


Anexo 10

	PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM10	CÓDIGO P-GAA-02
		Versión 01
		Fecha de versión: 17/05/07

REVISADO POR: Héctor Jaime Cárdenas Monsalve Jefe Unidad de Gestión Social y Ambiental Firma:	APROBADO POR: Maria del Pilar Restrepo Mesa. Subdirectora Ambiental Firma:
--	---

1. PROPÓSITO

Definir el procedimiento para la determinación de la concentración de material particulado menor a 10 μm (PM10) en la atmósfera, mediante la utilización del Método de alto volumen.

2. DEFINICIONES

Aire ambiente: Aire contenido entre la capa terrestre y la atmósfera

Concentración: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones referencia: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan normas de calidad del aire, que respectivamente equivalen a 25°C y 760 mmHg.

Diámetro aerodinámico: Es el diámetro de una partícula con una densidad de un gramo por centímetro cúbico.

μm : Micra o micrómetro

3. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la determinación de la concentración de partículas suspendidas menores a 10 μm en la atmósfera mediante la aplicación del método de alto volumen, para muestreos de 24 horas con equipos semiautomáticos.

4. METODOLOGÍA

4.1 APLICABILIDAD

El método PM10 provee una medida de concentración másica de material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 μm nominales (PM10) en el aire ambiente durante un periodo de 24 h.

El proceso de medición es no destructivo y la muestra de PM10 está sujeta a posterior análisis físico o químico.

4.2 PRINCIPIO

4.2.1 Un muestreador de aire arrastra aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial donde el material particulado se separa por inercia en uno o más fracciones dentro del intervalo de tamaño de PM10.

Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico.

4.2.2 Cada filtro se pesa (después de equilibrar la humedad), antes y después de usarlo para determinar el peso neto (masa) ganado debido al PM10 colectado. El volumen total de aire muestreado, corregido a las condiciones de referencia (25°C, 101.3 kPa), se determina a partir de la velocidad de flujo medida y el tiempo de muestreo. La concentración másica de PM10 en el aire ambiente se calcula como la masa total de partículas recolectadas en el intervalo de tamaño de PM10 dividido por el volumen de aire muestreado y se expresa en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ referencia. Para muestras de PM10 recolectadas a temperaturas y presiones significativamente diferentes de las condiciones de referencia, las concentraciones corregidas algunas veces difieren sustancialmente de las concentraciones locales (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ local), particularmente a grandes elevaciones. Aunque no es requerido, la concentración local de PM10 puede calcularse a partir de la concentración corregida, usando la temperatura ambiente y la presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo.

En la figura 1 se presenta un muestreador PM10.

