	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 1 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

1. OBJETIVO

Determinar la concentración de partículas suspendidas menores a 10 micras (μm) en el aire ambiente, mediante la utilización del método PM₁₀ de alto volumen.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la determinación de la concentración de partículas suspendidas menores a 10 micras (μm) en el aire ambiente mediante la aplicación del método PM₁₀ de alto volumen, para muestreos de 24 horas continuas.

Inicia con el pretratamiento de los filtros para el muestreo y finaliza con el cálculo de la concentración de PM₁₀ y la elaboración del respectivo informe de resultados.

3. RESPONSABLES

Responsable del procedimiento: Jefe del Laboratorio Ambiental.


Responsable de la ejecución del procedimiento: Profesional y contratista del Laboratorio Ambiental.

4. DOCUMENTOS RELACIONADOS CON EL PROCEDIMIENTO

- MP.01 Manual de Procesos y Procedimientos.
 - FC.AA.005 Análisis Ambiental
- MF.02 Manual de Formatos.
- Manual de Administración del Riesgo.
- Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. MADS, 2010.
- NTC ISO/IEC 17025:2005 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.

5. REGISTROS

- FR.AA.007 Cronograma de Mantenimiento Preventivo.
- FR.AA.008 Cronograma de Muestreo.
- FR.AA.010 Encuesta Satisfacción del Cliente

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 2 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

- FR.AA.012 Hoja de vida equipos
- FR.AA.014 Inventario de Equipos
- FR.AA.018 Plan Control Metrológico
- FR.AA.011 Registro de Calibración Equipos Hi-Vol.
- FR.AA.020 Registro Control y Manipulación de Muestras.
- FR.AA.021 Registro Entrada Salida de Materiales.
- FR.AA.022 Registro de Mantenimiento Preventivo.
- FR.AA.025 Stikers Equipos.

6. **NORMATIVIDAD VIGENTE APLICABLE AL PROCEDIMIENTO**

- Ver Normograma.

7. **DIRECTRICES DEL PROCEDIMIENTO**


Teniendo en cuenta los manuales de fabricante, el Jefe de la Oficina de Laboratorio Ambiental elabora el plan metrológico en el FR.AA.018 Plan Control Metrológico, así mismo verifica la operación de las estaciones de monitoreo registrando en las FR.AA.012 Hoja de vida equipos y actualizando el FR.AA.014 Inventario de Equipos.

El Técnico (contratista) realizará la verificación de los equipos dejando constancia del funcionamiento y de su próxima verificación mediante el formato FR.AA.025 Stikers Equipos.

Cada vez que se requiera un consumible, el Jefe del Laboratorio Ambiental entregará al personal Técnico (contratista) para su gestión, diligenciando el FR.AA.021 Registro Entrada Salida de Materiales.

Una vez entregado los productos del laboratorio ambiental, el Profesional Universitario del Laboratorio Ambiental asegurará el diligenciamiento de las FR.AA.010 Encuesta Satisfacción del Cliente, así mismo tabulara e informará al Jefe de la Oficina de Laboratorio Ambiental el respectivo análisis para su gestión.

APLICABILIDAD

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 3 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

El método PM₁₀ provee una medida de concentración máscica 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.

PRINCIPIO

Un muestreador 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.

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 máscica 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 µg/m³_{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 (µg/m³_{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.

INTERVALO

El límite inferior del intervalo de la concentración máscica se determina por la repetibilidad de los pasajes de tara de filtro, suponiendo el volumen nominal de muestra de aire para el muestreador. Para los muestreadores que tienen un mecanismo automático para cambios de filtros, puede no haber un límite superior.

Para muestreadores que no tienen este mecanismo automático, el límite superior se determina por la carga máscica 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.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 4 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

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 horas al menos 300 µg/m³ referencia, mientras se mantenga la velocidad de flujo de operación dentro de los límites especificados.

PRECISIÓN Y EXACTITUD

La precisión de los muestreadores de PM₁₀ debe ser de 5 µg/m³ para concentraciones por debajo de 80 µ/m³ y 7 µ/m³ para concentraciones por encima de 80 µg/m³.

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 +/- 10% de la calculada para un muestreador ideal cuya efectividad del muestreo debe ser 10 +/- 0.5 µm. Otras especificaciones relacionadas con la exactitud se aplican a la medición y calibración de flujo, medio filtrante, procedimientos analíticos (pesaje) y aparatos.


FUENTES POTENCIALES DE ERROR

- 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.

