1. OBJETIVO

Establecer la metodología para la determinación de conductividad en aguas, de acuerdo con lo establecido en el método SM 2510 B, Ed. 23 de 2017 que se realiza en el laboratorio de calidad ambiental del IDEAM.

2. ALCANCE

La determinación de conductividad se realiza en muestras de agua superficiales y lluvia de acuerdo a lo establecido por el laboratorio. El rango de lectura para las condiciones del laboratorio es de 0,1 a 2765 µS/cm.

Los siguientes son los resultados obtenidos en la validación del método:

Tabla 1. Resultados Validación del Método

CÓDIGO DEL INSTRUCTIVO DE ENSAYO: M-S-LC-I022			
FECHA DE INFORME DE CONFIRMACIÓN: 01/10/2018			
PARÁMETRO	**VALOR**	**UNIDADES**	**OBSERVACIÓN**
LÍMITE DE DETECCIÓN MÉTODO	N.A	µS/cm	
LIMITE DE CUANTIFICACIÓN DEL MÉTODO	N.A	µS/cm	
PRECISIÓN EN TÉRMINOS DE % CV	5,41	%	Nivel de concentración bajo, 60 µS/cm
	0,45	%	Nivel de concentración medio, 141,3 µS/cm
	0,11	%	Nivel de concentración alto, 1413 µS/cm
EXACTITUD EXPRESADO COMO % DE ERROR RELATIVO	7,37	%	Nivel de concentración bajo, 60 µS/cm
	4,96	%	Nivel de concentración medio, 141,3 µS/cm
	0,27	%	Nivel de concentración alto, 1413 µS/cm
	0,27	%	Mc, muestra CALA
INTERVALO DE TRABAJO (Lectura Directa)	0,1 a 2765	µS/cm	

3. DEFINICIONES

- **Conductancia:** recíproco de la resistencia.
- K_m**:** Conductividad medida en unidades de μmhos/cm a una T°C.
- **µmhos/cm:** Micro Mhos/cm (µOhm^{-1}/cm). Medida de la conductividad.
- **mS/m:** mili Siemens por metro. Unidades de conductividad del **SI.**
- **Resistividad:** Es la inversa de la conductividad.
- **SI:** Sistema internacional de unidades.
- **SM:** Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater.

4. ASPECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Antes de iniciar el análisis químico, revisar el Manual de Higiene, Salud Ocupacional y Seguridad en el Laboratorio y las hojas de Seguridad.

Utilizar los implementos de seguridad, en la preparación de reactivos. En esta técnica son: bata, pantalón, zapatos antideslizantes, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.

Los residuos producto del análisis de la determinación, se tratan de acuerdo al documento disposición de muestras y residuos de análisis.

5. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

5.1. Equipos

- Conductímetro

- Balanza analítica

5.1.1. Verificación de Equipos

- Comprobar que los equipos se encuentran en óptimas condiciones, antes de operarlos. Diligenciar el formato M-S-LC-F007 de control diario de manejo del equipo.
- Verificar la balanza analítica con las masas antes de realizar cualquier pesaje.

5.2. Reactivos

Solicitar los reactivos, vidriería y material diligenciando el formato M-S-LC-F039. Etiquetar las soluciones y registrar la preparación en el formato M-S-LC-F064 Control de preparación de soluciones.

- Cloruro de potasio (KCl)
- Agua Tipo I.

5.2.1. Preparación de soluciones

- Solución de KCl para verificación del Conductímetro (0,01 M): Disolver 0,7456 g de KCl anhidro en agua tipo I y diluir hasta 1000 mL; almacenar en una atmosfera libre de CO_2. Verificar que la conductividad de ésta solución es de 1413 μS/cm a 25 ºC. Almacenar en una botella de vidrio y refrigerar.
- Solución de KCl para verificación del Conductímetro (0,001 M): Se prepara por dilución de la solución KCl 0,01M. Tomar 100 ml de la solución KCl 0,01 M y diluir a 1000 Ml. Verificar que la conductividad de ésta solución es de 141,3 μS/cm a 25 ºC.
- Solución estándar de control de 60 μS/cm: Disolver 31,66 mg de KCl anhidro en agua Tipo I y diluir hasta 1000 mL. Almacenar en una atmosfera libre de CO_2. Almacenar en una botella de vidrio y refrigerar.

