

	INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE	IL - 047
		Versión: 08
		F.E: 2023-11-07
		Página 1 de 6

1. CONTROL DE MODIFICACIONES

Nº Versión	Fecha	Modificación	Actualizado por:
00	2011-08-28	Edición inicial	Jefe de la calidad
01	2012-06-20	2da. Edición	Jefe de la calidad
02	2014-03-07	3ra. Edición	Jefe de la calidad
03	2014-11-26	4ta. Edición	Jefe de la calidad
04	2015-06-15	5ta Edición	Jefe de la calidad
05	2016-02-23	6ta Edición	Jefe de la calidad
06	2018-05-23	7ma. Edición	Jefe de la calidad
07	2020-11-07	8va Edición	Jefe de la calidad
08	2023-11-07	9na Edición	Jefe de la calidad

2. OBJETIVO

Brindar al analista los lineamientos para el muestreo de calidad de aire, tanto gases como material particulado.

3. ALCANCE

Este instructivo alcanza a todas las actividades de muestreo de calidad de aire.

4. REFERENCIAS

- 4.1. "Protocolo de monitoreo de Aire y Emisiones". Subsector de Hidrocarburos – Ministerio de Energía y Minas. Fuente: Normas Técnicas para Diseño ambiental – Setiembre 2002.
- 4.2. "Protocolo de monitoreo de Aire y Emisiones". Subsector de Minería – Ministerio de Energía y Minas. Fuente: Normas Técnicas para Diseño Ambiental (Guías) - DGAAM (Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros) – agosto 2009.
- 4.3. "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos". Dirección General de Salud Ambiental 2005.
- 4.4. SAG-120126 - Referenciado en Norma COVENIN 3571:2000. Calidad de Aire. 2011-2000.
- 4.5. PA-40 CFR, (Code of Federal Regulations). Appendix A-2 to Part 50. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method). 2010.
- 4.6. ASTM D 1607 – 91 (2018). Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction).
- 4.7. NTP 900.030:2018. Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable como PM10 en la Atmósfera. 2003
- 4.8. SAG-140821 - Referenciado en Método de Colorimetría de Yodo.
- 4.9. SAG-150410 - Referenciado en Método colorimétrico.
- 4.10. 40CFR PR.50 Cap.1 App. L: Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere (2006).
- 4.11. Compendium Method IO-2.3. Sampling of Ambient Air for PM10 Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (R&P) Low Volume Partisol® Sampler. June -1999
- 4.12. SAG-160804 - Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter O. Warner. Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire (NO2)

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1. **Jefe de Monitoreo:** Encargado de velar por el cumplimiento del presente instructivo.

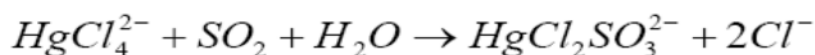
	INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE	IL - 047
		Versión: 08
		F.E: 2023-11-07
		Página 2 de 6

5.2. Analista de Campo: Responsable de aplicar este instructivo en sus actividades de toma de muestra.

6. PRINCIPIO DE LOS MÉTODOS

6.1. Dióxido de azufre (SO₂)

6.1.1. Este método de ensayo es aplicable al muestreo de dióxido de azufre en la atmósfera, empleando un tren de muestreo. El muestreo se realiza a razón de un flujo de 0.2 L/min por un periodo de 24h. Abarca la colección por burbujeo del dióxido de azufre (SO₂) del aire ambiente, absorbiéndolo en una solución de tetracloromercurato (TCM) de potasio, para formar un complejo monoclorosulfonatomercurato, una vez formado, este compuesto es resistente a la oxidación y es estable en la presencia de fuertes oxidante como el ozono y óxidos de nitrógeno. Esta solución se hace reaccionar con formaldehído y pararosanilina blanqueada en solución ácida, dando lugar al ácido metil sulfónico de pararosanilina, intensamente coloreada, cuya densidad óptica -que se determina espectrofotométricamente- está en relación directa con la cantidad de SO₂ colectado cuya absorbancia se mide en 548nm.



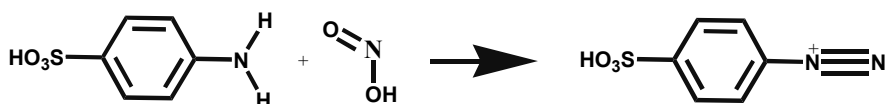
6.2. Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

6.2.1. Este método de ensayo se basa en burbujear aire a un caudal de 0.2 L/min durante un periodo de 24h a través de una solución absorbente, constituida por hidróxido de sodio-sulfato de cadmio, durante un periodo seleccionado. El sulfuro de hidrogeno presente en la muestra de aire reacciona con la solución absorbente para formar sulfuro de cadmio, el cual se descompone en presencia de la luz, por lo que los burbujeadores deben ser protegidos de la luz. La muestra debe conservarse protegida de la luz y bajo refrigeración.