- 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 se reúnan la especificación de alcalinidad.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 5 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBREO DE 2018

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 los 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.

- Humedad

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

- 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.

- 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 para minimizar este error.

- 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 para minimizar el error en la medición del tiempo de muestreo.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 6 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBREO DE 2018

APARATOS

- Muestreador de PM₁₀.

El muestreador debe estar diseñado para:


- 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.
- Mantener y sellar el filtro en una posición horizontal tal que la muestra de aire sea arrastrada en forma descendente a través del filtro.
- Permitir que el filtro se instale y remueva convenientemente.
- Proteger el filtro y muestreador de las precipitaciones y prevenir que insectos y otros desechos sean muestreados.
- Minimizar las fugas de aire que puedan causar error en la medición del volumen de aire que pasa a través del filtro.
- Descargar el aire de salida a una distancia suficiente de la entrada del muestreador para minimizar el muestreo del aire de salida.
- 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 +/- 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

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 7 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

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.

- Filtros.


Medio filtrante. Comercialmente no se dispone de un medio filtrante para todos 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 másica de PM10.

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. +/- 5 µgm/m³ (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 pesajes finales.

Alcalinidad. 25 µeq/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.

- Estándar de transferencia de la velocidad de flujo.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 8 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

El estándar de la 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 +/-2%.

- Condiciones ambientales para el filtro.
 - Intervalo de temperatura: 15°C a 30°C.
 - Control de temperatura: +/- 3°C
 - Intervalo de humedad: 20% a 45% de humedad relativa.
 - Control de humedad: +/- 5% de humedad relativa.

- 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 de 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 mayor a 0.5 m³/min). Para muestreadores de bajo volumen (velocidades de flujo menor 0.5 m³/min) se requieren balanzas de mayor sensibilidad.

La balanza utilizada debe ser calibrada anualmente. Esta calibración debe ser realizada por una compañía certificada.

CALIBRACIÓN

Los pasos y la formulación matemática llevada a cabo durante la calibración del equipo de medición se describen a continuación:

1. Levante el cabezote de entrada selectiva.
2. Instale el orificio de calibración a utilizar (Variflow o de platos de resistencia).
3. Verifique que el registrador de flujo continuo se encuentre desconectado del sistema.
4. Encienda el motor y permita un calentamiento de 5 minutos como mínimo antes de comenzar cualquier rutina.
5. Realice una prueba de fugas al sistema obstruyendo la entrada del orificio en cortos intervalos para evitar sobrecalentamientos en el motor.
6. Inspeccione el puerto de medida de presión del muestreador.
7. Diligencie el formato FR.AA.008 Registro de Calibración Equipos Hi-Vol.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 9 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBREO DE 2018

8. Instale el termómetro en el lugar de monitoreo evitando que la termocupla quede expuesta a los rayos directos del sol u otra fuente que altere las mediciones, o utilice la temperatura ambiente promedio de la estación meteorológica más cercana.
9. Instale el barómetro portátil en el lugar de calibración o utilice la presión barométrica promedio de la estación meteorológica más cercana.
10. Verifique el nivel cero de cada uno de los manómetros a utilizar en la rutina de calibración.
11. Inspeccione las mangueras flexibles a ser utilizadas.
12. Instale los manómetros de 16" y 30" de agua en el orificio de calibración y el puerto del muestreador respectivamente.
13. Registre las lecturas de presión barométrica y temperatura ambiente en el formato "FR.AA.008. Registro de Calibración de equipos Hi-Vol".
14. Registre las lecturas de los 2 manómetros, ΔH₂O (caída de presión a través del orificio) y ΔPstg (presión de estancamiento medida en el muestreador) respectivamente cuando el sistema se encuentre estable.
15. Variando la posición de resistencia del orificio (cambio de plato) y repitiendo los pasos 13 y 14 obtenga diferentes lecturas.
16. Apague el muestreador, retire el calibrador e instale el cartucho del filtro (con filtro), enciéndalo y registre la lectura obtenida en el puerto del muestreador.
17. Apague el muestreador.
18. La calibración de los equipos de medición debe realizarse cada 480 horas de operación (2 meses).

