



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 1 de 13	

1. OBJETIVO

Establecer el instructivo para la determinación de turbiedad para muestras de agua cruda y tratada en los Laboratorios de las Plantas de tratamiento de agua de Serviciudad ESP.

2. ALCANCE Y RESPONSABLES

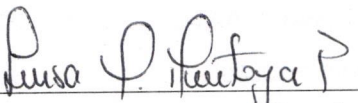
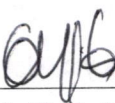
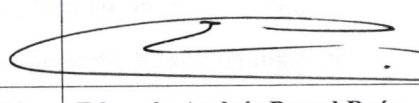
Este instructivo aplica para muestras de agua cruda y tratada del Laboratorio de Control de Calidad de Agua en la planta de tratamiento de Serviciudad ESP.

La administración y control de este documento es responsabilidad del Técnico de Control de Calidad de Agua. Los ajustes del documento que surjan en el camino serán llevados a cabo por los laboratoristas químicos de agua, bajo la revisión del profesional de la planta de tratamiento. La ejecución de los ensayos será responsabilidad de los Laboratoristas Químicos de agua del laboratorio de Control de Calidad.

3. DEFINICIONES (No aplica)

4. GENERALIDADES

La claridad del agua es importante en la producción de productos destinados al consumo humano y en muchas operaciones de fabricación. Los productores de bebidas, los procesadores de alimentos y las plantas de tratamiento de agua potable que extraen de una fuente de agua superficial suelen

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
 Luisa Marina Montoya Posada Técnico de Calidad de agua	 Genny Marcela Hurtado Giraldo Profesional Planta de Tratamiento	 Eduardo Andrés Brand Ruíz Subgerente Técnico y Operativo
Fecha: 2024-01-20	Fecha: 2024-01-25	Fecha: 2024-01-27



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 2 de 13	

confiar en procesos de separación de partículas fluidas, como la sedimentación y la concentración de iones, para aumentar la claridad y garantizar un producto aceptable. La claridad de un cuerpo de agua natural es un determinante importante de su condición y productividad.

La turbidez en el agua es causada por materia coloidal y suspendida como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se filtre y absorba en lugar de transmitirse sin cambios en la dirección o el nivel de flujo a través de la muestra. La correlación de la turbidez con el peso o la concentración del número de partículas de la materia suspendida es difícil porque el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas afectan las propiedades de dispersión de la luz de la suspensión. La presencia de sustancias disueltas que causan color que absorben la luz puede causar una interferencia negativa. Algunos instrumentos comerciales pueden tener la capacidad de corregir una ligera interferencia de color o de borrar ópticamente el efecto de color.

4.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO

Históricamente, el método estándar para determinar la turbidez se ha basado en el turbidímetro de vela Jackson; sin embargo, el valor de turbidez más bajo que se puede medir directamente en este dispositivo es de 25 unidades de turbidez Jackson (JTU). Debido a que las turbideces del agua tratada por los procesos convencionales de separación de partículas de fluido generalmente caen dentro del rango de 0 a 1 unidad, se desarrollaron métodos secundarios indirectos para estimar la turbidez. Los nefelómetros electrónicos son los instrumentos preferidos para la medición de turbidez. Los turbidímetros con dispersión de luz ubicados a 90 ° del haz incidente se llaman nefelómetros. Los nefelómetros son relativamente poco afectados por pequeñas diferencias en los parámetros de diseño y, por lo tanto, se especifican como el instrumento estándar para la medición de turbidez baja. Los instrumentos de diferentes marcas y modelos pueden variar en respuesta.