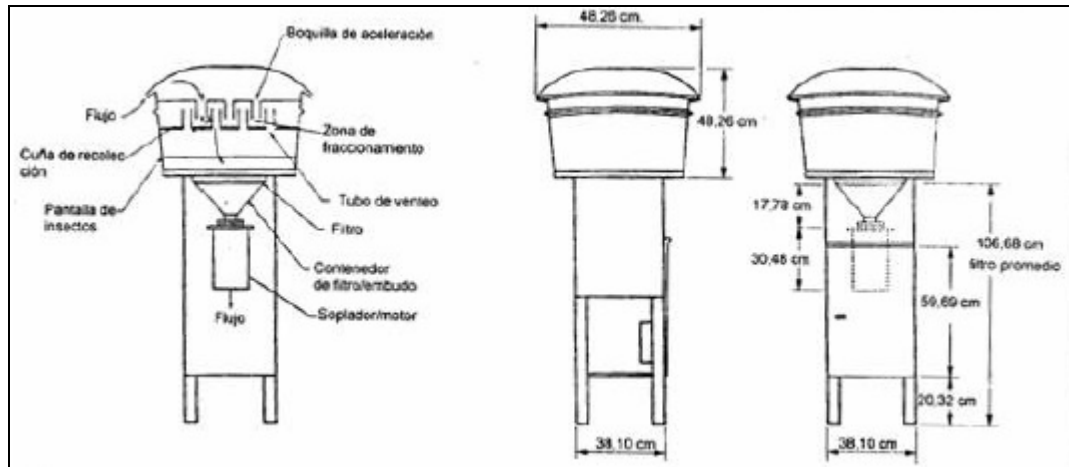
4.3 INTERVALO

4.3.1 El límite inferior del intervalo de la concentración másica se determina por la repetibilidad de los pesajes de tara del filtro, suponiendo el volumen nominal de muestra de aire para el muestreador. Para muestreadores que tienen un mecanismo automático para cambio de filtros, puede no haber un límite superior. Para muestreadores que no tienen este mecanismo automático, el límite superior se determina por la carga másica del filtro más allá de la cual el muestreador no mantiene por mucho tiempo la velocidad de flujo de operación dentro de los límites especificados, debido al incremento de la caída de presión a través del filtro cargado.

Este límite superior no puede especificarse en forma precisa ya que es una función compleja del tipo y la distribución del tamaño de partícula en el ambiente, la humedad, el tipo de filtro y otros factores. Sin embargo, todos los muestreadores deberían ser capaces de medir

concentraciones máxicas de PM10 durante 24 h de al menos $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ referencia, mientras se mantenga la velocidad de flujo de operación dentro de los límites especificados.

Figura 1. Muestreador PM10



Fuente: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del modulo aire del sistema de información ambiental. Bogotá D.C: 2005

4.4 PRECISIÓN Y EXACTITUD

4.4.1 La precisión de los muestreadores de PM10 debe ser de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentraciones de PM10 por debajo de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y 7% para concentraciones por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4.2 Debido a que el tamaño de las partículas que constituyen el material particulado del ambiente varía en un amplio rango y la concentración de partículas varía con el tamaño de partícula, es difícil definir la exactitud absoluta de los muestreadores de PM10. La especificación para la efectividad del muestreo de PM10 requiere que la concentración de masa esperada calculada para un posible muestreador de PM10, cuando se muestree una distribución de tamaño de partícula específica, esté entre $\pm 10\%$ de la calculada para un muestreador ideal cuya efectividad de muestreo esté especificada. Además, el tamaño de partícula para el 50% de la efectividad del muestreo debe ser $10 \pm 0,5 \mu\text{m}$. Otras especificaciones relacionadas con la exactitud se aplican a la medición y calibración de flujo, medio filtrante, procedimientos analíticos (pesaje) y aparatos.

4.5 FUENTES POTENCIALES DE ERROR

4.5.1 Partículas volátiles. Las partículas volátiles recolectadas en los filtros a menudo se pierden durante el envío y/o el almacenamiento de los filtros en forma previa al pesaje posterior al muestreo. Aunque el envío y almacenamiento son algunas veces inevitables, los filtros deberían ser pesados tan pronto sea posible, para minimizar las pérdidas.

4.5.2 Aparatos. Los errores positivos en las mediciones de concentración de PM10 pueden resultar por la retención de especies gaseosas en los filtros. Tales errores incluyen la retención

de dióxido de azufre y ácido nítrico. La retención de dióxido de azufre en los filtros, seguida por la oxidación a sulfato, referida como formación de sulfato en el artefacto, es un fenómeno que se incrementa con la alcalinidad del filtro. Poca o ninguna formación de sulfato en el artefacto debería ocurrir si se usan filtros que reúnan la especificación de alcalinidad del numeral 4.6.2.4. La formación de nitrato en el artefacto, resulta inicialmente por la retención de ácido nítrico y ocurre por los grados de variación de los diferentes tipos de filtro, incluyendo fibra de vidrio, éster de celulosa, y muchos filtros de fibra de cuarzo. Puede haber pérdidas reales de nitrato particulado en la atmósfera durante o después del muestreo, debido a la disociación o reacción química. Este fenómeno se ha observado en filtros de teflón y se ha inferido para filtros de fibra de cuarzo. La magnitud de los errores por formación de nitrato en la medición de la concentración másica de PM₁₀ varía con la localización y la temperatura ambiente; sin embargo, para la mayoría de sitios de muestreo, se espera que estos errores sean pequeños.

