (T3) de dicha cámara. El sensor T2 mide directamente la temperatura de la corriente entrante, como parte de un algoritmo de compensación continuo de masa de aire. El sensor T3 mide directamente la temperatura de la masa de aire filtrada entrante antes del sistema de bombeo.

El monitor incluye tres sensores de presión, P1, P2, y P3, los cuales miden la presión diferencial a través de un orificio subsónico, la presión bajo la cinta del filtro, y la presión barométrica, respectivamente.

El sistema de la bomba de vacío está construido sobre una señal de retroalimentación calibrada desde el CPU a la bomba regulada de carbono, utilizando una señal de control de 0-10 volts. Utilizando este control del flujo, la vida útil de la bomba se extiende, el aumento de calor y el ruido se minimizan y la estabilidad del flujo es fácilmente mantenido.

2.2 Ilustraciones del equipo

El equipo está formado por 4 partes principales:

- Unidad de monitoreo central
- Sistema de entrada de aire de muestra
- Bomba rotatoria con variables controladas
- Unidad registradora de datos internos y puertos de comunicación externos

Las Figura 2 y Figura 3 muestran las partes anterior y posterior de la unidad central de monitoreo, respectivamente, con sus componentes esenciales y conexiones.

Figura 2. Frente de la Unidad de Monitoreo Central

Identificación de componentes de la Figura 2:

- (1) Conexión al tubo de monitoreo ambiental
- (2) Suministro de aire a la sección de medición
- (3) Cabezal de medición con detector
- (4) Bobina alimentadora de la cinta del filtro
- (5) Bobina que sujeta la cinta del filtro
- (6) Bobina de sensor de transporte de la cinta del filtro
- (7) Palanca para abrir el filtro
- (8) Despliegue para la lectura de valores medidos y para la entrada de parámetros en el modo de menú interactivo.

Figura 3. Parte posterior de la Unidad de Monitoreo Central

Identificación de componentes e la Figura 3:

- (20) Enchufe de conexión de la bomba (10 mm)
- (21) Interruptor de encendido, tapón de conexión de poder y fusible
- (22) Suministro de poder especial para la bomba
- (23) Suministro de poder para el calentador del tubo externo
- (24) Conector para los sensores de temperatura: entrada y calentador externo
- (25) Conector para regulación de voltaje de la bomba reguladora de RPM
- (26) Interfaz paralela
- (27) Adaptador estándar de I/O para 6 salidas agregados y 4 entradas (28) Adaptador analógica de expansión de 4 salida adicionales (29) Expansión del -I/Os analógico con 8 in- y 4 salidas
- (30) Interface RS 485
- (31) Señal de estado y salida analógica de concentración.
- (32) Interface COM2 serie V.24/RS 232, 9 pin.
- (33) Interface COM1 serie V.24/RS 232, 25 pin.
- (34) Caja de batería e interruptor (on/off) para el amortiguador de Voltaje Alto

3 Calificaciones del personal

Todo el personal involucrado en el proceso de monitoreo debe tener la experiencia y el entrenamiento necesarios para realizar las actividades de operación, mantenimiento, reparación, calibración y validación de información, respectivamente según el área en el que el personal se desempeñe.

4 Embalaje y traslado del equipo

Para el traslado del monitor al sitio de monitoreo se recomienda embalar con precaución sus partes componentes y poner especial cuidado en aquellas que puedan ser susceptibles de contaminarse o dañarse en el proceso de traslado, influyendo en los resultados de las mediciones.

En caso de que el traslado del equipo se realice por medio de transporte público, rotule las cajas haciendo referencia a la posición que éstas deben llevar y su característica de material científico y frágil.

5 Instalación del equipo en el sitio

5.1 Criterios de selección de sitios y ubicación de toma muestra

Con el objeto de obtener datos de calidad de aire comparables provenientes de las distintas estaciones de monitoreo, la Tabla 5-1 muestra un resumen de criterios de ubicación del sitio y toma muestra en relación a requisitos de distancia mínima a obstrucciones como edificios, separación al tráfico vehicular y a la presencia de árboles o vegetación abundante en altura que puedan causar algún tipo de interferencias en las mediciones de contaminantes. Esta información puede también encontrarse en 40 CFR Part 58, Apéndice E.

Tabla 5-1. Criterios de ubicación del sitio y del toma muestra.

Contaminante	Escala	Distancia vertical y horizontal de las estructuras soportantes ^A [m]	Distancia a árboles [m]	Altura del toma muestra ^A [m]	Distancia a calles [m]
PM ₁₀ ^{B,C,D,E,F}	Microescala	>2, solo horizontal	>10	2 – 7	2 – 10
	Local Urbana Regional			2 - 15	Tabla 5-2 Figura 5-1

^A. Cuando el toma muestra se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos, o a los áticos situados en la azotea.

^B. Debe ser > 20 metros de la línea de los árboles y debe estar a 10 metros cuando el árbol actúa como obstrucción.

^C. La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

^D. Deben tener circulación de aire sin restricción de 270 grados alrededor de la entrada del toma muestra; 180 grados si la entrada está en el lado de un edificio.

^E. El sensor o muestreador debe estar ausente de fuentes menores, tales como horno o tubos de la incineración. La distancia de separación es dependiente de la altura de la emisión de la fuente de menor importancia (como un tubo de emisión), del tipo de combustible o de basura quemada, y de la calidad del combustible (sulfuro, ceniza, o contenido en plomo). Este criterio se diseña para evitar influencias indebidas de fuentes menores.

^F. Para monitores de MP10 una distancia de separación de 2 a 4 m entre otros muestreadores instalados.

Tabla 5-2. Distancia de monitores MP10 a caminos en función de la altura del toma muestra

Altura del monitor [m]	Distancia mínima entre el camino y la estación de monitoreo [m]
	Para TPS y PM10
2	25
5	20
10	13
15	5

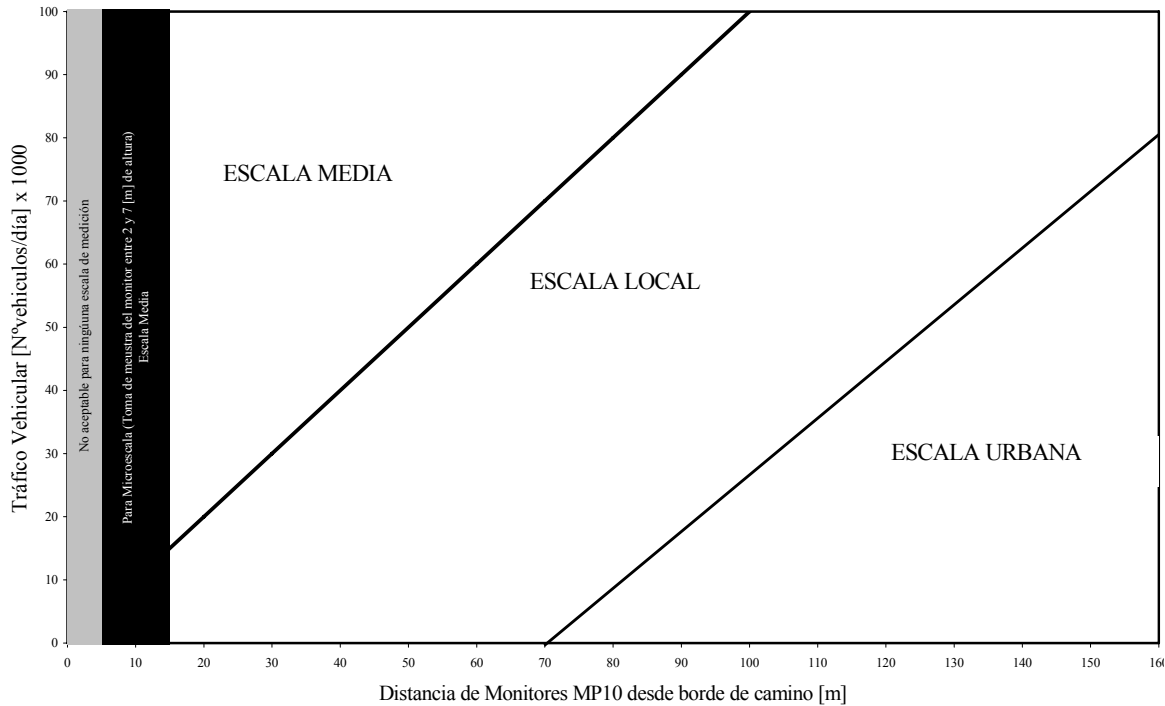


Figura 5-1. Distancia de monitores MP10 a caminos en función del tráfico vehicular, de acuerdo a escala de medición

Otras consideraciones:

- Los monitores automáticos de partículas son ubicados dentro de la estación (en racks) recibiendo la muestra de aire del exterior a través de mangueras de material inerte (recomendable teflón)

- b) La entrada del monitor debe estar, por lo menos, a 4 metros de cualquier otra entrada de un monitor instalado. Las entradas deben estar distantes alrededor de 4 m de otros muestreadores (por ejemplo de muestreadores de alto volumen)
- c) No instale el monitor cerca de cañones de salidas o aberturas (por ejemplo; chimeneas, ductos de ventilación, aire acondicionado, etc.)
- d) Si las muestras son analizadas químicamente (mediante: espectrómetros de emisión óptica con fuentes de excitación de ICP-Plasma de Acoplamiento Inducido, espectrómetros de absorción atómica, etc.) evalúe la potencial contaminación del sitio.
- e) El toma muestra del monitor debe estar situado donde el operador pueda alcanzarlo de manera segura, a pesar de condiciones de tiempo adverso. Si el toma muestra se localiza en una azotea, el cuidado debe tenerse en la seguridad personal, por ejemplo, que el operador no esté expuesto a una superficie del tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)
- f) El monitor se debe localizar en un lugar que sea accesible en consideración a las actividades que implica el funcionamiento rutinario (es decir, calibraciones, instalación y recuperación de filtros, chequeos de flujo, y auditorías), las cuales involucran un transporte de suministros a la estación (equipo de monitoreo) y de regreso al laboratorio (y viceversa).
- g) Asegurar que la energía en el sitio esté disponible en todo momento. Interrupciones eléctricas pueden producir la pérdida de muestras irrecuperables.
- h) Indicaciones respecto al voltaje mínimo del muestreador y requisitos de potencia deben ser consultadas en el Manual del fabricante.

Si se requiere información adicional sobre redes y sitios de exposición, use el criterio de Koch y Rector (Koch, R.C. and H.E. Rector, Optimun Network Design and Site Exposure Criteria for Particulate Matter. EPA-450/4-87-009, US EPA, Research Triangle Park, NC.)

5.2 Armado del equipo

Para el armado del monitor de atenuación de rayos beta, refiérase a lo señalado por el Manual del fabricante.

5.3 Instalación del equipo

Antes de la instalación, verifique que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante. Refiérase al instructivo de instalación señalado por el manual del fabricante.

6 Procedimiento de cálculo

6.1 Cálculo de masa de partículas en la cinta del filtro

El detector del monitor de atenuación beta entrega una tasa de conteo, que es proporcional a la intensidad del rayo de beta. Calcule la masa de la tasa de conteo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$m_R = F_{cal} * \ln \left(\frac{R_{1o}}{R_1 - F_{R1/R2} * (R_2 - R_{2o})} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

dónde,

m_R = masa de carga en microgramos [ug]

R_{1o} = tasa de conteo de fondo con un filtro descargado [1/s],

R_1 = tasa de conteo bruta B, con un filtro cargado en un umbral de $S_1 = 60$ mV [1/s]

F_{CAL} = factor de calibración de masa en microgramos [ug]

$F_{R1/R2}$ = la proporción de tasa de conteo $\alpha : \beta$

R_2 = tasa de conteo bruta α , de la radioactividad natural de aerosoles en un umbral $S_2 = 3750$ mV [1/s]

R_{2o} = tasa de conteo de fondo [1/s]

El factor teórico de la calibración está dado por la Ecuación 2:

$$F_{cal} = \frac{A}{\mu / \rho} = \frac{2}{0,3} * mg \approx 6,600 \mu g \quad \text{Ecuación 2}$$

donde,

A = área del lugar del filtro (cm²)

μ/ρ = coeficiente de atenuación de masa [cm²/mg]

Para la compensación de una masa continua de aire, durante temperaturas y presiones cambiantes, aplique la ecuación 3:

$$m = m_R + (k_{T2} * \Delta T_2) + (k_{P2} * \Delta P_u) + (k_{abs} * \Delta P_{abs}) \quad \text{Ecuación 3}$$

donde,

m = masa compensada [μg],

m_R = masa bruta [μg],

$\Delta T_2 = T_2 - T_{2o}$,

$\Delta P_u = P_u - P_{uo}$,

$\Delta P_{abs} = P_{abs} - P_{abso}$,

k_{T2} = coeficiente de temperatura [$\mu\text{g/K}$],

k_{P2} = coeficiente de presión del sub-filtro [$\mu\text{g/hPa}$],

k_{abs} = coeficiente barométrico de presión [$\mu\text{g/hPa}$],

T_2 = temperatura en la sección de medición. [K],

T_{2o} = temperatura en la sección de medición, en el último cambio de filtro

P_u = presión del sub-filtro en la cámara de medición [hPa],

P_{uo} = presión del sub-filtro en la cámara de medición [hPa] después del cambio de filtro.

P_{abs} = presión barométrica [hPa],

P_{abso} = presión barométrica [hPa] en el último cambio de filtro

7 Procedimiento de Mantenición

Este procedimiento describe las acciones de limpieza y los chequeos de funcionamiento recomendados para el monitor de material particulado en cuestión.

7.1 Precauciones

- El equipo eléctrico se debe apagar y desconectar antes del mantenimiento de piezas internas.
- No golpear el equipo ni forzar el desmontaje ni el montaje de sus piezas.
- No aplicar agentes químicos como solventes y abrasivos.
- No exponer a humedad excesiva la unidad electrónica.
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo.

7.2 Acciones y frecuencias de mantención recomendadas

La Tabla 7-1 señala el resumen de las actividades y las frecuencias de mantención recomendadas.

Tabla 7-1 Actividades y frecuencias de mantención de rutina

ACTIVIDAD	FECUENCIA REQUERIDA
Limpiar el impactador o ciclón de MP2.5	Cada 5 a 20 días
Limpiar la entrada de MP10	Cada 3 meses
Verificar la cinta del filtro	Cada 6 a 9 meses
Efectuar la calibración de masa	Cada 12 meses
Efectuar la calibración de flujo de aire	Cada 12 meses
Limpiar la cámara de medición	Cada 2 años
Verificar el flujo de aire	Cada 1 a 3 meses
Reemplazar las aspas de carbón de la bomba	Cada 12 meses

Las frecuencias de mantención dependen de las condiciones locales en las que se ubique el toma muestra (polvo muy fino implica una saturación del filtro antes de lo presupuestado, exceso de aire húmedo por clima local, etc)

7.2.1 Reemplazo de la cinta del filtro

La cinta del filtro normalmente debe ser reemplazada todos los años, sin embargo, dependerá de los parámetros operacionales escogidos por el operador o por el nivel de carga del filtro. En las zonas de altas concentración, pueden ocurrir cambios de filtro más frecuentes debido a una carga superior. Como un parámetro de comparación para estimar el tiempo o el momento en que debe ser reemplazado el rollo de cinta de filtro, tome como referencia que 42 m de cinta por rollo es suficiente para aproximadamente 800 a 900 mediciones individuales. Debido a la incertidumbre del ciclo de vida de la cinta de filtro en zonas de altas concentraciones, verifique la cinta cada 6 a 9 meses para garantizar los resultados.

Para cambiar la cinta del filtro, siga las instrucciones que se detallan en el Manual del fabricante en la sección de Menú de Mantenimiento.

7.2.2 Reemplazo de aspas de carbón de la bomba

El proceso de reemplazo no debe realizarse en lugares cerrados. Si no se toman las precauciones adecuadas pueden introducirse partículas de carbón en el aire y dañar el equipo electrónico.

Antes de realizar el reemplazo, apague la bomba de vacío y asegúrese de que no ocurra ningún encendido accidental.

Para reemplazar las aspas retire el alojamiento del silenciador (1), los diafragmas del silenciador (2), el anillo de distancia (3), y el cilindro (4) (ver Figura 2)

Figura 2. Ubicación de componentes de la bomba

Extraiga las partículas de carbón que se pudieran haber posesionado en la cavidad en donde se ubican los carbones.

Al instalar las nuevas aspas o paletas, asegúrese que el biselado lateral apunte al exterior (ver Figura 3).

Vuelva a ensamblar las partes.

Evite respirar las partículas de carbón. Se recomienda usar un respirador con filtro de partículas.

Figura 3. Instalación de las astas de carbón

7.2.3 Limpieza de la entrada de MP10

La botella colectora de agua, localizada en el cabezal de entrada del muestreador debe inspeccionarse, por lo menos, cada cinco días de monitoreo (ver Figura 4). Retire el agua acumulada, limpie el interior de la botella, inspeccione los sellos, y reemplace la botella en el soporte.

Desmantele y limpie una vez por mes la entrada del muestreador. Marque con un lápiz cada punto de las partes ensambladas de la entrada a fin de facilitar y asegurar la correcta reubicación de las partes, proporcionando las marcas de referencia durante el reensamblaje.

Desmonte la unidad de entrada según Figura 4. Si los tornillos de la assembly están rígidos, aplique aceite penetrante o lubricante para hacer más fácil el proceso sin dañar las piezas. Limpie todas las superficies interiores con un limpiador sin sustancias químicas que puedan dañar el equipo, o bien con aire comprimido. Utilice paños de algodón o cepillos de dientes suaves. Al finalizar seque completamente todos los componentes.

Figura 4. Entrada de muestra de MP10

Mensualmente, verifique que los O-rings no se encuentren dañados y reemplace si es necesario. Aplique cantidades pequeñas de grasa sobre estos antes de ensamblar la unidad. Vuelva a montar los componentes de acuerdo con las marcas de reensamblaje.

8 Procedimiento de calibración

Las mediciones de masa mediante monitores de atenuación beta son calibradas a un sistema estándar de transferencia de masa, y se calibran contra partículas de cuarzo (SiO_2) en comparación a una medida calibrada de masa gravimétrica. Esta calibración, se refiere a la

medición de la masa del particulado. Los valores originales calibrados se encuentran en los documentos de fábrica entregados con el instrumento. Las calibraciones de masa se deben validar trimestralmente y ser recalibradas cada 12 meses.

Los cálculos de las concentraciones del particulado (ver sección 6.1) también dependen de la capacidad que tenga el instrumento para medir temperatura, presión y la tasa de flujo volumétrica.

La medición de la tasa de flujo de aire, debe ser revisada por lo menos trimestralmente.

La calibración con una transferencia volumétrica del flujo, con una precisión de $\pm 2\%$ es aceptable.

Los sensores de temperatura se calibran utilizando una precisión de temperatura estándar de ± 0.5 grados centígrados. La temperatura de transferencia registrada en el campo es aceptable para la calibración de terreno. El sensor barométrico de la presión se calibra contra el estándar de fabricación. Las calibraciones posteriores de terreno, se deben realizar con una presión barométrica de transferencia estándar, con una precisión de mmHg ± 2 .

8.1 Calibración de masa

Se recomienda, calibrar el instrumento en intervalos de aproximadamente 12 meses con un conjunto de masas estándar de transferencia de calibración, originales de fábrica.

Esta calibración se debe también realizar después de cualquier servicio de mantención.

NOTA: Si se utiliza el tubo de muestreo calentado, el instrumento se debe equilibrar a la temperatura ambiente antes de que comience el procedimiento de calibración (aproximadamente 1 hora).

Algunos monitores de atenuación beta no tienen acceso frontal a la cinta del filtro. Por lo tanto, la cinta se debe cortar cerca de la cabeza de medición y ser removida. Después del procedimiento de calibración, la cinta del filtro se debe insertar y fijar utilizando una cinta adhesiva. El procedimiento de calibración utiliza un menú interno de operación.

A continuación se describe el procedimiento de calibración general. La operación del menú se describe en detalle en el Manual del fabricante.

1. Acceda a Calibración, sub menú KEYS LOCKED? y confirme con tecla NO
2. Acceda a Calibración sub menú CALIBR. CODE e ingrese el código de liberación 147
3. Active el procedimiento de calibración vía el sub menú de Calibración, FOIL CALIBRATION PROCEDURE? y confirme con SI.
4. Ingrese el valor de masa de la hoja del SPAN ($\sim 1,400$ ug). Presione NEXT.

5. La cámara de medición se abrirá. Remueva la cinta del filtro de la posición de muestreo del particulado e inserte la barra de guía en la izquierda con la palabra “oben”. Presione NEXT.
6. Inserte la hoja zero de la izquierda con la palabra “unten”. Cierre la ventana frontal del monitor.
7. Presione NEXT. El punto del filtro se cierra y se inicia un ajuste de cero de la masa. El valor de compensación y el valor de masa es indicado. Duración aprox. 3-5 min.
8. Después de que aparece desplegada la orden, retire la hoja zero e inserte la hoja SPAN. Confirme con la tecla NEXT.
9. El ajuste SPAN corre por aprox. 5-10 min, hasta que el valor de medición se estabilice.
10. Después de que son indicados los factores de calibración viejos y nuevos (FCAL), con el comando YES, el nuevo factor de calibración es aceptado. Con el comando NO el nuevo factor es desechado.
11. El valor de medición de la hoja del SPAN es indicado y puede ser comparado con el valor impreso. Confirme con NEXT.

Nuevamente se abre la cámara de medición. Retire la hoja de SPAN y la barra de guía e introduzca la cinta del filtro y adhiérala a la bobina. Con el comando NEXT, se produce un cambio de filtro y la operación de medición comienza nuevamente.

9 Validación de la información

El proceso de verificación y validación de datos debe ser acorde a los objetivos de calidad acordados en el programa de monitoreo y se enfoca a aceptar o invalidar las concentraciones de MP10 obtenidas con el monitor de atenuación beta.

La primera recomendación es trabajar con los datos obtenidos directamente del equipo, es decir, bajados desde el datalogger interno del equipo, ya sea en forma manual o remota.

La primera operación consiste en eliminar o invalidar aquellos datos generados durante períodos de funcionamiento anormal del monitor, es decir, en los siguientes casos:

- Monitor con falla
- Monitor en mantención
- Monitor inestable en la partida (valores fuera de rango)
- Durante calibraciones o chequeos

También existen ocasiones, consideradas como datos inválidos en las cuales hay ausencia de valores, se pueden identificar los siguientes casos:

- Valor perdido sin identificar la causa
- Monitor trasladado para reparación

- Monitor apagado por el operador
- Corte de luz
- Valor perdido por mala operación durante recolección de datos
- Falla en la unidad de almacenamiento de datos

Para determinar los períodos con funcionamiento anormal o identificar posibles causas de ausencia de valores es fundamental contar con los registros de las actividades de operación, mantención y calibración de los equipos.

Otras situaciones, que podría conducir a datos inválidos se producen cuando hay seteos inapropiados del monitor o existen condiciones en el entorno que pueden afectar la representatividad de los datos, estas situaciones requieren de un análisis más profundo, en el cual es necesario analizar incluso el comportamiento de otros contaminantes, el comportamiento esperado para la época del año y las variables meteorológicas para validar los datos y/o aplicar factores de corrección. Entre estos casos se puede considerar:

- Valor inferior al mínimo aceptable
- Valor superior al máximo
- Período durante visita a estación y sin intervención en el monitor (por ejemplo toma de datos)
- Temperatura muy alta en el interior de la estación o caseta ($>40^{\circ}\text{C}$) podría afectar el funcionamiento de los controladores de flujo
- Actividades en el entorno que podrían interferir la medición (que generen levantamiento de polvo u otros)
- Temperatura promedio y presión promedio no representativa de las condiciones atmosféricas del lugar

9.1 Validación de masa

Para realizar una auditoría o comprobar la masa de calibración, utilice el mismo o un conjunto independiente de masas estándar de transferencia. Valide, a través del menú de mantención, siguiendo la secuencia que se describe a continuación:

1. Active los comandos, Switch de la bomba; abra el cabezal y remueva la cinta de filtro.
2. Inserte el sostenedor de la hoja (masa estándar).
3. En el Menú de Mantención, cierre el cabezal y zero.
4. Espere 8 minutos para que el monitor complete el ciclo de zero
5. Después de que el zero se complete, remueva la hoja e insertar la hoja SPAN de medio rango.

6. En menú principal, presione DISP y desde esta ubicación obtenga una lectura directa de la masa detectada. Compare con el valor de hoja impreso y los dos deben estar entre 5% de cada uno.
7. En caso contrario, vuelva a efectuar la verificación. Si el error es $>5\%$ persista y recalibre.

9.2 Aseguramiento de calidad de los datos

Las condiciones generales de estado (status) se pueden obtener del despliegue del tablero delantero, como también de los códigos de estado generales. Los códigos de estado pueden ser comparados para verificar el detalle de errores producidos, para verificar la presencia de estados de precaución o bien para conocer los estados de las operaciones de entrada. Este proceso debe efectuarse por lo menos trimestralmente para validar los datos obtenidos.

9.2.1 Cambios de estado e ingreso en la hoja de registro

Cuando el estado del dispositivo cambia, el nuevo estado es copiado en la hoja de registro ingresando, además, la fecha, el tiempo, la concentración, la masa, la proporción de flujo de aire (caudal), las temperaturas (T1, T2, T3, T4) y presiones (P1, P2, P3).

10 Reportes de información

Refiérase a la estructura y los contenidos de los reportes de información que se señalan en la sección 6 de la Guía de Elaboración de Reglamentos y Protocolos de Procedimientos para el Aseguramiento de la Calidad del Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos.

REFERENCIAS

Manual del fabricante del monitor de atenuación beta.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Registro de Chequeo de Mantenimiento General

REGISTRO DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN GENERAL					Formulario N°
Monitores de atenuación de rayos beta					
Estación:		Fecha:			
Ubicación:					
Modelo Monitor:					
Actividades de Mantenimiento					
Actividad	Chequeo	Observación	Operador	Fecha	
Cada 3 meses					
Verifique el flujo de aire (cada 1 a 3 meses)					
Limpie la entrada de MP10					
Valide la calibración de masa					
Cada 6 a 9 meses					
Verifique la cinta del filtro					
Cada 12 meses					
Efectúe la calibración de masa					
Efectúe la calibración de flujo de aire					
Reemplace las aspas de carbón de la bomba					
Cada 24 meses					
Limpie la cámara de medición					
Comentarios:					
Revisado por:			Fecha:		

ANEXO B

DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN

Tabla de contenidos

	Pág.
ANEXO B. Descripción de métodos de medición	1
B.1. Descripción de métodos de medición de contaminantes	1
B.1.1. Métodos de referencia	1
B.1.2. Métodos Equivalentes	5
B.2. Descripción de metodologías de monitoreo de aire	11
B.2.1. Muestreadores Pasivos	11
B.2.2. Muestreadores Activos	11
B.2.3. Analizadores Automáticos	11
B.2.4. Sensores Remotos	12
B.3. Equipos y/o fabricantes de equipos recomendados	13
B.4. Tipos de monitores e instrumental meteorológico.....	16
B.4.1. Descripción de los tipos de sensores.....	16
B.4.2. Recomendaciones generales para mediciones meteorológicas	23

ANEXO B. Descripción de métodos de medición

B.1. Descripción de métodos de medición de contaminantes

El análisis y medición de los contaminantes puede hacerse por diversos medios, según las características químicas y físicas del contaminante. Se entrega a continuación las descripciones principales de los métodos de medición disponibles, para cada contaminantes.

Para ello se ha clasificado los métodos de medición en dos grandes grupos:

- Métodos de referencia: Para aquellos contaminantes normalmente considerados en el análisis de calidad de aire, SO₂, NO_x, CO, O₃, y material particulado en suspensión.
- Métodos equivalentes: Los equipos de medición automática o continua de los gases mencionados anteriormente se basan o en los métodos de referencia o en métodos equivalentes para los cuales se establecen las condiciones de prueba, el procedimiento y la interferencia admitida con otros componentes para ser aprobados, especificándose los parámetros que deben medirse y los valores a lo que deben responder para ser considerados métodos automáticos equivalentes.

B.1.1. Métodos de referencia

Se describen métodos de referencia para los contaminantes normalmente considerados en el análisis de calidad de aire. En cada caso se indica la norma ISO y/o EPA, basadas en el principio descrito.

a) Monóxido de carbono (CO)

Método de fotometría infrarroja no dispersiva

Método de referencia EPA 40 CFR Pt. 50 App.C

Aplicación e interferencia

Se aplica a la determinación de la concentración de monóxido de carbono (CO)

Principio del método

La radiación infrarroja se hace pasar a través de una celda conteniendo el gas de muestra que se desea analizar, y la absorción cuantitativa de energía por el CO es medida por un detector apropiado en un fotómetro no dispersivo. El fotómetro es sensibilizado a CO empleando gas CO en un filtro en el camino óptico, con lo cual se limita la medición de absorción sólo a uno o más de las longitudes de onda para las cuales se produce una fuerte absorción por parte del CO. Se puede también usar filtros para limitar la sensibilidad del fotómetro a una banda angosta de interés. Se hace pasar la radiación infrarroja alternativamente por el filtro con CO, produciendo un haz de referencia, y con otro gas, por ejemplo N₂, que es transparente a la radiación infrarroja de interés, generándose el haz de medición, que luego es absorbido por el CO de la muestra (esta variante se conoce también con el nombre de método de correlación de filtros). La absorción medida es convertida en un señal eléctrica que es relacionada con la concentración de CO.

Método de cromatografía gaseosa

Método de referencia ISO - 8186/89

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de la concentración de monóxido de carbono (CO). El método está libre de cualquier interferencia.

Principio del método

Un volumen fijo de muestra de aire se hace pasar por una columna cromatográfica para separación efectiva de monóxido de carbono de los otros gases contenidos en la muestra. Se reduce el CO separado a metano (CH₄) haciendo pasar gas arrastrado por hidrógeno por un catalizador de níquel calentado. El metano resultante se pasa a través de un detector de llama ionizante. La señal de salida es proporcional a la cantidad de CO presente en la muestra.

Intervalo de aplicación

Concentración de CO

1) de 0 a 1 µg/m³

2) de 0 a 25 µg/m³

3) puede ser aplicado también para concentraciones hasta 1.000 µg/m³ en aire

Valores para 25 °C de temperatura y 101,3 kPa de presión.

b) Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Método de Quimioluminiscencia en fase gaseosa. (NO, NO₂)

Método de referencia: ISO - 7996/85. EPA 40 CFR Pt. 50 App. F

Aplicación e interferencias

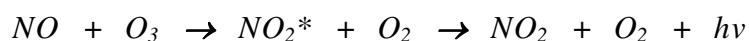
El método permite determinar la concentración de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

Principio del método

Determinación de NO. Se hace pasar la muestra de aire por un filtro a flujo constante e incidir en la cámara de reacción del analizador donde se mezcla con un exceso de ozono. El NO y el ozono da NO₂ excitado que al decaer emite luz (reacción quimioluminiscente). Se filtra la radiación emitida, proporcional a la cantidad de NO presente, con un filtro óptico selectivo y se convierte la radiación filtrada en una señal eléctrica por medio de un tubo fotomultiplicador, midiendo la intensidad de luz a longitudes de onda mayores de 600 [nm] (El valor más intenso de radiación quimioluminiscente es a una longitud de 1,2 [µm]).

Determinación de NO₂. La muestra se pasa por un convertidor (horno a 400 ° C constante) para reducir el NO₂ a monóxido antes de hacerla entrar a la cámara de reacción. La señal eléctrica obtenida en este caso es proporcional a la cantidad total de óxidos de nitrógeno presente en la muestra. La cantidad de dióxido de nitrógeno se obtiene por diferencia entre

este valor y el obtenido en la medición de NO.



Las mediciones de NO y NO+NO₂ pueden hacerse con sistema dual, o cíclicamente con el mismo sistema teniendo en cuenta que los tiempos del ciclo no exceda un minuto. El volumen total se determina midiendo el caudal y el tiempo de colección.

Intervalo de aplicación

Concentración de monóxido de nitrógeno: hasta 12,5 µg/m³

Concentración de dióxido de nitrógeno: hasta 19 µg/m³

A 25 °C de temperatura y 101,3 kPa de presión.

Método de Griess-Saltzman modificado para determinación de NO₂

Método de referencia ISO - 6768/85

Aplicación e interferencias

El método permite determinar la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Principio del método

Se absorbe el dióxido de nitrógeno presente en la muestra haciéndola pasar a través de un reactivo que forma azo colorante (grupo –N=N–), resultando la formación de un color rosado en 15 minutos. Se determina la absorbancia de la solución para una longitud de onda entre 540 y 550 [nm], con un espectrofotómetro apropiado (o colorímetro), evaluando la concentración másica de dióxido de nitrógeno por medio de una calibración gráfica con mezcla de gases de calibración. De acuerdo a la disponibilidad de equipos en el laboratorio puede ser conveniente usar, para pruebas de rutina, soluciones de nitrito de sodio. El tiempo de muestreo puede ser de 10 minutos a 2 horas. Debido al tiempo de estabilidad de la muestra, no debe pasar más de 8 horas desde la toma de la misma y su análisis.

Intervalo de aplicación

Concentración de dióxido de nitrógeno de 0,010 a 20 µg/m³.

c) Dióxido azufre (SO₂)

Fluorescencia ultravioleta

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de dióxido de azufre (SO₂).

Principio del método

Se excita las moléculas de SO₂ con radiación ultravioleta en el intervalo de longitud de onda de 230 a 190 [nm], las cuales luego decaen a su nivel energético fundamental, emitiendo una radiación fluorescente característica. La radiación fluorescente es detectada por un tubo fotomultiplicador y la intensidad de la radiación emitida es directamente proporcional a la concentración del dióxido de azufre.

d) Ozono (O₃)

Método de Quimioluminiscencia con etileno.

Método de referencia ISO - 10313/93. EPA 40 CFR Pt. 50 App.D

Aplicación e interferencias

El método es aplicable a la determinación de concentración de ozono (O₃). El material particulado puede producir o causar diferentes perturbaciones en la medición y debe ser previamente filtrado. El óxido de nitrógeno (NO) puede reaccionar con el ozono por lo que el tiempo de duración en el cual el aire ambiente debe permanecer en la línea de toma de muestra debe ser suficientemente corto para mantener este efecto al mínimo.