La mayoría de los turbidímetros comerciales diseñados para medir turbidez baja dan indicaciones comparativamente buenas de la intensidad, de luz dispersa en una dirección particular, predominantemente en ángulo recto con la luz incidente. Los turbidímetros con detectores de luz



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 3 de 13	

dispersa ubicados a 90° del haz incidente se denominan nefelómetros. Los nefelómetros relativamente no se ven afectados por pequeñas diferencias en los parámetros de diseño y, por lo tanto, se especifican como el instrumento estándar para la medición de turbidez baja. Los instrumentos de diferentes marcas y modelos pueden variar en respuesta. *Sin embargo, la variación entre instrumentos puede ser efectivamente insignificante si se utilizan buenas técnicas de medición y las características de las partículas en las suspensiones medidas son similares. Una técnica de medición deficiente puede tener un efecto mayor en el error de medición que pequeñas diferencias en el diseño del instrumento. Los turbidímetros de diseño no estándar, como los dispositivos dispersión directa, pueden ser más sensibles que los nefelómetros a la presencia de partículas más grandes. Si bien puede que no sea apropiado comparar sus resultados con los de los instrumentos de diseño estándar, aún pueden ser útiles para el monitoreo de procesos.

Una causa adicional de discrepancias en el análisis de turbidez es el uso de suspensiones de diferentes tipos de partículas para la calibración del instrumento. Como muestras de agua, suspensiones preparadas tienen diferentes propiedades ópticas dependiendo de las distribuciones de tamaño de partícula, formas e índices de refracción. Se especifica una suspensión de referencia estándar que tiene propiedades reproducibles de dispersión de luz para la calibración del nefelómetro.

Su precisión, sensibilidad y aplicabilidad en un amplio rango de turbidez hacen que el método nefelométrico sea preferible a los métodos visuales. Informe los resultados de la medición nefelométrica como unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Es por ello, que en el laboratorio se seleccionó el método nefelométrico para las mediciones de control y operación.

4.2. TOMA, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Determine la turbidez lo antes posible después de tomar la muestra. Agite suavemente todas las muestras antes de examinarlas para garantizar una medición representativa. La conservación de la muestra no es práctica; comience el análisis de inmediato. Refrigere o enfríe a 4 °C, para minimizar la descomposición microbológica de sólidos, si se requiere almacenamiento. Para obtener los



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 4 de 13	

mejores resultados, mida la turbidez inmediatamente sin alterar las condiciones originales de la muestra, como la temperatura o el pH. Se puede tomar una muestra simple o compuesta de 100 mL en frasco de vidrio, plástico o fluoruro polímero.

4.3. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Este método se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión de referencia estándar en las mismas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersa, mayor es la turbidez. El polímero de formacina se usa como la suspensión de referencia estándar primaria. La turbidez de una concentración especificada de suspensión de formación se define como 4000 NTU.

4.4. INTERFERENCIAS

La turbidez se puede determinar para cualquier muestra de agua que esté libre de desechos y que sedimente rápidamente. La cristalería sucia y la presencia de burbujas de aire dan resultados falsos. El "color verdadero" (es decir, el color del agua debido a las sustancias disueltas que absorben la luz) hace que la turbidez medida sea baja. Este efecto generalmente no es significativo en el agua tratada.

4.5. CONTROLES DE CALIDAD

Demostración inicial de capacidad (DIC/BFL): Analice una muestra o un estándar de concentración conocida (BFL), por lo menos cuatro veces por el mismo analista. Verificar los límites establecidos en el método o los establecidos por el laboratorio. Si no se especifica ningún límite, utilice la siguiente ecuación para establecerlos: Se calcula la desviación estándar de las cuatro muestras. Límites de recuperación del blanco fortificado de laboratorio (BFL) son:

Límites iniciales de recuperación del BFL = Media \pm (5,84 x Desviación estándar).



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 5 de 13	

Dónde: 5,84 = factor de la t de student bilateral de los límites de confianza del 99 % y tres grados de libertad.

Además, compruebe que el método es lo suficientemente sensible como para cumplir con los objetivos de medición para la detección y cuantificación mediante la determinación del límite inferior del rango de funcionamiento.