5.3. Materiales

- Beaker
- Toalla o pañito de secado
- Frasco lavador
- Balón aforado de 1000 mL
- Espátula

6. LIMITACIONES E INTERFERENCIAS

La mayoría de los problemas para obtener buenos datos con el equipo de medición de la conductividad están relacionados con la limpieza el electrodo y con la inadecuada circulación de la muestra. Se debe tener cuidado al usar soluciones de KCl inferiores a 0,001M que pueden ser inestables debido a la influencia del dióxido de carbono en el agua pura. El valor de la conductividad de una solución depende de la temperatura de la muestra, por tanto antes ejecutar la medición se debe confirmar en el conductímetro la temperatura de referencia de 25°C, si el equipo de medición no realiza automáticamente la corrección. Evitar realizar mediciones a temperaturas excesivas o mediciones en soluciones especiales (p.ej. soluciones de ácidos o bases fuertes, solventes orgánicos), ya que puede dañar la celda o acortar su tiempo de vida considerablemente. Evitar variaciones de la constante no debidas a alteraciones de la celda, asegurándose de que las condiciones de preservación y almacenamiento de las soluciones estándar de KCl sean óptimas.

6.1 CONDICIONES AMBIENTALES

Para el manejo del equipo de conductividad es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones ambientales: Temperatura de operación: 5 a 40 °C. Temperatura de almacenamiento: -25 a 65 °C. Humedad relativa: <75%.

7. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Las prácticas de control de calidad se consideran parte integrante de cada método, para este método se incluye la siguiente tabla.

Tabla 2. Control Calidad Método SM 2510B

Calibración o Estandarización	Muestra Control (QCS)	Blanco del Método (MB)	Blanco Fortificado en Laboratorio (LFB)	Duplicado	Matriz fortificada en Laboratorio (LFM)	Duplicado matriz fortificada en laboratorio (LFMD)	Otro
X	X	.	X	X	-	-	

Tomado del SM Tabla 2020: II. (- indica que un tipo de control de calidad no es obligatorio para el método)

- Utilizar material de vidrio al cual se le ha realizo el control de calidad.
- Efectuar el análisis dentro del tiempo estipulado, asegurando la confiabilidad del resultado.
- Procesar el blanco fortificado de 60 μS/cm con cada lote de 20 muestras o menos.
- Procesar un duplicado por cada lote de 20 muestras o menos.
- Confirmar que el duplicado de muestra cumpla con diferencia porcentual relativa (RPD) del 10%, teniendo en cuenta que los RPD pueden variar considerablemente debido a la matriz y concentración de la muestra.
- Llevar los registros de Carta control exactitud M-S-LC-F055 y Carta control precisión M-S-LC-F056 para la determinación de conductividad.
- Registrar los resultados de cada QC en las cartas de control graficando el valor promedio diario de la concentración de los controles. Cuando los resultados se encuentren entre el límite de alarma y control, revisar todo el procedimiento para determinar que ocurre. Si cualquier dato cae fuera de los límites de control debe ser reexaminado y si es necesario, repetir el análisis de todo el grupo de muestras. No realizar más análisis hasta verificar que sucede; comunicar anomalía al líder de Físico –Química. Revisar e iniciar nuevamente la marcha analítica cuando el líder lo autorice.

8. DESARROLLO

8.1. Principio del método.

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala.

Conductancia, **G**, se define como el recíproco de resistencia, **R**:

$$G = \frac{1}{R}$$

Donde la unidad de **R** es **ohm** y de **G** es **ohm^{-1}** (algunas veces se escribe **mho**). La conductancia de una solución se mide entre dos electrodos espacialmente fijados y químicamente inertes. Para evitar la polarización en las superficies del electrodo la medición de la conductancia se realiza con una señal de corriente alterna. La conductancia de una solución, **G**, es directamente proporcional a la superficie del electrodo, **A** en **cm²**, e inversamente proporcional a la distancia entre los electrodos, **L**, en **cm**. La constante de proporcionalidad, ***k***:

$$G = k(\frac{A}{L})$$

es llamada "conductividad" (preferiblemente, conductancia específica). Es una característica propia de la solución entre los electrodos. Las unidades de ***k*** son **1/ohm-cm** o **mho/cm**. La conductividad se informa habitualmente en micro mhos por centímetro (**µmhos/cm**).