6.2.2. El sulfuro de cadmio de la muestra se hace reaccionar con N, N-dimetil-p-fenilendiamina dihidrocloruro y cloruro férrico, para formar azul de metileno, cuya densidad óptica -que se determina espectrofotométricamente- es proporcional con la cantidad de H₂S colectado, midiéndose la absorbancia de la solución a 660-670nm.

6.3. Dióxido de nitrógeno (NO₂) Método de Griess- Saltzman.

6.3.1. Este método de ensayo abarca la recolección por burbujeo del dióxido de nitrógeno presente en el aire ambiente en un rango de 4 a 10,000 µg/m³ durante un periodo de muestreo de 60 min a un flujo de 0.4 L/min. El muestreo se realiza empleando un burbujeador de vidrio fritado. El dióxido de nitrógeno es absorbido en el reactivo de Griess- Saltzman. Se basa en la reacción del NO₂ con ácido sulfanílico para formar un compuesto de diazonio, que reacciona con α-Naftilamina formando un compuesto azoico que absorbe a 550 nm. Un color rojo violeta es producido a los 15 min, cuya densidad óptica -que se determina espectrofotométricamente- es proporcional con la cantidad de NO₂ colectado.





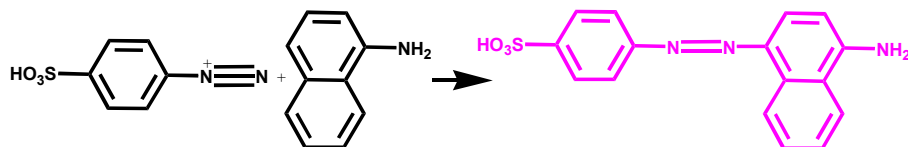
INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE

IL - 047

Versión: **08**

F.E: **2023-11-07**

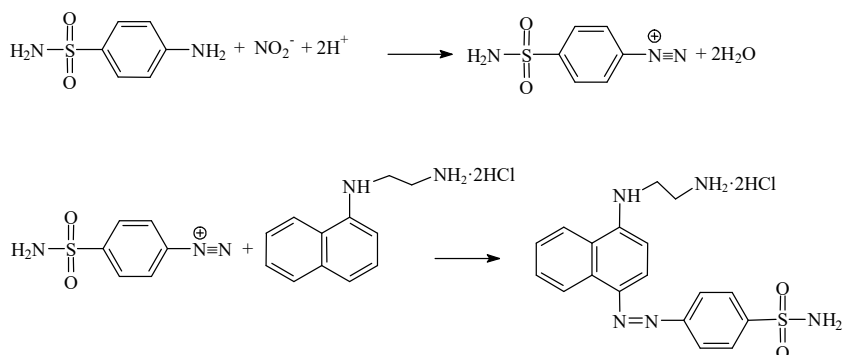
Página **3** de **6**



6.4. Dióxido de nitrógeno (NO₂) Método del Arsénito

6.4.1. Este método consiste en la captación de dióxido de nitrógeno del aire atmosférico recogido a través de una solución de hidróxido de sodio y arsenito sodio. El NO₂ se transforma en nitrito con arsenito sódico y forma un colorante azoico. La concentración de ion nitrito (NO₂⁻) producido durante el muestreo se determina colorimétricamente por la reacción del ión nitrito con ácido fosfórico, sulfanilamida, y N-(1-naftil) etilendiamina dihidrocloruro mediante la medición de la absorción del colorante azo muy coloreado a 540 nm.

6.4.2. Las muestras son estables durante al menos seis semanas a temperatura ambiente. Las muestras almacenadas deben ser selladas herméticamente para evitar la absorción de NO₂ de la atmósfera. El óxido nítrico tiene una interferencia positiva, y el dióxido de carbono tiene interferencia negativa. La interferencia que resulta por la concentración de NO y CO₂ en el ambiente es pequeña y no requiere la aplicación de la corrección de las mediciones obtenidas para este método. La interferencia de dióxido de azufre se elimina mediante la conversión del SO₂ a SO₄ con peróxido de hidrógeno durante el análisis.