4.5.3 Humedad. Los efectos de la humedad del ambiente sobre la muestra son inevitables. El procedimiento para equilibrar el filtro en el numeral 8 está diseñado para minimizar los efectos de la humedad sobre el medio filtrante.

4.5.4 Manejo del filtro. Es necesario el manejo cuidadoso de los filtros entre los pesajes del premuestreo y el postmuestreo, para evitar errores debido a daño de los filtros o pérdidas de partículas recolectadas en los filtros. El uso de un cartucho para filtros puede reducir la magnitud de estos errores. Los filtros también deben reunir las especificaciones de integridad dadas en el numeral 4.6.2.3.

4.5.5 Variación de la velocidad de flujo. Las variaciones en la velocidad de flujo de operación del muestreador pueden alterar las características de discriminación del tamaño de partícula a la entrada del muestreador. La magnitud de este error dependerá de la sensibilidad de la entrada a las variaciones en la velocidad de flujo y a la distribución de partículas en la atmósfera durante el periodo de muestreo. Se requiere el uso de un mecanismo de control de flujo (véase numeral 4.6.1.3), para minimizar este error.

4.5.6 Determinación del volumen de aire. Pueden resultar errores en la determinación del volumen de aire por errores en las mediciones de velocidad de flujo y tiempo de muestreo. El mecanismo de control de flujo sirve para minimizar errores en la determinación de la velocidad de flujo y se requiere un medidor de tiempo transcurrido (4.6.1.5) para minimizar el error en la medición del tiempo de muestreo.

4.6 APARATOS

4.6.1 Muestreador de PM₁₀

- El muestreador debe estar diseñado para:
 - a. Arrastrar la muestra de aire hacia la entrada del muestreador y a través del filtro de recolección de partículas a una velocidad de fase uniforme.
 - b. Mantener y sellar el filtro en una posición horizontal tal que la muestra de aire sea arrastrada en forma descendente a través del filtro.
 - c. Permitir que el filtro se instale y remueva convenientemente.

d. Proteger el filtro y el muestreador de las precipitaciones y prevenir que insectos y otros desechos sean muestreados.

e. Minimizar las fugas de aire que puedan causar error en la medición del volumen de aire que pasa a través del filtro.

f. Descargar el aire de salida a una distancia suficiente de la entrada del muestreador para minimizar el muestreo del aire de salida.

g. Minimizar la recolección de polvo de la superficie de soporte.

- El muestreador debe tener un sistema de entrada de aire que cuando se opere dentro del intervalo de flujo especificado, provea las características de discriminación de tamaño de partícula reuniendo todas las especificaciones de desempeño esperadas. La entrada de aire del muestreador no debe mostrar una dependencia significativa de la dirección del viento. Este último requerimiento puede satisfacerse generalmente con una entrada de forma circularmente simétrica alrededor de un eje vertical.
- El muestreador debe tener un mecanismo de control de flujo capaz de mantener la velocidad de flujo de operación dentro de los límites especificados para la entrada del muestreador sobre las variaciones normales en el voltaje de línea y la caída de presión del filtro.
- El muestreador debe tener un sistema para medir la velocidad de flujo total durante el periodo de muestreo. Se recomiendan los registradores de flujo continuo pero no son indispensables. El mecanismo de medida de flujo debe tener una exactitud de $\pm 2\%$.
- Se debe usar un dispositivo para controlar el tiempo capaz de iniciar y detener el muestreador, a fin de obtener un periodo de recolección de muestras de 24 ± 1 h (1440 ± 60 min). Para medir el tiempo transcurrido de muestreo, se debe usar un cronómetro con exactitud de ± 15 minutos. Este dispositivo es opcional para muestreadores con registradores de flujo continuo si la medición del tiempo de muestreo obtenida por medio del registrador cumple la especificación de exactitud de ± 15 minutos.
- El muestreador debe tener un manual de operación que incluya instrucciones detalladas para la calibración, operación y mantenimiento del muestreador.