En el Sistema Internacional de Unidades **SI**, el inverso del **ohm** es el siemens **S** y la conductividad se indica en milisiemens por metro (**mS/m**); 1 **mS/m** = 10 **µmhos/cm** y 1 **µS/cm** =1 **µmho/cm**.

8.2. Toma y Preservación de Muestras.

Tomar las muestras de acuerdo con el procedimiento establecido en el Instructivo para la toma de muestras de aguas superficiales para la red de calidad del IDEAM. La muestra puede ser recolectada en recipiente de vidrio o plástico. Adicionalmente, para la recepción, manejo y disposición final de las muestras debe consultarse el instructivo del laboratorio.

Las muestras deben ser analizadas inmediatamente, preferiblemente en campo después de obtener la muestra. Las aguas de alta pureza y las aguas que no están en equilibrio con la atmósfera, están sujetas a cambios cuando se exponen a la atmósfera, por lo cual los frascos de muestra deben llenarse completamente y mantenerse sellados hasta el análisis. El período máximo de almacenamiento para el análisis es de 28 días.

8.3. Limpieza de Vidriería y Material de Campo.

Remitirse al Instructivo de Lavado de Material de vidrio y plástico M-S-LC-015.

8.4. Ejecución de la Técnica

8.4.1. Verificación de Rutina

Como procedimiento de rutina, realizar la verificación con la solución 0,01 M.

- Seleccionar una temperatura de referencia de 25 °C.
- Lavar el electrodo, especialmente la celda, secar sacudiendo suavemente el electrodo para eliminar las gotas.
- Realizar la medida de la solución de concentración 0,01M a 25 °C, verificando que la temperatura de la solución esté a ésta temperatura.
- Comparar el valor medido con el valor teórico de la solución estándar y las indicaciones de variación dadas por el fabricante: conductividad de 0,01 M es 1413 ± 21,2 µS/cm. Si la lectura se sale del rango cambiar la solución estándar y volver a medir.
- Comparar el valor medido con el valor teórico de la solución de 0,001 M, 141,3 ± 2,12 µS/cm. Si la lectura se sale del rango cambiar la solución estándar y volver a medir.
- Comparar el valor medido con el valor teórico de la solución de 60 ± 8 µS/cm. Si la lectura se sale del rango cambiar la solución estándar y volver a medir.

Nota: verificar antes del transvasado que el frasco que contiene el estándar debe estar perfectamente limpio y seco, ser purgado al menos tres veces con la solución antes de ser llenado y rotulado adecuadamente.

8.4.2. Verificación del Equipo

La constante de celda puede estar comprendido entre **0,45** y **1,30 cm^{-1}** (valor por defecto **0,475 cm^{-1}**). Utilizar una solución de cloruro de potasio 0,01 M como solución estándar.

- Seleccionar una temperatura de referencia de 25°C.
- Lavar la celda de medida con agua y de ser posible con la solución estándar.
- Estabilizar la temperatura de la solución estándar y la solución de medición a 25°C. Para las mediciones de alta precisión es necesario observar una tolerancia de ± 0,1 °C, mientras ± 0,5 °C será suficiente para mediciones de rutina.
- Medir la conductividad de la solución; en la pantalla debe aparecer la conductividad eléctrica del estándar de KCl 0,01 M, equivalente a 1413 ± 21,2 **µS/cm** a 25°C.
- Ajustar la constante de la celda hasta que el instrumento muestra una conductividad de 1413 **µS/cm** o la conductividad teórica de la solución de concentración 0.01 M.
- Confirmar que la constante del equipo es 0,469 1/cm, oprimiendo en el teclado la opción. C Si el valor de la constante es diferente ajustar mediante los botones: ^ v
- Fijar la verificación del equipo mediante el teclado mediante la opción RUN ENTER
- Retirar el electrodo del estándar de KCl 0,01M y tapar la solución. Enjuagar minuciosamente el electrodo, sobre todo en la celda y sacudirla.