Formulación matemática utilizada³:

$$Qa \text{ (orificio)} = \{[\Delta H_2O * (Ta/Pa)]^{1/2} \pm b\} * \{1/m\}$$

Donde:

Qa(orificio): Rata flujo actual indicada por el calibrador, m³/min

ΔH₂O: Caída de presión a través del orificio, pulg. H₂O

Ta: Temperatura ambiente, °K

Pa: Presión barométrica, mm Hg

m: pendiente de la recta sacada de la calibración del orificio para Qa


b: Intercepto de la recta sacada de la calibración del orificio para Qa

$$P1 = Pa - \Delta Pstg$$

Donde:

P1: Presión de estancamiento absoluta, mm Hg

Pa: Presión barométrica, mm Hg

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 10 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

ΔP_{stg} : Presión de estancamiento, mm Hg.

$$P_o/P_a = P_1/P_a$$

Donde:

P_o/P_a : Radio de presión de estancamiento

P_1 : Presión de estancamiento absoluta, mm Hg

P_a : Presión barométrica, mm Hg

$$\% \text{ Diff.} = (\text{Look Up Flow} - Q_a)/Q_a * 100$$

Donde:

Look Up Flow: Flujo encontrado en el Look Up Table según el P_o/P_a y T_a , m³/min

Q_a : Rata flujo actual indicada por el calibrador, m³/min

Nota: el porcentaje de diferencia debe estar máximo entre un 3 o 4% por encima o por debajo.

3 Formulación matemática extraída del Quality Assurance Handbook, Vol. II, Part II de la EPA

Verificación de la rata de flujo operacional

Tomando la lectura de la presión de estancamiento del muestreador con el filtro instalado, se procede a realizar los siguientes cálculos.

$$P_1 = P_a - \Delta P_{stg}$$

Donde:

P_1 : Presión de estancamiento absoluta, mm Hg

P_a : Presión barométrica, mm Hg


ΔP_{stg} : Presión de estancamiento tomada con el filtro instalado, mm Hg.

$$P_o/P_a = P_1/P_a$$

Donde:

P_o/P_a : Radio de presión de estancamiento

P_1 : Presión de estancamiento absoluta, mm Hg

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 11 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBREO DE 2018

Pa: Presión barométrica, mm Hg
 % Diff. = (Look Up Flow – 1.13)/1.13 * 100

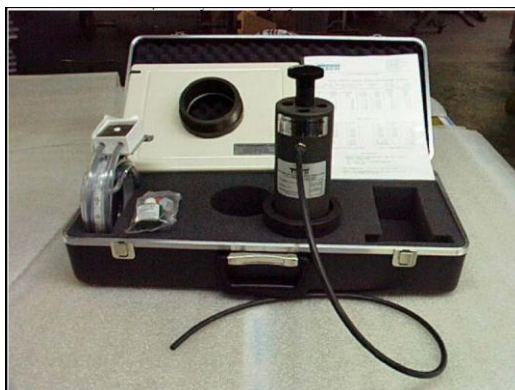
Donde:

Look Up Flow: Flujo encontrado en el Look Up Table según el Po/Pa y Ta, m³/min
 1.13 m³/min: Rata de flujo de diseño de los muestreadores.

Nota: el porcentaje de diferencia debe estar en el rango ±10%.


Equipos y accesorios

- Orificio transmisor de flujo normal calibrado.
 La relación de calibración de este orificio transmisor de flujo normal debe ser referenciada anualmente y estar dentro de un ±2% del estándar primario trazable al NIST. Esta calibración debe ser realizada por un laboratorio certificado.
 Nota: Las placas de resistencia variable suministradas con el orificio de transferencia normal puede que tengan que modificarse para la calibración de muestreadores PM₁₀. Los orificios de las placas pueden tener que ampliarse o que haya necesidad de abrir huecos adicionales para obtener tasas de flujo dentro del rango aceptable.



Calibrador de equipos tipo Hi-Vol

- Manómetro de agua o aceite con rango de 0-400mm (0-16in) y escala mínima de 2mm (0.1in)
- Manómetro de agua o aceite con rango de 0-1000 mm (0-36in) y escala mínima de 2mm (0.1in) u otro mecanismo de medición de presión para medir la presión de estancamiento del muestreador. Idealmente este manómetro debería estar asociado con el muestreador.

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 12 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018


- Termómetro: capaz de medir de una manera precisa temperaturas del aire ambiente en un rango de 0 – 50 °C con exactitud de 0.1 °C y trazable con una precisión de 0.1 °C a un termómetro certificado por NIST.
- Barómetro: capaz de medir de una manera precisa presión barométrica ambiental en un rango de 500 – 800 mmHg (66 a 106KPa) con precisión al mmHg. Debe estar referenciado a un estándar de precisión conocida dentro de ± 5mm Hg.
- Hoja de cálculo de la calibración Excel (FR.AA.011. Registro de Calibración de equipos Hi-Vol).
- Un filtro limpio.