Principio del método

La muestra de aire es pasada continuamente, a flujo constante, a través de un filtro de partículas antes de hacerlo incidir sobre el analizador de quimioluminiscencia. Luego fluye a una cámara de reacción donde se mezcla con un exceso de etileno (C₂H₄). El ozono y el etileno reaccionan instantáneamente emitiendo luz en la región visible con un máximo en la longitud de onda alrededor de 400 [nm]. La intensidad de la luz emitida es proporcional a la concentración de ozono en la muestra de aire y es medida con tubos fotomultiplicadores. El voltaje resultante es amplificado y calibrado en términos de la concentración de ozono ambiente.

La concentración del ozono se determina al comparar el número de pulsaciones de la muestra con el número de pulsaciones de una muestra con concentración conocida de ozono. Así, este principio se basa en la emisión de luz de una especie molecular excitada electrónicamente, la cual se produce durante la reacción entre el ozono y el etileno:

Después de la reacción la especie activada pasa a un estado de menor energía produciendo una radiación luminosa:

Esta luminiscencia está en el rango de 300 a 600 [nm] con un máximo alrededor de los 430 [nm]. La intensidad de la emisión es linealmente proporcional a la concentración de ozono en la muestra, en un intervalo entre 0.001 ppm y 1 ppm.

La fotometría ultravioleta es especificada como método primario de calibración a causa de su probada exactitud y especificidad para ozono.

Intervalo de aplicación

Concentración máscica de ozono de 2 µg/m³ (0,001 ppm[V/V]) a 10 mg/m³ (5 ppm [V/V]) en las condiciones de referencia de 298 K y 101,3 kPa.

e) Material particulado respirable (PM10)

Método gravimétrico de muestreador de alto volumen equipado con cabezal PM-10 (Hi-Vol)

Método de referencia: EPA 40 CFR Pt. 50 App.J

Aplicación e interferencias

El método se aplica a la determinación de concentración de material particulado con diámetro menor de 10 μm .

Principio del método

El método de referencia está diseñado para medir la porción de material particulado en suspensión en la atmósfera que puede depositarse en la región torácica del sistema de respiración humano. Es aplicable a la medición de concentración másica de material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetro en aire ambiente por un período de 24 horas. Tiene una eficiencia de colección del 50 % para partículas con 10 μm .

La muestra de aire es llevada a caudal constante a un equipo de toma de muestra con una entrada de forma especial donde el material particulado en suspensión es separado inercialmente en uno o más fracciones de tamaño dentro de cada intervalo considerado. Cada fracción de tamaño en el intervalo considerado es colectada sobre filtros separados durante períodos específico de muestreo. Cada filtro es pesado, después de secado, antes y después de recoger las muestras y de su diferencia se obtiene el peso del material particulado con diámetro menor de 10 micrómetro. El volumen de aire se determina midiendo el caudal y el tiempo de toma de muestra, corrigiéndolo a condiciones estándares.

Intervalo de aplicación

Para concentraciones de masa de partículas con diámetro menor de 10 micrometro : al menos de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 24 horas operando dentro de los límites de caudal establecidos

B.1.2. Métodos Equivalentes

Se describen métodos equivalentes para la medición de los contaminantes normalmente considerados en el análisis de calidad de aire.

a) Monóxido de Carbono(CO)

Variación de conductividad

Aplicación e interferencia

Se aplica a la determinación de concentración de monóxido de carbono (CO).

Principio del método

El CO contenido en la muestra de aire es oxidado a CO_2 a 150 °C en un horno de combustión conteniendo *iodine pentonxide*. El CO_2 es absorbido en una solución de hidróxido de sodio cambiando la conductividad. Se mide la conductividad antes y después de ser absorbido el CO_2 .

b) Óxidos de Nitrogeno(NO_x)

Método de espectroscopia de absorción óptica diferencial (DOAS)

Aplicación e interferencias

Este método ha sido aprobado por EPA de USA, para monitoreo continuo de O_3 , SO_2 y NO_2 . Este sistema de medición permite monitorear en forma continua la presencia de varios contaminantes en el aire, los que se pueden seleccionar en el programa de operación del instrumento, en función de sus características de absorción de luz a distintas longitudes de onda del espectro visible o ultravioleta.

Principio del método

Se basa en la ley de absorción de Beer-Lambert que establece la relación entre la cantidad de luz absorbida y el número de moléculas en el camino que atraviesa la luz. Se emplea una fuente especial, una lámpara de xenón a alta presión que emite luz de longitudes de onda en el espectro visible, ultravioleta, e infrarrojo. El haz de luz atraviesa un camino de longitud determinada donde se produce la absorción molecular. La luz es luego capturada por un receptor y conducida por fibras ópticas hasta el analizador, un espectrómetro de elevada calidad. Usando un programa de cálculo se puede evaluar y analizar la pérdida de luz debido a la absorción molecular que se produjo en el camino recorrido, y en función de dicha longitud obtener la concentración por unidad de volumen.

Intervalo de aplicación

Componentes	Fórmula	Límite de detección en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Longitud de onda $[\text{nm}]$	Otro
Dióxido de azufre	SO_2	1	280-320	(b)
Monóxido de nitrógeno	NO	2	210-220	(a)
Dióxido de nitrógeno	NO_2	1	400-450	(b)
Ozono	O_3	3	250-310	

Los límites de detección están calculados para una distancia de 500 m con un tiempo de integración de 5 minutos.

(a) Para NO y NH_3 se recomienda un tramo de 200 metros.

(b) Existe una opción que permite mejorar los límites de detección ($0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para SO_2 y NO_2 . La determinación de contaminantes gaseosos por el sistema DOAS registra mediciones horarias en tramos que varían entre 200 a 1000 metros, desde emisor a receptor.

NO_2 : 1 a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Longitud recomendada 300 a 800 $[\text{nm}]$

NO : 2 a $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Longitud recomendada 100 a 200 $[\text{nm}]$

Otras aplicaciones del Método

Dado que cada tipo de molécula tiene propiedades únicas del espectro de absorción, es posible identificar y determinar la concentración de diferentes gases simultáneamente con un solo equipo a lo largo de un dado recorrido de luz. Hasta el momento EPA tiene homologado el equipo solamente para SO_2 , NO_2 , y O_3 .

c) Dióxido azufre (SO₂)

Fluorescencia Molecular

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de dióxido de azufre (SO₂).

Principio del método

Se excita las moléculas de SO₂ con radiación ultravioleta en el intervalo de longitud de onda de 230 a 190 [nm], las cuales luego decaen a su nivel energético fundamental, emitiendo una radiación fluorescente característica. La intensidad de la radiación emitida es directamente proporcional a la concentración del dióxido de azufre.

Variación de la conductividad

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de dióxido de azufre (SO₂).

Principio del método

La muestra de aire se pone en contacto con una solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) acidificada con ácido sulfúrico (SO₄H₂); el dióxido de azufre es absorbido y oxidado formando ácido sulfúrico (SO₄H₂). Esto aumenta la conductividad eléctrica de la solución reactiva sirviendo como una indicación de la concentración de SO₂. Se mide alternativamente la conductividad de la solución reactiva antes del pasaje de la muestra de aire y después, y la diferencia es proporcional a la concentración de SO₂. Este método es aplicable cuando las mediciones no son afectadas por otros gases que se disuelven en el absorbente y producen cambios en la conductividad, tales como cloro (Cl), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂). Se identifican dos tipos de mediciones:

Mediciones acumulativas: Las mediciones registran la concentración de SO₂ correspondiente al incremento de la conductividad del absorbente al pasar una cantidad fija de muestra de aire durante un tiempo predeterminado.

Mediciones instantáneas: Las mediciones registran continuamente la concentración de SO₂ midiendo el cambio de la conductividad del absorbente con un flujo de caudal constante del aire de muestra.

Método de espectroscopia de absorción óptica diferencial.

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de dióxido de azufre (SO₂)

Principio del método

Ver método equivalente en determinación de NO_x

Intervalo de aplicación

0 a 2.000 µg/m³ . Longitud recomendada 300 a 500 m

d) Ozono

Método de fotometría de absorción ultravioleta

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de ozono (O₃).

Principio del método

La concentración de ozono es determinada por atenuación de la radiación ultravioleta de 254 [nm] de longitud de onda al pasar por la celda de muestreo, llena con el aire en análisis. Se emplean dos celdas, una con el gas de la muestra a analizar y otra con aire de referencia (el mismo aire a analizar se trata con un conversor selectivo que elimina sólo el ozono, por ejemplo, el ozono se convierte catalíticamente a oxígeno). Los detectores miden la intensidad de la luz transmitida a través de cada celda. Hay otros compuestos que absorben la radiación ultravioleta de 254 [nm], tal como SO₂, aromáticos, etc., que es corregida con la comparación con la celda de referencia donde se elimina el ozono. El instrumento determina la concentración de ozono calculando la atenuación de la luz en las dos celdas. Hay un control continuo de cambios de temperatura y presión para corregir los cambios registrados de esos parámetros en el ambiente.

Intervalo de aplicación

El intervalo de concentración para el cual se aplica es, en volumen, de 0 a 0,1 ppm.

Método de espectroscopia de absorción óptica diferencial.

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de ozono (O₃)

Principio del método

Ver método equivalente en determinación de NO_x

Intervalo de aplicación

0 a 1.000 µg/m³. Longitud recomendada 300 a 500 m

e) Material Particulado

Método de transducción gravimétrica de oscilaciones inducidas. Microbalanza de oscilaciones de sensor en voladizo con cabezal PM10

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de material particulado con diámetro <10µm.

La agencia norteamericana para la Protección del Medio Ambiente (EPA US), ha estandarizado técnicas gravimétricas para la determinación de concentraciones de partículas en la atmósfera, captadas en filtros, con instrumentos que utilizan un cabezal con cierta propiedad conocida como "cut point 10 µm o PM₁₀."

Durante la última década una nueva técnica ha emergido en el mercado. Esta técnica

conocida como TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance), es un sistema de monitoreo continuo de concentraciones de partículas en la atmósfera. Se basa en una microbalanza de elemento oscilante.

Principio del método

La muestra de aire pasa a través de un filtro el cual es parte de un sistema que vibra a su resonancia característica. El material particulado colectado sobre el filtro aumenta la masa vibrante y por lo tanto decrece la frecuencia de oscilación en forma proporcional. La concentración de material particulado es calculado a partir de una calibración que relaciona la frecuencia de vibración y la cantidad de material particulado, teniendo en cuenta el volumen de muestra de aire.

$$m = k/f^2$$

donde k es una constante determinada durante la calibración del análisis, m la masa y f la frecuencia de oscilación.

Atenuación de rayos beta.

Aplicación e interferencias

Se aplica a la determinación de concentración de material particulado total o con diámetro $<10\mu\text{m}$, según el tipo de separador que se coloca en la entrada.

Principio del método

La radiación emitida por una fuente de rayos β pasa por un filtro de fibra de vidrio limpio, generalmente en forma de cinta. Un volumen conocido de muestra de aire se hace pasar por el filtro y en la mancha se mide la atenuación de rayos beta por absorción en la muestra. Periódicamente se corre el filtro. La relación entre ambas mediciones dan la cantidad de PM depositado.

La cantidad de material particulado medido con un sistema de absorción de rayos beta determina la atenuación gradual cuando estos rayos pasan a través de un filtro donde son retenido aquellos.

Como emisor de rayos beta se emplea normalmente una fuente radioactiva de actividad apropiada (por eje. isótopos de carbón 14 o kriptón 85) y como detector un contador Geiger Müller o una cámara de ionización. Para compensar por la gradual reducción de la radioactividad sobre un período de tiempo, y la consiguiente variación de la disminución de la radiación debido al material particulado, se hacen en cada caso mediciones de la absorción sin y con depósito y se comparan ambas mediciones. Generalmente se emplea un método de compensación de doble haz. La señal que proviene del haz que pasa por la muestra es positiva y la del haz de control negativa; ambas se suman. Cuando no hay material particulado en el filtro, la suma de las señales se regulan para dar un voltaje cero. El sistema permite una medición de la concentración de material particulado en tiempo real.

Método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal PM-10 (Lowi-Vol, Dicotómico)

Aplicación e interferencia

Se aplica a la determinación de concentración de material particulado con diámetro aerodinámico en dos fracciones, fina <2.5 y gruesa entre 2.5 y $<10\mu\text{m}$, con cabezal para material particulado $<10\mu\text{m}$.

Principio del método

Colecta partículas de dos tamaños: menores que $10\mu\text{m}$ y mayores de $2.5\mu\text{m}$ (denominadas gruesas) y menores de $2.5\mu\text{m}$ (denominadas finas). La concentración es la suma de las fracciones gruesas y finas. El sistema dicotómico de toma de muestra más común tiene un caudal de entrada de 16.7 l/min . Las partículas con diámetro mayor de $10\mu\text{m}$ son separados inercialmente. El aire conteniendo el resto del material particulado es forzado a través de un acelerador de tipo boquilla o pitón pasando luego a un impactador virtual donde se expande, dividiéndose el flujo de aire. Las partículas finas hacen un giro brusco hacia afuera para seguir la velocidad elevada del flujo inicial, pasando a través del filtro de partículas finas. A causa de su mayor inercia, las partículas gruesas continúan su recorrido por el tubo receptor del impactador virtual y son colectados en el filtro de partículas gruesas. Una pequeña porción de partículas finas son también colectados en el filtro de partículas gruesas por lo que hay que realizar una corrección en el cálculo.

B.2. Descripción de metodologías de monitoreo de aire

B.2.1. Muestreadores Pasivos

Estos dispositivos, generalmente con forma de tubo o disco, colectan un contaminante específico por medio de su adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un apropiado período de muestreo, que varía desde un par de horas hasta un mes, la muestra se regresa al laboratorio, donde se realiza la desorción del contaminante para ser analizada cuantitativamente.

Las principales ventajas del muestreo pasivo son su simplicidad y bajo costo, por lo que se pueden exceder muchas unidades para que provean información en cuanto a la distribución espacial de los contaminantes. Sin embargo, el tiempo de resolución de esta técnica es limitado, por lo que solo puede proveer información de concentraciones promedio de contaminantes. Debido a su simplicidad y bajo costo, las técnicas de muestreo pasivo son adecuadas para muchas aplicaciones, ya sea por si mismas o en combinaciones con analizadores automáticos.

Existen varias técnicas de muestreos pasivos disponibles para los principales contaminantes urbanos, entre las que se incluyen los métodos de espectrometría y cromatografía, entre otros.

Entre los muestreadores pasivos hay que diferenciar los que específicamente se utilizan en puntos fijos de muestreo, para monitorear calidad de aire, especialmente para estudios de fondo (background) y muestreos de amplia cobertura espacial, y los pasivos personales, que el operador puede llevar puesto sobre él, los cuales se utilizan principalmente en estudios epidemiológicos.

B.2.2. Muestreadores Activos

A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear, a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. El muestreador activo más utilizado actualmente es el método gravimétrico de Alto Volumen (Hi-Vol) para material particulado.

Aunque los muestreadores activos son más caros y complejos que los muestreadores pasivos, son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo a lo largo de más de quince años. A este respecto, cabe señalar que la continuidad de una base de datos es muy importante para poder deducir tendencia a largo plazo.

B.2.3. Analizadores Automáticos

A pesar de las ventajas económicas de los muestreadores activos y pasivos, existen aplicaciones de monitoreo que necesitan de respuesta rápida, del orden de horas o menos, que proporciona un analizador automático. Por ejemplo, cuando se pretende detectar valores máximos de concentraciones de contaminantes y situaciones de alerta para implementar medidas de contingencia.

Estos instrumentos se basan en propiedades físicas o químicas utilizando métodos

optoelectrónicos. El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que pueda medirse directamente, o por una reacción química que produzca quimiluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante muestreado.

La gran capacidad de estos analizadores automáticos se obtiene a expensas de altos costos que implica su inversión inicial y su operación. Estos instrumentos tienden también a ser muy susceptibles a problemas técnicos en comparación con los otros muestreadores, cuando no se cuenta con los programas de mantenimiento adecuados y con personal técnico calificado para esta función, como para las operaciones rutinarias de los equipos, y de métodos más sofisticados de aseguramiento y control de calidad. Su uso no se recomienda cuando no se cuenta con la infraestructura de apoyo (computadoras y sistemas telemétricos de recopilación) y personal técnico necesario.

Es muy común en las redes de monitoreo el uso de analizadores automáticos junto con muestreadores activos y pasivos. En la práctica, estas mediciones se consideran como complementarias, debido a que los analizadores automáticos no son necesariamente superiores y muchos errores se evitarían si se mantuvieran algunos muestreadores cuando se instalan analizadores automáticos, por lo menos en lo que respecta al período de ajuste y capacitación para el manejo de los mismos.

B.2.4. Sensores Remotos

Los sensores remotos a diferencia de los analizadores automáticos, que proporcionan mediciones de un contaminante en un punto en el espacio, pueden proporcionar mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera (normalmente mayor a 100 m.), y sistemas más complejos pueden hasta proveer mediciones con rangos de resolución a lo largo de la trayectoria. Se han llegado a detectar, por ejemplo, hasta 5 ppb de SO₂ en un patrón de 1 km. Sistemas móviles pueden proporcionar mapas tridimensionales detallados de concentraciones de contaminantes dentro de un área por un período de tiempo limitado.

Algunos de estos sensores remotos se han llevado a cabo por medio de instrumentos montados en aviones o en satélites, cuyos métodos incluyen el uso de correlaciones espectrométricas, el reflejo de la luz solar en las partículas de los aerosoles, absorción infrarroja y emisión espectroscópica, láser de color y de inducción infrarroja fluorescente y la aplicación de técnicas astronómicas.

Las aplicaciones de los sensores remotos son muy especializadas y particularmente se utilizan para investigaciones cerca de las fuentes de emisión, en las plumas de las chimeneas y para mediciones verticales de contaminantes gaseosos y aerosoles en la atmósfera, como la investigación de la distribución del ozono en la troposfera y en la estratosfera. Sin embargo, desde un punto de vista comercial son instrumentos bastante caros y extremadamente complejos, y presentan, además, dificultades con la validación de sus datos, niveles de confianza y calibración. Se requiere de un gran esfuerzo especializado y cuidadoso control de calidad para operar exitosamente estos sistemas y producir datos confiables.

B.3. Equipos y/o fabricantes de equipos recomendados

Para la implementaciones de redes de monitoreo se recomienda usar equipos o monitores continuos que sean considerados como equipos de referencia o equivalencia y que cuenten con aprobación US EPA o Unión Europea (EU). Periódicamente US EPA en su sitio web (<http://www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html>) publica y actualiza un listado de los equipos que cuentan con aprobación EPA.

Se recomienda elegir un equipo que cuente con aprobación US EPA o UE, que tenga servicio técnico en Chile y que corresponda a una tecnología que asegure una vigencia por al menos unos 8 años de uso.

Para monitores continuos de gases se recomienda que éstos cumplan con las especificaciones técnicas que se detallan en los cuadros siguientes:

Especificaciones técnicas para monitores continuos de Monóxido de Carbono (CO)

Especificaciones	Equipo medición CO
Uso	Mediciones ambientales continuas de CO
Método	Correlación de filtro infrarrojo, o Método Referencia o equivalente USEPA , o UE
Rango	0 a 200 ppm (Autorango y/o Manual).
Ruido	Menor que 0.05 ppm RMS.
Limite Inferior	Menor que 0.05 ppm .
Corrimiento Cero	Menor que 0.1 ppm/dia.
Corrimiento Span	+/- 1% F.S. /dia.
Límite de detección	Menor que 0.05 ppm.
Precisión	+ - 0.1 ppm
Logger Interno	1 mes de datos horarios.
Salida Análoga	100 mV, 1.5 y 10 VDC
Salida Digital	RS 232 C output
Linealidad	+/- 1% del full de escala.
Voltage Operación	220 V 50 Hz
Dimensiones	Construido para Rack 19 pulgadas.
Pre-Filtro	47 mm
Rango de Temperatura de Operación	Aprox. 5 a 40 °C
Otros	Compensación por Temperatura y Presión

Especificaciones técnicas para monitores continuos de Dióxido de Azufre (SO₂)

Especificaciones	Equipo Medición SO ₂
Uso	Mediciones ambientales continuas de SO ₂
Método	Fluorescencia de LUV u otro especificado por el oferente que cumpla con normas USEPA o UE.
Rango	0 a 20 ppm (Autorango y/o Manual).
Ruido (en Cero)	Menor que 0.3 ppb RMS
Limite Inferior	Menor que 0.5 ppb
Corrimiento Cero	Menor que 0.1 ppb/día
Corrimiento Span	+/- 0.5% /día
Límite de detección	Menor que 1 ppb
Precisión	Menor que 1% de la lectura
Logger Interno	1 mes de datos horarios

Salida Análoga	100 mV, 1.5 y 10 VDC
Salida Digital	RS 232
Linealidad	+/- 1% del full de escala.
Voltage Operación	220 V 50 Hz
Dimensiones	Construido para Rack 19 pulgadas.
Pre-Filtro	47 mm
Rango de Temperatura de Operación	Aprox. 5 a 40 °C
Otros	Chopper no mecánico. No incluir opción de horno de permeación. Vida de lampara 2 años.

Especificaciones técnicas para monitores continuos de Ozono (O3)

Especificaciones	Equipo medición O ₃
Uso	Mediciones ambientales continuas de O ₃
Método	Absorción de LUV u otro especificado por el Oferente que cumpla con métodos referencia o equivalente EPA o UE.
Rango	0 a 20 ppm (Autorango y/o Manual).
Ruido (en Cero)	Menor que 0.3 ppb RMS
Limite Inferior	Menor que 0.6 ppb
Corrimiento Cero	Menor que 1 ppb/día
Corrimiento Span	Menor que 1 ppb / día
Precisión	Menor que 1 ppb
Logger Interno	1 mes de datos horarios
Salida Análoga	100 mV, 1.5 y 10 VDC
Salida Digital	RS 232
Linealidad	+/- 1% del full de escala.
Voltage Operación	220 V 50 Hz
Dimensiones	Construido para Rack 19 pulgadas.
Pre-Filtro	47 mm
Rango de Temperatura de Operación	Aprox. 5 a 40 °C
Otros	Compensación por Temperatura y Presión

Especificaciones técnicas para monitores continuos de Oxidos de Nitrógeno (NO/NOX/NO2)

Especificaciones	Equipo medición Nox
Uso	Mediciones ambientales continuas de NOX/NO
Método	Quimioluminescencia o Método Referencia o equivalente USEPA o UE
Rango	0 a 20 ppm (Autorango y/o Manual)
Ruido (en Cero)	Menor que 0.25 ppb RMS
Limite Inferior	Menor que 0.5 ppb
Corrimiento Cero	Menor que 1 ppb/día
Corrimiento Span	Menor que 1 % / día
Precisión	Menor que 0.5 ppb
Logger Interno	1 mes de datos horarios
Salida Análoga	100 mV, 1.5 y 10 V
Salida Digital	RS 232
Linealidad	+/- 1% del full de escala.
Voltage Operación	220 V 50 Hz

Dimensiones	Construido para Rack 19 pulgadas.
Pre-Filtro	47 mm
Rango de Temperatura de Operación	Aprox. 5 a 40 °C
Otros	Compensación por Temperatura y Presión. Equipo con Bomba Externa 220V 50 Hz.

Especificaciones técnicas para monitores continuos para MP10

Especificaciones	Equipo para PM10
Uso	Mediciones continuas de PM10
Método	Método Referencia o equivalente USEPA aprobado
Punto de separación	10 micrones por cabezal de impactación virtual
Resolución	+/- 5 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rango de medición	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 5 miligramos por metro cúbico
Logger Interno	1 mes de datos horarios
Salida Análoga	1,2,5,10 VDC
Salida Digital	RS 232
Accesorios *Adaptador 1 litro * Rack de Montaje *Trípode *Sistema de Medición con filtro dinámico (FDMS)	1 por equipo. 19 pulgadas , deslizable, 1 set por equipo. 1 por equipo. 1 Total.

B.4. Tipos de monitores e instrumental meteorológico

En esta sección se entrega la información general sobre los instrumentos usados en situ para la medición de las variables meteorológicas:

- Velocidad y dirección del viento
- Temperatura
- Humedad Relativa
- Radiación solar
- Presión Atmosférica

Las que son consideradas como variables primarias y que pueden ser medidas en forma directa por la aplicación de un principio físico.

No se discutirá en esta guía la obtención de las variables meteorológicas derivadas tales como altura de la capa de mezcla, estabilidad atmosférica, turbulencia, etc., ya que escapan a los alcances de la misma.

Además se entregarán las recomendaciones principales para la selección de instrumental que se aplicará a los planes de medición, para el cumplimiento de los objetivos.

B.4.1. Descripción de los tipos de sensores

a) Velocidad del viento

A pesar que viento se considera una cantidad vectorial y que puede ser medido y procesado como tal, resulta común medir y/o procesar el viento como dos magnitudes escalares por separado, la velocidad y la dirección del viento. El instrumental utilizado para la medición de esta magnitud escalar usualmente es de dos tipos:

- Los que emplean sensores mecánicos (anemómetros de copelas y propelas)
- Los que emplean sensores no mecánicos (anemómetro sónicos, anemómetros de hilo caliente).

A pesar que los de tipo no mecánico no serán abordados en esta guía, no existe ninguna razón para no usarlos, salvo el costo. En general son más precisos y se recomiendan para generar información para ser usada en estudios que relacionen esta variable con fenómenos menos comunes.

Anemómetros de copela

El anemómetro rotativo de copelas consiste en tres, cuatro y algunas veces seis copelas semiesféricas o cónicas, montadas simétricamente sobre un eje de rotación vertical. El anemómetro de tres copelas se recomienda para la mayoría de las aplicaciones, ya que este diseño ha mostrado ejercer un torque más uniforme en cada revolución. La tasa de rotación se mantiene esencialmente lineal en toda la escala de medición, la velocidad se mantiene lineal entre 2 o 3 veces la velocidad del punto centro del eje de rotación, dependiendo de la

cantidad de copelas instaladas y de los materiales de fabricación.

Para la medición de la velocidad del viento se deberían usar anemómetros con alta exactitud a velocidades bajas y umbrales de medición pequeños. Normalmente los anemómetros de copelas son construidos con materiales ultralivianos para asegurar un umbral de medición menor que 0.5 m/s.

Anemómetros orientados con veletas y propelas fijas

Los anemómetros orientados con veleta consisten en propelas que rotan sobre un eje horizontal el que es orientado en la dirección del viento mediante una veleta. Los versiones más modernos de este tipo de anemómetros usan propelas de perfil aerodinámico helicoidal.

Varios tipo de estos anemómetros utilizan propelas construidas con materiales plásticos de bajo peso o poliestireno expandido para mantener la característica de umbral de medición menor que 0.5 m/s. Este tipo de anemómetros pueden ser utilizados para mediciones de viento que sean utilizadas en modelos de dispersión, además tienen una respuesta rápida sobre una distancia constante de aproximadamente un metro (distancia en la que el viento permanece en una dirección), lo que les permite usar la información que generan para la realización del cálculo de la desviación estándar de las fluctuaciones de la velocidad del viento σ_u , sin embargo se debe poner especial cuidado en la selección del sensor que entregue la combinación óptima entre estas características y las características de durabilidad y sensibilidad para una aplicación en particular.

La variación de velocidad con el ángulo de aproximación del viento tiene una respuesta similar al coseno para sensores con propelas helicoidales. Esta característica permite el uso de dos propelas ortogonales para la determinación las componentes vectoriales del viento horizontal. Si se monta una tercera propela en el eje vertical del sistema ortogonal es posible medir la componente vertical del viento y por ende la desviación estándar de las fluctuaciones del viento vertical σ_w , necesaria para la aplicación de moldeos de difusión.

Transductores de velocidad del viento

Existen varios mecanismos que se utilizan para transformar la rotación de los ejes de las propelas (copelas) en señales eléctricas apropiadas para ser grabadas y/o procesadas. Los cuatro tipos mas comunes son:

- Micro generadores de corriente continua
- Micro generadores de corriente alterna
- Contacto eléctrico (pulsos)
- Disco de interrupción de luz

Los micro generadores de corriente continua tiene umbrales de medición mayores que los generadores de corriente alterna, debido a las escobillas generadoras. Los generadores de

corriente alterna no tienen este problema, pero se debe poner especial cuidado en las variaciones de las señales alternas que eventualmente pudieran cuasar mediciones erróneas.

Los transductores de contacto eléctrico generan pulsos, debido a la rotación del eje, los que son proporcionales a la velocidad del viento, este tipo de sensores requieren de calibraciones muy precisas.

Los transductores de disco de interrupción luz, en general tienen umbrales de medición menores que el de los sensores con transductores tipo generadores (CA o CC). Utilizan un disco con perforaciones que corta el haz de luz entre un par emisor receptor (generalmente se utilizan diodos emisores /receptores), generando un pulso cada vez que la luz es interrumpida, la frecuencia generada por este sistema es proporcional a la velocidad del viento.

Las señales de estos cuatro tipo de transductores son convertidas a señales analógicas las que pueden ser almacenadas en sistemas de registro.

b) Dirección del viento

La dirección del viento se define como la orientación del vector viento en la horizontal. Para propósitos meteorológicos se define la dirección del viento como la dirección desde la cual el viento esta soplando. (por ejemplo, dirección Norte (0°) indica que el viento está soplando desde la dirección 0°) con respecto al norte verdadero.

La dirección del viento determina la dirección en la cual se pueden encontrar niveles de polución mas elevados, La desviación estándar de la dirección del viento σ_θ se puede usar para la determinación de la estabilidad atmosférica y en aplicaciones particulares de modelos de dispersión.

La dirección del viento se puede medir directamente de la veleta o a través de un cálculos para sistemas ortogonales de medición del velocidad del viento.

Veletas

Las veletas convencionales consisten en una cola montada sobre un eje horizontal el que es montado sobre un eje vertical, permitiendo que el eje horizontal y la cola roten sobre un plano horizontal.

La veleta mide el ángulo de azimuth del viento. Normalmente está construida con materiales de bajo peso, que le den la consistencia necesaria para realizar mediciones de viento bajo condiciones severas. Existen veletas de metal las que se utilizan generalmente para mediciones de viento fuerte como tormentas o tifones.

El umbral de medición (menor velocidad que permite un desplazamiento de 5° después de un movimiento inicial de 10°) debería ser menor que 0.5 m/s . El Overshoot debería ser $\leq 25\%$ y la razón de decaimiento debería estar entre 0.4 y 0.7 .

Sistemas UV y UVW

Otro método para obtener la dirección horizontal y/o vertical del viento es a través del uso de propelas montada sobre un sistema ortogonal, sistema UV o UVW. La dirección horizontal del viento (en el caso de sistema UVW la dirección vertical), se obtienen computacionalmente desde las mediciones de viento ortogonal en cada uno de los ejes. El método computacional esta basado en la respuesta de las variaciones de la velocidad del viento cercana al coseno por las propelas de perfil helicoidal.

Transductores de dirección de viento

Existen varios tipos de transductores tipo conmutadores que utilizan escobillas para dividir la dirección del viento en 16 sectores. Estos transductores no proveen de información con una adecuada resolución para caracterizar las condiciones del viento y que puedan ser utilizados para la aplicación de modelos.

Un transductor que soluciona esta deficiencia consiste en potenciómetro que permite la medición continua de la dirección del viento en al menos 355° de los 360° posibles de direcciones de viento. El salto que se produce puede ser distribuido como error en las direcciones menores. El potenciómetro es energizado por un voltaje pequeño, el punto medio del potenciómetro esta conectado al eje de rotación de la veleta formando un divisor de voltaje entre el potencial 0 y el punto medio. El voltaje medido es proporcional al la dirección del viento. Como la señal es analógica puede ser grabada en los sistemas de almacenamiento. Este tipo de sistemas evita el uso de registradores de carta y permiten la obtención de datos en medios magnéticos.

c) Temperatura y diferencia de temperatura

En esta sección se entrega información para ambos tipos de mediciones, mediciones de temperatura en un nivel y diferencia de temperatura entre dos niveles o más niveles de medición. La temperatura ambiente se usa para determinar la elevación que pueden alcanzar las emisiones de una chimenea, mientras que la diferencia vertical de temperatura se utiliza para calcular el crecimiento de una pluma de emisión bajo condiciones estables de la atmósfera, también se utiliza para el cálculo de parámetros de estabilidad.

Clases de sensores de temperatura

Los sensores usados para medir la temperatura ambiente incluyen: bobinas de alambre, termocuplas y termistores. Los detectores de resistencia de platino (RTD, por su nombre en inglés) constituyen los sensores más utilizados en las mediciones de temperatura ambiente, los cuales tienen como característica principal, la exactitud de las mediciones y el mantenimiento de los parámetros de calibración en un amplio rango de temperatura.

El principio de operación de este tipo de sensores (RTD) se base en el cambio del valor de resistencia de ciertos metales (platino y cobre principalmente) como función de la temperatura, la que resulta ser casi lineal. Para minimizar los errores de medición se

utilizan 3 o 4 RTD s por cada sensor.

Existe un segundo tipo de resistencias que utilizadas como sensores de temperatura, las cuales se elaboran con una mezcla de óxidos metálicos fusionados, conocidas con el nombre de termistores, los cuales tienen como característica principal un cambio de valor de resistencia más grande que la producida en los RTD y que resulta ser no lineal, de manera tal que los sistemas de medición que las utilizan tienen un diseño con el uso de dos más termistores y resistencias fijas que tienen una respuesta cercana a la linealidad sobre un rango específico de temperatura.

Los sensores termo eléctricos, conocidos con el nombre de termocuplas, trabajan con el principio de que la temperatura depende de la corriente eléctrica que circula entre dos metales distintos. Estos sensores requieren de un especial cuidado en la instalación en lo relativo a la inducción de corrientes parásitas provenientes de fuentes de corriente alterna, las cuales pueden causar errores en la medición. Además son susceptibles a la acción de voltajes parásitos causados por la mezcla de aire, de manera tal que su uso en mediciones está limitado.

Respuesta característica

La respuesta de los sensores de temperatura puede ser caracterizada por una ecuación diferencial de primer orden, la constante de tiempo para sensores de temperatura (tiempo que demora en responder a un cambio de temperatura del 63%, es función de la densidad del aire y la velocidad de la tasa de ventilación. La constante de tiempo de termómetros de mercurio es de alrededor de 1 minuto para tasa de ventilación de 5 m/s, mientras que el tiempo de respuesta de sensores tipo RTD y termistores montados sobre una prueba es de alrededor de 45 segundos para las mismas condiciones de ventilación.