Nota: La calibración se realiza una vez a la semana o antes en caso que no sea satisfactoria la verificación de rutina. Si el conductímetro ya está calibrado y se encuentra encendido, verificar que la pantalla registre las unidades de medición **µS/cm**, temperatura **°C**, y las condiciones **Arng** (auto-rango), **T_{REF25}**, **LnF** (compensación automática de temperatura), para iniciar las lecturas.

8.4.3. Ajuste de la constante de la celda

- Presionar la tecla C En la parte media de la pantalla aparece el valor ajustable de la constante de celda (por ejemplo *475 cm^{-1}*).
- Si se presiona nuevamente la C tecla aparece la constante de celda fija, C=*0.1 cm^{-1}.*
- Presionando la C tecla cambiar de nuevo la constante de celda, ajustando a 0,469 cm^{-1}.
- En este modo, presionando ^ v cambiar la constante de celda en incrementos de 0,001 cm^{-1}.
- Una vez ajustada la constante, presionar la tecla X para volver al modo de medición. Se volverá a mostrar el valor medido y la temperatura de la muestra.

8.4.4. Medición de Conductividad

- Solicitar las muestras a analizar diligenciando el formato correspondiente.
- Ajustar la constante de celda C en **0,469 1/cm,** la función de temperatura **TC** y la temperatura de referencia **T_{REF} 25°C**.

- Presionar la tecla hasta se ejecuta de manera que aparezcan unidades de conductividad. La medición de conductividad continua.
- Lavar el electrodo y la celda de medición. Secar sacudiendo suavemente el electrodo para eliminar las gotas.
- Transferir una alícuota del estándar de control de 60 µS/cm en un vaso e introducir el electrodo.
- Esperar a que la lectura se estabilice. Registrar el valor en la carta de control exactitud M-S-LC-F055.
- Retirar el electrodo. Enjuagar minuciosamente el electrodo, sobre todo en la celda y sacudirlo.
- Transferir una alícuota de la muestra en un vaso e introducir el electrodo. La muestra debe estar perfectamente homogenizada y a temperatura ambiente.
- Esperar que la lectura se estabilice.
- Registrar los resultados obtenidos para las muestras y su duplicado, en el formato de captura de datos M-S-LC-F018 Formato captura de datos - electrometría
- Calcular el %RPD entre los resultados de los duplicados y reportar el valor en la carta de control precisión M-S-LC-F056.
- Al finalizar lavar el electrodo y la celda de medición, secarlo sacudiendo suavemente el electrodo para eliminar las gotas y almacenar en posición vertical.
- Apagar el equipo.
- Enjuagar el material y dejarlo en la zona de lavado; diligenciar el formato de solicitud de lavado de material M-S-LC-F003.
- Diligenciar el formato de recepción de muestras y control de análisis M-S-LC-F002 con la fecha de realización de análisis y firma del analista responsable de la técnica.

8.5. Formatos

Formato entrega de muestras analistas M-S-LC-F011.

Formato Solicitud de reactivos, vidriería y materiales M-S-LC-F039.

Control de preparación de soluciones M-S-LC-F064.

Formato Rótulos de reactivos M-S-LC-F014.

Formato Control diario de manejo del equipo M-S-LC-F007.

Formato carta control exactitud MS-LC-F055.

Formato carta control precisión MS-LC-F056.

Formato captura de datos - electrometría M-S-LC-F018.

Formato Solicitud de lavado de material M-S-LC-F003.

8.5 Cálculos y Resultados

La medición de la conductividad es una medida directa por lo tanto se reporta el valor y la temperatura obtenido en el conductímetro, teniendo en cuenta las unidades expresadas ya sean µS/cm o mS/cm. Registrar los resultados con hasta cuatro (4) cifras significativas, tres (3) cifras decimales.