Límite de detección del método (LDM): Antes de analizar las muestras, determinar el límite de detección para el analito o método de acuerdo con la Sección 1020 del SM. Se debe determinar el LDM por lo menos anualmente para el analito o el método y matriz de la categoría principal.

Lo ideal es utilizar los datos agrupados de varios analistas en lugar de los datos de un analista. (Para obtener información específica sobre las LDM y las LDM agrupados, consulte la Sección SM: 1020B).

Curva de Calibración: Se Verifica el equipo con soluciones estándar primarias < 0,1 NTU – 800 NTU o < 0,1 NTU – 4000 NTU, dependiendo de la capacidad de lectura del instrumento a usar. Este procedimiento se deberá hacer cada tres meses, según lo que establece el manual de funcionamiento del equipo.

Se verifica la calibración con patrones secundarios de Gelex, en donde el resultado obtenido se compara con el real de cada estándar y la exactitud debe ser menor al 5 %, de lo contrario se debe repetir la calibración.

Nota: Se debe verificar cada de acuerdo a recomendaciones del fabricante.

Verificación de calibración: Se usa una solución de (0 NTU a 2 NTU). Los límites de tolerancia para la solución estándar no deben exceder de los límites de ($\pm 2\delta$), como límites de alerta y de ($\pm 3\delta$), como límites de acción. Se analizan con cada corrida de muestras. Estos valores se registran en el formato STLABFO-016 Gráficas de control.

Si una verificación de la calibración falla; volver a analizar el estándar de verificación. Si la verificación pasa, continuar el análisis. En caso contrario, repetir la calibración inicial y volver a analizar las muestras desde la última verificación de la calibración aceptada.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 6 de 13	

Muestra de control de calidad (MCC): Obtener esta muestra desde una fuente externa al laboratorio, y comparar los resultados con los valores de aceptación del laboratorio externo. Si los resultados de las pruebas no pasan los criterios de aceptación, investigar por qué, tomar medidas correctivas, y analizar una nueva **MCC**. Repita este proceso hasta que los resultados cumplen con los criterios de aceptación. Como criterio de aceptación se emplea el valor de desempeño del z-score de ± 2 , se evalúan los resultados obtenidos durante las participaciones para evaluar la tendencia de los datos.

4.6. SEGURIDAD LABORAL

Utilizar los implementos de seguridad, de acuerdo con lo señalado en el Manual de Higiene y Seguridad Laboral STMH-01 (Bata, pantalón, zapatos antideslizantes, gafas de seguridad, máscara con filtro mixto de vapores ácidos y orgánicos, guantes de caucho) de acuerdo a la actividad realizada. Se realiza recolección de residuos en recipiente plástico y se rotula para recolección y disposición final con empresa externa.

4.7. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

4.7.1. EQUIPOS

Nefelómetro de laboratorio (Turbidímetro): equipo que consiste en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° en la trayectoria de la luz incidente. Use un instrumento diseñado para minimizar la luz parásita que llega al detector en ausencia de turbidez y para estar libre de desviaciones significativas después de un corto período de calentamiento. La sensibilidad del instrumento debe permitir detectar diferencias de turbidez de 0.02 NTU o menos en el rango más bajo en aguas que tienen una turbidez de menos de 1 NTU. Pueden ser necesarios varios rangos para obtener una cobertura adecuada y una sensibilidad suficiente para turbidez baja. Las diferencias en el diseño del instrumento causarán diferencias en los valores medidos para la



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 7 de 13	

turbidez, aunque se use la misma suspensión para la calibración. Para minimizar tales diferencias, observe los siguientes criterios de diseño:

- Fuente de luz: lámpara de filamento de tungsteno que funciona a una temperatura de color entre 2200 y 3000K.
- Distancia recorrida por la luz incidente y dispersada la luz dentro de la muestra de tubo total que no exceda de 10 cm.
- Ángulo de aceptación de la luz por el detector: centrado a 90 ° para la trayectoria de la luz incidente y no debe exceder ± 30 ° de 90 °. El detector y el sistema de filtro, si se utilizan, tendrán una respuesta espectral de pico entre 400 y 600 nm.