4.6.2 Filtros

- Medio filtrante. Comercialmente no se dispone de un medio filtrante para los diferentes muestreadores. Los objetivos del muestreo determinan la importancia relativa de varias características del filtro (por ejemplo, costo, facilidad de manejo, características físicas y químicas, etc.) y, por consiguiente, la selección entre los filtros aceptables. Además, ciertos tipos de filtros pueden no ser adecuados para usarse con algunos muestreadores, particularmente bajo condiciones de carga pesada (altas concentraciones de masa), porque el incremento alto o rápido de la resistencia de flujo del filtro podría exceder la capacidad del mecanismo de control de flujo del muestreador. Sin embargo, los muestreadores equipados con dispositivos automáticos de cambio de filtro permiten el uso de este tipo de filtros. Las especificaciones dadas más adelante son los requisitos mínimos para asegurar la aceptación del medio filtrante para medir las concentraciones máxicas de PM₁₀. Deberían

- La eficiencia de recolección debe ser mayor o igual al 99%, medida por el método de ensayo ASTM D 2986 con partículas de 0,3 μm , a la velocidad de operación del muestreador.
- Integridad. $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (asumiendo el volumen nominal de una muestra de aire de 24 horas en el muestreador). La integridad es medida como la concentración de PM10 equivalente correspondiente a la diferencia promedio entre los pesos inicial y final de una muestra aleatoria de filtros de prueba que se pesan y manejan bajo condiciones de muestreo reales o simuladas, pero sin que una muestra de aire pase a través de ellos (por ejemplo, blancos de filtro). Como mínimo, el procedimiento de ensayo debe incluir equilibrio y pesaje iniciales, instalación en un muestreador inhabilitado, remoción desde el muestreador y equilibrio y pesaje finales.
- Alcalinidad. $<25 \mu\text{eq}/\text{g}$ de filtro, después de un almacenamiento mínimo de dos meses en un ambiente limpio (libre de contaminación por gases ácidos) a temperatura y humedad de la habitación.

4.6.3 Estándar de transferencia de la velocidad de flujo El estándar de transferencia de la velocidad de flujo debe ser adecuado para la velocidad de flujo de operación del muestreador y debe calibrarse contra un estándar primario de flujo o volumen que sea trazable a estándares nacionales o internacionales. El estándar de transferencia de la velocidad de flujo debe ser capaz de medir la velocidad de flujo de operación del muestreador con una exactitud de $\pm 2\%$.

4.6.4 Condiciones ambientales para el filtro

- Intervalo de temperatura: 15 a 30°C.
- Control de temperatura: $\pm 3^\circ\text{C}$.
- Intervalo de humedad: 20 a 45% de humedad relativa.
- Control de humedad: $\pm 5\%$ de humedad relativa.

4.6.5 Balanza analítica. La balanza analítica debe ser adecuada para pesar los filtros del tipo y tamaño requeridos por el muestreador. El intervalo y sensibilidad requeridos dependerán de los pesos tara del filtro y de las cargas máxicas. Normalmente se requiere una balanza analítica con una sensibilidad de 0,1 mg para muestreadores de alto volumen (velocidades de flujo $>0,5 \text{ m}^3/\text{min}$). Para muestreadores de bajo volumen (velocidades de flujo $<0,5 \text{ m}^3/\text{min}$) se requieren balanzas de mayor sensibilidad.

4.7 CALIBRACIÓN

4.7.1 Requerimientos generales

- La calibración del mecanismo de medición de flujo del muestreador se requiere para establecer la trazabilidad de mediciones subsecuentes de flujo con relación a un estándar

primario. Un estándar de transferencia de velocidad de flujo calibrado contra un estándar primario de flujo o volumen debe usarse para calibrar o verificar la exactitud del mecanismo de medición de flujo del muestreador.