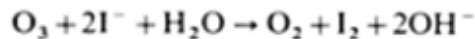


6.4.3. El muestreo se realiza con 50 mL de solución absorbente al burbujeador, el periodo de captación es de 1 hora a un flujo de 1 L/min, Iniciar el muestreo anotando la temperatura y presión ambiental y la hora o lectura inicial de tiempo. En caso de usar estación meteorológica se colocará el promedio de las horas utilizadas. Si usan barotermohigrómetro entonces se anotará el dato del inicio y final.

6.5. Ozono (O₃)

6.5.1. Un volumen de aire medido se burbujea a través de una solución absorbente de yoduro de potasio 1% en Hidróxido de sodio. La adición de ácido fosfórico y ácido sulfámico libera el ion I el cual presenta una coloración amarilla. La densidad óptica de estas especies es determinada espectrofotométricamente a una longitud de onda de 352 nm y es directamente relacionada con la cantidad de O₃ (1 mol de O₃ libera 0.65 moles de yodo).

	INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE	IL - 047
		Versión: 08
		F.E: 2023-11-07
		Página 4 de 6



6.6. Monóxido

de Carbono (CO)

- 6.6.1. El método de CO se basa en la formación de un compuesto coloreado, al reaccionar el CO con la sal de Ag del ácido p-sulfaminobenzoico en medio básico, con un máximo a 425 nm.

6.7. Niebla ácida

- 6.7.1. El método se basa en la absorción y oxidación de los componentes gaseosos solubles del aire ambiente, que se hace burbujear a través de una solución acidificada de peróxido de hidrogeno de un pH definido, durante 24 horas a flujo de 1.6 L/min. Resultado en la formación de ácido sulfúrico. Principal producto de la oxidación.

6.8. Material Particulado

- 6.8.1. Se denomina **material particulado** a pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Estas partículas se clasifican según su tamaño en PM₁₀ y PM_{2.5} y pueden ser muestreados en alto o bajo volumen. Las partículas de alto volumen son tomadas a 1130 ± 110 L/min por un periodo de 24 ± 1 horas y las de bajo volumen en 3L/min, 5L/min ó 16.7 L/min por 24 ± 1 horas.
- 6.8.2. El proceso de medición se considera que es no destructivo, y la muestra obtenida puede ser sometido a análisis físicos o químicos posteriores.
- 6.8.3. Un muestreador de aire alimentado eléctricamente aspira aire del ambiente a una velocidad de flujo volumétrico constante en una entrada de forma especial y por medio de un separador de tamaño de partícula inercial (impactador), donde la materia en partículas en suspensión en el rango de tamaño específico, se separa para ser recogida en un filtro de politetrafluoroetileno (PTFE - TEFLÓN) sobre el periodo de muestreo especificado.
- 6.8.3.1. Cada filtro se pesa (después de la humedad y el acondicionamiento de la temperatura) antes y después de la recogida de muestras para determinar la ganancia neta debido a material particulado recogido. El volumen total de aire muestreado se determina por el muestreador a partir del caudal medido a la temperatura ambiente real y la presión y el tiempo de muestreo. La concentración en masa de partícula en el aire ambiente se calcula como la masa total de partículas recogidas en el rango de tamaño de la partícula dividido por el volumen real de aire muestreado, y se expresa en microgramos por metro cúbico de aire (mg / m³).

6.8.4. RANGO DE TRABAJO

- 6.8.4.1. **Límite de concentración inferior.** El límite de detección inferior del rango de medición de la concentración de masa se estima en aproximadamente 2 mg / m³, en base a los cambios de masa señalados en blancos de campo en relación con el volumen total nominal de 24 m³ muestra de aire especificada para la muestra de las 24 horas.

	INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE	IL - 047
		Versión: 08
		F.E: 2023-11-07
		Página 5 de 6

6.8.4.2. Límite de concentración superior. El límite superior del rango de concentración de masa se determina por la carga de masa de filtro más allá del cual el muestreador ya no puede mantener la velocidad de flujo operativo dentro de límites especificados debido a la mayor caída de presión a través del filtro cargado. Este límite superior no se puede especificar precisamente porque es una función compleja de la distribución de partículas ambiente tamaño y el tipo, la humedad, el filtro individual que se utilice, la capacidad del sistema de control de la tasa de flujo del muestreador, y tal vez otros factores. Sin embargo, todas las muestras se estiman para medir concentraciones de masa de particulado de 24 horas de al menos 200 mg / m³, mientras se pueda mantener la tasa de flujo de operación dentro de los límites especificados.