Celdas de muestra: utilice celdas o tubos vidrio o plástico transparente e incoloro. Mantenga las celdas escrupulosamente limpias, tanto por dentro como por fuera, y deséchelas si están rayadas o grabadas. Nunca los manipule donde el rayo de luz del instrumento los golpee. Use tubos con suficiente longitud extra, o con una funda protectora, para que puedan manejarse adecuadamente. Llene las celdas con muestras y patrones que se hayan agitado a fondo y permita suficiente tiempo para que escapen las burbujas.

Limpie las celdas de muestra lavando a fondo con jabón de laboratorio por dentro y por fuera seguido de enjuagues múltiples con agua destilada o desionizada; Deje que las celdas se sequen al aire. Maneje las celdas de muestra solo por la parte superior para evitar la suciedad y las huellas digitales dentro del camino de la luz.

Las celdas se pueden recubrir en el exterior con una fina capa de aceite de silicona para enmascarar pequeñas imperfecciones y rasguños que pueden contribuir a la luz parásita. Utilice aceite de silicona con el mismo índice de refracción que el vidrio. Evite el exceso de aceite porque puede atraer suciedad y contaminar el compartimento de muestras del instrumento. Con un paño suave que no suelte pelusa, esparza el aceite de manera uniforme y limpie el exceso. La celda debe parecer casi seca con poco o ningún aceite visible. Debido a que las pequeñas diferencias entre las celdas de muestra tienen un impacto significativo en la medición, utilice pares de celdas coincidentes o la misma celda para la estandarización y la medición de la muestra.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 8 de 13	

4.7.2. REACTIVOS

Agua de dilución: El agua de alta pureza provocará cierta dispersión de la luz, que los nefelómetros detectan como turbidez. Para obtener agua de baja turbidez para diluciones, valor nominal 0,02 NTU, se debe pasar el agua de grado reactivo a través de un filtro con tamaño de poro suficientemente pequeño para eliminar esencialmente todas las partículas que pueda tener 0.1 μm ; el filtro de membrana usualmente utilizado para exámenes bacteriológicos no es satisfactoria. Enjuague la filtración al menos dos veces con agua filtrada y deseche los siguientes 200 mL.

Algunas aguas desmineralizadas embotelladas comerciales tienen una turbidez baja. Estos pueden usarse cuando la filtración no es práctica o no hay una buena calidad de agua disponible para filtrar en el laboratorio. Verifique la turbidez del agua embotellada para asegurarse de que sea inferior al nivel que se puede lograr en el laboratorio.

Stock de suspensión de formazina estándar primaria:

1) **Solución I:** Disolver 1 g de sulfato de hidracina $(\text{NH})_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$, en agua destilada y diluir a 100 mL en un matraz aforado. **PRECAUCIÓN:** El sulfato de hidracina es un carcinógeno; evite la inhalación, la ingestión y el contacto con la piel. Las suspensiones de formacina pueden contener sulfato de hidracina residual.

2) **Solución II:** Disuelva 10 g de hexametilentetramina. $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, en agua destilada y diluir a 100 mL en un matraz aforado.

3) En un matraz, mezcle 5.0 mL de Solución I y 5.0 mL de Solución II. Dejar reposar 24 ha $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Esto da como resultado una suspensión de 4000 NTU. Transfiera la suspensión original a un vidrio ámbar u otra botella que bloquee la luz ultravioleta para almacenarla. Haga diluciones de esta suspensión madre. La suspensión de stock es estable hasta por 1 año cuando se almacena correctamente.