9. DIAGRAMA

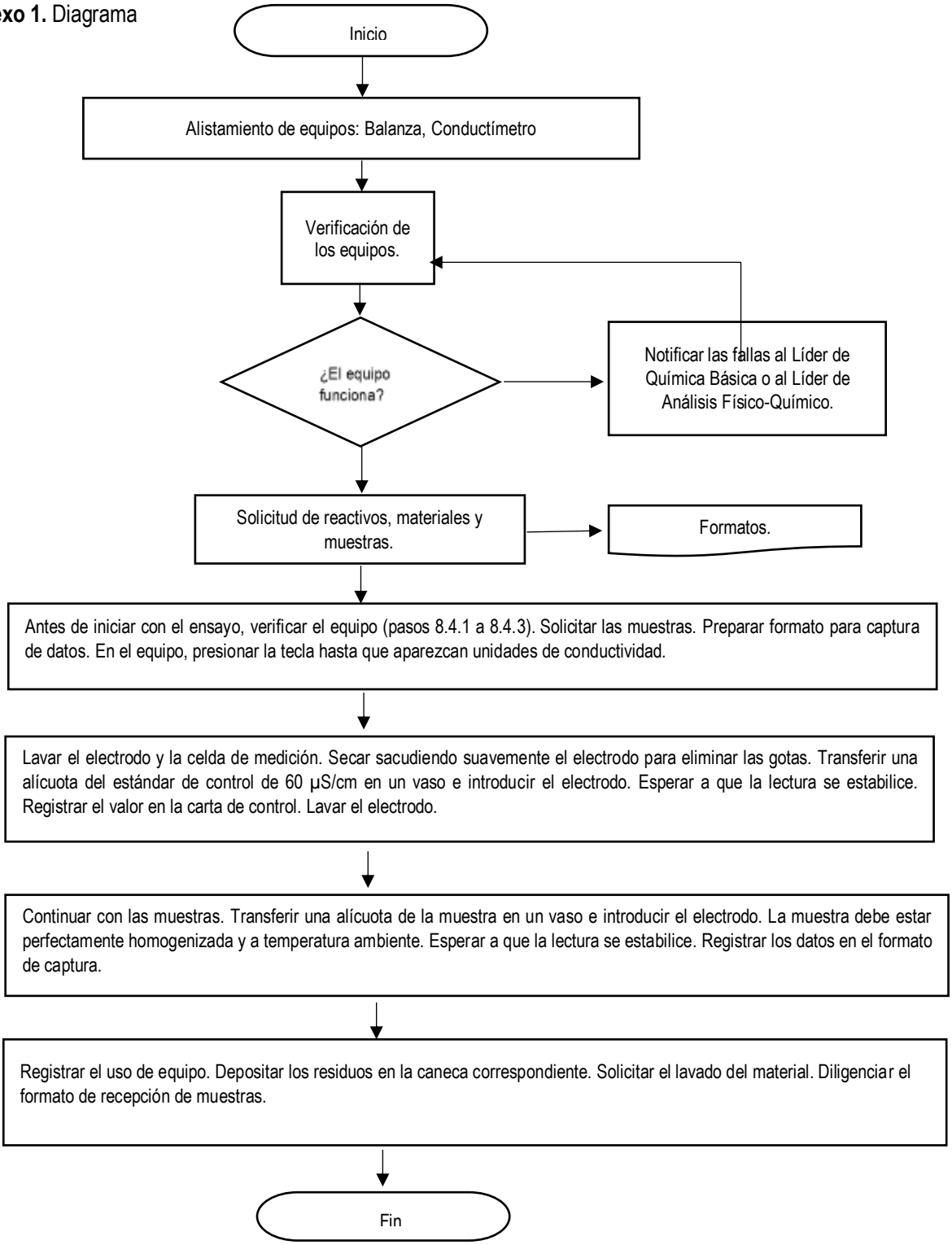
Ver anexo 1

10. DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 2510 B. 23ed, New York, 2017.

11. HISTORIAL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
01	14/12/2017	Creación del documento con base a la nueva estructura del SGI
02	10/04/2019	Actualización con la versión 23 del Standard Methods
03	21/10/2020	Nueva versión producto de la actualización de la documentación del Sistema Integrado de Gestión.

ELABORO:	REVISO:	APROBO:
Liliana Caicedo González Contratista Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental	**Carlos Martín Velásquez Ramírez** Contratista Líder Técnico Grupo Laboratorio de Calidad Ambiental	**Nelson Omar Vargas Martínez** Subdirector de Hidrología

Anexo 1. Diagrama