Diferencia de temperatura

Los requerimientos básicos de los sensores utilizados para la medición de diferencia de temperatura son esencialmente los mismos que para los sensores utilizados para la medición de temperatura ambiente. Sin embargo se requiere de un control más estricto para lograr los niveles de exactitud deseados, mediante la calibración por periodos más corto de uso de los sensores. La temperatura ambiente se registra con uno de los sensores del sistema de medición de altura y las diferencias se referencian a este valor. También es posible realizar la medición de diferencia de temperatura mediante la utilización de termocuplas, las cuales en general tienen una performance mejor.

Fuentes de error

Existe una gran lista de fuentes de error para los sistemas de medición de temperatura, en particular la radiación solar incidente. Los sistemas de medición deben tener un escudo que los proteja de la acción directa de la radiación solar, de no hacerlo así, la punta de prueba donde se monta el elemento sensor podría calentarse y causar errores en la medición, se requiere entonces de sistemas de ventilación automáticos o manuales. Generalmente para

mediciones de diferencia de temperaturas se requiere de un sistema de ventilación forzado que asegure no se produzca calentamiento del elemento sensor.

Otras fuentes de error son:

- Humedad ambiente, cuando toma contacto con el elemento sensor , cambios en las propiedades eléctricas de los materiales
- Evaporación fría, causa que la temperatura decaiga

d) Humedad

La humedad es el término utilizado para referirse a la cantidad de mezcla presente en la atmósfera, las variables de humedad incluyen presión de vapor, punto de rocío, humedad específica y humedad relativa. Con excepción de la humedad relativa, las demás variables proveen una completa especificación de la cantidad de vapor de agua en el aire, para llegar a ellos se requiere de la medición de presión atmosférica y temperatura. La humedad es un variable importante para determinar los impactos provenientes de fuentes húmedas, tales como torres de enfriamiento, además es utilizada para el modelamiento de ozono químico.

Tipos de instrumentación

Existen dos tipos básicos de sensores para medir la humedad, los psicrómetros y los higrómetros.

Los psicrómetros consisten en dos termómetros, uno de ellos tiene el bulbo cubierto con un material que permanece húmedo y el otro no y un mecanismo de ventilación para el par. La evaporación disminuye la temperatura del bulbo húmedo, la diferencia de temperatura entre el bulbo húmedo y el bulbo seco es una medida de la cantidad de vapor de agua en el aire.

Los higrómetros son una clase de instrumentos que miden los efectos físicos que la humedad ejerce sobre una sustancia, por ejemplo, los higrómetros de cloruro de litio usan un elemento sensor impregnado con una solución de cloruro de litio. Un voltaje se suministra a los electrodos del elemento sensor hasta que se alcanza el equilibrio de temperatura basado en la conductividad del cloruro de litio.

Otro tipo de higrómetro es el que usa el principio de capacidad eléctrica de una delgada película de polímero, la que depende de la humedad; este tipo de higrómetro tiene una respuesta muy rápida comparada con otros tipos de higrómetros.

De ser posible, los sensores de humedad deberían alojarse en la misma cápsula o sistema de ventilación de los sensores de temperatura, además deben estar protegidos de contaminaciones tales como sales, hidrocarburos y otras partículas que pudieran alterar las propiedades del elemento sensor, una forma de proteger el elemento sensor es el uso de filtros de membrana porosa las cuales permiten el paso del vapor de agua pero no las partículas en el aire.

e) Presión

La presión atmosférica puede proveer información para el personal que revisa información de tendencias, también se puede usar como complemento de mediciones de calidad de aire.

Tipos de instrumentos

Existen dos tipos de instrumentos disponible para la medición de presión atmosférica, los barómetros de mercurio y los barómetros aneroides (sin uso de mercurio u otro fluido).

El barómetro de mercurio mide la altura de la columna de mercurio que es soportada por la presión atmosférica, es instrumento estándar para la mayoría de las estaciones de observaciones meteorológicas, pero no permite la grabación automática de las mediciones.

El barómetro aneroide consiste en dos discos que en conjunto limitan un volumen de aire, como la presión cambia el volumen de aire entre los discos permite un movimiento que actúa un mecanismo, eléctrico o mecánico, que mide la acción del cambio de presión.

Los barómetros aneroides más modernos utilizan el principio de cambio de las propiedades físicas de materiales cerámicos como función de la presión atmosférica, conformando un condensador eléctrico que utiliza en una de sus paredes el material cerámico, mientras que en la otra utiliza un diafragma. La capacidad eléctrica entre las placas del condensador varía linealmente con las variaciones de presión atmosférica. La salida de este tipo de barómetro es una señal electrónica que puede ser procesada y almacenada digitalmente.

f) Radiación Solar

La radiación solar se utiliza para determinar la estabilidad atmosférica, para el cálculo de varios parámetros de superficie usados en la aplicación de modelos de dispersión, para la estimación de la altura de la capa de mezcla convectiva y para la modelación de reacciones fotoquímicas en la atmósfera.

La radiación solar es la energía electromagnética proveniente del sol en el espectro con longitudes de onda entre 0.01 a 4.0 μm . Se han clasificado tres tipos de radiación de acuerdo a la longitud de onda:

- Radiación ultra violeta (0.1 a 0.40 μm)
- Luz visible (0.40 a 0.73 μm)
- Radiación infrarroja (0.73 a 4.0 μm)

La radiación neta incluye la radiación solar (radiación de onda corta) y la radiación terrestre (radiación de onda larga). El signo de la radiación neta indica el flujo de energía (valores negativos indican flujo de energía hacia el espacio).

Tipos de instrumentos

Los piranómetros son una clase de instrumentos usados para medir el flujo de energía en el espectro solar. Estos instrumentos se configuran para medir la radiación referida a la

radiación solar global, es decir la radiación directa mas la radiación difusa proveniente del sol que incide en un plano horizontal.

El elemento sensor de un piranómetro típico se protege con una membrana de vidrio que filtra longitudes de onda provenientes de afuera del espectro solar, generalmente son transparentes para longitudes de onda en el rango de 0.28 a 2.8 μm . Los filtros pueden ser usados para medir radiación en diferentes intervalos, tales como radiación ultravioleta.

La Organización Mundial de Meteorología (OMM) ha especificado varias clases de piranómetros los que se muestran en la siguiente.

Característica	Unidades	Estándar Secundario	Primera Clase	Segunda Clase
Resolución	W/m^2	± 1	± 5	± 10
Estabilidad	% FS*	± 1	± 2	± 5
Respuesta de Coseno	%	$< \pm 3$	$< \pm 7$	$< \pm 15$
Respuesta de azimuth	%	$< \pm 3$	$< \pm 5$	$< \pm 10$
Respuesta de temperatura	%	± 1	± 2	± 5
No linealidad	% FS*	± 0.5	± 2	± 5
Sensibilidad espectral	%	± 2	± 5	± 10
Tiempo de respuesta (90%)	Segundos	< 25	< 60	< 240
*Porcentaje de la escala total				

Piranómetros estándar de primera y segunda clase emplean termopilas como elementos sensores. La termopila esta compuesta por una serie de pares de termo uniones, una unión óptica primaria negra, y una unión óptica primaria de referencia blanca. La diferencia de temperatura entre las uniones primarias y de referencia generan una corriente eléctrica que es proporcional a la radiación solar.

Los piranómetros secundarios (foto voltaico) típicamente emplean una foto celda como elemento sensor, el costo de adquisición de este tipo de piranómetros es menor, pero la respuesta de espectro está limitada a la luz visible.

B.4.2. Recomendaciones generales para mediciones meteorológicas

Medición de vientos

- Anemómetros de tres copelas o anemómetros de propelas deberían ser usados para la medición de la velocidad del viento.
- Sensores con alta exactitud a velocidades de viento baja a un bajo umbral de medición deberían ser usados para la mayoría de las aplicaciones
- Anemómetros sónicos y de cable caliente podrían ser usados, si son requeridos por la autoridad. Estos instrumentos se usan para la medición directa de la turbulencia
- La dirección del viento debería ser medida directamente utilizando una veleta o

podría ser calculada a partir de mediciones de componentes de viento en un sistema ortogonal

- Calentadores de los sistemas de medición se deberían usar para proteger las características de diseño de los sensores en instalaciones con climas fríos.

Temperatura

- La temperatura y diferencia de temperatura debería ser medida usando dispositivos de resistencia tipos RTD o termistores.
- Sensores termoelectrónicos no se recomiendan para mediciones de temperatura, salvo que se asegure su implementación para mantener la exactitud y disminuir las posibles fuentes de errores.

Humedad

- La humedad debería ser medida usando higrómetros de tipo conductivo o capacitivo (higrómetros de cloruro de litio, higrómetros de capa de polímero, respectivamente)

Presión atmosférica

- La presión atmosférica debería ser medida con un barómetro aneróide.

Radiación solar

- Piranómetros de primera y segunda clase normalmente deberían ser usados para medir la radiación solar. Si la información de radiación solar será usada para la estimación de la estabilidad atmosférica, un piranómetro de segunda clase puede ser usado.
- Para la mayoría de las aplicaciones piranómetros de primera clase y estándar secundario deberían ser usados.
- Para aplicaciones que requieren mediciones de radiación ultravioleta no se debería usar piranómetros foto voltaicos, ya que estos instrumentos no son sensibles a esta radiación.

ANEXO C

ANTECEDENTES DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Tabla de Contenidos

	Pág.
ANEXO C. ANTECEDENTES DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	1
C.1. MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE: MP10	1
C.2. MONÓXIDO DE CARBONO: CO.....	2
C.3. DIÓXIDO DE NITRÓGENO: NO ₂	3
C.4. DIÓXIDO DE AZUFRE: SO ₂	3
C.5. OZONO: O ₃	4
C.6. RESUMEN DE NORMAS PRIMARIAS DE CALIDAD DE AIRE.....	5

ANEXO C. Antecedentes de los principales contaminantes atmosféricos

Figura 1. Gases contaminantes presentes en la atmósfera

Los contaminantes gaseosos normados en Chile NO_2 , SO_2 , CO y O_3 denominados gases criterio junto al material particulado respirable (MP10) son representados en la figura.

CO, SO_2 , NO y MP10 se denominan contaminantes primarios (emitidos directamente) por las diversas fuentes, en cambio O_3 y NO_2 se denominan contaminantes secundarios formados a partir de la interacción fotoquímica de los contaminantes primarios en la atmósfera. Los párrafos siguientes describen las principales características y efectos en la salud de los contaminantes normados:

C.1. Material Particulado Respirable: MP10

El material particulado se puede encontrar en el aire en forma de polvo, de humo o de otros aerosoles. Las partículas se pueden emitir directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formadas en esta última por reacciones químicas (partículas secundarias). El tamaño de partícula, expresado generalmente en términos de su diámetro aerodinámico, y la composición química son influenciados por su origen.

Las fuentes antropogénicas importantes en la atmósfera urbana incluyen las emisiones vehiculares (diesel), los procesos industriales, quema de carbón doméstico, las centrales eléctricas con uso de combustibles sólidos, los incineradores y las actividad de la

construcción. Investigaciones específicas relacionadas a este contaminante, demuestran que las concentraciones medias diarias de MP10 son más altas durante los meses de invierno y más bajas en verano. Durante períodos de episodio críticos en invierno los aumentos en los niveles de MP10 ocurren generalmente por la asociación con el incremento de otros agentes contaminadores relacionados al tráfico vehicular tales como óxidos de nitrógeno. Durante el verano, la oxidación fotoquímica del dióxido de sulfuro y de los óxidos de nitrógeno al sulfato y al nitrato de partículas es otra fuente importante.

Los efectos en salud vinculados a la exposición prolongada a este contaminante corresponden a un aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar, muertes prematuras, síntomas respiratorios severos e irritación de ojos y nariz.

El factor determinante en el efecto en la salud es el tamaño de las partículas, debido al grado de penetración y permanencia que ellas tengan en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor que 5 μm se depositan en las vías aéreas superiores, en la tráquea y en los bronquios. Aquéllas cuyo diámetro es inferior tienen mayor probabilidad de depositarse en los bronquiólos y alvéolos a medida que su tamaño disminuye.

Una vez que las partículas se han depositado en el sistema respiratorio, su acción irritante es producida por una parte, por su composición química y su toxicidad; y por otra, de su facilidad de absorber y adsorber otras sustancias en su superficie, produciéndose un efecto sinérgico que incrementa su agresividad.

En cuanto a su composición química, la fracción gruesa (2,5 - 10 μm) del material particulado respirable está compuesta en su mayoría por partículas de pH básico producto de combustión no controlada y de procesos de desintegración mecánica. Las partículas de diámetro menor que 2,5 μm son, generalmente, ácidas e incluyen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales. Otras sustancias que pueden estar presentes en las partículas son el plomo, arsénico, berilio, cadmio, mercurio, sulfatos, nitratos e hidrocarburos policíclicos aromáticos.

C.2. Monóxido de Carbono: CO

Este contaminante es producto de la combustión incompleta de compuestos carbonados y algunos procesos industriales y biológicos. Los principales aportes resultan de las emisiones vehiculares y, al interior del hogar, de estufas, cocinas, humo del cigarrillo y calefontes.

El monóxido de carbono en áreas urbanas es el resultado, en su mayoría de emisiones vehiculares. La proporción de emisión de vehículos individuales depende críticamente de la velocidad del vehículo, siendo la más alta a las velocidades más bajas.

En áreas urbanas, las concentraciones más altas se localizan en las inmediaciones de las vías (cuneta), disminuyendo rápidamente con el aumento de distancia de la misma. Puesto que el tráfico es en gran medida la fuente más importante del CO, su distribución espacial seguirá el del tráfico: esto dará lugar generalmente a los niveles más altos que son observados en el centro de ciudad.

Reacciona con la hemoglobina en lugar del oxígeno, dada su afinidad notoriamente

superior para formar carboxihemoglobina. Afecta la salud interfiriendo con el transporte de dicho elemento (O_2) al corazón y otros músculos, y también al cerebro.

Por esto, individuos con enfermedades coronarias sufren un riesgo mayor frente a exposiciones de CO. Otros efectos en salud ligados a este contaminante son aumento de angina en pacientes susceptibles, disminución en las funciones neuroconductuales, efectos perinatales como menor peso del feto y retardo del desarrollo post-natal.

C.3. Dióxido de Nitrógeno: NO_2

El dióxido de nitrógeno es uno de varios óxidos de nitrógenos presentes en la atmósfera. El óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2) (juntos representan el término NO_x) son los óxidos artificiales más abundantes de nitrógeno en las áreas urbanas; éstos se forman en los procesos de combustión de altas temperaturas, aunque el NO predomina.

En general, estudios realizados han mostrado que las concentraciones de NO_2 son más grandes en las áreas urbanas centrales. Sin embargo, no siempre puede asumirse que este es el caso: por ejemplo, se puede identificar un área industrial, cerca de alguna autopista, con concentraciones de NO_2 más altas que en el centro de la ciudad, es decir, dependerá considerablemente la localización de las fuentes emisoras.

Este compuesto es generado naturalmente por acción volcánica y bacteriana, y por tormentas eléctricas. Sus fuentes antropogénicas residen principalmente en procesos de quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas metano, etc.) a altas temperaturas. Es un importante precursor de la formación de ozono. Al interior del hogar, sus principales fuentes son las cocinas a gas, las estufas de parafina y los hornos.

Su toxicidad se debe principalmente a sus propiedades oxidantes. Sus efectos en salud son: inducción de edema pulmonar, aumento de metabolismo antioxidante, daño celular en el pulmón, irritación y pérdida de mucosas.

C.4. Dióxido de azufre: SO_2

El dióxido de azufre proviene de la quema de combustibles fósiles, de la fundición de minerales que contienen azufre y otros procesos industriales. Al interior del hogar, los fuegos domésticos son una fuente importante.

Aunque virtualmente no se emite SO_2 de los vehículos de motor a gasolina, se emite de diesels y, como el uso de estos ha aumentado, las concentraciones de cuneta de este agente contaminante son ahora observadas más altas que en las localizaciones urbanas de fondo (background)

Este gas reacciona en la superficie de una amplia variedad de aerosoles, por lo que su acción se potencia ante la presencia de material particulado. La mayor parte de las emisiones de azufre se libera en forma de SO_2 , que es a su vez oxidado a SO_3 . Bajo la presencia de humedad, se forma ácido sulfúrico el cual está presente como aerosol o partículas sólidas, es decir, es un precursor en la formación de material particulado.

Esta sustancia posee efectos irritantes sobre las vías respiratorias, dando lugar a broncoconstricción y bronquitis obstructiva. Tal como se mencionó en el acápite referente al material particulado, el efecto sinérgico de éste junto a otros contaminantes puede ser

altamente agresivo.

C.5. Ozono: O₃

Este contaminante secundario es el principal componente del smog fotoquímico, y uno de los más fuertes agentes oxidantes, formado a partir de la acción de la luz solar de manera indirecta en los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en la tropósfera, y de la acción de la misma en las moléculas de ozono en la estratosfera. No existen fuentes apreciables de origen antropogénico en la atmósfera.

Las concentraciones de ozono de base o de fondo dependen de la época del año. Bajos promedios de concentraciones de ozono se observan en áreas urbanas, puesto que el ozono de fondo es agotado por la deposición a las superficies y por la reacción con otros agentes contaminadores (sobre todo NO_x) en la atmósfera.

El ozono no se emite directamente en la atmósfera en cualquier cantidad significativa y su presencia en la baja atmósfera en concentraciones que exceden el de fondo es el resultado principal de una serie compleja de reacciones que involucran a NO_x y precursores de hidrocarburo en la presencia de luz solar. La formación de ozono puede ocurrir en escalas de tiempo de unas horas a varios días. Como resultado, las concentraciones de ozono son temporal y espacialmente desparejadas de las fuentes del precursor y sus concentraciones en el ambiente son fuertemente dependiente de las condiciones meteorológicas.

En las ciudades, las concentraciones de ozono tenderán a ser más bajo en áreas centrales y aumentar en zonas no centrales, aunque la variación espacial será compleja y, en los espacios abiertos de las áreas urbanas, los niveles de ozono pueden acercarse a aquellos encontrados en las áreas rurales cercanas.

Los síntomas que han sido reportados para este contaminante incluyen manifestación de tos y dolor de cabeza, irritación de ojos, nariz y garganta, dolor de tórax, incremento de mucosidad, estertores, cierre de las vías respiratorias, languidez, malestar y náuseas, y aumento en la incidencia de ataques asmáticos.

C.6. Resumen de Normas Primarias de calidad de aire

La siguiente tabla muestra un resumen de las Normas Primarias de Calidad de Aire:

Tabla 1. Resumen de Normas Primarias de Calidad de Aire

Contaminante	Período	Norma	Referencia Legal
CO	8 hrs	9 ppmv (10 ug/m ³ N)	D.S. N°115 de 2002
	1 hr	26 ppmv (30 ug/m ³ N)	
NO ₂	anual	53 ppbv (100 ug/m ³ N)	D.S. N°114 de 2002
	1 hr	213 ppbv (400 ug/m ³ N)	
O ₃	8 hrs	61 ppbv (120 ug/m ³ N)	D.S. N°112 de 2002
SO ₂	anual	31 ppbv (80 ug/m ³ N)	D.S. N°113 de 2002
	24 hrs	96 ppbv (250 ug/m ³ N)	
MP10	24 hrs	150 ug/m ³ N	D.S. N° 59 de 1998
	anual	50 ug/m ³ N	

Considerando lo establecido en las Normas Primarias de Calidad de Aire para los contaminantes normados, se tienen las siguientes disposiciones generales y definiciones:

- *ppmv*: Unidad de medida de concentración en volumen, correspondiente a una parte por millón.
- *ppbv*: Unidad de medida de concentración en volumen, correspondiente a una parte por billón.
- *Concentración de monóxido de carbono*: Valor promedio temporal detectado en el aire expresado en partes por millón (ppmv) o en miligramos por metro cúbico normal (mg/m³N).

La condición normal corresponde a la presión de una atmósfera (1 atm.) y una temperatura de 25 grados Celcius (25°C).

- *Concentración de Dióxido de Nitrógeno*: Valor promedio temporal detectado en el aire expresado en partes por billón (ppbv) o microgramos por metro cúbico normal (ug/m³N).
- *Concentración de Ozono*: Valor promedio temporal detectado en el aire expresado en partes por billón (ppbv) o en microgramos por metro cúbico normal (ug/m³N).
- *Concentración de Dióxido de Azufre*: Valor promedio temporal detectado en el aire expresado en partes por billón (ppbv) o en microgramos por metro cúbico normal (ug/m³N).

- *Material particulado respirable MP10*: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrones.
- *Concentración de material particulado respirable*: El valor promedio temporal detectado en el aire en microgramos por metro cúbico normal ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) de material particulado respirable.
- *Concentración de 24 horas para material particulado respirable*: Corresponde a la media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración en cada estación monitorea en 24 horas consecutivas. En caso de utilizarse monitores con resolución temporal inferior a 24 horas, o de pérdida parcial de información horaria, el número de valores a considerar en el cálculo de la media será mayor o igual que el equivalente a 18 horas.
- *Concentración de 1 hora*: Promedio aritmético de los valores de concentración de gases medidos en 1 hora.
- *Concentración de 8 horas*: Promedio aritmético de los valores de concentración de 1 hora de gases correspondientes a 8 horas sucesivas, promedio móvil.
- *Concentración de 24 horas*: Promedio aritmético de los valores de concentración de 1 hora de gases correspondientes a un bloque de 24 horas sucesivas, contadas desde las cero horas de cada día.
- *Concentración trimestral*: Promedio aritmético de los valores de concentración de 24 horas de gases correspondientes a un periodo de tres meses consecutivos.
- *Concentración anual*: Promedio aritmético de los valores de concentración trimestral de gases correspondientes a un año calendario.
- *Año calendario*: Período que se inicia el 1° de enero y culmina el 31 de diciembre del mismo año.
- *Estación monitorea con representatividad poblacional para gases (EMRPG)*: Una estación de monitoreo que se encuentra localizada en un área habitada.
Se entiende como área habitada, a una porción del territorio donde vive habitual y permanentemente un conjunto de personas.
- *Percentil*: Corresponde al valor "q" calculado a partir de valores de concentración aproximados al ppmv o $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ más cercano. Todos los valores se anotarán en una lista establecida por orden creciente para cada estación de monitoreo.

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \dots \leq X_k \leq X_{n-1} \leq X_n$$

El percentil será el valor del elemento de orden "k", para el que "k" se calculará por medio de la siguiente formula:

$k = q \times n$, donde "q" = 0.99 para el percentil 99, y "n" corresponde al número de datos de una serie.

El valor "k" se aproximará al número entero más próximo.

Haciendo referencia al Título II de las Normas Primarias de Calidad de Aire se tienen la siguientes consideración respecto a los niveles de normas para cada contaminante normado:

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Monóxido de Carbono en Aire

Según el Título II, Artículo 3, la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas será de 9 ppmv (10mg/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 8 horas, si en el primer o segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas para los períodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres períodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Según el Título II, Artículo 4, la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 1 hora será de 26 ppmv (30 mg/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el período de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros períodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para monóxido de carbono como concentración de 1 hora, si en el primer o segundo período de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los períodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres períodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Dióxido de Nitrógeno en Aire

Según el Título II, Artículo 3, la norma primaria de calidad de aire para dióxido de

nitrógeno como concentración anual será de 53 ppbv (100 ug/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el periodo de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración anual, si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar la concentración anual para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Según el Título II, Artículo 4, la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora será de 213 ppbv (400 ug/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el periodo de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1 de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios consecutivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de 1 hora, si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Ozono en Aire

Según el Título II, Artículo 3, la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas será de 61 ppbv. (120 ug/m³N)

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el periodo de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para ozono como concentración de 8 horas, si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Dióxido de Azufre en Aire

Según el Título II, Artículo 3, la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual será de 31 ppbv (80 ug/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el periodo de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración anual, si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar la concentración anual para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Según el Título II, Artículo 4, la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas será de 96 ppbv (250 ug/m³N).

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual al nivel indicado en el inciso precedente.

Si el periodo de medición en una estación monitora EMRPG no comenzare el 1° de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de tres años calendarios sucesivos de mediciones.

Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en el primer o segundo periodo de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones y, al reemplazar el percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para los periodos faltantes por cero, el promedio aritmético de los tres periodos resultare mayor o igual al nivel de la norma.

Nivel de Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10

Según el Título II, Artículo 2, la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico

normal ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como *concentración de 24 horas*.

Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluyese el primer período anual de mediciones certificadas por el Servicio de Salud competente se registrare en alguna de las estaciones monitorea de Material Particulado Respirable MP10 clasificada como EMRP, un número de días con mediciones sobre el valor de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete.

A contar del día 1° de enero del año 2012, la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, será de ciento veinte microgramos por metro cúbico normal ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como concentración de 24 horas, salvo que a dicha fecha haya entrado en vigencia una norma de calidad ambiental para Material Particulado Fino MP2,5, en cuyo caso se mantendrá el valor de la norma establecido en el inciso primero de la Norma.

La norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP10, es cincuenta microgramos por metro cúbico normal ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) *como concentración anual*.

Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, si correspondiere de acuerdo a lo que se indica en el punto IV de la Norma.

RDM/ADM/AAEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Instructivo de Aceptación Administrativa de Equipos, Partes o Piezas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/ADM/AAEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i>	<i>5</i>
<i>2 Resumen del Método</i>	<i>5</i>
<i>3 Precauciones.....</i>	<i>5</i>
<i>4 Calificaciones del Personal.....</i>	<i>5</i>
<i>5 Equipamiento y Abastecimiento.....</i>	<i>5</i>
<i>6 Procesos</i>	<i>5</i>
<i>7 Control de Datos y Registros.....</i>	<i>6</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>7</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>8</i>

RDM/ADM/AAEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se realiza para verificar que el equipo, o las piezas o partes componentes de un equipo, correspondan a lo solicitado y se manifiesten en un correcto estado. Debe aplicarse en la etapa de recepción de equipos o partes y piezas de medición.

2 Resumen del Método

Este protocolo detalla los procedimientos de aceptación de los equipos, parte o piezas recepcionados (solicitados al proveedor) mediante determinados criterios de aceptación, tales como embalaje en buen estado, sellos originales e identificación apropiada, entre otros, expresados en forma de un test de aceptación.

3 Precauciones

Poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica

4 Calificaciones del Personal

El personal debe estar capacitado para operaciones de gestión de administración de bienes e inventarios.

5 Equipamiento y Abastecimiento

- Orden de compra
- Planilla de recepción de equipos de inventario.
- Test General de Aceptación de Equipos/Partes y Piezas (ver Anexo A)
- Equipo etiquetador, si corresponde.

6 Procesos

Para realizar el proceso de aceptación de equipos, partes o piezas se deben seguir los siguientes pasos:

1. Realizar el Test General de Aceptación de Equipos.

2. Si el equipo cumple con todas las condiciones detalladas en el Test:

El personal a cargo (de recepción) debe:

- Señalar en el Test la aceptación del equipo recepcionado.
- Firmar el Test General de Aceptación de Equipos.
- Informar a su superior de lo resuelto.

El encargado de inventario (el superior) debe:

- Revisar si se cumplieron los requerimientos del Test.
- Aceptar el ingreso del equipo y firmar el Test General de Aceptación de Equipos.
- Remitir la orden de entrega de los equipos al solicitante o al cliente (en caso de que se tratara de un departamento externo o de adquisiciones).

Luego de aceptado el equipo, éste se traspasa al Departamento Técnico para las pruebas respectivas, de acuerdo al procedimiento de cada equipo. Refiérase a SOP de Aceptación de Equipos de Monitoreo de Gases y de Partículas.

3. Si el equipo no cumple con todas las condiciones detalladas en el Test General de Aceptación de Equipos:

El personal a cargo debe:

- Señalar en el Test General de Aceptación de Equipos el rechazo del equipo recepcionado y firmar el Test.
- Informar a su superior de lo resuelto.

El encargado de inventario (el superior) debe:

- Revisar el Test General de Aceptación de Equipos.
- Rechazar el ingreso del equipo, si así fuere, y firmar el Test.
- Informar al proveedor su no conformidad y rechazo, por lo tanto, del equipo.
- Informar al solicitante o al cliente la no conformidad y rechazo del equipo.

7 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital los resultados del Test General de Aceptación de Equipos. Además, se debe proceder a ingresar el equipo, si fuese aceptado, en el sistema de control de inventario.

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario General de Aceptación de Equipos, Partes y Piezas

FORMULARIO GENERAL DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS / PARTES Y PIEZAS Formulario n°			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre equipo	Solicitado por	Recepcionado por	Encargado Inventario
Proveedor	Orden de compra	Guía Despacho/Fact.	Fecha Ingreso
Criterios de Aceptación			
Cód.	Detalle	SI	NO
01	Embalajes en buen estado.		
02	Sellos originales de fábrica en el embalaje.		
03	Identificación de fabrica.		
04	Voltaje de operación, adecuado a la red eléctrica.		
05	Voltaje de operación, adecuado al equipo (sólo partes y piezas)		
05	Encendido del equipo/piezas, si corresponde.		
06	Daño a estructura de equipo.		
07	Certificado de calibración de fábrica, si corresponde.		
08	Certificado de calidad, si corresponde.		
08	Manual de uso del fabricante.		
09	Sotware, si corresponde.		
Observaciones:			
Resolución:	Acepta equipo _____	Rechaza equipo _____	
_____	_____	_____	
Encargado de Recepción	Encargado de Inventario	Solicitante	

RDM/CA/ATEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Instructivo de Aceptación Técnica de Equipos

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/ATEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método.....	5
3 Seguridad del personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7 Procesos.....	6
8 Control de Datos y Registros.....	6
9 REFERENCIAS	6
ANEXO A	8
ANEXO B	9
ANEXO C	10
ANEXO D	11

RDM/CA/ATEQ

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se realiza para asegurar que los equipos de monitoreo de gases o partículas, recepcionados cumpla con las especificaciones técnicas requeridas y asegurar su correcto funcionamiento.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de recepción de equipos de medición por parte del Departamento Técnico o de Laboratorio para la realización de las pruebas de aceptación respectivas.

2 Resumen del Método

Este procedimiento detalla los procesos usados para verificar el correcto funcionamiento del equipo. Entrega un listado de verificaciones a las que se debe someter el equipo, las cuales deben registrarse en un formato de Test de Aceptación.

Una vez finalizado la prueba y su respectiva reverificación, el personal técnico debe resolver si acepta el equipo dada los resultados que se desprenden de dicha prueba.

3 Seguridad del personal

- Uso de cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar las pruebas de verificación del correcto funcionamiento de los equipos de monitoreo.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Planilla de inventario en donde se indique la aceptación del equipo por parte de recepción.
- Orden de compra en la que se listan las especificaciones técnicas del equipo.
- Prueba de Aceptación de Equipos (ver Anexo A, B, C y D)

7 Procesos

NOTA: Antes de realizar la prueba es recomendable que el equipo funcione previamente alrededor de 24 horas, ya que algunas verificaciones de funcionamiento requieren un estado de operación en condiciones normales.

Para realizar la verificación de funcionamiento de los equipos realice la prueba Aceptación de Equipos. Refiérase a los Procedimientos de Operación Estándar que se señalan en la sección de REFERENCIAS de este procedimiento para realizar las pruebas, chequeos o verificaciones que se indican en la prueba.

Luego de efectuado la prueba siga los siguientes pasos:

1. Si el equipo cumple con todas las condiciones detalladas en la prueba de Aceptación de Equipos:
 - 1.1 El ejecutor de la prueba debe señalar en la prueba la aceptación del funcionamiento técnico del equipo, firmar la prueba e informar al supervisor o encargado del Depto. Técnico o de Laboratorio de lo resuelto.
 - 1.2 El encargado del Departamento Técnico debe revisar si se cumplieron los requerimientos de la prueba, aceptar el equipo, firmar la prueba de Aceptación de Equipos de Monitoreo de Gases y remitir la orden de entrega de los equipos al solicitante o al cliente (en caso de que se tratara de un departamento externo o de adquisiciones).
2. Si el equipo no cumple con todas las condiciones detalladas en la prueba de Aceptación de Equipos:
 - 2 El ejecutor de la prueba debe señalar en la prueba el rechazo del equipo, firmar la prueba e informar al supervisor o encargado del Depto. Técnico o de Laboratorio de lo resuelto.
 - 2 El encargado del Departamento Técnico debe revisar si se cumplieron los requerimientos señalados en la prueba, rechazar el equipo, si así fuere y firmar la prueba de Aceptación. Luego, debe informar al proveedor su no conformidad y rechazo, por lo tanto, del equipo y al solicitante o cliente de lo resuelto.

8 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital los resultados de la prueba de Aceptación de Equipos. Además, se debe proceder a ingresar el equipo, si fuese aceptado, en el sistema de control de inventario.

REFERENCIAS

Dependiendo del equipo refiérase a los siguientes procedimientos estándar:

Equipos de monitoreo de gases (ANEXO A)

- Instructivo de Chequeo de Cero y Span
- Instructivo de Chequeo de Flujos.
- Instructivo de Chequeo Multipunto para Equipo de Monitoreo de Gases.
- Instructivo de Estabilidad de los Equipos de Monitoreo de Gases.
- Instructivo de Estabilidad de Temperatura de los Equipos de Monitoreo de Gases.
- Instructivo de Comunicaciones de Equipos de Calidad de Aire.

Equipo dicotómico de muestreo de partículas (ANEXO B)

- Instructivo de Verificación de bomba de vacío.
- Instructivo de Verificación de sistema de registro de flujo.
- Instructivo de Verificación de programación de mediciones.