6.8.5. EXACTITUD

6.8.5.1. Debido a que el tamaño y la volatilidad de las partículas que componen el material particulado del ambiente varían en un amplio intervalo y la concentración en masa de las partículas varía con el tamaño de partícula, es difícil definir la exactitud de las mediciones de partículas en un sentido absoluto. Por tanto, la precisión de las mediciones de material particulado se define en un sentido relativo, hace referencia a las mediciones proporcionadas por este método de referencia. En consecuencia, la precisión se define como el grado de aceptación entre un muestreo en campo (duplicado) y un muestreo usado como método de referencia que operan simultáneamente en la ubicación del sitio de monitoreo del muestreador tema e incluye tanto aleatorio (precisión) y sistemática (bias) errores.

6.8.5.2. Sesgo del sistema de medición. Los resultados de las mediciones entre el muestreo duplicado y el muestreo que se tuvo como referencia se utilizan para evaluar el sesgo.

6.8.6. PRECISIÓN. Se ha establecido un 10% de coeficiente de variación como precisión operativa del sistema.

7. INSTRUCCIONES

7.1 Al salir al campo debe llevar sus EPP's así como sus formatos y todo el material necesario.

7.2 De realizarse análisis de gases consulte su instructivo IL-044 Uso del Tren de muestreo. o IL-063 Uso de Analizadores Automáticos de Gases, tener especial cuidado en los tiempos de exposición de las soluciones captadoras y su envío al laboratorio, se debe registrar en los formatos FR-004 Cadena de custodia de monitoreo de calidad de aire. Utilice sus diagramas operativos de gases para ver las condiciones de muestreo e instalación del tren de muestreo:

7.2.1 DO-071 Muestreo de Monóxido de Carbono (CO)

7.2.2 DO-072 Muestreo de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

7.2.3 DO-073 Muestreo de Ozono (O₃)

7.2.4 DO-074 Muestreo de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

7.2.5 DO-075 Muestreo de Dióxido de azufre (SO₂)

7.2.6 DO-141 Muestreo de Dióxido de nitrógeno (NO₂) (arsenito)

7.3 De acuerdo con los gases a ser muestreados, considere los requisitos indicados en el DA-011 Muestreo de Calidad de Aire y Emisiones.

7.4 De realizar muestreo de material particulado consulte sus instructivos IL-035 Uso del Muestreador para la determinación de material particulado PM₁₀, PM₂₅, PTS Alto

	INSTRUCTIVO – MUESTREO DE CALIDAD DE AIRE	IL - 047
		Versión: 08
		F.E: 2023-11-07
		Página 6 de 6

volumen IL-030 Uso del muestreador bajo volumen para la determinación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ o IL-082 Instructivo para uso Equipo de material particulado minivol – PM_{10} y $PM_{2.25}$ Utilice sus diagramas operativos de gases para ver las condiciones de muestreo e instalación del tren de muestreo:

7.4.1 DO-076 Muestreo de PM_{10} Alto Volumen

7.5 De ser necesario lleve una estación meteorológica para la toma de datos de presión y temperatura (Ver instructivo IL-036 Uso de estación meteorológica Davis y mediciones meteorológicas). Cuando el cliente no requiera datos meteorológicos lleve al muestreo Barotermohigrómetro.

7.6 Inspeccionar el área de trabajo, instalar y asegurar por presencia de vientos, si se encuentran en unidades productivas delimitar el área de trabajo y considerar personal de seguridad diurno y nocturno para la estación de muestreo de calidad de aire.

7.7 Cuando se tome datos con estación meteorológica asegúrese que la información ha sido grabada en el equipo y baje cuanto antes esta información.

7.8 Al retornar al laboratorio la información de campo, tantas cadenas de custodia, data meteorológica, datos de campo de calidad de aire, deberán de ser entregados al Asistente de Monitoreo para su revisión y posterior entrega al jefe de Monitoreo para su visto bueno.

7.9 Tener presente que, cualquier cambio en la solicitud del cliente (cotización) en el momento del muestreo deberá ser comunicada a los responsables del área para que se vía email, se solicite al área comercial la modificación de la cotización (cotización actualizada).

8. REGISTROS

8.1. FR-004 Cadena de custodia de monitoreo de calidad de aire

Elaborado por: Edson Moscoso	Revisado por: ¹ <u>Marilú Tello</u>	Aprobado por: ² <u>Marilú Tello</u>
Cargo: jefe de Monitoreo	Cargo: director técnico	Cargo: director técnico

¹ Decía: Belbeth Fajardo

² Decía: Belbeth Fajardo