Mantenimiento del muestrador


El muestreador PM₁₀ debe mantenerse de acuerdo con el procedimiento de mantenimiento especificado en el manual de instrucciones del fabricante, esta actividad se registra en el formato “FR.AA.022 Registro de Mantenimiento Preventivo”, y se realiza cada 480 horas de operación (2 meses).

8. DESCRIPCIONES DE ACTIVIDADES


Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
01	<p>Programar los muestreos, las calibraciones y los mantenimientos de los equipos de medición PM₁₀.</p> <p><i>Muestreo:</i> De acuerdo con el último día de muestreo de la vigencia anterior se programa el muestreo para la presente vigencia (programación anual), muestreo de 24 horas continuas cada tercer día, como establece el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire promulgado por el MADS. Se diligencia el formato “FR.AA.008 Cronograma de Muestreo”.</p> <p><i>Calibraciones:</i> Al inicio de la vigencia se programan las calibraciones de los equipos de medición teniendo en cuenta el cronograma de calibración anterior (programación anual). Se programan cada 480 horas de operación (dos meses) y se diligencia el Cronograma de Calibración.</p>	Jefe de la Oficina Laboratorio Ambiental

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 13 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018


Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
	<p><i>Mantenimientos de los equipos de medición:</i> Al inicio de la vigencia se programan los mantenimientos de los equipos de medición teniendo en cuenta el cronograma de mantenimiento anterior (programación anual).</p> <p>Se programan cada 480 horas de operación (dos meses) y se diligencia el formato "FR.AA.007 Cronograma de Mantenimiento Preventivo".</p>	
02	<p>Tomar muestras y/o datos y determinar la concentración de PM₁₀ en las muestras tomadas</p> <p>El muestreador opera de acuerdo con las instrucciones del fabricante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspecciona cada filtro de microfibra de cuarzo para detectar perforaciones, partículas y otras imperfecciones. • Establece un registro de información del filtro y se asigna un número de identificación a cada filtro. • Equilibra cada filtro a las condiciones ambientales al menos durante 24 horas en el cuarto de balanzas (15°C a 30°C y 20% a 45% de humedad relativa). • Después del equilibrio, se pesa cada filtro y se registra el peso inicial con el número de identificación del filtro. Esta información se registra en el formato "FR.AA.005 Registro Control y Manipulación de Muestras". • Instala un filtro prepesado e identificado en el correspondiente muestreador siguiendo las instrucciones del fabricante. • Enciende el muestreador para permitir establecer las condiciones de temperatura de la corrida. Se registra, si es necesario, la temperatura ambiente y la presión barométrica. • Nota: 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. • Ajusta el temporizador para iniciar y detener el muestreador a tiempos apropiados (inicia a la medianoche y finaliza a la 	Contratista

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 14 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018


Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
	<p>medianoche del día siguiente). Se ajusta el medidor de tiempo transcurrido a cero o se registra la lectura inicial del horómetro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registra la información de la muestra (código estación, localización, fecha de muestreo, número de identificación del filtro). • muestrea por un periodo de 24 ± 1 hora. • Registra la lectura final del medidor de tiempo transcurrido y, si es necesario, la temperatura ambiente y presión barométrica promedio para el periodo de muestreo. • Remueve cuidadosamente el filtro del muestreador, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se tocan solo los extremos del filtro. • Coloca el filtro en un contenedor protector (una caja de petri, un sobre de papel transparente o de manila, una bolsa aluminizada). • Registra factores 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 (metadatos). • Transporta el filtro con la muestra, se lleva a las condiciones ambientales del filtro tan pronto como sea posible, para equilibrar y posteriormente pesar. • 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 balanzas. • Inmediatamente después del equilibrio, pesar el filtro y registrar el peso del postmuestreo con el número de identificación del filtro. <p>Estos datos se registran en el formato "FR.AA.005 Registro Control y Manipulación de Muestras".</p> <p>Nota: Periodicidad del Muestreo. Según la legislación vigente el</p>	

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 15 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBREO DE 2018

Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
	muestreo de PM ₁₀ debe ser realizado con una periodicidad de tres días.	
03	<p>Realizar cálculo de velocidad de flujo promedio, volumen total de aire muestreado y concentración de PM10</p> <p>Con la información registrada en el formato “FR.AA.005 Registro Control y Manipulación de Muestras” se alimenta el “Sistema de Información para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Departamento del Magdalena – SISCAIR” (base de datos Access). Esta herramienta nos permite realizar los cálculos que se describen a continuación.</p> <p>Velocidad de flujo promedio en el periodo de muestreo:</p> <p>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:</p> $Q_{ref} = Q_a(P_{av} / T_{av}) * (T_{ref} / P_{ref})$ <p>Donde,</p> <p>Q_{ref}: = flujo promedio a condiciones de referencia, m³ referencia/min Q_a = flujo promedio a condiciones ambientales m³/min</p> <p>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 (760 mm Hg).</p> <p>Volumen total de aire muestreado:</p> <p>Se calcula el volumen total de aire muestreado como:</p> $V_{ref} = Q_{ref} * t$ <p>Donde,</p> <p>V_{ref} = aire total muestreado unidades de volumen referencia, m³ referencia.</p>	Jefe de la Oficina Laboratorio Ambiental

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 16 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
	<p>T = tiempo de muestreo, min</p> <p>Concentración de PM₁₀: Se calcula la concentración de PM₁₀ como:</p> $PM_{10} = (W_f - W_i) * 10^6 / V_{ref}$ <p>Donde,</p> <p>PM₁₀ = concentración másica de PM₁₀ µg/m³ referencia. W_f = peso final del filtro recolector de partículas de PM₁₀, g. W_i = peso inicial del filtro recolector de partículas de PM₁₀, g. 10⁶= conversión de g a µg.</p> <p>Nota: Si en el muestreador se recolecta más de una fracción en el intervalo de tamaño de PM₁₀, la suma del peso ganado por cada filtro de recolección S(W_f – W_i) se usa para calcular la concentración másica de PM₁₀.</p>	
04	<p>Verificar la información tomada</p> <p>Se verifica y valida la información registrada de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire promulgado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>	Jefe de la Oficina Laboratorio Ambiental
05	<p>Elaborar informe de resultados del monitoreo</p> <p>Se elabora el informe de resultados del monitoreo con la información tomada y de acuerdo a la verificación realizada. Nota: Esta actividad tiene una periodicidad mensual y el informe de resultados debe elaborarse dentro de los diez primeros días del mes siguiente al monitoreo.</p>	Jefe de la Oficina Laboratorio Ambiental
	<p>Reportar los resultados, decidir, ajustar, mejorar.</p> <p>Se envía el informe de resultados vía correo electrónico a los clientes (miembros de los convenios de asociación y apoyo financiero para la administración y operación del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire).</p> <p>Posteriormente, se carga la información generada en la página www.corpamag.gov.co para la consulta y gestión de los procesos internos y para los usuarios interesados.</p> <p>Se carga la información generada en la página www.sisaire.gov.co, para la gestión por parte del Ministerio de</p>	Jefe de la Oficina Laboratorio Ambiental

	ANÁLISIS AMBIENTAL	CÓDIGO PR.AA.001
	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS EN EL AIRE AMBIENTE POR EL MÉTODO PM ₁₀ DE ALTO VOLUMEN	VERSIÓN 6.0 SECCIÓN II Página 17 de 17
EMISION	REVISIÓN	APROBACIÓN
OFICINA DE LABORATORIO AMBIENTAL	JORGE HANI CUSSE JEFE DEL LABORATORIO AMBIENTAL YURI HURTADO GARCIA JEFE DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN	CARLOS FRANCISCO DIAZ GRANADOS MARTINEZ -DIRECTOR GENERAL
24 DE ENERO DE 2018	05 DE FEBREO DE 2018	RESOLUCIÓN 0347 DEL 15 DE FEBRERO DE 2018

Ítem	Descripción de Actividades	Responsables
	<p>Ambiente y Desarrollo Sostenible</p> <p>Nota: Se debe garantizar la calidad, validez, confiabilidad y oportunidad de la información.</p> <p>La información generada debe permitir: determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire, la evaluación de las estrategias de control de las autoridades ambientales, la observación de las tendencias a mediano y largo plazo, la evaluación del riesgo para la salud humana, la determinación de posibles riesgos para el medio ambiente, la activación de los procedimientos de control en situaciones de emergencia, el estudio de fuentes de emisión y la investigación de quejas concretas, la validación de los modelos de calidad del aire, soportar investigaciones científicas.</p> <p>Fin del procedimiento</p>	

9. 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.