Equipo Hi-Vol de muestreo de partículas (ANEXO C)

- Instructivo de Verificación el estado de motor y carbones
- Instructivo de Sistema de registro de flujo
- Instructivo de Programación de mediciones

Equipo TEOM de monitoreo de partículas (ANEXO D)

- Instructivo de Verificación de bomba de vacío y flujos.
- Instructivo de Verificación Sistema de registro de datos.
- Instructivo de Verificación Sistema de programación de mediciones.
- Instructivo de Verificación Estado de unidad electrónica.
- Instructivo de Verificación de frecuencia.
- Instructivo de Verificación Estado de balanza de masa

ANEXO A

PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS DE MONITOREO DE GASES			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de equipo	Solicitado por	Recepcionado por	Encargado Inventario
Proveedor	Orden de compra	Guía Despacho/Fact.	Fecha Ingreso
Número de serie (o código)			
TEST DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS			
Cód.	Detalle	SI	NO
01	Chequeo de Cero		
02	Chequeo de Span		
03	Estabilidad de medición.		
04	Estabilidad de temperatura		
05	Linealidad de las mediciones		
06	Test de flujo		
07	Test de comunicación		
Observaciones:			
Resolución:	Acepta equipo _____	Rechaza equipo _____	
_____	_____	_____	
Encargado de Recepción	Solicitante	Encargado de Inventario	

ANEXO B

PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS DICOTÓMICOS			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de equipo	Solicitado por	Recepcionado por	Encargado Inventario
Proveedor	Orden de compra	Guía Despacho/Fact.	Fecha Ingreso
PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS			
Cód.	Detalle	SI	NO
01	Correcto estado del toma muestra (golpes, ralladuras, roturas, etc)		
02	Estado de cuerpo del equipo.		
03	Estado de cartucho de toma muestra (O rings, golpes, etc)		
04	Verificar bomba de vacío y flujos.		
05	Sistema de registro de flujo.		
06	Sistema de programación de mediciones.		
Observaciones:			
Resolución:	Acepta equipo _____	Rechaza equipo _____	
_____	_____	_____	
Encargado de Recepción	Solicitante	Encargado de Inventario	

ANEXO C

PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE MUESTREADORES DE ALTO VOLUMEN			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de equipo	Solicitado por	Recepcionado por	Encargado Inventario
Proveedor	Orden de compra	Guía Despacho/Fact.	Fecha Ingreso
PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS			
Cód.	Detalle	SI	NO
01	Correcto estado del toma muestra (golpes, rayaduras, roturas, etc)		
02	Estado de cuerpo del equipo.		
03	Estado de cartucho de toma muestra (orings, golpes, etc)		
04	Verificar el estado de motor y carbones.		
05	Sistema de registro de flujo.		
06	Sistema de programación de mediciones		
Observaciones:			
Resolución:	Acepta equipo _____	Rechaza equipo _____	
_____	_____	_____	
Encargado de Recepción	Solicitante	Encargado de Inventario	

ANEXO D

PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS TEOM DE MONITOREO DE PARTÍCULAS			
INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de equipo	Solicitado por	Recepcionado por	Encargado Inventario
Proveedor	Orden de compra	Guía Despacho/Fact.	Fecha Ingreso
PRUEBA DE ACEPTACIÓN DE EQUIPOS			
Cód.	Detalle	SI	NO
01	Estado del toma muestra (golpes, rayaduras, roturas, etc)		
02	Estado de balanza de masa.		
03	Estado de cartucho de toma muestra (orings, golpes, etc)		
04	Verificar bomba de vacío y flujos.		
05	Sistema de registro de datos.		
06	Sistema de programación de mediciones.		
07	Estado de unidad electrónica.		
08	Verificar frecuencia.		
Observaciones:			
Resolución:	Acepta equipo _____	Rechaza equipo _____	
_____	_____	_____	
Encargado de Recepción	Solicitante	Encargado de Inventario	

Conexiones Eléctricas Interiores de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/ELE01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método.....	5
3 Definiciones.....	5
4 Seguridad del Personal	5
5 Precauciones	6
6 Calificaciones del Personal.....	6
7 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
8 Procesos.....	6
8.1 Proceso de diseño de instalaciones eléctricas para estaciones de monitoreo de calidad de aire.....	6
8.2 Potencia eléctrica.....	7
8.3 Confiabilidad de la instalación	7
8.4 Protecciones eléctricas.....	7
REFERENCIAS	10

RDM/CA/ELE01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este Procedimiento de Operación Estándar orienta en el diseño de la instalación eléctrica apropiada en las estaciones de monitoreo de calidad de aire y es aplicable a todo proceso de instalación eléctrica de equipos de monitoreo continuo, muestreadores y estaciones de calidad de aire, en la etapa de instalación.

2 Resumen del Método

Una estación de monitoreo de calidad de aire cuenta con distintas configuraciones, dependiendo de las variables medidas, metodología usada en su medición, marca de los equipos, etc. Por consiguiente, puede estar formado por solo una o más unidades que, a su vez, podrían contar con otros equipos asociados a las mediciones (bombas o equipos auxiliares, etc.), instalados al interior de casetas fijas o móviles. El diseño del sistema de alimentación eléctrico se debe realizar considerando:

1. Evitar o minimizar el daño de los equipos por las fluctuaciones de la alimentación eléctrica.
2. Proteger a los operadores de ante cualquier accidente eléctrico.
3. Cumplir con las normas NCh2011. IEC 60669-1, NCh350.Of2000 u otras normas dictadas por la autoridad competente.
4. Disminuir la alteración de forma permanente e irreversible de los resultados de la medición, producto de un deficiente diseño eléctrico.
5. Minimizar pérdidas de información, producto de cortes de suministro eléctrico (orientado al uso de sistemas de respaldo eléctrico)

3 Definiciones

- Norma Eléctrica NCh 350 Of 2000 “Construcción - Seguridad - Instalaciones eléctricas provisionales – Requisitos”. Esta norma establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas provisionales en la construcción (Fuente INN CIN 91.140.50).
- IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Organismo internacional encargado de elaborar normativas relacionadas con la actividad eléctrica en todas sus disciplinas y la integración de éstas.
- Estación de Calidad de Aire: Unidad de monitoreo de variables de calidad de aire que está conformada por una caseta, fija o móvil, que cuenta con aire acondicionado, sistema de toma muestra y equipos de monitoreo específicos.

4 Seguridad del Personal

En el proceso de diseño se deben considerar todas aquellas operaciones que pueden resultar peligrosas para el personal o minimizar el efecto de dichas operaciones sobre el personal,

de acuerdo a las pautas sobre instalaciones eléctricas “intrínsecamente seguras” acordadas por la IEEE.

Para mayores detalles, refiérase:

- Al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente.
- A las Normas de seguridad en instalaciones eléctricas referidas a las normas NCh350.Of2000 y familia de normativas de seguridad IEEE

5 Precauciones

- Evitar el daño parcial o permanente de los equipos, producto de un mal diseño eléctrico.
- Disminuir al mínimo posible la pérdida de datos, producto de un diseño eléctrico inapropiado.

6 Calificaciones del Personal

- El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para interpretar y realizar una instalación eléctrica adecuada a sus requerimientos.
- El personal debe contar con la licencia otorgada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles SEC.

7 Equipamiento y Abastecimiento

- Norma Eléctrica NCh 350 Of 2000 INN
- Orientaciones IEEE de la familia de normativas de seguridad en instalaciones Eléctricas “intrínsecamente seguras”.
- Manual de Equipos de Protecciones Eléctricas Normados IEEE,
- Schneider ABTED397054EN
- Requerimientos de potencia eléctrica de los distintos equipos involucrados en el sistema de monitoreo de calidad de aire.
- Manuales de equipos.
- Requisiciones del Cliente.

8 Procesos

8.1 Proceso de diseño de instalaciones eléctricas para estaciones de monitoreo de calidad de aire

Al diseñar la instalación eléctrica para una estación de monitoreo de calidad de aire se deben considerar diversos factores:

- Potencia eléctrica involucrada

- Confiabilidad de la instalación
- Protecciones eléctricas

8.2 Potencia eléctrica

Para diseñar un buen sistema eléctrico se debe contar con toda la información relacionada con la potencia de los equipos a instalar, y las características de estos consumos.

Lo ultimo es un dato básico a la hora de definir que tipo de protecciones se requerirán; así tendremos por ejemplo, consumos del tipo nominal (electrónica en general), reactivo (motores, bombas, etc.), etc.

8.3 Confiabilidad de la instalación

Una de las formas de evaluar la confiabilidad de una instalación eléctrica esta relacionada con la estabilidad de esta frente a repentinos cortes de energía, por lo tanto se hace necesario a la hora de evaluar, la instalación de unidades de potencia secundarias (UPS) con el fin de evitar la perdida de datos en los monitores.

Otro punto de vista que se relaciona con la seguridad de la instalación frente a fenómenos que se produzcan en la red eléctrica (ruido eléctrico, altas transientes de corriente-voltaje, etc.) Para evitar estos fenómenos se recomienda el uso de estabilizadores de voltaje y barras de puesta a tierra independiente del servicio externo. Así como también factores de carácter meteorológicos como tormentas eléctricas (instalación de para rayos, fusibles de protección frente a rayos en la red principal de alimentación.)

También se debe considerar la protección de las personas que ejecutan labores de mantenimiento, toma de datos y otros trabajos en las estaciones de calidad de aire. Esto es evitar el choque eléctrico y otros para este caso deberán considerarse protecciones especiales como protectores diferenciales.

La temperatura dentro de las estaciones es otro punto a considerar. En las estaciones de calidad de aire ya que muchos equipos pueden verse dañados por las altas temperaturas que podrían alcanzarse si se produce una falla en el sistema de aire acondicionado para ello la caseta deberá contar con un protector térmico que corte el suministro de energía eléctrica cuando esta alcance valores superiores a los permisibles.

8.4 Protecciones eléctricas

A la hora de diseñar las protecciones no solo se deben considerar las potencias involucradas sino su naturaleza y la velocidad de respuesta de estas frente a una falla por lo cual deben diseñarse en cascada.

Protecciones en cascada; entendemos como protecciones en cascada a un conjunto de protecciones que se activan a distintas velocidades dependiendo de la capacidad que tengan los equipos a un corto circuito, a una sobre tensión o a un pulso de alta corriente.

Para definir la velocidad en la que deben actuar las distintas protecciones podemos agrupar los distintos componentes de acuerdo a su sensibilidad a las fallas eléctricas:

Protecciones de accionamiento rápido

Estos equipos y / o elementos que conforman una estación de calidad de aire son muy sensibles a cambios bruscos en la tensión y la corriente, esto hace necesario que sus protecciones actúen a la mayor velocidad posible frente a alguna falla en el suministro eléctrico, se recomienda además incorporar estabilizadores de voltaje a estos equipos.

1. Equipos más sensibles a sobre tensiones (electrónica en general.)
2. Elementos sensitivos primarios (sensores de temperatura, humedad relativa, etc.)
3. Equipos de almacenamientos de información (computadoras, dataloggers, unidades de cinta, towers de disco, unidades externas de almacenamiento, etc.)
4. Equipos de comunicación (módems, UBS, redes familia de normas IEEE-RS, transductores, etc.)

Protecciones de accionamiento con retardo

Estos equipos y / o elementos que conforman una estación de calidad de aire en su partida provocan una leve transiente de corriente (esto es una leve alza de potencia con respecto a su potencia nominal), esto hace necesario que sus protecciones actúen con cierto retraso, ya que de otra forma sus protecciones actuarían impidiendo su correcto funcionamiento.

1. Equipos que tengan bombas de aire internas
2. Bombas de aire de una potencia no superior a ¼ HP.
3. Extractores y ventiladores de una potencia no superior a 1000 W.
4. Motores con una potencia no superior a ¼ HP.
5. Módulos de aire acondicionado no superiores a 12000 BTU.

Protecciones de generales y de circuitos de servicio

Como hemos podido observar una estación de calidad de aire, cuenta con distintos equipos y requerimientos propios de ellos, pero también son necesarios otros servicios como lo son la iluminación, climatización y otros dentro de la estación de calidad de aire. Esto hace necesario, que existan distintos circuitos dependiendo de las características de los equipos conectados a él. A estos llamamos circuitos de servicio, así podemos dividirlos en 3 grupos.

1. Circuitos de iluminación
2. Circuito de potencia auxiliar (orientado a equipos externos usados en el mantenimiento de la estación)
3. Circuito de Climatización, en particular cuando tenemos módulos de climatización superior a 12000 BTU se hace necesario por la potencia eléctrica requerida un circuito especial para esta, que cuente con protecciones de alto retardo, para evitar cortes debido a las transientes generadas durante su partida.

En el caso de las Protecciones generales estas deben ser de respuesta lenta y además deben agregarse protectores diferenciales que tengan por fin evitar un choque eléctrico y fusibles de protección contra descargas eléctricas (rayos) y termistores para evitar un sobrecalentamiento de la caseta.

REFERENCIAS

- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE, Capítulo 9, Latinoamérica.
- Schnider Electric. ABTED397054EN.
- Instituto Nacional de Normalización INN.
- Circuitos, Dispositivos y Sistemas, Ralph Edith.

Instructivo de Instalación de Carta de Registro en Muestreadores Gravimétricos

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/IREG

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i> _____	5
<i>2 Resumen del Método</i> _____	5
<i>3 Calificaciones del Personal</i> _____	5
<i>4 Equipamiento y Abastecimiento</i> _____	5
<i>5 Proceso</i> _____	5
<i>REFERENCIAS</i> _____	6

RDM/CA/IREG

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo entrega las pautas generales de instalación de cartas de registro de flujos aplicable a muestreadores gravimétricos de alto volumen y dicotómicos. Este instructivo puede ser aplicado en la etapa de armado e instalación del equipo y en la operación rutinaria de los mismos.

2 Resumen del Método

El instructivo describe el procedimiento general de instalación de una carta de registro.

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de instalación de equipos gravimétricos.

4 Equipamiento y Abastecimiento

Herramientas y materiales necesarios para la instalación de una carta de registro.

5 Proceso

Siga la siguiente secuencia de instrucciones para instalar la carta de registro de flujómetro neumático:

1. Abra la puerta de flujómetro neumático.

2. Vista interior de flujómetro neumático.

3. Levante la plumilla.
4. Inserte con cuidado la carta de 24 horas, en las puntas de fijación.
5. Destape la plumilla y baje para que tome contacto con la plantilla de papel

REFERENCIAS

No tiene.

Instructivo de Mantenimiento de Cabezales de Equipos de Monitoreo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/LIMCAB

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación _____	5
2 Resumen _____	5
3 Seguridad del personal _____	5
4 Precauciones _____	5
5 Calificaciones del Personal _____	5
6 Equipamiento y Abastecimiento _____	5
7 Procesos _____	6
REFERENCIAS _____	8

RDM/CA/LIMCAB

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo describe el procedimiento de mantención de cabezales y es aplicable a muestreadores de material particulado de alto volumen, dicotómicos y TEOM.

2 Resumen

El procedimiento señala el desmontaje, la limpieza y el montaje de las partes que componen los cabezales antes nombrados.

3 Seguridad del personal

Refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.

No exponer a agentes abrasivos ni químicos

No someter a golpes.

No exponer a humedad excesiva.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el mantenimiento de cabezales de muestreadores dicotómicos y monitores TEOM.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Cabezal PM 10
- Agua desionizada.
- Etanol
- Pincel de cerdas suaves
- Silicona en aerosol
- Manual del fabricante

7 Procesos

1. Para los equipos dicotómicos y monitores TEOM, desmonte las distintas partes que componen el cabezal. Para el caso del cabezal de muestreadores de alto volumen levante la cubierta para permitir el proceso de limpieza.

Figura 1. Izquierda cabezal MP10 Dicotómico. Derecha cabezal MP10 TEOM

Figura 2. Cabezal MP 10 Muestreador de Alto Volumen

Figura 3. Cabezal PM10

Figura 4. Cabezal MP10 Desmontado

2. Limpie cada una de ellas con un pincel de cerdas suaves, a fin de remover la mayor cantidad de polvo que estas partes pudieran contener.
3. Retire los Oring
4. Prepare una solución formada por 1 parte de etanol y 5 de agua desionizada.
5. Lave cada uno de los elementos del cabezal con esta solución y deje secar al ambiente.
6. Limpie los orings con agua desionizada y deje secar al ambiente. Colocar los oring donde corresponda.
7. Una vez secos arme de acuerdo a la secuencia siguiente:

a) Instale la rejilla atrapa insectos

b) Centre la tapa y atorníllela a la base

c) Girando suavemente, atornille el vaso atrapa
humedad.

d) Arme el conjunto de los elementos

8. Una vez realizada la limpieza señalada y armado el cabezal (armado solo para el caso del cabezal de equipos dicotómicos y TEOM), aplicar silicona aerosol por el exterior del cabezal.

REFERENCIAS

No tiene

RDM/CA/CFLDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Instructivo de Calibración de Flujo de Muestreadores Dicotómico

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CFLDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método.....	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Procedimiento de calibración de flujos	6
REFERENCIAS	10
ANEXOS	11
ANEXO A. Formulario de calibración de flujo, ejemplo patrón BIOS.	11

RDM/CA/CFLDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de calibración de flujo en la evaluación del funcionamiento de un muestreador de material particulado dicotómico.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para ajustar el flujo a los valores estándar del muestreador dicotómico.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Muestreador dicotómico
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de calibraciones de flujo
- Manual del fabricante.
- Teflón
- Patrón de Flujo Normalizado(BIOS, Rotámetro Patrón, etc.)
- Termómetro de Referencia.

- Barómetro de Referencia.

7. Procedimiento de calibración de flujos

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de estos valores en el Formulario de calibración del equipo (anexo A). Si estos valores no están dentro del rango de valores normales establecidos por el fabricante envíe el equipo al laboratorio para su corrección y/o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.
3. Realice la prueba de fuga de acuerdo al instructivo IPF-27 y espere que se estabilicen los flujos.
4. Retire el cabezal y conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo total de muestra del equipo (Figura 7-1 y Figura 7-2)

Figura 7-1. Retiro de Cabezal PM10

Figura 7-2. Conexión de patrón Bios en línea con el flujo total del equipo

5. Retire los ductos del equipo, encienda y espere hasta que los rotámetros (medidores de flujo) se estabilicen (Figura 7-3 y Figura 7-4)

Figura 7-3. Retiro de conductos de unidad de control

Figura 7-4. Vista de rotámetros unidad de control

6. Conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo bajo (Figura 7-5) y ajuste mediante la válvula ubicada en la parte superior (L) (Figura 7-67). Ajuste el flujo en 5 puntos de medición, regulando el flujo para cada punto. Recuerde que para leer correctamente el rotámetro es necesario que su vista se ubique de forma horizontal a la bola indicadora. A modo de ejemplo, se muestra el formulario de calibración usando como patrón primario un equipo BIOS:

Valor Rotámetro	Bios Vflow l/min	Bios AVGflow l/min	Bios Sflow l/min	Bios AVSflow l/min
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				

Figura 7-5. Conexión de patrón Bios

Figura 7-6. Vista de rotámetros unidad de control Figura 7-7. Detalle de válvula de ajuste (L)
rotámetro de baja

7. Conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo total y ajuste mediante la válvula ubicada en la parte inferior (H) (Figura 7-8) y ajuste el flujo en 5 puntos de medición, regulando el flujo para cada punto. Recuerde que para leer correctamente el rotámetro es necesario que su vista se ubique de forma horizontal a la bola indicadora. A modo de ejemplo, se muestra el formulario de calibración usando como patrón primario un equipo BIOS:

Valor Rotámetro	Bios Vflow l/min	Bios AVGflow l/min	Bios Sflow l/min	Bios AVSflow l/min
5				
10				
15				
20				
25				

Figura 7-8. Detalle de válvula de ajuste (H) Rotámetro de alta

8. Conecte los ductos de aire y realice nuevamente la prueba de vacío. Repita el punto 7 usando esta vez el adaptador de auditoria de flujo, como valor total de flujo y complete el siguiente cuadro:

Valor Rotámetro	Bios Vflow l/min	Bios AVGflow l/min	Bios Sflow l/min	Bios AVSflow l/min
5				
10				
15				
20				
25				

9. Con la información obtenida se puede graficar la curva de flujo de los rotámetros y encontrar la ecuación de la misma. Esto permite determinar exactamente el flujo de operación del muestreador y ajustar los valores de acuerdo a ello.

REFERENCIAS

- Instructivo de prueba de fuga y vacío de muestreadores dicotómicos, IPF-27.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de calibración de flujo, ejemplo patrón BIOS.

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

Valor Rotám.	Bios Vflow l/min	Bios AVGflow l/min	Bios Sflow l/min	Bios AVSflow l/min
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				

Valor Rotám.	Bios Vflow l/min	Bios AVGflow l/min	Bios Sflow l/min	Bios AVSflow l/min
5				
10				
15				
20				
25				

Firma y código del operador

Instructivo de Chequeo de Flujo de Muestreador de Material Particulado Dicotómico

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CHFLDICO

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Procedimiento de chequeo de flujo	6
REFERENCIAS	8
ANEXOS	9
ANEXO A. Formulario de chequeo de vacío y flujo	9

RDM/CA/CHFLDICO

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo de flujo en la evaluación del funcionamiento de un muestreador dicotómico.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar el comportamiento del flujo volumétrico y estándar en un muestreador dicotómico.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Muestreador dicotómico
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de chequeos de flujo y vacío
- Manual del fabricante
- Teflón
- Patrón de Flujo Normalizado(BIOS, Rotámetro Patrón, etc.)
- Termómetro de Referencia.

- Barómetro de Referencia.

7. Procedimiento de chequeo de flujo

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de estos valores en el Formulario de chequeos del equipo (anexo A). Si estos valores no están dentro del rango de valores normales establecidos por el fabricante envíe el equipo al laboratorio para su corrección y/o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.
3. Realice la prueba de fuga de acuerdo al instructivo IPF-27 y espere que se estabilicen los flujos.
4. Retire el cabezal y conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo total de muestra del equipo (Figura 7-1 y Figura 7-2)

Figura 7-1. Retiro de Cabezal PM10

Figura 7-2. Conexión de patrón Bios en línea con el flujo total del equipo

5. Retire los ductos del equipo, encienda y espere hasta que los rotámetros (medidores de flujo) se estabilicen (Figura 7-3 y Figura 7-4)

Figura 7-3. Retiro de conductos de unidad de control

Figura 7-4. Vista de rotámetros unidad de control

6. Conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo bajo (Figura 7-5)
7. Verifique que el flujo corresponda a 2 l/min (Figura 7-6) y al que se muestra en el rotámetro y luego anote este valor en el formulario de chequeos (Anexo A).
8. Si durante la verificación del flujo el valor de éste resulta ser superior al 10% del valor programado, ajuste el la válvula del rotámetro hasta alcanzar el valor adecuado.

Figura 7-5. Conexión de patrón Bios

Figura 7-6. Verificación de flujo

9. Verifique el flujo total o rotámetro de alta, luego anote este valor en el formulario de chequeos (anexo A), si durante la verificación del flujo el valor de éste resulta ser superior al 10% del valor por defecto del equipo que es 16.7 LPM, efectúe una calibración ajustando el flujo de acuerdo al instructivo IC-07.
10. recuerde anotar los valores de presión y temperatura durante la ejecución de esa operación y regístrelos

REFERENCIAS

- Instructivo de prueba de fuga y vacío de muestreadores dicotómicos, IPF-27.
- Instructivo de calibración de flujo de muestreadores dicotómicos, IC-07.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de chequeo de vacío y flujo

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

A) Prueba de Vacío

Vacío	Rotámetro Alta	Rotámetro Baja
mayor a 15 in hg		

B) Chequeo y ajuste de flujo

Rotámetro Alta o Total	Flujo instantáneo	Flujo promedio 10
5		
10		
15		
20		
25		
Rotámetro Alta ajustado		

Rotámetro Baja	Flujo instantáneo	Flujo promedio 10
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		
Rotámetro Baja ajustado		

Firma y código del operador

Instructivo de Armado e Instalación de Equipos de Monitoreo Dicotómicos

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/IEQ1

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

RDM/CA/IEQ1

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método	5
3 Seguridad del Personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
7 Procedimiento.....	6
7.1 Armado del equipo	6
7.2 Instalación de la Carta de Registro de Fluómetro Neumático:.....	9
7.3 Instalación del Equipo	9
8 Control de Datos y Registros.....	10
REFERENCIAS	10

RDM/CA/IEQ1

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento entrega las pautas de instalación de equipos dicotómicos de monitoreo de partículas para su correcta utilización.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de instalación de equipos dicotómicos en la etapa de disposición o retiro de estaciones.

2 Resumen del Método

El protocolo describe los criterios generales a considerar en la selección del sitio de medición y presenta el procedimiento de armado e instalación general de un equipo dicotómico en la estación de monitoreo.

3 Seguridad del Personal

Si el equipo se debe instalar sobre una azotea, el operador debe considerar la posibilidad de una superficie de tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de armado e instalación del equipo pueden causar daños a éste. Se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo ni forzar el armado de sus piezas
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo o piezas
- Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de instalación de equipos y la práctica suficiente en dicho proceso.

6 Equipamiento y Abastecimiento

Herramientas y materiales necesarios para la instalación de un equipo Dicotómico.

- Llaves de la unidad de control
- Soportes externos (patas de sujeción) de del toma muestras
- Planillas de chequeo de componentes
- Planillas de chequeo de instalación
- Multitester
- Barra de puesta a tierra copperwell, con conector
- Pala y martillo
- Chuzo
- Tablas para apoyar patas
- Insecticida polvo y spray
- 2 cuerpos de andamios, con soportes y tirantes incluidos
- 8 metros de cable 36 AWG.

7 Procedimiento

7.1 Armado del equipo

Para el armado del muestreador dicotómico siga las siguientes instrucciones generales. Para mayores detalles consulte el Manual del fabricante.

1. Elementos que conformaran el toma muestra (cabezal, portafiltros, trípode y vaso atrapa humedad.)

2. Inserte los soportes inferiores, en la base del portafiltros.
3. Atornille los soportes inferiores a la base del portafiltros.
4. Prepare el toma muestras. Para asegurar el sello del vaso atrapa humedad ponga Teflón® en la unión.
5. Atornille la base del vaso atrapa humedad.
6. Introduzca el cabezal a la base portafiltros.

7. Vista general, del toma muestra,
sin el vaso atrapa humedad.
8. Instale el vaso atrapa humedad
girando contra la manecillas de un
reloj.
9. Vista general del toma muestras
montado.
10. Vista lateral, de los porta filtros de
alta y baja presión
11. Instale los ductos de Teflón® en
los conectores de baja presión
(3/8") y alta presión (1/4").

12. Vista general de la unidad de control de flujo y programación de eventos.

13. Conecte los ductos de alta y baja presión en la unidad de control de flujo y programación de eventos.

7.2 Instalación de la Carta de Registro de Flujómetro Neumático:

Para el proceso de instalación de la carta de registro refiérase al instructivo ICR-01 de Instalación de Carta de Registro de Muestreadores Gravimétricos.

7.3 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

- a) Instalar el equipo sobre una plataforma elevada de 2 metros de altura (andamios)
- b) Conectar la carcasa del equipo por medio del cable 36 AWG.
- c) Enterrar una barra copperwell al piso. Si es de baja conductividad, agregar sulfato de cobre diluido en agua al suelo, y conectar al cable 36 AWG.

Equipo dicotómico completo.

8 Control de Datos y Registros

Registre en el formulario de Instalación (Anexo A) lo en él requerido como una medida de verificar el cumplimiento de los requisitos de instalación.

REFERENCIAS

Instructivo de Instalación de Carta de Registro de Muestreadores Gravimétricos, ICR-01.

Instructivo de cambio de filtros en exposición

Muestreadores Dicotómicos

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/IFILDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Precauciones	5
3. Calificaciones del Personal.....	5
4. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
5. Procedimiento de instalación de filtros	5
6. Procedimiento de retiro de filtros	7
REFERENCIAS	8
ANEXOS	9
ANEXO A. Formulario de Reporte de Muestreo	9

RDM/CA/IFILDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este instructivo describe el procedimiento de retiro del filtro que se encuentra en el cartucho posterior a su exposición y de instalación de un nuevo filtro dentro de él, en la etapa de operación de muestreadores dicotómicos.

2. Precauciones

- No toque el filtro con las manos ya que podría contaminar la muestra
- No deben realizarse estas operaciones en condiciones de mal tiempo (lluvia, tormentas, neblina, nieve, etc.)

3. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de cambio de filtros de muestreadores dicotómicos.

4. Equipamiento y Abastecimiento

- Un filtro limpio (preferible de microfibra de cuarzo)
- Envoltura para filtro (sobre)
- Guantes de nitrilo (libres de talco)
- Lápiz
- Formulario de Reporte de Muestreo

5. Procedimiento de instalación de filtros

Para instalar el filtro suelte la base del módulo muestreador destornillando contra las manillas del reloj y tome con cuidado el filtro con las manos enguantas (se recomienda el uso de guantes de nitrilo) sin polvillo de talco o algún otro tipo de contaminante que pudiera afectar la muestra.

Una vez instalado el filtro sobre la base, con cuidado y usando ambas manos, atornille la base del módulo muestreador en dirección de las manillas del reloj.

Siga los pasos que se señalan en la siguiente secuencia fotográfica:

1. Para instalar el filtro suelte con cuidado el anillo que atornilla el soporte.
2. Baje con cuidado el soporte hasta que éste descansa en la base inferior del toma muestras.
3. Repita la operación con el otro portafiltros, y deposítelos en la base inferior del toma muestras
4. En la fotografía se puede observar los filtros dentro de su respectiva cápsula petri debidamente identificados.
5. Con las manos enguantadas retire el filtro de su cápsula, para instalarlo en la base respectiva cuide que el color del anillos corresponda al de la base.
6. Deposite el filtro con cuidado sobre la base de este, tenga la precaución de no tocar en ningún momento el filtro, solo tome el anillo.
7. Suba la base del filtro con cuidado y alinéelo con la base superior del toma muestras.
8. Apriete con cuidado pero fuertemente el anillo metálico que soporta al filtro a fin de evitar fugas.
9. Guarde la cápsula petri respectiva para guardar el filtro allí una vez expuesto.

- | | | |
|--|--|--|
| 10. Repita la operación con el otro filtro | 11. Centre el filtro y atornille su anillo protector | 12. Una vez instalados los filtros estamos en condiciones de empezar la medición |
|--|--|--|

6. Procedimiento de retiro de filtros

Una vez expuesto el filtro y transcurrido el período de muestreo programado, proceda a retirarlo, soltando la base del módulo de muestreo con una mano y afirmando la misma con la otra, con el fin de evitar que ésta pueda caer. No olvide utilizar guantes en esta operación.

Luego de haber depositado la base móvil sobre su soporte, retire el filtro expuesto y guárdelo inmediatamente en su contenedor. No olvide las convenciones antes enunciadas.

Siga los pasos que se señalan en la siguiente secuencia fotográfica:

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Materiales a utilizar: <ul style="list-style-type: none">- Guantes de nitrilo o un equivalente- Cápsulas petri con los identificadores correspondientes a los filtros muestreados. | 2. Con las manos enguantadas revise que las cápsulas correspondan a los filtros expuestos de acuerdo al identificador (ID) de éstos. | 3. Retire las cápsulas de su bolsa sellada y no las abra, para evitar su contaminación. |
|--|--|---|

4. Localice la cápsula cerrada sobre el soporte superior del toma muestra.

5. Retire el filtro soltando con cuidado el anillo protector.

6. Deposite el portafiltro en la base inferior del toma muestra y retire el filtro expuesto.

7. Sin que los dedos toquen el filtro deposite éste en la cápsula petri correspondiente al filtro expuesto.

8. Guarde el filtro rápidamente en la cápsula petri correspondiente al identificador del filtro.

9. Luego de retirar el filtro deposite la cápsula petri en una bolsa apropiada.

11. Guarde ambos filtros en una bolsa apropiada.

12. Deseche los guantes (estos solo deben usarse una vez)

10. Repita la operación con el otro filtro.

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Reporte de Muestreo

Identificación filtro:		
	Inicial	Final
Masa (unidades _____)		
Fecha pesaje (ddmmaa)		
Operador		

Identificación del muestreo		
Lugar de muestreo:		
	Inicial	Final
Fecha muestreo (dd/mm/aa)		
Hora muestreo (hh:mm)		
Contador horario interno		
Estatus de la muestra		
Temperatura	Mínima	Máxima
Presión atmosférica		
Operador:		
Observaciones		

Instructivo de Prueba de Fugas en Muestreador Dicotómico

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/PFGDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método.....	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Procedimiento de prueba de fuga	6
REFERENCIAS	8
ANEXOS	9
ANEXO A. Formulario de chequeo de vacío y flujo	9

RDM/CA/PFGDICO

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo de fugas usado en la evaluación del funcionamiento de Muestreador Dicotómico.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar la hermeticidad del sistema neumático incorporado en el muestreador.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Muestreador dicotómico
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de correlación de valores estándar del equipo
- Manual del fabricante
- Sellador (goma, cinta u otro sistema similar)
- Adaptador de auditoría de flujo

7. Procedimiento de prueba de fuga

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad del flujo.
2. Informe de estos valores en el Formulario de correlación de valores estándar del equipo. Si estos valores no están dentro del rango establecido para valores normales envíe el equipo al laboratorio para su corrección o en su defecto al servicio técnico autorizado.
3. Apague el equipo y desconecte de la red eléctrica.
4. Selle los puntos de medición y conexión del muestreador. Ponga especial atención en la conexión de las tomas de aire de alto y bajo flujo (ver Figura 7-1 y Figura 7-2)

Figura 7-1. Sellado de conexiones con teflón en la unidad de toma muestras

Figura 7-2. Sellado de conexiones con teflón en la unidad de control

5. Retire el cabezal PM10 e instale anillos en las bases de portafiltro, para los filtros grueso y fino (ver Figura 7-3 y Figura 7-34)

Figura 7-3. Retiro de Cabezal MP10

Figura 7-4. Anillos en base de porta filtro

6. Inserte en la entrada del toma muestras el adaptador de auditoría de flujo.

Figura 7-5. Instalación de Adaptador para auditoría de flujo

Figura 7-6. Diagrama de ubicación de válvula de bola

7. Cierre la válvula de bola del adaptador para auditoría de flujo (ver Figura 7-6) y observe los vacuómetros ubicados en la parte superior de la unidad de control del muestreador dicotómico (ver Figura 7-7).

8. El valor observado no debe ser inferior a 15 pulgadas de mercurio. Una vez verificado esto abra rápidamente la válvula de bola del adaptador, con el fin de evitar daños en la membrana de la bomba de vacío.

Figura 7-7. Ubicación de vacúómetros de alta y baja velocidad

9. Anote estos valores en el formulario de chequeo de fuga de muestreadores dicotómicos (Anexo A)

REFERENCIAS

Manual del fabricante para valores de referencia.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de chequeo de vacío y flujo

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

A) Prueba de Vacío

Vacío	Rotámetro Alta	Rotámetro Baja
mayor a 15 in hg		

B) Chequeo y ajuste de flujo

Rotámetro Alta o Total	Flujo instantáneo	Flujo promedio 10
5		
10		
15		
20		
25		
Rotámetro Alta ajustado		

Rotámetro Baja	Flujo instantáneo	Flujo promedio 10
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		
Rotámetro Baja ajustado		

Firma y código del operador

Instructivo de Embalaje y Traslado de Equipos Dicotómicos de Monitoreo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/TEQ01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen	5
3 Seguridad del personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7 Procedimiento.....	6
7.1 Embalaje	6
7.1.1 Sellado de las cajas	8
7.1.2 Preparación de despacho	9
7.2 Traslado de Cajas.....	9
8 Control de Datos y Registros.....	9
REFERENCIAS	9
ANEXOS	10
ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes.....	10
ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos.....	11
ANEXO C. Rotulación de cajas	12
ANEXO D. Indicación de remitente y destino	14

RDM/CA/TEQ01

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo se efectúa para asegurar un embalaje y traslado apropiado del equipo dicotómico cuando éste se efectúa por medio de transporte público. Sin embargo, también puede ser empleado en el transporte personal de los equipos.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de embalaje y traslado de estos equipos, en la etapa de instalación o retiro de estaciones.