- La discriminación del tamaño de partículas por separación inercial requiere que se mantengan velocidades específicas de aire en el sistema de entrada de aire del muestreador. Por lo tanto, la velocidad de flujo a través de la entrada del muestreador debe mantenerse durante el periodo de muestreo dentro del intervalo de diseño especificado por el fabricante. Las velocidades de flujo de diseño se especifican como velocidades de flujo volumétrico locales, medidas a las condiciones existentes de temperatura y presión (Q_a). En contraste, las concentraciones máscas de PM10 se calculan usando velocidades de flujo corregidas a las condiciones de temperatura y presión de referencia (Q_{ref}).

4.7.2 Procedimiento de calibración de la velocidad de flujo

- Los muestreadores de PM10 emplean varios tipos de mecanismos de control y medición de flujo. El procedimiento específico usado para calibración o verificación de la velocidad de flujo variará dependiendo del tipo de controlador e indicador de flujo empleado. Generalmente se recomienda la calibración en términos de velocidad de flujo volumétrico local (Q_a), pero se pueden usar otras mediciones de velocidad de flujo (por ejemplo, Q_{ref}) siempre y cuando se cumplan los requerimientos de la sección 4.7.1. El procedimiento general detallado aquí se basa en las unidades de flujo volumétrico local (Q_a) y sirve para ilustrar los pasos involucrados en la calibración de un muestreador de PM10.
- Se debe calibrar el estándar de transferencia de velocidad de flujo contra un estándar primario de flujo o volumen trazable a estándares nacionales o internacionales. Luego se establece una relación de calibración (por ejemplo, una ecuación o familia de curvas), de tal forma que la trazabilidad al estándar primario es exacta dentro del 2% sobre el intervalo esperado a las condiciones del ambiente (por ejemplo, temperaturas y presiones) bajo las cuales el estándar de transferencia será usado. El estándar de transferencia debe recalibrarse periódicamente.
- Siguiendo las instrucciones del fabricante, se retira la entrada del muestreador y se conecta el estándar de transferencia de velocidad de flujo al muestreador de tal forma que el estándar de transferencia mida exactamente la velocidad de flujo del muestreador. Se debe asegurar que no haya fugas entre el estándar de transferencia y el muestreador.
- Se escogen como mínimo tres velocidades de flujo (m^3/min local), espaciadas sobre un intervalo de velocidad de flujo aceptable especificado para la entrada (véase el numeral 4.6.1.2) que pueda obtenerse por un ajuste adecuado de la velocidad de flujo del muestreador. De acuerdo con las instrucciones del fabricante, se debe obtener o verificar la relación de calibración entre la velocidad de flujo (m^3/min local) indicada por el estándar de transferencia y la respuesta del indicador de flujo del muestreador. Se registra la temperatura ambiente y la presión barométrica, de acuerdo al formato [F-GAA-07](#) "Verificación muestreador volumétrico".

Se pueden requerir correcciones de temperatura y presión para las lecturas subsecuentes del indicador de flujo, en ciertos tipos de mecanismos de medición de flujo. Cuando sean necesarias estas correcciones, es preferible hacer la corrección sobre una base individual o diaria. Sin embargo, los promedios locales de temperatura y presión barométrica para el

sitio de muestreo pueden incorporarse en la calibración del muestreador, para evitar correcciones diarias.

- Para continuar con la calibración, se verifica que el muestreador esté operando a su velocidad de flujo de diseño (m^3/min local) colocando un filtro limpio.
- Colocar nuevamente la entrada del muestreador.

4.8 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

4.8.1 El muestreador debe operarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El procedimiento general dado aquí supone que la calibración de la velocidad de flujo del muestreador se basa en velocidades de flujo a condiciones ambientales (Q_a) y sirve para ilustrar los pasos involucrados en la operación del muestreador de PM_{10} .