Diluir las suspensiones de turbidez: Diluir la suspensión estándar primaria de 4000 NTU con agua de dilución de alta calidad. Preparar inmediatamente antes de usar y desechar después de usar

Estándares secundarios: Los estándares secundarios son estándares que el fabricante (o una organización de prueba independiente) ha certificado y darán resultados de calibración del



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
	Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	
		Página 9 de 13

instrumento equivalentes (dentro de ciertos límites) a los resultados obtenidos cuando el instrumento se calibra con el estándar primario (es decir, el usuario-formazina preparada). Hay varios estándares secundarios disponibles que incluyen: suspensiones de stock comercial de formazina de 4000 NTU, suspensiones comerciales de microesferas de estireno-divinilbenceno copolímeros y artículos suministrados por los fabricantes de instrumentos, como cubetas de muestra selladas llenas de suspensión de látex o con partículas de óxido metálico en un gel de polímero. La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU, designa la formazina preparada por el usuario, las suspensiones de formazina de stock comercial y las suspensiones comerciales de estireno-divinilbenceno como "patrones primarios" y reserva el término patrón secundario" para los patrones sellados mencionados anteriormente.

Los patrones secundarios elaborados con suspensiones de microesferas de copolímero de estireno-divinilbenceno son típicamente tan estables como la formazina concentrada y mucho más estables que la formazina diluida. Estas suspensiones pueden ser específicas del instrumento; por lo tanto, use solo suspensiones formuladas para el tipo de nefelómetro que se esté usando. Los estándares secundarios proporcionados por el fabricante del instrumento (a veces llamados estándares "permanentes") pueden ser necesarios para estandarizar algunos instrumentos antes de cada lectura y en otros instrumentos solo como una verificación de calibración para determinar cuándo es necesaria la calibración con el estándar primario.

Todos los estándares secundarios, incluso los llamados estándares "permanentes", cambian con el tiempo. Reemplácelos cuando su edad exceda la vida útil. El deterioro se puede detectar midiendo la turbidez del estándar después de calibrar el instrumento con una nueva suspensión de formazina o microesferas. Si existe alguna duda sobre la integridad o el valor de turbidez de cualquier patrón secundario, verifique la calibración del instrumento primero con otro patrón secundario y luego, si es necesario, con formazina preparada por el usuario. La mayoría de los productos secundarios y estándares han sido cuidadosamente preparados por su fabricante y, si se utilizan correctamente, deben coincidir con la formazina. Prepare el estándar primario de formazina sólo como último recurso. La aplicación adecuada de los estándares secundarios es específica para cada marca y



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 10 de 13	

modelo de nefelómetro. No todos los patrones secundarios deben descartarse cuando la comparación con un patrón primario muestra que su valor de turbidez ha cambiado. En algunos casos, el patrón secundario simplemente se debe volver a etiquetar con el nuevo valor de turbidez. Siga siempre las instrucciones del fabricante.

4.7.3. MATERIALES

Se necesita Beakers o Erlenmeyer para contener la muestra y las celdas de medición que provee cada equipo.

5. PROCEDIMIENTOS

5.1. TÉCNICAS DE MEDICIÓN GENERALES

Las técnicas de medición adecuadas son importantes para minimizar los efectos de las variables del instrumento, así como la luz parásita y las burbujas de aire. Independientemente del instrumento utilizado, la medición será más precisa, precisa y repetible si se presta mucha atención a las técnicas de medición adecuadas.

Mida la turbidez inmediatamente para evitar cambios de temperatura y la floculación y sedimentación de partículas por cambios en las características de la muestra. Si la floculación es aparente, rompa los agregados mediante agitación. Evite la dilución siempre que sea posible. Las partículas suspendidas en la muestra original pueden disolverse o cambiar sus características cuando cambia la temperatura o cuando la muestra se diluye.