2 Resumen

Este instructivo detalla el procedimiento usado en el embalaje del equipo dicotómico y, más específicamente, de sus partes componentes, el sellado de las cajas, la preparación de despacho y el procedimiento de traslado final.

3 Seguridad del personal

- Uso de guantes para trabajo liviano (algodón)
- Uso de cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de embalaje y traslado del equipo pueden causar daños a éste, se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo en el proceso de embalaje
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de embalaje y traslado de equipos antes de hacerlo sólo.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Planilla de chequeo de componentes (Anexo A)
- Guía de despacho.
- Ficha de traslado de equipos (Anexo B)
- Film elástico (sin reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂)
- Film para conservar alimentos

- Sealed Air 1 X 16 (polietileno burbujas)
- Cinta embalaje
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestireno expandido granulado (aislapol)
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraf
- Alicata universal
- Set de llaves combinadas punta corona norma SAE: 3/16", 1/ 4", 5/16", 11/32", 3/8", 7/16" y 1/ 2"
- Set de llaves combinadas punta corona norma NIM: 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12
- Atornilladores de paleta norma SAE: 3/16", 1/ 4" y 9/32"
- Atornillador de cruz norma SAE: 1/16", 5/64", 3/32 y 1/8"
- Sobres de papel tamaño oficio.

7 Procedimiento

7.1 Embalaje

El equipo Dicotómico cuenta de 3 unidades básicas:

1. Unidad de toma de muestras (formada por el cabezal PM10, trípode de sujeción y porta filtro de trama fina y gruesa)
2. Unidad de control de flujo (rotámetro de alta y baja velocidad, bomba interna de vacío)
3. Unidad de programación de muestreo (unidad de control de eventos.)

Estas dos últimas se encuentran en un solo cuerpo, como se muestra en la Fig. 2

Fig.1 Unidad de Toma de Muestras

Fig. 2. Unidad de Control de Flujo y Programación e
Muestreo

El proceso de embalaje de cada parte debe seguir los siguientes pasos:

Cabezal PM10:

1. Retire el frasco de vidrio atrapa humedad (2).
2. Envuelva en polietileno burbujas (Sealed Air).
3. Selle la salida del acelerador primario con film elástico.
4. Envuelva la estructura con film para conservar alimentos, a fin de evitar el ingreso de polvo u otros elementos extraños.
5. Introdúzcala en una caja adecuada a su tamaño y rellene con Poliestyreno expandido granulado.

Fig. 3. Cabezal PM10

Cuerpo:

1. Cierre las puertas del flujómetro neumático y de la unidad de control de flujo y programación de eventos, de forma que estas queden totalmente selladas.
2. Envuelva el conjunto en film para cubrir alimentos.
3. Introduzca en una caja adecuada a su tamaño y rellene con Poliestyreno expandido granulado.

Fig.4. Unidad de control
de flujo y programación
de eventos

Fig.5. Flujómetro neumático

Fig. 6. Unidad cerrada

7.1.1 Sellado de las cajas

1. Selle las cajas con cinta de embalaje.
2. Envolver con papel Kraf.

3. Identificar la posición que debe tener la caja usando un rotulador, o bien, pegar la figura de una flecha que indique la posición adecuada en que debe ser trasladada la caja (Ver Anexo 3)
4. Rotule el contenido de acuerdo a Planilla de chequeo de componentes (ver Anexo 1).

7.1.2 Preparación de despacho

1. Prepare la guía de despacho de acuerdo a los datos aportados por la planilla de chequeo de componentes y complete las fichas de traslado de equipos (Ver Anexo 2).
2. Ingrese la información de las fichas de traslado en sistema de inventario o control interno utilizado, si existe.

7.2 Traslado de Cajas

Si el traslado se realiza por medio de algún servicio de transporte externo (avión, camión, etc.):

- Rotule las cajas como “material científico” y “muy frágil” (ver Anexo 3).
- Indicar el remitente y el destino final (ver Anexo 4).

Si el traslado es realizado personalmente:

- Verifique que las cajas se ubiquen en la dirección que se indica, es decir, con la punta de la flecha mirando hacia arriba.
- Evite que las cajas queden sueltas (Amarrarlas o fijarlas)
- Separelas entre ellas con algún soporte (madera, esponja u otro.)

8 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital lo indicado en la Planilla de Chequeo de Componentes y la Ficha del Traslado de Equipos.

REFERENCIAS

No tiene

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes

FORMULARIO DE CHEQUEO DE COMPONENTES Formulario nº					
Muestreadores Dicotómicos					
Cód.	Descripción	ID Fabricante	Nº Serie	ID Cenma	Unidades
1	Cabezal PM10				
2	Vaso atrapa humedad				
3	Unidad de Control				
4	Unidad de Registro de Flujo				
5	Filtros				
6	Orings				
7	Cápsulas petri portafiltro				
8	Cartas de Flujos				
9	Base trípode				
10	Barras trípode				
11	Bomba de vacío				

ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos

FICHA DE TRASLADO DE EQUIPOS Formulario n°.....		
Muestreadores Dicotómicos		
Descripción del equipo		
Modelo		
Marca		
Número de serie		
Alimentación/ Tipo de alimentación		
Método de equivalencia EPA		
Código fabricante		
Código de inventario		
Estación de origen		
Lugar de ubicación		
Motivo de retiro		
fecha de retiro		
Trasladado a		
Autorizado por		
Estación de destino		
Lugar de ubicación		
Fecha de reingreso		
Instalado por		
Observaciones:		
_____	_____	_____
Firma Autorizada	Fecha de ingreso a sistema de control interno	Firma control interno

ANEXO C. Rotulación de cajas

FRÁGIL

MUY FRAGIL

Material

Científico

**MANTENER
POSICIÓN**

ANEXO D. Indicación de remitente y destino

Señores: Jeannette Caroca – Jorge Peters

D.P.A

Fonos: 064-259178 064-259185, Osorno IX Región.

Remite: Centro Nacional del Medio Ambiente

Patricio Serrano Venegas

Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico

Unidad de Calidad de Aire

Av. Larrain 9975 fonos: 562-2751455 562-2994129 fax: 562-2751688

Destino: TERMINAL TUR-BUS, OSORNO

Instructivo de Calibración

Muestreador de Alto Volumen

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CALHV

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación _____	5
2 Resumen _____	5
3 Seguridad del personal _____	5
4 Precauciones _____	5
5 Calificaciones del Personal _____	5
6 Equipamiento y Abastecimiento _____	5
7 Procedimiento _____	6
7.1 Detección de Fugas _____	6
7.2 Procedimiento de calibración para equipo de flujo volumétrico (VFC) _____	6
7.3 Chequeo multipunto de flujos _____	8
7.4 Estimación de nuevos parámetros de calibración del orificio crítico _____	8
REFERENCIAS _____	9
ANEXO A. Formulario de Registro de Calibración _____	10

RDM/CA/CALHV

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo es aplicable a todo proceso de chequeo de fugas y comprobación de flujos usado en la evaluación del funcionamiento y calibración de muestreadores de alto volumen.

2 Resumen

Este instructivo describe el procedimiento para comprobar la hermeticidad y comprobar el flujo de operación del muestreador de alto volumen y el proceso de calibración correspondiente.

3 Seguridad del personal

Use guantes para trabajo liviano (algodón)

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y / o de las Mutualidades de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

- La calibración puede ser afectada por las fluctuaciones de voltaje.
- No se debe realizar la calibración bajo condiciones de ráfagas de vientos, ya que éstas pueden provocar fluctuaciones de presión en los manómetros.
- No deben realizarse estas operaciones en condiciones de mal tiempo (lluvia, tormentas, neblina, nieve, etc.)
- En el proceso de detección de fugas, evite mantener encendido el equipo con el orificio bloqueado por mas de 30 segundos cada vez, ya que puede dañar el motor.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de calibración.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- a) Estándar primario o de transferencia para calibración del orificio (Vari-flow)
- b) Manómetro diferencial (U), rango 0–16 (pulgadas de agua), escala mínima 0.1in
- c) Manómetro diferencial (U), rango 0–32 (pulgadas de agua), escala mínima 0.1in
- d) Termómetro, rango 0 a 50 °C, escala mínima 0.1 °C
- e) Barómetro portátil, rango 500 a 800 mmHg, escala mínima 5 mmHg

- f) Hojas de calibración (plantillas) (Anexo A) y cinta de 2 in (para tapar los ductos)
- g) Un filtro limpio (preferible de microfibra de cuarzo)

7 Procedimiento

7.1 Detección de Fugas

- a) Apagar equipo
- b) Sellar el orificio y puntos de medición de presión con cinta, goma u otro sistema similar.
- c) Encienda el equipo.
- d) NOTA: Evite mantener encendido el equipo (con el orificio bloqueado) por más de 30 segundos cada vez, ya que puede dañar el motor.
- e) Durante este período verifique si hay algún sonido, indicador de la presencia de alguna fuga causada probablemente por el mal estado de sellos o empaquetaduras.
- f) Cuando se ha determinado que el sistema está libre de fugas se puede iniciar el test de calibración.

7.2 Procedimiento de calibración para equipo de flujo volumétrico (VFC)

Instale los accesorios de calibración a) al e) señalados en el punto 5, de acuerdo a los pasos a) al f) que se listan a continuación (Ver Figura 1)

- a) Instale el calibrador.
- b) Verifique el buen estado de sellos y empaquetaduras para evitar fugas.
- c) Seleccione un flujo ajustando la válvula del calibrador. Al menos 4 flujos diferentes son requeridos para definir una curva de calibración. Al menos 3 flujos deben estar dentro del rango del flujo de operación (1.02 a 1.24 m³/min).
- d) Realizar el Test de Fuga. Refiérase al punto 6.1 de este procedimiento.
- e) Inspeccione las conexiones de los manómetros por posibles fracturas o fisuras. Abra las válvulas de cada manómetro y deslice suavemente el fluido para verificar el libre flujo de éste en el interior del tubo (U).
- f) Ajuste las escalas deslizantes de los manómetros de tal forma que la línea del cero esté debajo de los meniscos del fluido.
- g) Conecte los manómetros: Mc al calibrador y Ma en la puerta de presión (ver figura 2). Un lado de cada manómetro debe quedar abierto a presión ambiente.

h) Registre la información siguiente en la hoja de calibración (ver Anexo A):

- Fecha, lugar y operador
- Equipo muestreador, modelo y número de serie
- Presión ambiente Pa (medida con barómetro), mm Hg
- Temperatura ambiente Ta, °C. Transformar a °K ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$)
- Tipo de calibrador de orificio, modelo, número de serie y datos de calibración (m, b y r)

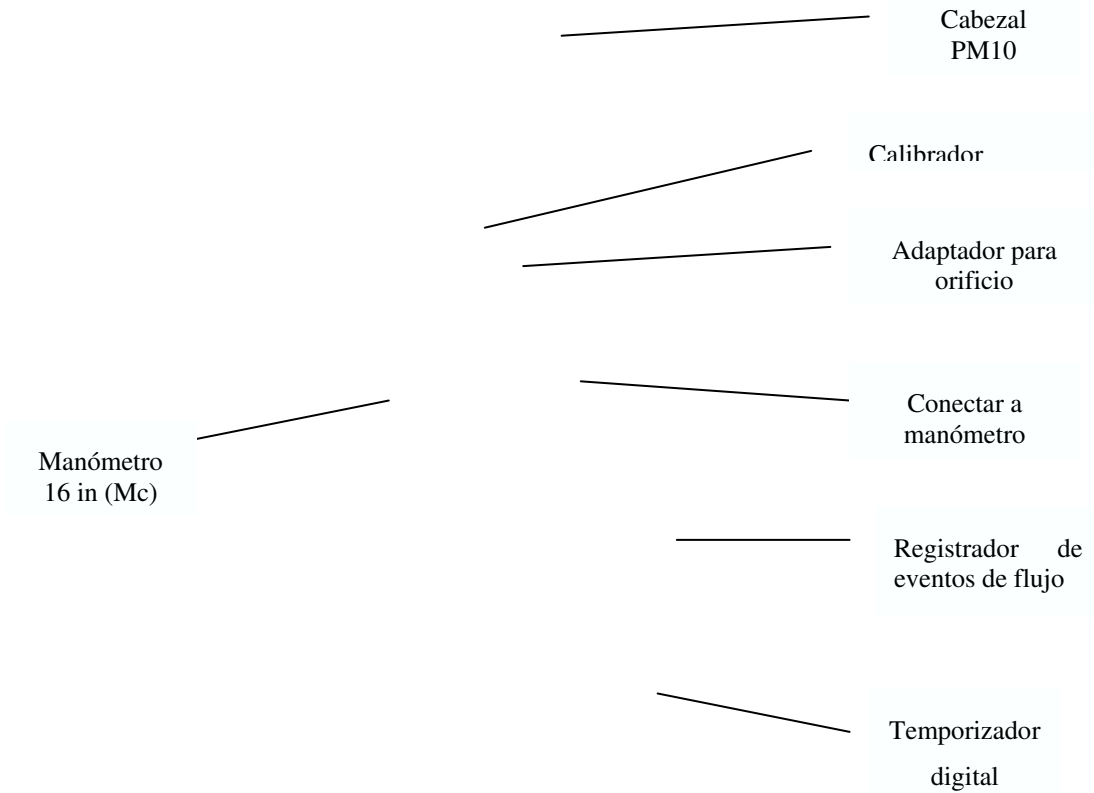


Figura 1 Ubicación de calibrador y manómetros para calibración (Fotografía en preparación)

7.3 Chequeo multipunto de flujos

- Encienda el equipo y espere unos 5 minutos (calentamiento del equipo)
- Retire el calibrador. Ponga el cartucho con un filtro y lea la presión Pf en el manómetro Ma. Luego retire cartridge e instale el calibrador nuevamente. Recuerde convertir Pf a mmHg mediante la fórmula:

$$mmHg = 25.4 * \left[\frac{inH_2O}{13.6} \right]$$

- Simular la carga del filtro ajustando la válvula del calibrador (± 0.5 in-H₂O en Ma), leer y registrar la presión diferencial en Ma (ΔP_s) y en Mc (ΔH_2O). Completar los cálculos de P_0/P_a , Q_a , Q_{as} y %dif en la hoja de calibración, donde:

$$P_0/P_a = (1 - \Delta P_s/P_a)$$

$$Q_{a(orificio)} = \left[\sqrt{\Delta H_2O * (T_a/P_a)} - b \right] / m$$

$$\%dif = 100 * \left[\frac{Q_a - Q_{a(orificio)}}{Q_{a(orificio)}} \right]$$

- Q_a se determina en la tabla de calibración del orificio con P_0/P_a y T_a
 - b y m , son las constantes de calibración del equipo Variflow
 - Repetir este paso unas 5 o 6 veces.
- Si los %dif son menores a 4%, se puede utilizar la calibración de fábrica en el futuro, es decir calcular el flujo en la tabla LookUp con P_0/P_1 y T_a . Si las diferencias son superiores a 4% se debe verificar si hubo algunas anomalías, tales como bajas de voltaje, problemas con el motor, fugas, procedimiento de calibración erróneo, etc. Si no hay errores se debe generar una nueva curva de calibración (refiérase al punto 6.3.1)

7.4 Estimación de nuevos parámetros de calibración del orificio crítico

Si las diferencias entre el caudal estimado y el de fábrica son superiores, en general, a 4% se deben generar nuevos parámetros de calibración (o corrección) m , b y r .

Este procedimiento utiliza los valores Q_a obtenidos durante la verificación multipunto.

- Para cada Q_a calcular y registrar:

$$X = \sqrt{Q_a/T_a}$$

$$Y = P_o/P_a$$

- b) Graficar el set de valores X, Y y calcular la regresión lineal para encontrar los valores m, b y r (coeficiente de correlación).

Para el período de muestreo (en adelante, hasta una nueva calibración) se asumirá un caudal constante Q_{av} , donde

$$Q_{av} = \left[\left((P_{1_v} / P_{av}) - b \right) * \sqrt{T_{av}} \right] / m$$

- P_{1_v} = corresponde al promedio de la presión de estancamiento (medida en Ma) antes y después del período de medición.
- P_{av} = puede ser estimada por la presión barométrica promedio del período de muestreo.
- T_{av} = es la temperatura promedio del período.

- b) En caso contrario

Calcular nuevos parámetros m, b y r (realizar regresión lineal con valores X, Y)

$$Q_a = \left(\left[(P_s / P_a) - b \right] * \sqrt{T_a} \right) / m$$

Con P_0 medida con filtro instalado

m, b y r de regresión lineal



Flujo de operación:	m^3/min
---------------------	-----------

Si es posible programe una planilla para realizar los cálculos evitando de esta manera errores, logrando valores en forma rápida y exacta

REFERENCIAS

No tiene.

HOJA DE VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

VFC HIGH VOLUME

Chequeo multipunto de flujos

				X ^c		Y ^c
Punto o Placa	ΔH_2O [inH ₂ O]	ΔP_s [inH ₂ O]	$P_0 = P_a - \Delta P_s$ [mmHg]	P_0/P_a [mmHg]	$Q_{a(\text{orificio})}^b$ [m ³ /min]	$\frac{Q_{a(\text{orificio})}^b}{[T_a]^{1/2}}$
Flujo sólo con filtro						

^a [mmHg]=25.4 (inH₂O)/13.6

$$^b \text{Qa(orificio)} = 1/m * \{ [\Delta H_2O)(T_a/P_a)]^{1/2} - b \}$$

c % valores para regresión lineal

$$^d [\%Dif]=100*\{[Q_a-Q_{a(orficio)}]/[Q_{a(orficio)}]\}$$

^e Q_a Ver en tabla LookUp entrando con valor

 P_0/P_a y T_a

Tabla comparación de flujos		
Qa(orificio)	Qa ^c	[% Dif] ^d

Si [%Dif] > 4

Calcular flujo con T_a y P_0/P_a

Desde Tabla LookUP

Para valores con sólo filtro



Flujo de operación :

 $[m^3/min]$

Instructivo de Armado e Instalación de Equipos de Monitoreo de Alto Volumen

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/IEQ3

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método	5
3 Seguridad del Personal	5
4 Precauciones (enfocado a los equipos).....	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
7 Procesos.....	6
7.1 Armado del equipo	6
7.2 Instalación del Equipo	8
8 Control de Datos y Registros.....	9
REFERENCIAS	9

RDM/CA/IEQ3

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento entrega las pautas de instalación de equipos de Alto Volumen de monitoreo de partículas para su correcta utilización.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de instalación de muestreadores de Alto Volumen en la etapa de disposición o retiro de estaciones.

2 Resumen del Método

El presente protocolo describe los criterios generales a considerar en la selección del sitio de medición y presenta el procedimiento de armado e instalación general de un equipo de alto volumen en la estación de monitoreo.

3 Seguridad del Personal

Si el equipo se debe instalar sobre una azotea, el operador debe considerar la posibilidad de una superficie de tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones (enfocado a los equipos)

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de armado e instalación del equipo pueden causar daños a éste. Se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo ni forzar el armado de sus piezas
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo o piezas
- Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de instalación de equipos y la práctica suficiente en dicho proceso.

6 Equipamiento y Abastecimiento

Las herramientas y materiales requeridos para el embalaje se listan a continuación:

- Planilla de chequeo de componentes
- Film para conservar alimentos
- Film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂
- Cinta embalaje
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestireno expandido granulado
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraft
- Llave francesa
- Atornillador de paleta ancha
- Atornillador de cruz
- Set de llaves Allen
- Alicates universal 84-056
- Set de llaves combinadas punta corona norma SAE:
 - 3/16", 1/4", 5/16", 11/32", 3/8", 7/16" y 1/2".
- Set de llaves combinadas punta corona norma NIM:
 - 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- Atornilladores de paleta norma SAE:
 - 3/16", 1/4" y 9/32"
- Atornillador de cruz norma SAE:
 - 1/16", 5/64", 3/32 y 1/8".
- Sobres de papel tamaño oficio.

7 Procesos

7.1 Armado del equipo

Se debe tener en cuenta que el equipo cuenta de cuatro partes componentes:

1. Cabezal PM10
2. Cuerpo
3. Motor
4. Porta filtro

Fig. 1. Cabezal PM10

Fig. 2. Cuerpo central

Fig. 4. Porta-filtro y tapa de aluminio.

Fig. 3. Motor y porta-filtro.

Para el armado del muestreador HV, desembalar las diferentes partes componentes del equipo HV y seguir las instrucciones detalladas en el Manual del fabricante.

7.2 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

- a) Instalar el equipo sobre una plataforma elevada de 2 metros de altura (andamios)
- b) Conectar la carcasa del equipo por medio del cable 36 AWG.
- c) Enterrar una barra copperwell al piso. Si es de baja conductividad, agregar sulfato de cobre diluido en agua al suelo, y conectar al cable 36 AWG.

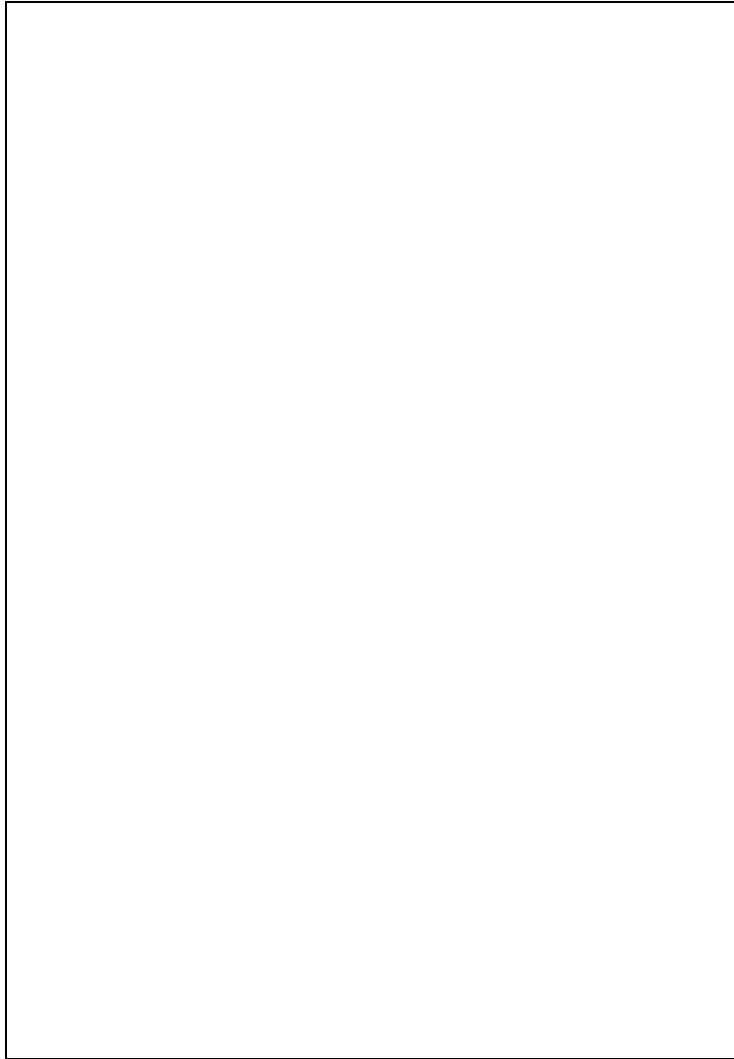


Fig.5. Equipo de Alto Volumen montado y sus diferentes partes

8 Control de Datos y Registros

Registre en el formulario de Instalación (Anexo A) lo en él requerido como una medida de verificar el cumplimiento de los requisitos de instalación.

REFERENCIAS

No tiene.

Instructivo de Cambio de Filtros en Exposición

Muestreador de Alto Volumen

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/IFILHV

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i>	<i>5</i>
<i>2 Precauciones.....</i>	<i>5</i>
<i>3 Calificaciones del Personal</i>	<i>5</i>
<i>4 Equipamiento y Abastecimiento.....</i>	<i>5</i>
<i>5 Procedimiento de instalación del filtro nuevo en el cartucho portafiltro.....</i>	<i>6</i>
<i>6 Procedimiento de retiro del filtro expuesto.....</i>	<i>10</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>12</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>13</i>
<i>ANEXO A. Formulario de Reporte de Muestreo</i>	<i>13</i>

RDM/CA/IFILHV

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo describe el procedimiento de retiro del filtro que se encuentra en el cartucho posterior a su exposición y de instalación de un nuevo filtro dentro de él, en la etapa de operación de muestreadores de alto volumen.

2 Precauciones

- No toque el filtro con las manos ya que podría contaminar la muestra
- No deben realizarse estas operaciones en condiciones de mal tiempo (lluvia, tormentas, neblina, nieve, etc.)

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de cambio de filtros.

4 Equipamiento y Abastecimiento

- Un filtro limpio (preferible de microfibra de cuarzo)
- Envoltura para filtro (sobre)
- Guantes de nitrilo (libres de talco)
- Lápiz
- Formulario de Reporte de Muestreo

1. Con las manos enguantadas y utilizando pinzas, deposite suavemente el filtro sobre la base del cartucho.

- 6

- 7

5. Asegure el filtro con las contra tuercas, tenga precaución al apretar, ya que el filtro debe quedar lo suficientemente firme para evitar fugas, pero no demasiado pues esto lo podría dañar.

6. Cubra el filtro con el fin de evitar que sea contaminado o dañado durante su transporte.

7. Ajuste la tapa en las muescas a ambos lados del soporte.

8. En la fotografía se apreciar la tapa ajustada en las muescas del soporte.

Luego de instalado el filtro dentro del cartucho, traslade el conjunto al sitio de monitoreo.

6 Procedimiento de retiro del filtro expuesto

Luego de transcurrido el proceso de muestreo en el sitio de monitoreo, el cartucho de portafiltro con el filtro en su interior debe ser retirado para su posterior análisis en laboratorio. Siga los siguientes pasos para desmontar el filtro expuesto:

1. Una vez recepcionado el cartucho porta filtro de terreno se debe tener a mano guantes de nitrilo, pinzas de punta plana, la bolsa de transporte y el sobre de traslado. Cada uno de estos deben corresponder al folio del filtro expuesto.
2. Retire la tapa protectora

3. Utilizando guantes retire las contratueras de sujeción del soporte del filtro. Levante este con cuidado en forma paralela a la base.
4. Con la pinza de punta plana suelte las orillas del filtro que pudieran estar adheridas a la base y levántelo con cuidado.
5. Tome el filtro y dóblelo a la mitad.

6. Deposite el filtro dentro de la bolsa resellable correspondiente al folio del filtro.

7. Guarde el filtro en el sobre que contiene el formulario de Reporte de Muestreo (Anexo A) correspondiente al folio del filtro

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Reporte de Muestreo

Identificación filtro:		
	Inicial	Final
Masa (unidades _____)		
Fecha pesaje (ddmmaa)		
Operador		

Lugar de muestreo:	Observaciones:	
	Inicial	Final
Fecha muestreo (ddmmaa)		
Hora muestreo (hh : mm)		
Contador horario interno		
Estatus de la muestra		
Temperatura	Mínima	Máxima
Presión atmosférica		
Operador:		

Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
--	--

Instructivo de Embalaje y Traslado de Equipos de Alto Volumen de Monitoreo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/TEQ3

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método	5
3 Seguridad del Personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7 Procesos	6
7.1 Proceso de Embalaje.....	6
7.2 Sellado de las cajas	9
7.3 Preparación de despacho	10
7.4 Traslado de Cajas.....	10
8 Control de Datos y Registros.....	10
REFERENCIAS	10
ANEXOS	11
ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes.....	11
ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos.....	12
ANEXO C. Rotulación de cajas	13
ANEXO D. Indicación de remitente y destino	15

RDM/CA/TEQ3

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

El objetivo de este procedimiento es asegurar un embalaje y traslado apropiado del muestreador de Alto Volumen de medición de partículas equipado con cabezal PM-10.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de embalaje y traslado de equipos Hi-Vol, en la etapa de instalación o retiro de estaciones.

2 Resumen del Método

Este protocolo detalla los procedimientos usados en el embalaje del muestreador de Alto Volumen y, más específicamente, de sus partes componentes, el sellado de las cajas, la preparación de despacho y el procedimiento de traslado final.

3 Seguridad del Personal

- Uso de guantes para trabajo liviano (algodón)
- Uso de cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente.

4 Precauciones

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de embalaje y traslado del equipo pueden causar daños a éste, se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo en el proceso de embalaje
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de embalaje y traslado de equipos antes de hacerlo sólo.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Planilla de chequeo de componentes (Anexo A)
- Guía de despacho
- Ficha de traslado de equipos (Anexo B)
- Film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂
- Film para conservar alimentos
- Sealed Air 1 X 16 (polietileno burbujas)

- Cinta embalaje
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestyreno expandido granulado
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraf
- Alicata universal 84-056
- Set de llaves combinadas punta corona norma SAE:
 - 3/16", 1/4", 5/16", 11/32", 3/8", 7/16" y 1/2"
- Set de llaves combinadas punta corona norma NIM:
 - 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12
- Atornilladores de paleta norma SAE:
 - 3/16", 1/4" y 9/32"
- Atornillador de cruz norma SAE:
 - 1/16", 5/64", 3/32 y 1/8"
- Sobres de papel tamaño oficio.

7 Procesos

7.1 Proceso de Embalaje

Se debe tener en cuenta que el equipo cuenta de cuatro partes componentes:

1. Cabezal PM10
2. Cuerpo
3. Motor
4. Porta filtro

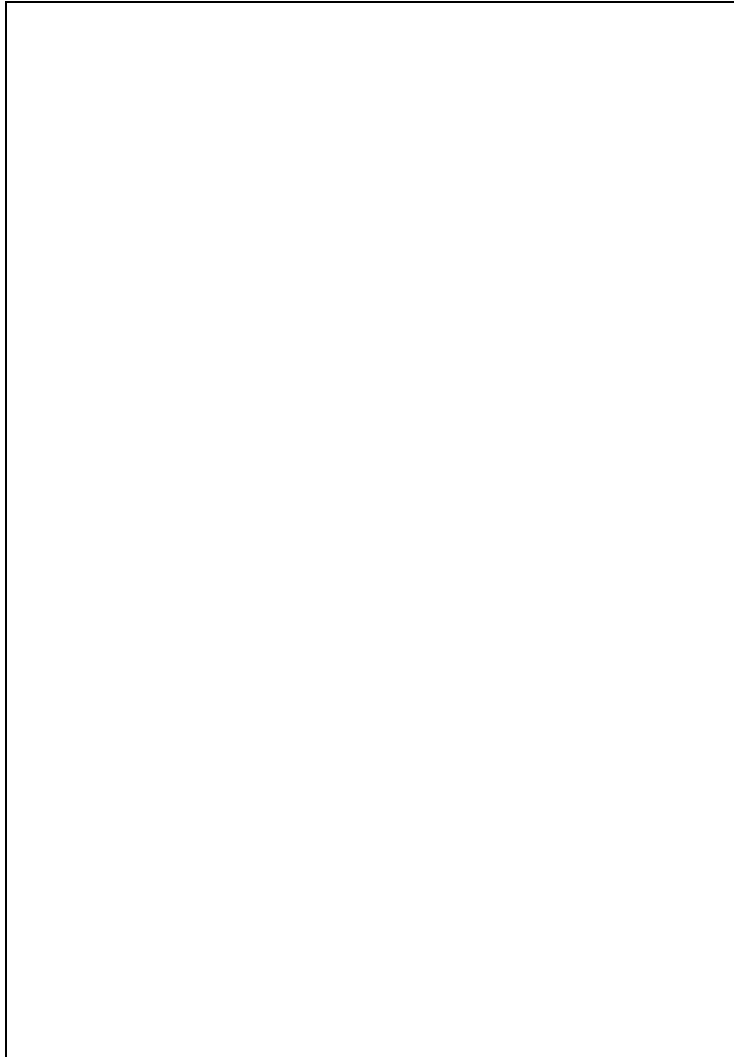


Fig. 1. Equipo Hi-Vol montado y sus diferentes partes.

El proceso de embalaje de cada parte debe seguir los siguientes pasos:

Cabezal PM10:

1. Cierre el cabezal PM10 apretando la contratuerca para sellar el área de impactación.
2. Envuelva la estructura con film para conservar alimentos, a fin de evitar el ingreso de polvo u otros elementos extraños.
3. Introduzca la estructura anterior en una caja adecuada a su tamaño y rellene con Poliestyreno expandido granulado.

Fig. 2. Cabezal PM10

Cuerpo:

1. Cierre las puertas de la carta de registro de flujo (también llamado flujómetro neumático) y de la unidad de control de flujo, de forma que éstas queden totalmente selladas.
2. Selle la entrada de flujo de aire de la carta de registro (flujómetro neumático) con film elástico (Parafilm M®) con el fin de evitar la contaminación de esta unidad.
3. Cierre la puerta del cuerpo central.
4. Introduzca dicho cuerpo central en una caja adecuada a su tamaño y rellene con Poliestireno expandido granulado.

Fig. 3. Cuerpo central

Portafiltro:

1. Ponga la tapa de aluminio (ubicada en el lado izquierdo de la Fig.5) sobre el porta-filtro.
2. Guarde el conjunto (tapa de aluminio y porta-filtro) en un sobre de papel y séllelo con cinta de embalaje.

Fig. 5. Porta-filtro y tapa de aluminio.

Fig. 4. Motor y base porta-filtro.

Motor:

1. Gire la rosca (de color negro con muescas, en dirección contraria a las agujas del reloj) que une el motor con la base del porta-filtro (cono de aluminio, como se observa en la Fig. 4)
2. Selle la entrada de aire con film elástico, para evitar la contaminación del motor
3. Envuelva el motor con film para conservar alimentos.
4. Envuelva la base del porta-filtro con film para conservar alimentos.
5. Guarde esta última en una bolsa resellable.
6. Introduzca los tres (3) elementos antes mencionados (motor, base portafiltro y porta-filtro) en una caja adecuada a su tamaño y rellene con Poliestireno expandido granulado.

7.2 Sellado de las cajas

1. Selle las cajas con cinta de embalaje.

2. Envuelva con papel Kraf.
3. Identifique la posición que debe tener la caja usando un rotulador, o bien, pegue la figura de una flecha que indique la posición adecuada en que debe ser trasladada la caja (Ver Anexo C)
4. Rotule contenido de acuerdo a planilla de chequeo de componentes (ver Anexo 1).