4.8.2 Se inspecciona cada filtro para detectar perforaciones, partículas y otras imperfecciones. Se establece un registro de información del filtro y se asigna un número de identificación a cada filtro.

4.8.3 Se equilibra cada filtro a las condiciones ambientales (véase el numeral 4.6.4) al menos durante 24 horas en el cuarto de pesaje, registrar el ingreso y salida del cuarto en el formato [F-GAA-09](#) “Acceso Cuarto de Pesaje”.

4.8.4 Después del equilibrio, se pesa cada filtro y se registra el peso de premuestreo con el número de identificación del filtro en el formato [F-GAA-05](#). “Peso de filtros de partículas respirables (PM_{10})” Las personas que pesan los filtros deben colocar en la parte inferior del formato [F-GAA-05](#) “Peso de filtros de partículas respirables (PM_{10})” donde dice Nombre de responsable las iniciales del primer nombre y primer apellido especificando al lado los nombres y apellidos correspondientes, con el fin de que registren sus iniciales en la casilla de responsable día a día

4.8.5 Se instala un filtro prepesado en el muestreador siguiendo las instrucciones del fabricante.

4.8.6 Se enciende el muestreador para permitir establecer las condiciones de temperatura de la corrida. Se registra la lectura del indicador de flujo y, si es necesario, la temperatura ambiente y la presión barométrica, en el formato [F-GAA-06](#) “Muestreo de partículas respirables (PM_{10}) de campo”. Se determina el flujo del muestreador (m^3/min local) de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Nota. No se necesitan mediciones de temperatura o presión en el sitio, si el indicador de flujo del muestreador no requiere correcciones de temperatura o presión o si la temperatura promedio local y la presión barométrica promedio para el sitio de muestreo están incorporados en la calibración del muestreador (véase numeral 4.7.2.4). Si se requieren correcciones individuales o diarias de temperatura y presión, la temperatura ambiente y la presión barométrica pueden obtenerse por mediciones en el sitio o en una estación climatológica cercana.

4.8.7 Si la velocidad de flujo está por fuera del intervalo aceptable especificado por el fabricante, se chequea si hay fugas, y si es necesario, se ajusta la velocidad de flujo al punto de ajuste especificado. Se detiene el muestreador.

4.8.8 Se ajusta el cronómetro para iniciar y detener el muestreador a tiempos apropiados. Se ajusta el medidor de tiempo transcurrido a cero o se registra la lectura inicial del medidor en el formato [F-GAA-06](#) "Muestreo de partículas respirables (PM10) de campo".

4.8.9 Se registra la información de la muestra (sitio de localización o número de identificación, fecha de muestreo, número de identificación del filtro, modelo y número serial del muestreador) de acuerdo al formato [F-GAA-06](#) "Muestreo de partículas respirables (PM10) de campo".

4.8.10 Se muestrea por un período de 24 ± 1 hora.

4.8.11 Se determina y registra el flujo promedio (Qa) en m^3/min local para el periodo de muestreo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se registra en el formato [F-GAA-06](#) "Muestreo de partículas respirables (PM10) de campo" la lectura final del medidor de tiempo transcurrido y, si es necesario, la temperatura ambiente y presión barométrica promedio para el periodo de muestreo (véase la nota del numeral 4.8.6).

4.8.12 Se remueve cuidadosamente el filtro del muestreador, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se tocan solo los extremos del filtro.

4.8.13 Se coloca el filtro en un contenedor protector (por ejemplo, una caja de petri, un sobre de papel transparente o de Manila).

4.8.14 Se registran en el formato [F-GAA-06](#) "Muestreo de partículas respirables (PM10) de campo" factores tales como condiciones meteorológicas, actividades de construcción, incendios o tormentas de polvo, etc., que puedan ser pertinentes para la medición, en el registro de información del filtro.