Elimine el aire u otros gases arrastrados en la muestra antes de la medición. Preferiblemente desgasifique incluso si no hay burbujas visibles. Desgasifique aplicando un vacío parcial, agregando un tensoactivo de tipo no espumante, usando un baño ultrasónico o aplicando calor. En algunos casos, se pueden combinar dos o más de estas técnicas para una eliminación de burbujas más efectiva. Por ejemplo, puede ser necesario combinar la adición de un surfactante con el uso de un baño ultrasónico para algunas condiciones severas. Cualquiera de estas técnicas, si se aplica



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 11 de 13	

incorrectamente, puede alterar la turbidez de la muestra; *usar con cuidado*. Si no se puede aplicar desgasificación, la formación de burbujas si minimizará si las muestras se mantienen a la temperatura y presión del agua antes del muestreo.

No elimine las burbujas de aire dejando que la muestra repose por un período de tiempo porque durante el reposo, las partículas que causan turbidez pueden asentarse y la temperatura de la muestra puede cambiar. Ambas condiciones alteran la turbidez de la muestra, lo que resulta en una medición no representativa.

Puede producirse condensación en la superficie exterior de una celda de muestra cuando se mide una muestra fría en un ambiente cálido y húmedo. Esto interfiere con la medición de turbidez, retire toda la humedad del exterior de la celda de muestra antes de colocar la celda en el instrumento. Si vuelve a empañarse, deje que la muestra se caliente ligeramente dejándola reposar a temperatura ambiente o sumergiéndola parcialmente en un baño de agua tibia por un corto tiempo. Asegúrese de que las muestras estén nuevamente bien mezcladas.

5.2. CALIBRACIÓN DEL NEFELÓMETRO

Siga las instrucciones de funcionamiento del fabricante. Ejecute al menos un estándar en cada rango del instrumento que se utilizará. Asegúrese de que el nefelómetro proporcione lecturas estables en todos los rangos de sensibilidad utilizados. Siga las técnicas para el cuidado y manejo de las celdas de muestra.

5.3. MEDICIÓN DE TURBIDEZ

Agitar suavemente la muestra. Espere hasta que desaparezcan las burbujas de aire y vierta la muestra en la celda. Cuando sea posible, vierta una muestra bien mezclada en la celda y sumérjala en un baño ultrasónico durante 1 a 2 segundos o aplique desgasificación al vacío, lo que provocará la liberación completa de burbujas. Lea la turbidez directamente desde la pantalla del instrumento.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 12 de 13	

5.4. CALIBRACIÓN MONITORES DE TURBIDEZ CONTINUO

Calibre los monitores de turbidez continuos para turbideces bajas determinando la turbidez del agua que sale de ellos, utilizando un nefelómetro modelo de laboratorio, o calibre los instrumentos de acuerdo con las instrucciones del fabricante con estándar primario de formacina o estándar secundario apropiado

5.5. CÁLCULOS Y EXPRESION RESULTADOS

Reporte las lecturas de la turbidez de la siguiente manera:

Rango de turbiedad NTU	Informar el más cercano NTU
0-1	0.05
1-10	0.1
10- 40	1
40-100	5
100- 400	10
400-1000	50
>1000	100

Al comparar las eficiencias del tratamiento del agua, no estime la turbidez más de lo especificado anteriormente. Las incertidumbres y discrepancias en las mediciones de turbidez hacen improbable que los resultados puedan duplicarse con mayor precisión que la especificada.

Los resultados deben ser expresados en NTU y se debe reportar en el formato de registro de operación diaria STFO-039 o en el formato STLABFO-029 Registro de Resultados Primarios, según el laboratorio en el que se analice la muestra.

6. REGISTRO

STFO-039 "Registro de Operaciones Diarias"

STLABFO-016 "Gráficos de control"

STLABFO-029 "Registro de Resultados Primarios"



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-10	Versión 01
Instructivo de Turbiedad SM: 2130 A_B	Página 13 de 13	

7. ANEXOS

7.1. REFERENCIAS

- AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. 1993. Métodos para la determinación de sustancias inorgánicas en muestras ambientales; EPA-600 / R / 93/100 — Borrador. Laboratorio de Sistemas de Monitoreo Ambiental. Cincinnati, Ohio.
- Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Version vigente. Washington, DC.