7.3 Preparación de despacho

1. Prepare la guía de despacho de acuerdo a los datos aportados por la planilla de chequeo de componentes y complete las fichas de traslado de equipos (Ver Anexo B).
2. Ingrese la información de las fichas de traslado en sistema de inventario o control interno utilizado.

7.4 Traslado de Cajas

Si el traslado es realizado personalmente:

- Verifique que las cajas se ubiquen en la dirección que se indica, es decir, con la punta de la flecha mirando hacia arriba.
- Evite que las cajas queden sueltas (Amarrarlas o fijarlas)
- Sepárelas entre ellas con algún soporte (madera, esponja u otro.)

Si el traslado se realiza por medio de algún servicio de transporte externo (avión, camión, etc.):

- Rotule las cajas como “material científico” y “muy frágil” (ver Anexo C).
- Indique el remitente y el destino final (ver Anexo D).

8 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital lo indicado en la Planilla de Chequeo de Componentes y la Ficha del Traslado de Equipos.

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes

ITEM	DESCRIPCIÓN	MODELO	MUNERO DE SERIE	CODIGO CENMA	CODIGO FABRICANTE	CANTIDAD	GUIA DE DESPACHO
1	Cabezal PM10						
2	Cuerpo						
3	Registrador de flujo						
4	Cartas de registro						
5	Porta filtro						
6	Filtros						
7	Base porta filtro						
8	Unidad de control de flujo						
9	Cables de poder						
10	Motor						
11	Carbones de reposición						
12							
13							
14							
15							
16							

ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos

FICHA DE TRASLADO DE EQUIPOS Formulario n°.....		
Muestreadores de Alto Volumen		
Descripción del equipo		
Modelo		
Marca		
Número de serie		
Alimentación/ Tipo de alimentación		
Método de equivalencia EPA		
Código fabricante		
Código de inventario		
Estación de origen		
Lugar de ubicación		
Motivo de retiro		
fecha de retiro		
Trasladado a		
Autorizado por		
Estación de destino		
Lugar de ubicación		
Fecha de reingreso		
Instalado por		
Observaciones:		
_____	_____	_____
Firma Autorizada	Fecha de ingreso a sistema de control interno	Firma control interno

ANEXO C. Rotulación de cajas

FRÁGIL

MUY FRAGIL

Material

Científico

**MANTENER
POSICIÓN**

ANEXO D. Indicación de remitente y destino

Señores: Jeannette Caroca – Jorge Peters

D.P.A

Fonos: 064-259178 064-259185, Osorno IX Región.

Remite: Centro Nacional del Medio Ambiente

Patricio Serrano Venegas

Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico

Unidad de Calidad de Aire

Av. Larrain 9975 fonos: 562-2751455 562-2994129 fax: 562-2751688

Destino: TERMINAL TUR-BUS, OSORNO

Instructivo de Consideraciones Generales de Instalación de Monitores Continuos de Gases en Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

CGMGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Definiciones.....	5
4. Seguridad del personal	6
5. Precauciones	6
6. Calificaciones del personal	6
7. Equipamiento y Abastecimiento.....	6
8. Consideraciones de instalación de monitores continuos de gases	7
REFERENCIAS	9
ANEXOS	9

CGMGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1. Alcance y Aplicación

El objetivo de este procedimiento es orientar en la instalación de monitores continuo de gases, dadas las características particulares (o estructurales) de las estaciones de monitoreo de calidad de aire.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de instalación de equipos de monitoreo continuo de gases en estaciones de calidad de aire.

2. Resumen del Método

Una estación de monitoreo de calidad de aire cuenta con distintas configuraciones, dependiendo de las variables medidas, metodología usada en su medición, marca de los equipos, entre otros. Por consiguiente, puede estar formado por solo una o más unidades que a su vez podrían contar con otros equipos asociados a las mediciones (bombas o equipos auxiliares, etc.) instalados al interior de casetas fijas o móviles. La instalación de monitores continuos de gases en la estación, debe considerar algunas variables externas como las siguientes:

- Alimentación eléctrica
- Normas de seguridad con respecto a manipulación de cilindros de gases patrón
- Mantenimiento apropiado de los equipos auxiliares a los monitores continuos de gases
- Características propias de la caseta donde se ubicará el equipo
- Ergonomía de la instalación

3. Definiciones

Monitor Continuo de Gases: Equipo que es capaz de cuantificar la concentración de un gas determinado en intervalos de tiempo muy pequeños, lo que en la práctica lo transforma en un muestreo continuo. Estos equipos tienen la capacidad de almacenar estos datos en el tiempo, ya sea en una unidad interna o externa.

Estación de Calidad de Aire: Unidad de monitoreo de variables de calidad de aire que está conformada por una caseta ya sea fija o móvil, que cuenta con aire acondicionado, sistema de toma muestra y equipos de monitoreo específicos, entre otros dispositivos.

Ergonomía: Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina

4. Seguridad del personal

En el proceso de diseño deben considerarse todas aquellas operaciones que pueden resultar peligrosas para el personal o minimizar el efecto de éstas sobre ellos. Para estas consideraciones, refiérase a:

- las pautas sobre instalaciones eléctricas “intrínsecamente seguras” acordadas por la IEEE
- al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente
- a las normas de seguridad en instalaciones eléctricas referidas a las normas NCh350.Of2000
- A las normas de seguridad en el manejo de gases comprimidos de acuerdo a la norma NCh2120/2.Of1998, Sustancias peligrosas - Parte 2: Clase 2 - Gases comprimidos, licuados, disueltos a presión o criogénicos y Familia de normas ISO referidas.

5. Precauciones

Evitar el daño parcial o permanente de los equipos, producto de una instalación inadecuada (eléctrica, neumática, electrónica, etc.)

6. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para interpretar y realizar una instalación eléctrica adecuada a sus requerimientos.

El personal debe contar con la licencia otorgada por la superintendencia de electricidad y combustibles SEC.

El personal debe contar con una capacitación en prevención de riesgos ocupacionales.

El personal debe contar con conocimientos medios de electrónica, neumática, informática y química.

7. Equipamiento y Abastecimiento

- Norma Eléctrica NCh 350 Of 2000 INN
- Norma Sobre Manejo de Sustancias Peligrosas NCh 2120/2.Of1998 INN
- Orientaciones IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) de la familia de normativas de seguridad en instalaciones Eléctricas “intrínsecamente seguras”.

- Manual de Equipos de Protecciones Eléctricas Normados IEEE, Schneider ABTED397054EN
- Manuales de equipos.

8. Consideraciones de instalación de monitores continuos de gases

Al instalar un monitor continuo de gases en una estación de monitoreo de calidad de aire se deben considerar diversos factores:

- Potencia eléctrica involucrada
- Confiabilidad de la instalación (estabilidad eléctrica, sistema de colección de datos, respaldo de la información, etc.)
- Seguridad en la operación.
- Seguridad en la instalación de equipos y elementos asociados a la operación e instalación de los monitores (gases patrón, generadores de aire cero e hidrógeno, toma muestras, etc.)

Potencia eléctrica:

Para diseñar un buen sistema eléctrico se debe contar con toda la información relacionada con la potencia de los equipos a instalar, y las características de estos consumos. Esto último es un dato básico a la hora de definir que tipo de protecciones se requerirán; así, se obtienen, por ejemplo, consumos del tipo nominal (electrónica en general), reactivo (motores, bombas, etc.), etc.

Confiabilidad de la instalación:

Una de las formas de evaluar la confiabilidad de una instalación está relacionada con la estabilidad de ésta frente a repentinos cortes de energía. Por lo tanto, se hace necesario a la hora de evaluar, la instalación de unidades de potencia secundarias (UPS) con el fin de evitar la pérdida de datos en los monitores.

Otro punto de vista que se relaciona con la seguridad de la instalación es la presencia de fenómenos que se produzcan en la red eléctrica (ruido eléctrico, altas transientes de corriente-voltaje, etc.) Para evitar estos fenómenos se recomienda el uso de estabilizadores de voltaje y barras de puesta a tierra independiente del servicio externo. Factores de carácter meteorológicos como tormentas eléctricas deben también considerarse (instalación de para rayos, fusibles de protección frente a rayos en la red principal de alimentación)

También se debe considerar la protección de las personas que ejecutan labores de mantenimiento, toma de datos y otros trabajos en las estaciones de calidad de aire. Para

esto, se deben considerar protecciones especiales como protectores diferenciales para evitar choques eléctricos y otros (ergonomía del sistema).

La temperatura dentro de las estaciones es otro punto a considerar, ya que muchos equipos pueden verse dañados por las altas temperaturas que podrían alcanzarse si se produjese una falla en el sistema de aire acondicionado. Para ello, la caseta debe contar con un protector térmico que corte el suministro de energía eléctrica cuando ésta alcance valores superiores a los permisibles.

Un factor de suma importancia es el relacionado con la recolección de datos de los equipos y su respaldo en sistemas magnéticos o de memoria sólida (datalogger's)

Seguridad en la Operación:

En este punto se debe considerar la ergonomía del sistema, es decir, la facilidad de acceso a los equipos para su correcto mantenimiento y operación, así como los factores climáticos que podrían incidir en estas tareas.

La seguridad industrial es también básica, se debe considerar esta variable a la hora de instalar los periféricos relacionados con el monitor a instalar, especialmente los gases patrón, ya que un escape de estos podría incidir directamente en la salud de los operadores.

Respecto de la información, es vital que se cuente no solo con un sistema eficiente de captura de datos analógico o digital, sino contar con un sistema de respaldo paralelo si por algún motivo el sistema primario fallase (estructura de datos redundante)

Seguridad en la instalación de equipo y elementos asociados a la operación e instalación de los monitores:

Se debe cumplir con la norma de instalación de gases peligrosos, la manipulación de estos y una constante de supervisión del sistema neumático que alimenta a los monitores, pues podría haber una filtración en ella.

Hay que considerar también, que muchas veces un monitor continuo de gases cuenta con equipos asociados y/o externos. Un buen ejemplo lo constituyen los generadores de hidrógeno utilizados para medir hidrocarburos totales. Éste es un equipo independiente del primero con características específicas a la hora de su instalación, por lo que se hace indispensable la lectura con detenimiento del manual de instalación y operación del fabricante. En el caso de las bombas siga el plan de mantenimiento preventivo diseñado para la estación de calidad de aire donde instalara el monitor.

En el caso del toma muestras, preocúpese que éste se encuentre limpio y bien sellado. De este modo asegura que el aire que se está muestreando es efectivamente el que se encuentra fuera de la estación y no una mezcla del aire externo e interno. Sobre todo considere que todos los sistemas de aire acondicionados cuentan con filtros lo que finalmente redundaría en una deformación de la muestra de aire que se está censando.

REFERENCIAS

- Norma Eléctrica NCh 350 Of 2000
- Norma Sobre Manejo de Sustancias Peligrosas NCh 2120/2.Of1998
- Orientaciones de la familia de normativas de seguridad en instalaciones Eléctricas “intrínsecamente seguras”, IEEE
- Manual de Equipos de Protecciones Eléctricas Normados IEEE, Schneider ABTED397054EN

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Chequeo de Flujo de Monitores de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

CHFLGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Procedimiento de chequeo de flujo	6
REFERENCIAS	7
ANEXOS	8
ANEXO A. Formulario de chequeo de flujos con Patrón BIOS	8

CHFLGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo de flujo en la evaluación del funcionamiento de monitores continuos de gases.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar el comportamiento del flujo volumétrico y estándar en un monitor continuo de gases.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutua de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo de gases
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de correlación de valores estándar del equipo
- Manual del fabricante
- Teflón
- Patrón de Flujo Normalizado(BIOS, Rotámetro Patrón, etc.)

- Termómetro de Referencia
- Barómetro de Referencia

7. Procedimiento de chequeo de flujo

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de estos valores en el Formulario de correlación de valores estándar del equipo. Si estos valores no están dentro del rango establecido como valores normales envíe el equipo para una revisión mayor, ya sea al laboratorio de instrumentación o bien al servicio técnico autorizado.
3. Apague el equipo y realice la prueba de fuga y vacío de acuerdo al instructivo IPF-19. Si los valores no corresponden a lo establecido por el fabricante como normal envíe el equipo al laboratorio para su corrección o en su defecto al servicio técnico autorizado.
4. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
5. Conecte el patrón de flujo a la entrada de muestra del equipo (sample) como lo indica la Figura 7-1.

Figura 7-1. Patrón de flujo BIOS instalado en serie a la entrada de toma de muestra del monitor.

Figura 7-2. Vista superior de monitor y patrón de flujo conectado a la entrada de muestra

Figura 7-3. Pantalla de monitor con patrón de flujo conectado

6. Visualice la pantalla del monitor y revise en el manual del fabricante el valor nominal de flujo y el valor estándar del mismo. Anote este valor en el formulario de chequeo de flujo (Anexo A)
7. Tome al menos 20 muestras de flujo, a fin de asegurar su estabilidad y repetibilidad.
8. Si los valores no corresponden a lo establecido por el fabricante como normal, envíe el equipo al laboratorio para su corrección y/o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado

REFERENCIAS

- Instructivo de Prueba de Fuga y Vacío en Monitores Continuos de Gases, IPF-19

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de chequeo de flujos con Patrón BIOS

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

Chequeo de Flujos

Monitor		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Prom.	
Bios Vflow	0°C							LPM
Bios Sflow	0°C							LPM
Monitor		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Prom.	
Bios Vflow	0°C							LPM
Bios Sflow	0°C							LPM

Monitor		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Prom.	
Bios Vflow	20°C							LPM
Bios Sflow	20°C							LPM
Monitor		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Prom.	
Bios Vflow	20°C							LPM
Bios Sflow	20°C							LPM

 Firma y código del operador

Instructivo de Chequeo de Multipunto de Monitores Continuos de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

CHMPGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del Personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Procedimiento de chequeo multipunto	6
REFERENCIAS	7
ANEXOS	8
ANEXO A. Ejemplo de Formulario de Chequeo Multipunto. Monitor SO2 API	8

CHMPGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo multipunto en la evaluación del funcionamiento de monitores continuos de gases.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar el comportamiento de un monitor continuo de gases frente a distintas concentraciones de un gas patrón.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutua de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procure no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo de gases
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de correlación de valores estándar del equipo
- Manual del fabricante
- Teflón
- Fuente de Gas Cero (cilindro certificado o generador de aire cero)

- Fuente de gas con 3 concentraciones intermedias, más el valor de span del monitor (cilindros certificados o multicalibrador con fuente de aire cero y gas patrón de concentración estándar)

7. Procedimiento de chequeo multipunto

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de estos valores en el Formulario de correlación de valores estándar del equipo (Ejemplo en Anexo A). Si estos valores no están dentro del rango establecido como valores normales, envíe el equipo para una revisión más acuciosa a fin de determinar si es necesario corregir alguna variable o reparar el mismo. Si los valores son normales continúe con el punto 3 de este instructivo.
3. Apague el equipo, realice test de fuga y vacío de acuerdo al instructivo IPF-19. Si el equipo no pasa estas pruebas envíelo al servicio técnico. Si el equipo pasa correctamente estas pruebas continúe con el siguiente punto.
4. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
5. Efectúe el chequeo de flujo de acuerdo al instructivo ICHF-20. Si los valores no corresponden a lo establecido por el fabricante como normal envíe el equipo al laboratorio para su corrección o en su defecto al servicio técnico autorizado. Si el equipo pasa esta prueba pase al siguiente punto.
6. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) Aire Cero, espere 10 minutos o lo que determine el fabricante para la estabilidad del equipo. Apunte estos valores en el formulario de chequeo multipunto en la sección de registro de valores de cero y span (ver el formulario de ejemplo que se entrega en el anexo A)
7. Ingrese Aire cero para limpiar el sistema neumático por 5 min.
8. Ingrese una mezcla de gas que corresponda al span del monitor y espere 10 min. Apunte los valores indicados en la pantalla del monitor en el formulario de chequeo multipunto en la sección de registro de valores de cero y span (ver el formulario de ejemplo que se entrega en el anexo A)
9. Ingrese Aire cero para limpiar el sistema neumático por 5 min.
10. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) el primer punto de mezcla de gas patrón y aire cero. Se recomienda que éste sea alrededor del 25% del diferencial entre el cero y el span del equipo. Espere 20 minutos o el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad mínima determinada por el fabricante. Registre estos datos en el formulario de chequeo multipunto (anexo A) y repita el paso 7 de este procedimiento.

11. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) el segundo punto de mezcla de gas patrón y aire cero. Se recomienda que éste sea alrededor del 50% del diferencial entre el cero y el span del equipo. Espere 20 minutos o el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad mínima determinada por el fabricante. Registre estos datos en el formulario de chequeo multipunto (anexo A) y repita el paso 7 de este procedimiento.
12. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) el tercer punto de mezcla de gas patrón y aire cero. Se recomienda que éste sea alrededor del 75% del diferencial entre el cero y el span del equipo. Espere 20 minutos o el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad mínima determinada por el fabricante. Registre estos datos en el formulario de chequeo multipunto (anexo A) y repita el paso 7 de este procedimiento.
13. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) un cuarto punto de mezcla de gas correspondiente al Span. Espere 20 minutos o el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad mínima determinada por el fabricante. Registre estos datos en el formulario de chequeo multipunto (anexo A) y repita el paso 7 de este procedimiento.
14. Repita 3 veces esta operación con el fin de establecer la variabilidad y repetibilidad en el monitor.
15. Con los valores obtenidos en este chequeo multipunto se puede graficar la curva de calibración del mismo y obtener la línea de tendencia y la ecuación del gráfico. Esta ecuación permite corregir los valores medidos por el monitor y validar la información obtenida por éste.

REFERENCIAS

- Manual de monitor de gases que se esté utilizando (para valores de referencia)
- Instructivo de Test de Fuga y Vacío en Monitores Continuos de Gases
- Instructivo de Test de Flujo en Monitores Continuos de Gases
- Instructivo de Chequeo de Cero y Span en Monitores Continuos de Gases

ANEXOS

ANEXO A. Ejemplo de Formulario de Chequeo Multipunto. Monitor SO2 API

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

Valores de Setup de Multicalibrador API 700

Test Values	Values	Unit	Normaly
ACT CAL		LPM	TARG + - 2%
TARG CAL		LPM	0.001 – 0.100 LPM
ACT DIL		LPM	TARG + - 2%
TARG DIL		LPM	0.10 – 10 LPM
O3 GEN REF		MV	0 – 5000 MV
O3 FLOW		CC	100 + - 25 CC
O3 GEN DRIVE		MV	100 – 5000 MV
O3 LAMP TEMP		°C	48 + - 1 °C
CAL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
DIL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
REG PRESS		IN-HG	25 + - HG
ACT		PPB / PPM	TARG + - 5 %
TARG		PPB / PPM	REQUESTED CONC
BOX TEMP		°C	AMB + - 3
PERM TEMP		°C	50.0 + - 0.3
PERM FLOW		CC / MIN	100 + - 25
PHOTO MEAS		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO REF		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO FLOW		LPM	0.7 – 0.07 LPM
PHOTO LAMP		°C	52 + - 1 °C
PHOTO SPRESS			AMB + - 1 IN HG
PHOTO STEMP			AMB + - 3 °C

CHMPGASES

Revisión V1.0
 Fecha 17/06/2003
 Página 9 de 10

PHOTO SLOPE			0.85 – 1.15
PHOTO OFFS			+ - 10
DCPS		MV	2500 + - 200

Condiciones previas del monitor

Valores Previos

Range	
Estabilidad	
Pres	
Sample Flow	
PMT	
UV Lamp	
Str Lgt	
DRK PMT	
DRK Lamp	
Slope	
offset	
HVPS	
DCPS	
R Cell Tmp	
Box Temp	
PMT Temp	
Test	

Datos de placa

N° de serie	
Modelo	
ID fabricante	

Chequeo de Flujos

Monitor		LPM
Bios Vflow	0 °C	LPM
Bios Sflow	0 °C	LPM

Monitor		LPM
Bios Vflow	20 °C	LPM
Bios Sflow	20 °C	LPM

Chequeo Cero-Span (V/V Zero-Span)

		Tiempo exp.	Estabilidad
CERO			
SPAN			

CHMPGASES

Revisión V1.0
Fecha 17/06/2003
Página 10 de 10

V. Esperado	Fecha	Valor MC	m1	m2	m3	m4	m5	Promedio	Estabilidad
0									
50									
75									
100									
150									
200									
400									

Observaciones Durante la Operación:

Firma y código del operador

Instructivo de Chequeo y Ajuste de Cero y Span de Monitores de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

CHSPGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Chequeo de Cero y Span	6
8. Ajuste de Cero y Span	7
REFERENCIAS	7
ANEXOS	8
ANEXO A. Formulario de chequeo de cero y span, ejemplo monitor O3 API	8

CHSPGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo y ajuste de cero y span en la evaluación del funcionamiento de monitores continuos de gases.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar el valor de cero y span de un monitor continuo de gases y ajustar estos valores de acuerdo a valores de referencia.

3. Seguridad del personal

- Use cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo de gases
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de correlación de valores estándar del equipo
- Manual del fabricante
- Teflón
- Fuente de Gas Cero (cilindro certificado o generador de aire cero)

- Fuente de gas span (cilindro certificado o multicalibrador con fuente de aire cero y gas patrón de concentración estándar)

7. Chequeo de Cero y Span

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de estos valores en el Formulario de correlación de valores estándar del equipo. Si estos valores no están dentro del rango establecido como valores normales envíe el equipo para una revisión mayor, ya sea al laboratorio de instrumentación o bien al servicio técnico autorizado.
3. Apague el equipo y realice la prueba de fuga y vacío de acuerdo al instructivo IPF-19, si no supera esta prueba envíe el equipo a revisar.
4. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
5. Efectúe el chequeo de flujo de acuerdo al instructivo ICHF-20. Si los valores no corresponden a lo establecido por el fabricante como normal envíe el equipo a corregir este problema. Si pasa la prueba, entonces el equipo está en condiciones de ser chequeado de cero y span.
6. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) Aire Cero y espere 10 minutos o lo que determine el fabricante para la estabilidad del equipo. Apunte estos valores en el formulario de cero y span (Anexo A)
7. Ingrese Aire cero para limpiar el sistema neumático por 5 min.
8. Ingrese por la entrada de muestreo (Sample) Gas Span, espere 10 min. O lo que determine el fabricante para la estabilidad del equipo. Apunte estos valores en el formulario de cero y span (Anexo A)
9. Repita el punto 5 de este instructivo.
10. Repita 5 veces esta operación con el fin de establecer la variabilidad y repetibilidad, en el monitor.
11. Con los valores obtenidos se puede graficar la curva de cero – span, obteniendo la línea de tendencia y la fórmula de la gráfica. Con estos antecedentes se puede validar la información obtenida por el monitor.

8. Ajuste de Cero y Span

12. Una vez chequeado el cero y el span del monitor, se deben ajustar estos valores en el monitor, de modo que las mediciones futuras sean lo más cercana posible a los valores reales medidos.
13. Para Ajustar el cero proceda de acuerdo al punto 6 de este instructivo y revise en el manual del fabricante como se ajusta este valor. Cada equipo es distinto en su forma de ajuste; en algunos se ajusta el cero de forma digital ingresando el valor conocido y pidiéndole al software que asuma este valor como el correcto. En otros casos será necesario ajustar un potenciómetro o un reóstato, es decir, de una forma análoga.
14. Luego de este ajuste espere que el equipo se estabilice para proceder a limpiar el sistema neumático por 5 minutos con aire cero.
15. Ingrese gas Span y espere que el equipo se estabilice. Repita la operación del punto 13 de este instructivo.
16. Luego de este ajuste, espere que el equipo se estabilice para proceder a limpiar el sistema neumático por 5 min. con aire cero.
17. Repita los puntos 6, 7 y 8 de este protocolo a fin de averiguar cómo quedaron seteados nuestros valores de cero y span. Revise en el manual del fabricante cuál es la variabilidad máxima para estos valores. Si ésta supera lo indicado por el fabricante, repita la operación de ajuste de cero y span hasta llegar a los valores adecuados.

REFERENCIAS

- Manuales de equipos de gases para valores de referencia
- Instructivo de Prueba de Fuga y Vacío en Monitores Continuos de Gases, IPF-19.
- Instructivo de Chequeo de Flujo en Monitores Continuos de Gases, ICHF-20

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de chequeo de cero y span, ejemplo monitor O3 API

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

Valores de Setup de Multicalibrador API 700

Test Values	Values	Unit	Normaly
ACT CAL		LPM	TARG + - 2%
TARG CAL		LPM	0.001 – 0.100 LPM
ACT DIL		LPM	TARG + - 2%
TARG DIL		LPM	0.10 – 10 LPM
O3 GEN REF		MV	0 – 5000 MV
O3 FLOW		CC	100 + - 25 CC
O3 GEN DRIVE		MV	100 – 5000 MV
O3 LAMP TEMP		°C	48 + - 1 °C
CAL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
DIL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
REG PRESS		IN-HG	25 + - HG
ACT		PPB / PPM	TARG + - 5 %
TARG		PPB / PPM	REQUESTED CONC
BOX TEMP		°C	AMB + - 3
PERM TEMP		°C	50.0 + - 0.3
PERM FLOW		CC / MIN	100 + - 25
PHOTO MEAS		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO REF		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO FLOW		LPM	0.7 – 0.07 LPM
PHOTO LAMP		°C	52 + - 1 °C
PHOTO SPRESS			AMB + - 1 IN HG
PHOTO STEMP			AMB + - 3 °C
PHOTO SLOPE			0.85 – 1.15
PHOTO OFFS			+ - 10
DCPS		MV	2500 + - 200

Condiciones previas del monitor

Valores Previos

Range	
Estabilidad	
Pres	
Sample Flow	
PMT	
UV Lamp	
Str Lgt	
DRK PMT	
DRK Lamp	
Slope	
offset	
HVPS	
DCPS	
R Cell Tmp	
Box Temp	
PMT Temp	
Test	

Datos de placa

N° de serie	
Modelo	
ID fabricante	

Chequeo de Flujos

Monitor		LPM
Bios Vflow	0°C	LPM
Bios Sflow	0°C	LPM

Monitor		LPM
Bios Vflow	20°C	LPM
Bios Sflow	20°C	LPM

V. Esperado	Fecha	Valor MC	m1	m2	m3	m4	m5	Prom.	Estabilidad
0									
span									
0									
span									
0									
span									
0									
span									
0									
span									

Observaciones Durante la Operación:

Firma y código del operador

CHVAGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Instructivo de Chequeo de Fugas y Test de Vacío de Monitores de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

CHVAGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Seguridad del personal	5
4. Precauciones	5
5. Calificaciones del Personal.....	5
6. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7. Prueba de fuga	6
8. Prueba de Vacío.....	9
REFERENCIAS	10

CHVAGASES

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de chequeo de fugas usado en la evaluación del funcionamiento de monitores continuos de gases.

2. Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento para comprobar la hermeticidad del sistema neumático incorporado en el monitor.

3. Seguridad del personal

- Use cotona
- Use mascarilla quirúrgica de ser necesario intervenir las camas de reacción de los equipos.
- Use gafas de protección de radiación Ultra-Violeta.

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4. Precauciones

- Procure no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo (o de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo).
- No exponer el equipo a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer el equipo a humedad excesiva

5. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

6. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo de gases.
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de correlación de valores estándar del equipo.

- Manual del fabricante.
- Sellador (goma, cinta u otro sistema similar)
- Teflón
- Generador de presión patrón.
- Generador de vacío patrón.
- Liquido para detección de fugas u agua jabonosa.
- Parafilm M® (film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂)

7. Prueba de fuga

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Informe de los valores en el Formulario de correlación de valores estándar del equipo. Si estos valores no están dentro del rango establecido para valores normales envíe el equipo al laboratorio para su corrección y / reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.
3. Apague el equipo y desconecte la red eléctrica.
4. Selle los puntos de medición y conexión del equipo (Entrada Cero y Span, salida de gases y otras de acuerdo a la configuración del equipo.) NO se debe sellar la entrada de muestra (SAMPLE). Ver Figura 7-1 y Figura 7-2.

Figura 7-1 Tomas de conexión de monitor continuo.

Figura 7-2Tomas de conexión

5. Las conexiones deben sellarse con teflón, asegurar con Parafilm M® y sellar con tapones de goma, asegurar finalmente estos con cinta de goma a fin de una total hermeticidad de ellas.
6. Destape el equipo (éste debe permanecer apagado durante toda la operación y desconectado de la red eléctrica)
7. Conecte el generador de presión en la entrada de muestreo del equipo.

8. Genere una presión no superior a los 30 PSIG, y observe si ésta se mantiene. De no ser así, se está en presencia de una fuga.
9. Mantenga la presión constante en el generador y aplique líquido para detección de fugas. Si observa que aparecen burbujas en algunos de los puntos está en presencia de una fuga. Si esto es así, informe al encargado del laboratorio de la situación o al servicio técnico especializado para que sea corregida. Esta operación se debe realizar en cada una de las juntas del sistema neumático para asegurar la completa hermeticidad del equipo.
10. Una vez realizada esta operación emita un informe de acuerdo al formulario de mantenimiento de monitores de gases.

Figura 7-3. Manteniendo la presión constante

Figura 7-4. Aplicación del líquido detector de fugas en cada junta

11. Si no se observan fugas y la presión se mantiene constante realice el test de vacío, como se indica a continuación.

8. Prueba de Vacío

1. Repita los puntos del 1 al 6 de la sección 7 de este instructivo.
2. Conecte el Generador de Vacío (Vacuómetro) en la entrada de muestreo del equipo como se señala en la Figura 8-1.

Figura 8-1. Conexión del Vacuómetro en la entrada de muestreo

3. Genere un Vacío no superior a los 10 in HG, y observe si éste se mantiene en el tiempo, aproximadamente 5 a 10 minutos. De no ser así, se está en presencia de una fisura. Incluya esta información en el formulario de mantenimiento de monitores de gases y envíe el equipo a reparación e informe al encargado del laboratorio de la situación o al servicio técnico especializado.

Figura 8-2. Aplicación de vacío de 10 in de HG.

4. Una vez efectuadas las pruebas de fuga y vacío se está en condiciones de asegurar que el sistema neumático funciona correctamente y de realizar un chequeo multipunto o verificar el cero y el span.

REFERENCIAS

- Manual del monitor de gases que se esté utilizando, para valores de referencia.

ANEXO

ANEXO A. Ejemplo de Formulario de correlación de valores - Chequeo Multipunto
 Monitor SO2 API

Estación	Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Operador

Observaciones Generales:

Valores de Setup de Multicalibrador API 700

Test Values	Values	Unit	Normaly
ACT CAL		LPM	TARG + - 2%
TARG CAL		LPM	0.001 – 0.100 LPM
ACT DIL		LPM	TARG + - 2%
TARG DIL		LPM	0.10 – 10 LPM
O3 GEN REF		MV	0 – 5000 MV
O3 FLOW		CC	100 + - 25 CC
O3 GEN DRIVE		MV	100 – 5000 MV
O3 LAMP TEMP		°C	48 + - 1 °C
CAL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
DIL PRESS		IN-HG	25 – 30 IN-HG
REG PRESS		IN-HG	25 + - HG
ACT		PPB / PPM	TARG + - 5 %
TARG		PPB / PPM	REQUESTED CONC
BOX TEMP		°C	AMB + - 3
PERM TEMP		°C	50.0 + - 0.3
PERM FLOW		CC / MIN	100 + - 25
PHOTO MEAS		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO REF		MV	2500 – 4500 MV
PHOTO FLOW		LPM	0.7 – 0.07 LPM
PHOTO LAMP		°C	52 + - 1 °C
PHOTO SPRESS			AMB + - 1 IN HG
PHOTO STEMP			AMB + - 3 °C
PHOTO SLOPE			0.85 – 1.15

PHOTO OFFS			+ - 10
DCPS		MV	2500 + - 200

Condiciones previas del monitor

Valores Previos

Range	
Estabilidad	
Pres	
Sample Flow	
PMT	
UV Lamp	
Str Lgt	
DRK PMT	
DRK Lamp	
Slope	
offset	
HVPS	
DCPS	
R Cell Tmp	
Box Temp	
PMT Temp	
Test	

Datos de placa

N° de serie	
Modelo	
ID fabricante	

Chequeo de Flujos

Monitor		LPM
Bios Vflow	0 °C	LPM
Bios Sflow	0 °C	LPM

Monitor		LPM
Bios Vflow	20 °C	LPM
Bios Sflow	20 °C	LPM

Chequeo Cero-Span (V/V Zero-Span)

		Tiempo exp.	Estabilidad
CERO			
SPAN			

V. Esperado	Fecha	Valor MC	m1	m2	m3	m4	m5	Promedio	Estabilidad
0									
50									
75									
100									
150									
200									
400									

Observaciones Durante la Operación:

Firma y código del operador

RDM/CA/IEQ2

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Instructivo de Armado e Instalación de Equipos de Monitoreo Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/IEQ2

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método	5
3 Seguridad del Personal	5
4 Precauciones (enfocado a los equipos).....	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
7 Procesos.....	7
7.1 Armado del equipo	7
7.2 Instalación del Equipo	8
REFERENCIAS	9
ANEXOS	9

RDM/CA/IEQ2

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento entrega las pautas generales de instalación de equipos de monitoreo de gases para su correcta utilización y es aplicable a todo proceso de instalación de estos equipos, en la etapa de disposición o retiro de estaciones.

2 Resumen del Método

Este protocolo presenta el procedimiento de armado e instalación general de un equipo de monitoreo de gases, en la estación de monitoreo, y hace referencia a los criterios de selección del sitio de medición señalados en el Manual de diseño de una red de monitoreo de CONAMA (en preparación)

3 Seguridad del Personal

Para protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente.

En el caso que el equipo se debe instalar sobre una azotea, el operador debe considerar la posibilidad de una superficie de tejado resbaladiza durante tiempo inclemente (lluvia, escarcha, nieve, etc.)

4 Precauciones (enfocado a los equipos)

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de armado e instalación del equipo pueden causar daños a éste. Se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo ni forzar el armado de sus piezas
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unidad electrónica
- Tomar con cuidado sus partes componentes y considerar que situaciones del mal tiempo (lluvia, nieve, etc) el operador puede resbalar y causar algún daño al equipo o piezas
- Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de instalación de equipos y la práctica suficiente en dicho proceso.

6 Equipamiento y Abastecimiento

Herramientas y materiales necesarios para la Instalación de un equipo HV.