4.8.15 Se transporta el filtro con la muestra expuesta, a las condiciones ambientales del filtro tan pronto como sea posible, para equilibrar y posteriormente pesar.

4.8.16 Se equilibra el filtro expuesto, en las condiciones ambientales, al menos durante 24 horas, bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad usadas para equilibrar el filtro en el premuestreo en el cuarto de pesaje, registrar el ingreso y salida del cuarto en el formato [F-GAA-09](#) "Acceso Cuarto de Pesaje". (Véase numeral 4.8.3).

4.8.17 Inmediatamente después del equilibrio, pesar el filtro y registrar el peso postmuestreo con el número de identificación del filtro, de acuerdo a lo especificado en el formato [F-GAA-05](#) "Peso de filtros de partículas respirables (PM10)". Las personas que pesan los filtros deben colocar en la parte inferior del formato [F-GAA-05](#) "Peso de filtros de partículas respirables (PM10)" donde dice Nombre de responsable las iniciales del primer nombre y primer apellido especificando al lado los nombres y apellidos correspondientes, con el fin de que registren sus iniciales en la casilla de responsable día a día

4.8.18 Periodicidad del muestreo. Según la legislación vigente el muestreo de PM10 debe ser realizado con una periodicidad de tres días.

4.9 MANTENIMIENTO DEL MUESTREADOR

El muestreador PM10 debe mantenerse de acuerdo con el procedimiento de mantenimiento especificado en el manual de instrucciones del fabricante.

4.10 CÁLCULOS

4.10.1 Se calcula la velocidad de flujo promedio en el periodo de muestreo, corregida a las condiciones de referencia, Q_{ref} . Cuando el indicador de flujo del muestreador es calibrado en unidades volumétricas locales (Q_a), Q_{ref} se calcula como:

$$Q_{ref} = Q_a \left(P_{av} / T_{av} \right) * \left(T_{ref} / P_{ref} \right)$$

Donde,

Q_{ref} = flujo promedio a condiciones de referencia, m³ referencia/min

Q_a = flujo promedio a condiciones ambientales, m³/min

P_{av} = presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo o presión barométrica promedio para el sitio de muestreo, kPa (o mm Hg)

T_{av} = temperatura ambiente promedio durante el periodo de muestreo o temperatura ambiente promedio estacional para el sitio de muestreo, K

T_{ref} = temperatura estándar, definida como 298 K

P_{ref} = presión referencia, definida como 101,3 kPa (o 760 mm Hg)

4.10.2 Se calcula el volumen total de aire muestreado como:

$$V_{ref} = Q_{ref} * t$$

donde,

V_{ref} = aire total muestreado en unidades de volumen referencia, m³ ref

t = tiempo de muestreo, min

4.10.3 Se calcula la concentración de PM10 como:

$$PM_{10} = (W_f - W_i) * 10^6 / V_{ref}$$

donde,

PM_{10} = concentración másica de PM10, µg/m³ ref

W_f , W_i = pesos final e inicial del filtro recolector de partículas de PM10, g

10^6 = conversión de g a µg

Nota: Si en el muestreador se recolecta más de una fracción de tamaño en el intervalo de tamaño de PM10, la suma del peso neto ganado por cada filtro de recolección $[S(W_f - W_i)]$ se usa para calcular la concentración másica de PM10.

4.11 REFERENCIA

Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere. Code of Federal Regulations. Appendix J to Part 50, 1997

5. DOCUMENTOS ADICIONALES APLICABLES

- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. Bogotá septiembre 20 de 2005
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 de 4 de Abril de 2006. Bogotá.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 de 1995. Bogotá

6. REGISTROS

[F-GAA-05](#) Peso de filtros de partículas respirables (PM10)
[F-GAA-06](#) Muestreo de partículas respirables (PM10) de campo
[F-GAA-07](#) Verificación muestreador volumétrico
[F-GAA-09](#) Acceso Cuarto de Pesaje

7. ANEXOS