Las herramientas y materiales requeridos para el embalaje se listan a continuación:

- Planilla de chequeo de componentes
- Film para conservar alimentos
- Film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂
- Cinta embalaje
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestireno expandido granulado
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraft
- Llave francesa
- Atornillador de paleta ancha
- Atornillador de cruz
- Set de llaves Allen
- Alicates universales 84-056
- Set de llaves combinadas punta corona norma SAE:
 - 3/16", 1/4", 5/16", 11/32", 3/8", 7/16" y 1/2".
- Set de llaves combinadas punta corona norma NIM:
 - 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- Atornilladores de paleta norma SAE:
 - 3/16", 1/4" y 9/32"
- Atornillador de cruz norma SAE:
 - 1/16", 5/64", 3/32 y 1/8".
- Sobres de papel tamaño oficio.

7 Procesos

7.1 Armado del equipo

Un monitor continuo de gases cuenta con distintas configuraciones, dependiendo de la marca y metodología usada en su medición. Por consiguiente, éste puede estar formado por solo una unidad o contar con otras externas a la unidad de medición (bombas o equipos auxiliares, etc.). El proceso de armado debe estar basado, entonces, en las indicaciones señaladas en el Manual del fabricante.

A continuación se entregan figuras que describen los componentes del equipo:

Fig. 1. Zona delantera del equipo

Como se observa en la vista principal del monitor de gases, en el plano delantero se ubican los botones de control, la pantalla alfa-numérica, los indicadores de estatus y el botón de encendido.

Fig. 2. Zona posterior del equipo.

En plano posterior se ubican las entradas y salidas del sistema neumático, los puertos de comunicación, la entrada de poder del equipo y ventilador.

Fig. 3. Zona de Poder y ventilación

Fig. 4. Entradas/Salidas Sistema Neumático

Fig.5. Sistema de Comunicaciones

Fig. 6. Enrejado de ventilación

Para el armado del equipo de monitoreo de gases, desembalar sus partes componentes (si corresponde) y seguir las instrucciones detalladas en el Manual del fabricante. Siga las consideraciones generales de instalación de monitores continuos de gases en estaciones de calidad de aire que se señalan en el instructivo IM-18.

7.2 Instalación del Equipo

Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.

Se debe considerar que un equipo de monitoreo de gases no puede ser expuesto al ambiente externo, por ello va instalado dentro de una caseta con un modulo de aire acondicionado.

REFERENCIAS

Instructivo de consideraciones generales de instalación de monitores continuos de gases en estaciones de calidad de aire, IM-18.

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Embalaje y Traslado de Equipos de Monitoreo Continuo de Gases

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/TEQ02

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación	5
2 Resumen	5
3 Seguridad del personal.....	5
4 Precauciones.....	5
5 Calificaciones del Personal	5
6 Equipamiento y Abastecimiento	5
7 Procesos	6
7.1 Proceso de Embalaje.....	6
7.2 Sellado de las cajas	9
7.3 Preparación de despacho	9
7.4 Traslado de Cajas.....	9
8 Control de Datos y Registros	10
REFERENCIAS	10
ANEXOS	11
ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes.....	11
ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos.....	12
ANEXO C. Rotulación de cajas	13
ANEXO D. Indicación de remitente y destino	15

RDM/CA/TEQ02

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se realiza para asegurar un embalaje y traslado apropiado de un equipo de monitoreo de gases, cuando éste se efectúa por medio de transporte público. Sin embargo, también puede ser empleado en el transporte personal de los equipos.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de embalaje y traslado de estos equipos, en la etapa de instalación o retiro de estaciones.

2 Resumen

Un monitor continuo de gases cuenta con distintas configuraciones, dependiendo de la marca y metodología usada en su medición. Por consiguiente, éste puede estar formado por solo una unidad o contar con otras externas a la unidad de medición (bombas o equipos auxiliares, etc.).

Este protocolo detalla los procedimientos usados en el embalaje de un monitor continuo de gases, sin considerar sus elementos auxiliares, además indica el procedimiento de sellado de las cajas, la preparación de despacho y el procedimiento de traslado final.

3 Seguridad del personal

- Uso de guantes para trabajo liviano (algodón)
- Uso de cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de embalaje y traslado del equipo pueden causar daños a éste, se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo en el proceso de embalaje
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de embalaje y traslado de equipos antes de hacerlo sólo.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Formulario de Chequeo de Laboratorio
- Guía de despacho.

- Ficha de traslado de equipos (Anexo A)
- Film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO₂
- Film para conservar alimentos
- Sealed Air 1 X 16 (polietileno burbujas)
- Cinta embalaje
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestireno expandido granulado
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraft
- Sobres de papel tamaño oficio.

7 Procesos

7.1 Proceso de Embalaje

Antes de efectuar el embalado, se debe considerar que a parte de seguir el procedimiento de embalaje que se describe a continuación, y en caso que el Manual del fabricante lo indique, se deben asegurar algunas partes esenciales del equipo, como lo son las lámparas UV y fotómetros, por medio de pernos especiales u otros elementos particulares del equipo con el que se esté trabajando.

El procedimiento general de embalaje se describe en los pasos siguientes.

Fig1.Vista Principal monitor de gases.

Fig. 2. Vista posterior Monitor de gases

- i) Como se observa en la vista principal del monitor de gases, en el plano delantero se ubican los botones de control, la pantalla alfa-numérica, los indicadores de estatus y el botón de encendido.

Fig. 3. Zona delantera del equipo.

- ii) Cortar un trozo Sealed Air (polietileno burbujas) del tamaño de la zona delantera, cubrir esta área y sellar con cinta de embalaje en las orillas.
- iii) Como se observa en la Fig. 4, en el plano posterior se ubican las entradas y salidas del sistema neumático, los puertos de comunicación, la entrada de poder del equipo y ventilador.

Fig.4. Plano posterior

- iv) Para evitar que se contamine el interior del monitor, cubrir con Sealed Air (polietileno burbujas) la zona de poder y ventilador, y sellar con cinta de embalaje en las orillas.

Fig. 5. Zona de Poder y ventilación

- v) Sellar con film elástico cada una de las entradas/salidas del sistema neumático, cubrir con Sealed Air (polietileno burbujas) y sellar con cinta aislante.

Fig. 6. Entradas/Salidas Sistema Neumático

- vi) Sellar con film elástico cada uno de los puertos de comunicación, cubrir con Sealed Air (polietileno burbujas) y sellar con cinta aislante.

Fig.7. Sistema de Comunicaciones

- vii) Cubrir los enrejado de ventilación con Sealed Air (polietileno burbujas) y sellar con cinta aislante.

Fig. 8. Enrejado de ventilación

- viii) Envolver el conjunto del equipo en film para alimentos, cubrir con Sealed Air (polietileno burbujas), guardar en una caja de acuerdo al tamaño del equipo y rellenar con Poliestireno expandido granulado.

7.2 Sellado de las cajas

1. Sellar las cajas con cinta de embalaje.
2. Envolver con papel Kraf.
3. Identificar la posición que debe tener la caja usando un rotulador, o bien, pegar la figura de una flecha que indique la posición adecuada en que debe ser trasladada la caja (Ver Anexo C)
4. Rotular contenido de acuerdo a planilla de chequeo de componentes (ver Anexo A).

7.3 Preparación de despacho

1. Prepare la guía de despacho de acuerdo a los datos aportados por la planilla de chequeo de componentes y complete las fichas de traslado de equipos (Ver Anexo B).
2. Ingrese la información de las fichas de traslado en sistema de inventario o control interno utilizado.

7.4 Traslado de Cajas

Si el traslado es realizado personalmente:

- Verificar que las cajas se ubiquen en la dirección que se indica, es decir, con la punta de la flecha mirando hacia arriba.
- Evitar que las cajas queden sueltas (Amarrarlas o fijarlas)

- Separarlas entre ellas con algún soporte (madera, esponja u otro.)

Si el traslado se realiza por medio de algún servicio de transporte externo (avión, camión, etc.):

- Rotular las cajas como “material científico” y “muy frágil” (ver Anexo C).
- Indicar el remitente y el destino final (ver Anexo D).

8 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital lo indicado en la Planilla de Chequeo de Componentes y la Ficha del Traslado de Equipos.

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes

FORMULARIO DE CHEQUEO DE COMPONENTES Formulario					
Monitores de Gases					
Cód.	Descripción	ID Fabricante	Nº Serie	ID Cenma	Unidades
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Nota: Los componentes dependerán del equipo con el cual se esté trabajando.

ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos

FORMULARIO DE TRASLADO DE EQUIPOS Formulario Monitores de Gases		
Descripción del equipo		
Modelo		
Marca		
Número de serie		
Alimentación/ Tipo de alimentación		
Método de equivalencia EPA		
Código fabricante		
Código de inventario		
Estación de origen		
Lugar de ubicación		
Motivo de retiro		
Fecha de retiro		
Trasladado a		
Autorizado por		
Estación de destino		
Lugar de ubicación		
Fecha de reingreso		
Instalado por		
Observaciones:		
_____ Firma Autorizada	_____ Fecha de ingreso a sistema de control interno	_____ Firma control interno

ANEXO C. Rotulación de cajas

FRÁGIL

MUY FRAGIL

Material

Científico

**MANTENER
POSICIÓN**

ANEXO D. Indicación de remitente y destino

Señores: Jeannette Caroca – Jorge Peters

D.P.A

Fonos: 064-259178 064-259185, Osorno IX Región.

Remite: Centro Nacional del Medio Ambiente

Patricio Serrano Venegas

Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico

Unidad de Calidad de Aire

Av. Larrain 9975 fonos: 562-2751455 562-2994129 fax: 562-2751688

Destino: TERMINAL TUR-BUS, OSORNO

Instructivo de Calibración Analógica para Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CANATEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen	5
3. Precauciones	5
4. Calificaciones del Personal.....	5
5. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
6. Procedimiento de calibración	5
REFERENCIAS	8
ANEXOS	8

RDM/CA/CANATEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de calibración analógica en monitores continuos de material particulado TEOM serie 1400a.

2. Resumen

Este procedimiento consiste en ajustar la entrada analógica y los potenciómetros de salida en el Tablero Analógico Input/Output del TEOM

3. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos

4. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

5. Equipamiento y Abastecimiento

- Multímetro de calibración 3 1/2 dígitos
- 30 cm de cable para hacer puente (12")

6. Procedimiento de calibración

Primero, prepare el hardware de la siguiente manera:

1. Apague la unidad de control del TEOM.
2. Retire los cables externos de la parte de atrás de la unidad de control.
3. Retire la tapa de la unidad de control.
4. Remueva los cables planos conectados a P2, P3 y P4 en la placa con forma de L, donde se ubican los input/output analógicos (Figura 6-1).
5. Observe que los canales son fijos para 0-2 VDC y 0-10 VDC (Verifique los jumpers (puentes) W40-W47) en la sección de salida analógica, y que también son fijos para

± 2 VDC y ± 10 VDC (verifique jumpers W1-W15) en la sección de entrada analógica.

Figura 6-1. Ubicación de input/output analógicos

6. Encienda la unidad de control del TEOM.
7. Presione <data stop> para entrar en el Modo del Operación.
8. Ubique la Pantalla de Calibración Analógica (Figura 6-2) seleccionando "Calibración Analógica" de la Pantalla del Menú, o tecleando 11 <enter> en cualquier pantalla.

Figura 6-2. Pantalla de calibración analógica

9. Ingrese "YES" en la línea titulada "CALIBRATION" apretando <edit><yes>.
10. Mueva el cursor a la línea mostrada como "A/O Value."
11. Ubique la punta de prueba positiva "+" del multímetro al punto análogo de color blanco y la punta de prueba negativa "-" al punto negro GND (tierra).

NOTA: Las lecturas en la Pantalla de Calibración Analógica son porcentuales en relación al total de la escala (% FS) para las entradas y salidas. Por consiguiente, la salida 6.500 VDC en un 0-10 de VDC del canal uno, representaría el 65% de la escala predefinida. Recuerde que cada canal puede ser programado de acuerdo a la operación que se espera lograr. En el caso de una entrada análoga de 0 - 2 VDC opera de la misma forma a una menor diferencia de potencial eléctrico.

Antes de programar los canales se debe calibrar la salida análoga (D/A) de la Tarjeta Analógica:

1. En el ítem "A/O Value" para generar 90.00 digite <Edit>90 <Enter>. Esto provoca que se genere un voltaje del 90% de la escala. Verifique que la lectura del multímetro sea la apropiada. De no ser así, ajuste el potenciómetro correspondiente al canal que se está calibrando.
2. Lleve el positivo del multímetro a cada uno de los canales a calibrar y repita la operación de ajuste del potenciómetro de ganancia. Tenga cuidado al realizar esta operación si el jumper está ajustado a 2 VDC o 10 VDC.

Después de ajustar todos los canales ingrese 0.00 en "A/O Value". Entonces, calibre la entrada analógica (A/D) de la sección de la Tarjeta Analógica:

1. Seleccione entrada analógica canal 0 en la Pantalla de Calibración Analógica digitando <Edit>0 <Enter> cuando el cursor está en la línea "A/I Chan". Entre en un 90% de la escala "A/O Value" la línea apropiada para el canal de la entrada analógica a calibrarse. Observe el valor en la pantalla del multímetro y verifique que se encuentre dentro del rango aceptable (o 90% de ± 2 VDC o 90% de ± 10 VDC), y ajuste el potenciómetro de ganancia de ser necesario.
2. Repita el paso 1 para cada canal de la entrada analógica ubicado en la tarjeta. Recuerde mover el conector positivo del multímetro cada vez que calibre un nuevo canal, el terminal negativo debe permanecer en GND.
3. Una vez que la calibración de entradas analógicas esté completa, apague el equipo e instale todos los cables y conectores retirados antes de poner en funcionamiento la unidad de control.

REFERENCIAS

Procedimiento General de Monitoreo de Calidad de Aire, Monitores TEOM, Anexo B "Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención, Monitores TEOM".

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Ajuste de Flujo para Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CFLTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen	5
3. Precauciones	5
4. Calificaciones del Personal.....	5
5. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
6. Procedimiento de ajuste de flujo	5
REFERENCIAS	7
ANEXOS	7

RDM/CA/CFLTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de ajuste de flujo en monitores continuos de material particulado TEOM serie 1400a.

2. Resumen

El procedimiento de calibración del software controlador de flujo consiste en medir los caudales total, principal y auxiliar con un certificado estándar de transferencia y calcular las desviaciones, las cuales son corregidas ajustando el software controlador de flujo (software TEOM's FAdj.) para cada caudal, principal y auxiliar.

3. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos

4. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

5. Equipamiento y Abastecimiento

6. Procedimiento de ajuste de flujo

Siga los pasos siguientes para realizar una calibración del software controlador de flujo:

1. Apague la unidad de control del monitor TEOM.
2. Desconecte el cable de comunicaciones que une la unidad de control y la unidad sensora.
3. Remueva las conexiones de las líneas de flujo principal y de muestra, en el tablero de la parte trasera de la unidad de control del monitor.
4. Enciende la unidad de control TEOM, y asegúrese que la bomba esté funcionando.
5. Desde la Pantalla del Menú ingrese a la pantalla "Temps/Flows" o bien digite 19 + <Enter>. Luego, con los cursores <-> y <~> muévase dentro del resumen de pantallas hasta que aparezca "F-muestra" y "F-Aux". Registre los valores de los

puntos de ajuste para los flujos principales y auxiliares, en el Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención, Monitores TEOM

6. Use <-> y <~> para posicionar el cursor hasta que las líneas “T-A/S” y “P-A/S” aparezcan en pantalla. Note que existen en esta misma pantalla los valores para Temperatura y Presión (en sector izquierdo) Si el monitor no está en el modo de intervención presione <Data Stop>.
7. Presione <-> y <~> hasta posicionar el cursor en la línea “FAdj Main” y “FAdj Aux” en la pantalla.
8. Conecte un patrón de flujo a la línea de flujo de muestra ubicada en la parte de atrás de la unidad de control del TEOM. Este patrón de flujo de referencia, debe haber sido calibrado recientemente a una norma primaria y tener una exactitud de 1% a 3 l/min.
9. Compare el valor obtenido por el patrón de flujo y el valor que aparece en la pantalla de la unidad de control del TEOM.
10. De ser necesario, ajuste los valores “FAdj Main” para el flujo volumétrico (corregido por presión barométrica y temperatura) hasta alcanzar los valores de flujo indicados en la pantalla. El valor de “FAdj Main” puede ser incrementado y reducido fácilmente apretando <-> y <~>.
11. Si mediante esta operación no es posible ajustar los flujos a $\pm 10\%$, envíe la unidad electrónica al servicio técnico a fin de que sea revisada.
12. Si el flujo de muestra ya se encuentra ajustado continúe ajustando el flujo auxiliar de la misma forma repitiendo los puntos del 6 al 7 de este instructivo.
13. Apague la unidad de control del TEOM.
14. Reconecte las líneas de aire en la parte trasera de la unidad de control del TEOM.
15. Instale nuevamente el cable de comunicaciones que une la unidad de control y la unidad sensora.
16. Encienda la unidad de control del TEOM y espere a que ésta alcance el status OK4.
17. Recuerde registrar los valores que se desprenden de los pasos anteriores en el Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención, Monitores TEOM.

REFERENCIAS

Procedimiento General de Monitoreo de Calidad de Aire, Monitores TEOM, Anexo B
“Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantenición, Monitores TEOM”.

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Prueba de Fuga de Monitor Continuo de Material Particulado TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CHFGTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen	5
3. Precauciones	5
4. Calificaciones del Personal.....	5
5. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
6. Procedimiento de chequeo de flujo	6
REFERENCIAS	7
ANEXOS	7

RDM/CA/CHFGTEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este instructivo es aplicable a todo proceso de prueba de fuga en la evaluación del funcionamiento de un monitor continuo de material particulado TEOM.

2. Resumen

Este instructivo describe el procedimiento para comprobar la hermeticidad del sistema neumático verificando que los valores de flujos no excedan los 0,15 l/min en un monitor continuo de material particulado TEOM. En caso de superar este valor la prueba indica la presencia de fugas en el sistema.

3. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos

4. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

5. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo material particulado TEOM
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de chequeos de monitor continuo de TEOM
- Manual del fabricante
- Teflón
- Patrón de Flujo Normalizado (BIOS, Rotámetro Patrón, etc.)
- Adaptador de auditoría de flujo
- Termómetro de Referencia
- Barómetro de Referencia

6. Procedimiento de chequeo de flujo

1. Retire el cabezal MP10 de la entrada de muestra. Reemplace el cabezal por un adaptador de auditoría de flujo en la entrada “splitter flow”. La válvula del adaptador de auditoría de flujo debe estar en posición abierta para permitir el flujo del aire.
2. Conecte un patrón de flujo y compruebe que el flujo total (16.7 l/min) se encuentre dentro del rango de tolerancia del 10 % del total, si no es así efectúe un ajuste de flujo de acuerdo al Instructivo de Ajuste de Flujo en Monitores Continuos TEOM, IAF-30.

Figura 6-1. Conexión de adaptador de auditoría de flujo

- Para realizar la prueba de fuga, cierre la válvula del adaptador de auditoría de flujo. Lea en la pantalla los valores de flujo de muestra y flujo auxiliar. Estos valores deben ser menores de 0.15 l/min. Si uno de los flujos es mayor que 0.15 l/min entonces el sistema tiene una fuga. En este caso, revise el montaje de todo el sistema neumático y si no le es posible encontrar la fuga comunique de esta situación a soporte técnico. Registre los valores en el Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantenición, Monitores TEOM.
- 3. Luego de realizada la prueba de fuga retire el adaptador de auditoría de flujo y reemplácelo por el cabezal PM-10.
- 4. Instale un nuevo filtro de muestra de acuerdo al Instructivo de Cambio de Filtros en Monitores TEOM, ICF-10 y digite <F1> o <RUN>. El instrumento empezará la recolección de datos automáticamente, luego que la temperatura y las proporciones de flujo de aire han permanecido estables por media hora.

REFERENCIAS

- Instructivo de Ajuste de Flujo en Monitores TEOM, IAF-30.
- Instructivo de Cambio de Filtros en Monitores TEOM, ICF-10.
- Procedimiento General de Monitoreo de Calidad de Aire, Monitores TEOM, Anexo B “Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantenición, Monitores TEOM”.

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Chequeo de Flujo de Monitor continuo de Material Particulado TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CHFLTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen	5
3. Precauciones	5
4. Calificaciones del Personal.....	5
5. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
6. Procedimiento de chequeo de flujo	6
REFERENCIAS	7
ANEXO A. Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención	8

RDM/CA/CHFLTEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este instructivo es aplicable a todo proceso de chequeo de flujo en la evaluación del funcionamiento de un monitor continuo de material particulado TEOM.

2. Resumen

Este instructivo describe el procedimiento para comprobar el comportamiento del flujo volumétrico y estándar en un monitor continuo de material particulado TEOM.

3. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos

4. Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

5. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo material particulado TEOM
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de chequeos de monitor continuo de TEOM, anexo A
- Manual del fabricante.
- Teflón
- Patrón de Flujo Normalizado (BIOS, Rotámetro Patrón, etc.)
- Adaptador de auditoría de flujo
- Termómetro de Referencia.
- Barómetro de Referencia.

6. Procedimiento de chequeo de flujo

1. Encienda el equipo y espere el tiempo indicado por el fabricante para llegar a la estabilidad de sus distintos sistemas.
2. Señale los valores de estatus del equipo en el Formulario de Chequeos (anexo A) correspondientes a las secciones de Parámetros de Operación y Parámetros de Configuración del equipo (secciones 2 y 3, respectivamente). Si estos valores no se encuentran dentro del rango establecido para valores normales de operación envíe el equipo al laboratorio para su corrección y / o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.
3. En caso de que el equipo funcione normalmente, realice la Prueba de Fuga de acuerdo al instructivo IPF-14 y espere que se estabilicen los flujos.
4. Retire cabezal PM-10 e instale el adaptador de auditoría de flujo, el mismo utilizado en la prueba de fuga.
5. Conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo total de muestra del equipo, como se señala en la Figura 6-1 y Figura 6-2, respectivamente.

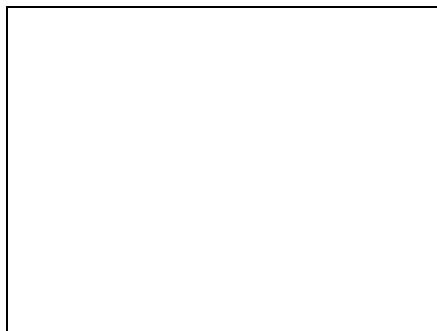


Figura 6-1. Retiro de Cabezal PM10

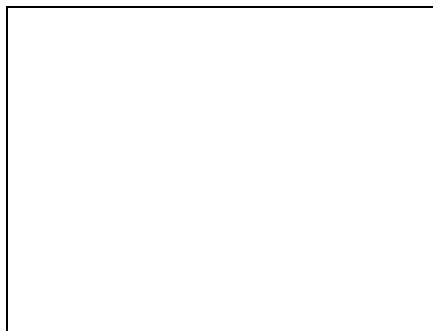


Figura 6-2. Conexión de patrón Bios en línea con el flujo total del equipo

6. Retire los filtros de alta eficiencia y deje libre las entradas de flujo de muestra y flujo auxiliar que se muestran en la Figura 6-3 y Figura 6-4.

Figura 6-3. Vista posterior de equipo TEOM

Figura 6-4. Retiro de conexiones de flujos de operación

7. Conecte el patrón de flujo a la entrada de flujo auxiliar, tal como se realizó para medir el flujo total. Verifique que el flujo Auxiliar (aux flow) corresponda al que se muestra en pantalla y luego anote este valor en el formulario de chequeos (anexo A, sección 4.2 de verificación de flujos). Si durante la verificación del flujo el valor de éste resulta ser superior al 10% del valor programado, retire la unidad y envíe el equipo al laboratorio para su corrección y / o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.
8. Verifique que el flujo de muestra (main flow) corresponda al que se muestra en pantalla y luego anote este valor en el formulario de chequeos (anexo A), si durante la verificación del flujo el valor de este resulta ser superior al 10% del valor programado, retire la unidad y envíe el equipo al laboratorio para su corrección y / o reparación o en su defecto al servicio técnico autorizado.

REFERENCIAS

Instructivo de Prueba de Fuga de Monitores TEOM, IPF-14.

ANEXO A. Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención

Formulario N°

REGISTRO DE INFORMACIÓN DE CHEQUEOS DE MANTENCIÓN Monitores TEOM

Lugar de medición: _____

Operador: _____

Fecha: _____

1. Datos equipo TEOM

Modelo TEOM	
No. de serie unidad electrónica	
No. de serie unidad balanza	
Cabezal	

2. Parámetros de operación TEOM (pantalla principal 18)

Equipo	Normal	Inicio visita	Fin visita
Status	OK 4		
% Filtro	Menor a 90%		
Time	hora		
Mass Conc [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
30 - Min MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
01 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
08 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
24 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Tot Mass [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Case Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Air Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Cap Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Main Flow [lt/m]	2		
Aux Flow [lt/m]	14.67		
Noise			
Fecucy			

3. Parámetros de configuración equipo TEOM

A) Seteo de Hardware (ver pantalla 13)

	Default	Seteado
Cal const		
Ser num		
Wait Time	1800	
MR/MC Ave	300	
TM Ave	300	
XX – Hr Mc	8	
Const A	3.000	
Const B	1.030	
Version		

B) Seteo Flujos y Temperatura (ver pantalla 19)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
T – Case	50		
T – Air	50		
T – Cap	50		
F – Main	3		
F – Aux	13.67		
T – A/S	25 25		
P – A/S	1 1		
Amb Temp			
Amb Press			
Fadj Main	1		
Fadj Aux	1		

C) Seteo valores para almacenar en memoria (ver pantalla 09)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Stor Var1	Mass Conc		
Stor Var2	30 – min MC		
Stor Var3	01 – Hr MC		
Stor Var4	24 – Hr MC		

Stor Var5	Tot _ Mass		
Stor Var6	Null		
Stor Var7	Null		
Stor Var8	Null		
Intervals	1800.0		
Stor Vars	8		
Station			

D) Seteo Salidas análogas (ver pantalla 04)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Max Volt >	10 – VDC		
A01 Var	30 – min MC		
A01 Min	0.00		
A01 Max	500.00		
A02 Var	01 – Hr MC		
A02 Min	0.00		
A02 Max	500.00		
A03 Var	Tot Mass		
A03 Min	0.00		
A03 Max	5000.00		
Jumpers	10 – VDC		

E) Seteo Puerta RS - 232 (ver pantalla 05)

	Default	Seteado	Modificado durante visita
Mode :	none		
> None			
Print on Line			
R & P Protocol			
AK Protocol			
German Network			
Store to Print			
Fast Storage Out			

4. Chequeos de funcionamiento

4.1 Test de Fuga

	Valor de control	Valor medido
Flujo Main (l/min)	< 0.15	
Flujo Auxiliar (l/min)	<0.15	

4.2 Verificación de flujos

	Valor seteado	Valor medido
Flujo Total (l/min)		
Flujo Main (l/min)		
Flujo Auxiliar (l/min)		

4.3 Verificación de constante de unidad sensora de masas (pantalla 17)

	Valor medido	Observaciones
K0 Confirm		Valor actual de frecuencia
Filt Wght		Ingresar Masa del filtro de referencia
287.53182		
Audit K0		Estimación de K0
Actual K0		
% Diff		Valor debe ser menor a 2.5

4.4 Otras actividades realizadas:

	Si	No
Limpieza de cabezal		
Toma de datos		
Chequeo de conexiones		
Cambio de filtros en línea		
Cambio filtro unidad sensora		

 Firma Supervisor

 Fecha

Instructivo de Calibración del Monitor de Material Particulado TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/CMASTEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1. Alcance y Aplicación.....	5
2. Resumen del Método	5
3. Precauciones	5
4. Calificaciones del personal	5
5. Equipamiento y Abastecimiento.....	5
6. Procedimiento de chequeo de flujo	6
REFERENCIAS	7
ANEXOS	7

RDM/CA/CMASTEOM

Revisión V1.0

Fecha 10/10/2003

1. Alcance y Aplicación

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de calibración del transductor de masa en monitores continuos de material particulado TEOM serie 1400a.

2. Resumen del Método

La calibración del transductor de masa del monitor TEOM serie 1400a es determinada por las propiedades mecánicas y físicas del transductor de masa. Bajo circunstancias normales la calibración no cambia durante la vida útil del instrumento

Si luego de realizar la operación que se indica en el punto 6 de este instructivo, la constante de calibración difiere por más de 2.5% de la constante original de calibración informe al distribuidor de R&P.

El monitor de la Serie TEOM1400a, usa un filtro prepesado y certificado por R&P. Así, se compara la variación de la frecuencia entre el transductor de masa en vacío con el filtro de peso conocido. Esta diferencia de frecuencia producida permite determinar si el factor K_0 se encuentra dentro del rango normal.

La pantalla de confirmación K_0 es accesible a través de la Pantalla del Menú del instrumento. Ésta le permite verificar la calibración del monitor TEOM sin realizar ningún cálculo.

3. Precauciones

- Procurar no ensuciar la unidad del equipo. Use guantes de nitrilo o en su efecto de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo.
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos

4. Calificaciones del personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar esta operación.

5. Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor TEOM serie 1400a
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Formulario de chequeos de calibración

- Manual del fabricante

6. Procedimiento de chequeo de flujo

Efectúe los siguientes pasos para confirmar la calibración de masa del sistema, usando para ello un Kit de Comprobación de Calibración de Masa R&P:

1. Despliegue la pantalla de calibración K_0 en el monitor, seleccionando “ K_0 confirmación” del Menú Principal o entrando en 17 <Enter> de cualquier pantalla (ver Figura 6-1)

Figura 6-1. Pantalla de confirmación K_0

2. Ingrese el peso del filtro de la calibración pre-pesado en la línea labelled “Filt Wght.”
3. Opere el sistema sin un filtro y espera que la frecuencia oscilatoria mostrada en la esquina derecha superior de la pantalla se estabilice.
4. Luego presione <First/Last> para grabar el f_0 (frecuencia en vacío) de frecuencia, una vez que la frecuencia se ha estabilizado.
5. Instale el filtro de comprobación de calibración en el instrumento y espera que la frecuencia se estabilice nuevamente.

6. Presione <First/Last> otra vez para grabar la frecuencia f_I una vez que la frecuencia se ha estabilizado.
7. El instrumento calcula automáticamente y despliega el valor de evaluación de la constante de calibración, K_0 en la línea titulada, “Auditoria K_0 .”
8. La pantalla de confirmación K_0 , también despliega el valor de K_0 actual ingresado y lo compara con el valor de K_0 original del equipo. Si la diferencial entre ellos es superior al 2.5 % , informe a su superior (si corresponde) o bien envíe el equipo al representante local de R&P para su corrección.

Nota: Recuerde registrar los valores en el Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantenición, Monitores TEOM

REFERENCIAS

Procedimiento General de Monitoreo de Calidad de Aire, Monitores TEOM, Anexo B “Formulario de Registro de Información de Chequeos de Mantención, Monitores TEOM”.

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Adquisición de Datos de Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/DATTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i>	<i>5</i>
<i>2 Resumen</i>	<i>5</i>
<i>3 Calificaciones del Personal</i>	<i>5</i>
<i>4 Equipamiento y Abastecimiento.....</i>	<i>5</i>
<i>5 Proceso</i>	<i>5</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>7</i>
<i>Apéndice A: Seteo de puntero</i>	<i>8</i>

RDM/CA/DATTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo entrega el procedimiento de adquisición de datos de monitores TEOM.

2 Resumen

El instructivo describe el procedimiento de adquisición de datos, en el cual se traspasa la información obtenida en el proceso de monitoreo al computador portátil personal.

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de adquisición de datos de monitores TEOM.

4 Equipamiento y Abastecimiento

- Computador portátil
- Cable conector serial (9 pines)

5 Proceso

1. Conecte el cable serial a la puerta serial del computador y a la puerta RS232 del equipo TEOM (panel frontal).
2. Encienda el computador portátil (trabajar en ambiente DOS).
3. Diríjase al directorio TEOMCOMM.
4. En C:\TEOMCOMM ejecute el programa teomcomm y aparecerá la siguiente pantalla:

- Ingresa, por ejemplo:

- Donde

- Te = Temuco
- 10 = TEOM MP10
- 2307 = 23 de julio

NOTA: En algunas ocasiones se producen problemas de conexión, perdiéndose el puntero (“seteo” de último dato para comenzar a bajar información). En este caso hay que “setear” un nuevo puntero con la opción “set storage pointer” (Apéndice A)

7. Salga del programa con la opción Exit program (desplazarse con las teclas $\uparrow$ o $\downarrow$).
8. Copie el archivo creado al disco 3.5” (por ejemplo, te102307.dat) con el comando copy desde el directorio teomcomm, con la instrucción copy te105304.dat a:

REFERENCIAS

No tiene.

Apéndice A: Seteo de puntero

1. Con las teclas ↑ o ↓ vaya a la opción Set storage pointer y pulse enter.
2. Aparecerá la opción Enter new storage position.

3. Ingrese B y pulsar enter. Con esto se forzará el puntero hasta la posición inicial (primer día de datos en la memoria del equipo). En este momento se puede comenzar a bajar datos, considere un tiempo de demora de 10 minutos (son alrededor de 1500 registros).
4. Es posible realizar un nuevo seteo del puntero hacia una posición más cercana al último día de bajada de datos (para ahorrar tiempo). En este caso ingrese un número cuando señale “Enter new storage position”, por ejemplo 1000 y lea luego la fecha “current pointer position”. Si es anterior al último día de datos, comience a bajar desde esa posición, en caso contrario setee nuevamente el inicio con opción B y luego intente con otro número.

Instructivo de Almacenamiento de Datos de Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/IADTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i>	<i>5</i>
<i>2 Resumen</i>	<i>5</i>
<i>3 Calificaciones del Personal</i>	<i>5</i>
<i>4 Equipamiento y Abastecimiento.....</i>	<i>5</i>
<i>5 Proceso</i>	<i>6</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>8</i>

RDM/CA/IADTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo entrega el procedimiento de programación para almacenamiento de datos en datalogger interno de monitores TEOM 1400 y es aplicable en la etapa previa a la operación del monitor.

2 Resumen

El instructivo describe el procedimiento de programación de almacenamiento de datos en el datalogger interno del TEOM de las variables de interés y que facilitarán la posterior validación de las concentraciones de MP10.

El monitor TEOM permite almacenar hasta 8 variables. Se recomienda almacenar las siguientes variables de interés:

Variable	Unidades	Descripción	Código en TEOM
Mass Conc	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 últimos 10 m	008
30 – Min MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 30 m	057
01 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 1h	058
24 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 promedio 24h	060
Tot Mass	μg	Masa total acumulada	009
Noise	μg	Ruido en la medición	013
Main Flow	l/min	Flujo principal	039
Aux Flow	l/min	Flujo Auxiliar	040

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de programación de monitores TEOM.

4 Equipamiento y Abastecimiento

- No se requiere equipamiento adicional

5 Proceso

El proceso de programación se realiza en laboratorio o in-situ. Requiere tener encendido el monitor TEOM

1. Detener el proceso de cálculo del equipo TEOM pasando al modo de edición. Presione <Data Stop> en el teclado de la unidad electrónica.

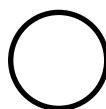


Figura 5-1. Teclado de unidad electrónica

2. Ingresar a la pantalla de edición de las variables de almacenamiento. Presiones <09> y luego <ENTER> en el teclado de la unidad electrónica.

Por defecto, como se observa en la Figura 5-2 la pantalla de almacenamiento de valores muestra las variables mass conc, 30min, 01hr, 24hr y tot mass. Quedando disponibles 3 variables para programar.

Figura 5-2

3. Utilizar las flechas $\square$ y $\downarrow$ para desplazarse dentro de la pantalla
4. Verificar que Var1 corresponda a Mass Conc, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <008> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 2
5. Verificar que Var2 corresponda a 30 – Min MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <057> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 3.
6. Verificar que Var3 corresponda a 01 – Hr MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <058> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 4.
7. Verificar que Var4 corresponda a 24 – Hr MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <060> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 5.
8. Verificar que Var5 corresponda a Tot Mass, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <009> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 6.
9. Verificar que Var6 corresponda a Noise, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <013> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 7.

10. Verificar que Var7 corresponda a Main Flow, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <039> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 8.
11. Verificar que Var7 corresponda a Main Flow, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <039> y < ENTER>.
12. Se recomienda almacenar datos cada 10 minutos para tal efecto verificar que <Intervals> sea 600, en caso contrario <EDIT> y luego ingresar 600.
13. Adicionalmente se puede ingresar un código identificador de la estación en el campo <Station>.
14. Finalmente, para terminar el proceso presione <RUN> y vuelva a la pantalla principal presionando <MAIN/STATUS>

REFERENCIAS

Manual de operación de Monitor TEOM series 1400a (AB Serial Nunbers).

Instructivo de Armado e Instalación de Equipos TEOM de Monitoreo Continuo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/IEQ4

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método	5
3 Seguridad del Personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	6
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	6
7 Procedimiento de montaje del equipo	6
7.1 Conexión de unidad electrónica	9
7.2 Conexión de bomba de vacío.....	12
7.3 Conexión de balanza de masa.....	13
7.4 Instalación de toma muestras.....	14
REFERENCIAS	16

RDM/CA/IEQ4

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se aplica en la etapa de armado de un monitor continuo de material particulado TEOM en la instalación de la unidad electrónica, balanza de masa, bomba de vacío y toma muestras.

2 Resumen del Método

Este protocolo describe el procedimiento de conexión de los distintos cables conectores de los componentes del monitor continuo TEOM a la unidad electrónica y entre sí, según corresponda y describe el proceso de instalación del toma muestra sobre la caseta o enclouser o bien sobre la base de un trípode sostenedor.

3 Seguridad del Personal

Se deben tomar las precauciones necesarias y seguir el procedimiento aquí señalado para prevenir riesgo de choques eléctricos producto de la errada conexión de la unidad electrónica.

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente.

4 Precauciones

- Antes de la instalación, verificar que el suministro de tensión (220 volts, voltaje normal en Chile) corresponda a la del equipo a instalar y que las protecciones instaladas correspondan a la potencia del motor, señaladas por las especificaciones del fabricante.
- Considere que el TEOM no puede ser expuesto al ambiente externo, por lo cual, debe ser instalado dentro de una caseta o estación con un módulo de aire acondicionado.
- Instalar el equipo sobre una plataforma elevada de 2 metros de altura (andamios)
- Conectar la carcasa del equipo por medio del cable 36 AWG.
- Enterrar una barra copperwell al piso. Si es de baja conductividad, agregar sulfato de cobre diluido en agua al suelo, y conectar al cable 36 AWG.
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo:
 - Use guantes de nitrilo (o de látex libre de talco u algún otro elemento que pudiera contaminar con material particulado el equipo) en el proceso de instalación
 - Use cotona
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de instalación de equipos y la práctica suficiente en dicho proceso.

6 Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo material particulado TEOM
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Manual del fabricante

7 Procedimiento de montaje del equipo

Un monitor continuo MP10 TEOM puede ser instalado dentro de una caseta o enclouser individual (Figura 7-1) en la cual el toma muestra es conectado directamente al tubo de muestra sobre la caseta. La otra alternativa es instalar el monitor dentro de una estación de monitoreo en la cual. En este caso el toma muestra es situado sobre un trípode de sujeción ubicado encima de la estación (Figura 7-2) y conectado a la unidad de control por medio de un cable de comunicación y un conducto.

Este equipo de monitoreo se compone de la siguientes partes:

- Unidad Electrónica
- Unidad de Balanza de Masa
- Unidad de Toma de Muestra
- Bomba de Vacío

Figura 7-1. Disposición de un monitor continuo TEOM dentro de caseta acondicionada.

Figura 7-2. Disposición de un monitor continuo TEOM dentro de una estación de monitoreo.

La unidad electrónica debe ubicarse dentro de la estación (o de la caseta) y mantener una temperatura entre 10 y 30 °C (50 a 86 °F.) La unidad sensora (balanza de masa) debe ubicarse en las mismas condiciones de temperatura.

Se debe evitar montar el toma muestra a un altura superior a 3 metros pues podrían producirse condensación de humedad en ella y dañar el sistema sensor.

Si bien cada una de estos componentes son importantes resulta de mayor complejidad el montaje de la balanza de masa y la unidad electrónica que se observa en la Figura 7-3.

Figura 7-3. A la izquierda la unidad electrónica (parte frontal), a la derecha la balanza de masa

7.1 Conexión de unidad electrónica

En la Figura 7-4 se observa la parte posterior de la unidad electrónica en donde se montan los distintos cables necesarios para su funcionamiento. La unidad electrónica concentra varios sistemas: flujómetro másico, comunicaciones, adquisición de datos, enlace a balanza de masa y otras variables.

1. Cable de poder (220V) y fusibles
2. Cable de comunicación y alimentación a balanza de masa
3. Conexión a bomba de vacío
4. Conexión a flujo de muestra (main flow)
5. Conexión a flujo de auxiliar
6. Conexión a unidad ACCU
7. Conexión a termistor

Figura 7-4. Parte posterior de la unidad electrónica y simbología asociada.

Para evitar la contaminación de los flujómetros másicos, el equipo incorpora unos filtros de alta eficiencia entre la balanza de masa, el toma muestra y los flujos de muestra (main flow) y auxiliar (bypass flow). Este cuenta con conectores rápidos, lo que se traduce en que con solo insertar la manguera, en los extremos, hasta el fondo y luego tirar en dirección contraria suavemente, sentirá que la manguera se ajusta. En caso contrario, inténtelo nuevamente. Si le es imposible realizar esta conexión verifique que el ducto tenga un corte limpio, es decir, sin rebabas ni líneas exteriores. Al observar esto, efectúe un nuevo corte en él. Si teniendo un corte limpio no puede efectuar la conexión cambie el filtro.

La Figura 7-5 señala el pre montaje del ducto para el flujo de muestra (main flow). En la figura se muestra un conector–adaptador para un ducto de menor diámetro. Éste cuenta con un conector rápido de igual diámetro que el nuevo ducto y, en el otro extremo liso, de un diámetro igual al del filtro de alta eficiencia. Siga los siguientes pasos para la conexión:

1. Inserte el conector–adaptador al filtro de alta eficiencia en el extremo contrario a la flecha que indica la dirección del filtro.

2. Inserte la manguera de diámetro menor (color negro) en el conector–adaptador, como se indicó anteriormente.
3. Inserte la manguera de mayor diámetro (color verde) al otro extremo y luego al conector identificado como main flow (flujo de muestra) ubicado en la parte trasera de la unidad electrónica, como se observa en la Figura 7-6.

Figura 7-5. Elementos a montar: conducto de diámetro inferior a la derecha, junto a él un conector–adaptador, un filtro de alta eficiencia y el ducto del diámetro correspondiente al filtro de alta eficiencia.

Figura 7-6. Montaje del filtro de alta eficiencia correspondiente a la entrada main flow (flujo de muestra) ubicado en la parte trasera de la unidad electrónica.

Siguiendo con el montaje del filtro de alta eficiencia correspondiente a la entrada de flujo auxiliar (bypass flow), siga los siguientes pasos:

4. Inserte la manguera que viene del conector de flujo auxiliar del toma muestra (color verde) al filtro de alta eficiencia en el extremo correspondiente a la base de la flecha que indica la dirección del filtro.

5. Inserte un trozo de manguera, con ambos extremos limpios de rebabas, de igual diámetro (color verde) al conector rápido del filtro de alta con dirección de la punta de la flecha, que indica la dirección del filtro y luego al conector, identificado como bypass flow (flujo auxiliar) ubicado en la parte trasera de la unidad electrónica. (ver Figura 7-7)

Figura 7-7. Instalación de ambos filtros de alta eficiencia.

7.2 Conexión de bomba de vacío

Luego de la instalación de los filtros de alta eficiencia, debe conectar la bomba externa de vacío.

Tanto el terminal de la unidad electrónica como el de la bomba corresponden al diámetro de los conectores rápidos de los filtros de alta eficiencia, por lo tanto, use un trozo del mismo tipo de manguera (color verde), insertando ésta en la parte posterior de la unidad electrónica (Ver Figura 7-8)

Figura 7-8. Filtros de alta eficiencia instalados en los conectores Main flow, Bypass flow, y bomba de vacío instalada al conector Pup.

La Figura 7-9 muestra la conexión del cable de comunicaciones en el puerto DB25 de la unidad electrónica.

Figura 7-9. Conexión del cable de comunicaciones en el puerto DB25 de la unidad electrónica.

7.3 Conexión de balanza de masa

La unidad de masa cuenta con 2 conectores. Siga los siguientes pasos para seguir con la instalación (Ver Figura 7-10)

1. Inserte al conector DB 25 macho el otro extremo del cable de comunicaciones.
2. Inserte el conector rápido en el ducto que lleva el flujo de muestra a la unidad electrónica.

Figura 7-10. Instalación del cable de comunicaciones y del conducto del flujo de muestra.

7.4 Instalación de toma muestras

Siga los siguientes pasos y recomendaciones para instalar el toma muestras:

1. Si se desea una medida continua de temperatura ambiental, asegure el conector y el cable del sensor de temperatura de 20 m en el tejado junto al cabezal MP10. El sensor se conectará posteriormente en su otro extremo a la unidad electrónica, específicamente al conector DB9 consignado con el nombre de Ambient Temp, ubicado en la parte trasera de la unidad electrónica (Figura 7-4, número 7 de la simbología)
2. Si el flujo de muestra del monitor será seteado a 1 o 2 litros por minuto, no olvide que es necesario instalar un adaptador para ello, si el flujo es de 3 litros por minuto no es necesario este adaptador.
3. Si debe instalar el adaptador móntelo firmemente en el ducto del toma muestra. Éste se debe ubicar a 15.5 cm (6”), bajo el extremo abierto del tubo exterior. Si no una adaptador conserve la misma distancia. (A) en la figura.

Figura 7-11. Detalle de conexiones.

4. El ajuste de la altura se realiza soltando la tuerca de 1/2" que sostiene el tubo de muestra ("C" en Figura 7.11), y resbalando el tubo a la posición apropiada. Evite mover el tubo de muestra cuando esté apretando la nuez durante el ensamble.
5. Si usa un trípode R&P como apoyo, el "flow splitter" debe montarse en el agujero del centro del trípode y las piernas del trípode se ajustan para localizar el extremo abierto del "flow splitter" a la altura correcta sobre el tejado (1.5 a 1.8 m). Conecte la salida del flow splitter con la entrada del sensor instalando longitudes adicionales de tubo de la muestra, a través del tejado.

6. La conexión entre la unidad del sensor y el segmento más bajo del tubo de la muestra debe hacerse usando caucho entubando los conductos. Dejar entre ellos una longitud de 5 cm (2 pulgadas). Es indispensable que el peso del toma muestras recaiga sobre el trípode de soporte y no sobre esta unión, de otra forma el flujo de muestra se vería alterado.

REFERENCIAS

No tiene.

Instructivo de Cambio de Filtros de Muestra de Equipos TEOM de Monitoreo Continuo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/IFILTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	pág
1. Alcance y aplicación	5
2. Precauciones.....	5
3. Calificaciones del personal.....	5
4. Equipamiento y abastecimiento	5
5. Procedimiento de chequeo de flujo	5
REFERENCIAS	7
ANEXOS	7

RDM/CA/IFILTEOM

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo describe el procedimiento de retiro del filtro de muestra del transductor de masa y la instalación de un nuevo filtro dentro de él, en la etapa de mantención de monitores continuos de material particulado TEOM.

2 Precauciones

- No manipule con los dedos los filtros nuevos a instalar. Use la herramienta de intercambio de filtro proporcionada con el instrumento.
- Apague la bomba de vacío para facilitar intercambio del filtro.

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de cambio de filtros de muestra del monitor TEOM y la práctica suficiente en dicho proceso.

4 Equipamiento y Abastecimiento

- Monitor continuo material particulado TEOM
- Conexión eléctrica de acuerdo a la alimentación del monitor
- Manual del fabricante

5 Procedimiento de Cambio de Filtro

5.1 Vida útil del filtro de muestra

La vida útil del filtro de muestra depende de la naturaleza y concentración del material particulado, así como de la proporción de flujo principal que use (3, 2 o 1 l/min). La vida es determinada por la carga de material sobre el filtro.

El estado del filtro aparece en la pantalla principal de la unidad electrónica del TEOM. Los filtros deben ser cambiados cuando el valor que aparece en la pantalla se acerca al 100%. Este valor generalmente corresponde a una acumulación de masa total de aproximadamente 3 a 5 mg a una proporción de flujo de 3 l/min, y es más alto para bajas proporciones de flujo principales.

La vida útil del filtro a un flujo de 3 l/min generalmente es de 21 días en un promedio de concentración de MP10 de $50 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

5.2 Cambio de filtro

1. Abra la puerta de la unidad del sensor. Apriete el botón <DATA STOP> en la unidad del control.
2. Ubique el asa color plateado montado en la superficie delantera del transductor de masa. Note que hay un pestillo en medio del asa. Para abrir el transductor de masa, mueva el pestillo hacia arriba y alce hasta el fondo el asa. Una vez suelto, tome la manija de color negro ubicada fuera del transductor de masa y bájelo suavemente hasta dejar a la vista el filtro (Figura--1)
3. Observe las indicaciones que aparecen en la Figura-2.

Figura--1. Filtro en el transductor de masa

4. Para retirar el filtro, inserte cuidadosamente bajo el filtro el tenedor de herramienta de intercambio de filtro para que el disco del filtro se ubique entre el tenedor y el plato superior de la herramienta de intercambio de filtro. Las puntas del tenedor deben montar la base del filtro. Suavemente alce el filtro del elemento de apoyo con un movimiento recto. Nunca tuerce el filtro o aplique fuerza indirecta al elemento de apoyo.
5. Para instalar un nuevo filtro dentro del transductor de masa, retire el filtro que se encuentra en el empaque usando la misma técnica de manejo. Utilice la herramienta de intercambio de filtro y tenga precaución de nunca tomar el filtro con sus manos, en caso de que esto ocurriera descártelo y utilice uno nuevo.
6. Sosteniendo el filtro con la herramienta de intercambio de filtro en línea con el elemento de apoyo, inserte ligeramente la base del filtro hacia la punta del elemento de apoyo. Asegúrese que el filtro se asiente apropiadamente. Aplique hacia abajo una ligera presión para situarlo de manera segura en la posición adecuada (aproximadamente 0.5 kg o 1 lb).

7. Remueva la herramienta de intercambio de filtro retirándola indirectamente hasta salir del área del filtro. Procure no mover el filtro.
8. Cierre suavemente el transductor de masa usando la manija negra. Posicione el asa color plateado para ajustar la base del pestillo y empuja el asa hacia abajo hasta que el pestillo se afiance.
9. Cierre la puerta de la unidad sensora del TEOM. Realice esta operación rápidamente con el fin de evitar que se enfríe esta unidad.

Figura-2. remoción e instalación del filtro

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

No tiene.

Instructivo de Programación de Adquisición de Datos de Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

RDM/CA/PRGDATTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación	5
2 Resumen	5
3 Calificaciones del Personal	5
4 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
5 Proceso	6
6 REFERENCIAS	8

RDM/CA/PRGDATTEOM

Revisión	V1.0
Fecha	17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo entrega el procedimiento de programación para almacenamiento de datos en datalogger interno de monitores TEOM 1400.

2 Resumen

El instructivo describe el procedimiento de programación de almacenamiento de datos en el datalogger interno del TEOM de las variables de interés y que facilitarán la posterior validación de las concentraciones de MP10.

El monitor TEOM permite almacenar hasta 8 variables. Se recomienda almacenar las siguientes variables de interés:

Variable	Unidades	Descripción	Código en TEOM
Mass Conc	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 últimos 10 m	008
30 – Min MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 30 m	057
01 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 cada 1h	058
24 – Hr MC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración MP10 promedio 24h	060
Tot Mass	μg	Masa total acumulada	009
Noise	μg	Ruido en la medición	013
Main Flow	l/min	Flujo principal	039
Aux Flow	l/min	Flujo Auxiliar	040

3 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de programación de monitores TEOM.

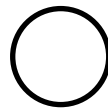
4 Equipamiento y Abastecimiento

- No se requiere equipamiento adicional

5 Proceso

El proceso de programación se realiza en laboratorio o in-situ. Requiere tener encendido el monitor TEOM

1. Detener el proceso de cálculo del equipo TEOM pasando al modo de edición. Presione <Data Stop> en el teclado de la unidad electrónica.



2. Ingresar a la pantalla de edición de las variables de almacenamiento. Presiones <09> y luego <ENTER> en el teclado de la unidad electrónica.

Por defecto la pantalla de almacenamiento de valores muestra las variables mass conc, 30min, 01hr, 24hr y tot mass. Quedando disponibles 3 variables para programar.

Al almacenar 8 variables cada 10 minutos la capacidad de almacenamiento del datalogger es del orden de 12 días.

3. Utilizar las flechas $\square$ y $\downarrow$ para desplazarse dentro de la pantalla
4. Verificar que Var1 corresponda a Mass Conc, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <008> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 2
5. Verificar que Var2 corresponda a 30 – Min MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <057> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 3.
6. Verificar que Var3 corresponda a 01 – Hr MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <058> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 4.
7. Verificar que Var4 corresponda a 24 – Hr MC, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <060> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 5.
8. Verificar que Var5 corresponda a Tot Mass, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <009> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 6.
9. Verificar que Var6 corresponda a Noise, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <013> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 7.

10. Verificar que Var7 corresponda a Main Flow, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <039> y < ENTER>. Avanzar hasta la variable 8.
11. Verificar que Var7 corresponda a Main Flow, en caso contrario presionar <EDIT> y luego ingresar el código de la variable <039> y < ENTER>.
12. Se recomienda almacenar datos cada 10 minutos para tal efecto verificar que <Intervals> sea 600, en caso contrario <EDIT> y luego ingresar 600.
13. Adicionalmente se puede ingresar un código identificador de la estación en el campo <Station>.
14. Finalmente, para terminar el proceso presione <RUN> y vuelva a la pantalla principal presionando <MAIN/STATUS>

6 REFERENCIAS

Manual de operación de Monitor TEOM series 1400a (AB Serial Nunbers).

Instructivo de Uso de Formulario de Reporte de Operación de Monitores TEOM

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RDM/CA/REPTEOM

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
<i>1 Alcance y Aplicación</i>	<i>5</i>
<i>2 Calificaciones del Personal</i>	<i>5</i>
<i>3 Equipamiento y Abastecimiento.....</i>	<i>5</i>
<i>4 Procedimiento</i>	<i>5</i>
4.1 Información de Identificación:	5
4.2 Información de parámetros de operación:	5
4.3 Actividades	6
4.4 Observaciones	6
<i>REFERENCIAS</i>	<i>6</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>7</i>
ANEXO A. Formulario de Reporte de Operación	7

RDM/CA/REPTEOM

Revisión V1.0

Fecha 03/09/2003

1 Alcance y Aplicación

Este instructivo describe el modo de uso del formulario de Reporte de Operación de monitores TEOM en la determinación de los parámetros de operación.

2 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para registrar los parámetros de operación de monitores TEOM.

3 Equipamiento y Abastecimiento

- a) Lápiz
- b) Formulario de Reporte de Operación de Monitores TEOM

4 Procedimiento

El formulario de reporte presenta 4 partes principales: información de identificación, información de parámetros de operación, observaciones y actividades realizadas en la operación. Las instrucciones de llenado se señalan a continuación:

4.1 Información de Identificación:

- a) Lugar de medición: Indique la ubicación del monitor, referida a la estación y ciudad. Por ejemplo “las Encinas, Temuco”.
- b) Operador: Señale el nombre del operador, también es posible señalar sólo las iniciales del nombre u otro marcador.
- c) Fecha: Indique la fecha de la visita.

Lugar de medición: _____

Operador: _____

Fecha: _____

4.2 Información de parámetros de operación:

Los parámetros de operación se encuentran a la vista en la pantalla 18 del equipo. Para visualizarlos mueva el cursor con las flechas ubicadas en centro del teclado ubicado directamente bajo la pantalla de la unidad de control.

1. Parámetros de operación TEOM (pantalla principal 18)

Equipo	Normal	Inicio visita	Fin visita
Status	OK 4		
% Filtro	Menor a 90%		
Time	hora		
Mass Conc [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
30 - Min MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
01 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
08 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
24 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Tot Mass [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Case Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Air Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Cap Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Main Flow [lt/m]	2		
Aux Flow [lt/m]	14.67		
Noise			
Fecucency			

4.3 Actividades

Indique las distintas tareas realizadas durante la visita. Para operaciones específicas realizadas utilice el formulario de Reporte de Mantenimiento de Equipos TEOM en Terreno.

4.4 Observaciones

Indique condiciones inusuales en el área local que haya observado durante su visita. Por ejemplo, fogatas cercanas, tránsito vehicular inusual, lluvia, viento, etc.

REFERENCIAS

Formulario de Reporte de Mantenimiento de Equipos TEOM en Terreno.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Reporte de Operación

Formulario de Reporte de Operación de Monitores TEOM

Lugar de medición: _____

Operador: _____

Fecha: _____

1. Parámetros de operación TEOM (pantalla principal 18)

Equipo	Normal	Inicio visita	Fin visita
Status	OK 4		
% Filtro	Menor a 90%		
Time	hora		
Mass Conc [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
30 - Min MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
01 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
08 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
24 - Hr MC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Tot Mass [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			
Case Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Air Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Cap Temp [$^{\circ}\text{C}$]	50		
Main Flow [lt/m]	2		
Aux Flow [lt/m]	14.67		
Noise			
Fecucy			

Actividades:

Observaciones:

Firma del operador _____

Instructivo de Embalaje y Traslado de Equipos TEOM de Monitoreo de Partículas

Preparado por : _____ Fecha: 00/00/03

Revisado por : _____

Aprobado por : _____

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RD/CA/TEQ4

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

Tabla de Contenidos

	Pág
1 Alcance y Aplicación.....	5
2 Resumen del Método.....	5
3 Seguridad del personal	5
4 Precauciones	5
5 Calificaciones del Personal.....	5
6 Equipamiento y Abastecimiento.....	5
7 Procesos.....	6
7.1 Proceso de Embalaje.....	6
7.1.1 Sellado de sistema neumático.....	8
7.2 Embalaje de distintas unidades.....	11
7.3 Sellado de las cajas	11
7.4 Preparación de despacho	11
7.5 Traslado de Cajas.....	11
8 Control de Datos y Registros.....	11
REFERENCIAS	12
ANEXOS	13
ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes.....	13
ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos.....	14
ANEXO C. Rotulación de cajas	15
ANEXO D. Indicación de remitente y destino	17

RD/CA/TEQ4

Revisión V1.0

Fecha 17/06/2003

1 Alcance y Aplicación

Este procedimiento se realiza para asegurar un embalaje y traslado apropiado del equipo TEOM cuando éste se efectúa por medio de transporte público. Sin embargo, también puede ser empleado en el transporte personal de los equipos.

Este procedimiento es aplicable a todo proceso de embalaje y traslado de estos equipos, en la etapa de instalación o retiro de estaciones.

2 Resumen del Método

Este protocolo detalla los procedimientos usados en el embalaje de un TEOM y, más específicamente, de sus partes componentes, el sellado de las cajas, la preparación de despacho y el procedimiento de traslado final.

3 Seguridad del personal

- Uso de guantes para trabajo liviano (algodón)
- Uso de cotona

Para otras protecciones del personal refiérase al Manual de Riesgo en el Trabajo de su institución y/o de la Mutual de Seguridad correspondiente

4 Precauciones

Manipulaciones o actividades indebidas en el proceso de embalaje y traslado del equipo pueden causar daños a éste, se debe poner especial cuidado en:

- No golpear el equipo en el proceso de embalaje
- Procurar no ensuciar la unidad del equipo
- No exponer a agentes químicos
- No someter unidad electrónica a efectos de campos magnéticos o eléctricos
- No exponer a humedad excesiva la unida electrónica

5 Calificaciones del Personal

El personal a cargo debe tener formación técnica y estar capacitado para realizar el proceso de embalaje y traslado de equipos antes de hacerlo sólo.

6 Equipamiento y Abastecimiento

Las herramientas y materiales requeridos para el embalaje se listan a continuación:

- Planilla de chequeo de componentes
- Film para conservar alimentos
- Film elástico que no reacciona químicamente y es permeable al oxígeno y al CO2
- Cinta embalaje

- Tapones de PVC diversos tamaños
- Tapones de goma diversos tamaños (sellos poliuretano)
- Cinta aislante
- Cinta adhesiva
- Bolsas resellables de diversos tamaños
- Poliestireno expandido granulado
- Cajas de acuerdo al tamaño de los equipos
- Rotuladores (plumones)
- Papel Kraf
- Llave francesa
- Atornillador de paleta ancha
- Atornillador de cruz
- Set de llaves Allen
- Alicata universal 84-056
- Set de llaves combinadas punta corona norma SAE:
 - 3/16", 1/4", 5/16", 11/32", 3/8", 7/16" y 1/2".
- Set de llaves combinadas punta corona norma NIM:
 - 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.
- Atornilladores de paleta norma SAE:
 - 3/16", 1/4" y 9/32"
- Atornillador de cruz norma SAE:
 - 1/16", 5/64", 3/32 y 1/8".
- Sobres de papel tamaño oficio.
- Software RPCOM for DOS.

7 Procesos

7.1 Proceso de Embalaje

El equipo está formado por 3 unidades básicas:

1. Unidad electrónica
2. Balanza de masa
3. Toma muestra

La *unidad Electrónica* posee varias puertas de comunicación, tres conectores neumáticos de 3/8" de entrada y salida de aire (Fig. 1 y 2).

La *balanza de masa* está compuesta por una puerta de comunicación DB-25, una toma de aire de acero inoxidable 3/4", un conector 1/4" neumático y una puerta de acceso a su electrónica (Fig. 1 y 3).

Fig. 1 Unidad electrónica a la izquierda y balanza de masa a la derecha

Fig.2 Vista posterior de unidad electrónica

Fig. 3 detalle de conexiones balanza de masa

El *toma muestra* está formado por un Ciclón tipo, según material particulado a medir, ya sea PM10 (Fig. 5) o PM 2.5 (Fig. 6), una trampa de humedad y un soporte (trípode.) (Fig. 4).

Fig. 4 Ciclón con trampa de humedad (1)
Y (2) trípode de soporte.

Fig. 5 Ciclón PM 10

Fig. 6 Ciclón PM 2.5

Se debe considerar que el equipo cuenta con un sistema neumático, el cual no debe ser contaminado por agentes externos, polvo u otros. Para ello, se deben sellar las entradas y salidas de aire y aislar de golpes las unidades electrónicas y balanza de masa.

7.1.1 Sellado de sistema neumático

Para sellar el sistema neumático y evitar que éste sea contaminado, se debe proceder de la siguiente forma:

1. Sellado de unidad de balanza de masa.
 - a) Selle el ingreso de muestra con un tapón de goma y luego refuerce éste con cinta aislante (ver Fig. 7)
 - b) Selle la salida del aire de muestra con un tapón de plástico, y proteja con cinta de embalaje (ver Fig. 7)

Fig. 7. Sellado de unidad de balanza de masa

2. Sellado de unidad electrónica.

- a) Selle con tapones de plástico o bien envolver con film elástico el conector rápido del flujo de aire auxiliar (1), el conector rápido del flujo de aire de muestra (2) y el conector rápido de la bomba de vacío (3), como se indica en la Fig. 8.

Fig. 8. Sellado de unidad electrónica

3. Sellado de toma muestra.

- a) Selle con film elástico el ducto base del toma muestra (1), la salida de aire auxiliar (2) y el conector rápido de la base de la toma de aire de muestra (3) (Ver Fig. 9)
- b) Selle el conjunto con film para conservar alimentos.
- c) Envuelva el conjunto del cabezal superior (1) con film para conservar alimentos (Ver Fig. 10)
- d) Selle con film elástico el conducto de entrada del filtro atrapa humedad (2) y luego, guarde en una bolsa resellable (Ver Fig. 10)

Fig. 9. Sellado de toma muestra.

Fig. 19. Sellado de toma muestra, cabezal PM10 y filtro atrapa humedad.

4. Sellado de Ductos, Cables de comunicación y Adquisición de Datos.

- a) Forme un anillo con los ductos de flujo de muestra, auxiliar y cables de comunicación (análogo 15 pines, sensor de temperatura ambiental 9 pines, comunicaciones y a alimentación a balanza de masa 25 pines, Comunicación RS – 232 9 pines, etc.)
- b) Fije estos con amarras plásticas y luego continúe enrollando sobre él.
- c) Selle los extremos de los ductos de muestra y auxiliar con film elástico y envuelva todo en film para conservar alimentos.

7.2 Embalaje de distintas unidades.

1. Ubique los distintos equipos sellados previamente.
2. Deposítelos en cajas de cartón de acuerdo al tamaño de los equipos y rellene con poliestireno expandido granulado.

7.3 Sellado de las cajas

1. Selle las cajas con cinta de embalaje.
2. Envuelva con papel Kraft.
3. Identifique la posición que debe tener la caja usando un rotulador, o bien, pegue la figura de una flecha que indique la posición adecuada en que debe ser trasladada la caja (Ver Anexo C)
4. Rotule el contenido de acuerdo a planilla de chequeo de componentes (ver Anexo A).

7.4 Preparación de despacho

1. Prepare la guía de despacho de acuerdo a los datos aportados por la planilla de chequeo de componentes y complete las fichas de traslado de equipos (Ver Anexo B).
2. Ingrese la información de las fichas de traslado en sistema de inventario o control interno utilizado.

7.5 Traslado de Cajas

Si el traslado es realizado personalmente:

- Verificar que las cajas se ubiquen en la dirección que se indica, es decir, con la punta de la flecha mirando hacia arriba.
- Evitar que las cajas queden sueltas (Amarrarlas o fijarlas)
- Separarlas entre ellas con algún soporte (madera, esponja u otro.)

Si el traslado se realiza por medio de algún servicio de transporte externo (avión, camión, etc.):

- Rotular las cajas como “material científico” y “muy frágil” (ver Anexo C).
- Indicar el remitente y el destino final (ver Anexo D).

8 Control de Datos y Registros

Se debe registrar en formato digital lo indicado en la Planilla de Chequeo de Componentes y la Ficha del Traslado de Equipos.

REFERENCIAS

No tiene.

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de Chequeo de Componentes

FORMULARIO DE CHEQUEO DE COMPONENTES Formulario nº					
Monitores TEOM					
Cód.	Descripción	ID Fabricante	Nº Serie	ID Cenma	Unidades
1	Unidad Electrónica	10-001589 a 1595			
2	Unidad de Balanza Masa	50-002744 2820 2821			
3	Toma muestra PM 10	000745 746 747			
4	Trípode	000620			
5	Ducto espaciador 3/8"	000622			
6	Conector rápido 3/8 " PVC				
7	Filtro de alta eficiencia	32-000380			
8	Filtro de muestra por 10 unidades	57-000397-0010			
9	Filtro de muestra por 20 unidades	57-000397-0020			
10	Cable de comunicaciones DB 25				
11	Cable de comunicaciones ACCU				
12	Cable sensor de temperatura DB 9				
13	Cable de comunicaciones análogo 15 pines				
14	Ducto Teflón® 3/8" verde				
15	Ducto Teflón® 1/4" negro				
16	Conector rápido 3/8 " a 1/4" Acero 3/16				
17	Pinza filtro de muestra				
18	Disco c / programa RPCOM				
19	Unidad ACCU				
20	Porta filtros ACCU				
21	Filtros presados ACCU				
22	Unidad atrapa humedad				

ANEXO B. Formulario de Traslado de Equipos

FICHA DE TRASLADO DE EQUIPOS Formulario n°.....		
Monitores TEOM		
Descripción del equipo		
Modelo		
Marca		
Número de serie		
Alimentación/ Tipo de alimentación		
Método de equivalencia EPA		
Código fabricante		
Código de inventario		
Estación de origen		
Lugar de ubicación		
Motivo de retiro		
fecha de retiro		
Trasladado a		
Autorizado por		
Estación de destino		
Lugar de ubicación		
Fecha de reingreso		
Instalado por		
Observaciones:		
_____	_____	_____
Firma Autorizada	Fecha de ingreso a sistema de control interno	Firma control interno

ANEXO C. Rotulación de cajas

FRÁGIL

MUY FRAGIL

Material

Científico

**MANTENER
POSICIÓN**

ANEXO D. Indicación de remitente y destino

Señores: Jeannette Caroca – Jorge Peters

D.P.A

Fonos: 064-259178 064-259185, Osorno IX Región.

Remite: Centro Nacional del Medio Ambiente

Patricio Serrano Venegas

Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico

Unidad de Calidad de Aire

Av. Larrain 9975 fonos: 562-2751455 562-2994129 fax: 562-2751688

Destino: TERMINAL TUR-BUS, OSORNO