

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

1. Objetivo

Establecer la metodología para la determinación de dureza total en agua, por el método titrimétrico SM 2340 C.

2. Alcance

Este método es aplicable a agua potable, aguas superficiales y agua residual doméstica e industriales. Esta técnica se aplica en el Laboratorio de Calidad Ambiental para el recurso hídrico superficial; los rangos de aplicación son: 3.0 mg CaCO₃/L a 1000 mg CaCO₃/L.

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

Tabla 1. Parámetros de confirmación del método

CUADRO PARÁMETROS DE CONFIRMACIÓN DEL MÉTODO			
CÓDIGO DEL INSTRUCTIVO DE ENSAYO: SLC-I031			
FECHA DE INFORME DE ESTANDARIZACIÓN: 29-10-2018			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIÓN
LÍMITE DE DETECCIÓN	3.0	mg CaCO ₃ /L	Corresponde al límite de cuantificación
PRECISIÓN EN TREMINOS DE % CV	0.94	%	Nivel de concentración bajo STD Eb 6.0 mg CaCO ₃ /L
	1.81	%	Nivel de concentración bajo STD Em 500 mg CaCO ₃ /L
	0.65	%	Nivel de concentración alto STD Ea 900 mg CaCO ₃ /L
	2.47	%	Nivel de concentración bajo STD 6.0 mg CaCO ₃ /L

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

CUADRO PARÁMETROS DE CONFIRMACIÓN DEL MÉTODO			
CÓDIGO DEL INSTRUCTIVO DE ENSAYO: SLC-I031			
FECHA DE INFORME DE ESTANDARIZACIÓN: 29-10-2018			
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	OBSERVACIÓN
EXACTITUD EXPRESADO COMO % DE ERROR RELATIVO	5.20	%	Nivel de concentración media STD 500 mg CaCO ₃ /L
	0.23	%	Nivel de concentración alto STD 900 mg CaCO ₃ /L
RANGO DE TRABAJO (Lectura Directa)	3.0- 1000	mg CaCO ₃ /L	Sin dilución de la muestra
INTERVALO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO	3.0- 1000	mg CaCO ₃ /L	Con la mayor dilución posible o aceptable
RECUPERACIÓN EXPRESADO COMO %	N.A	N.A	N.A
INCERTIDUMBRE %	2.17	95.45 %	Nivel de concentración bajo STD Eb 6.0 mg CaCO ₃ /L

Fuente: Propia

3. Definiciones

- **SM:** Estándar Método.
- **EDTA:** ácido etilendiaminotetradiacético y sus sales de sodio.
- **Titulación:** método de análisis químico utilizado para determinar la concentración desconocida de un reactivo a partir de un reactivo con concentración conocida.

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

- **Dureza Total:** se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambas expresadas como carbonato de calcio, en miligramos por litro.
- **Blanco de Reactivos o Blanco de Método (MB):** agua ultra pura que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos solventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra.
- **Blanco Fortificado de Laboratorio (LFB):** es una muestra de agua de reactivo a la que se ha añadido una concentración conocida del analito de interés. Se utiliza para evaluar el desempeño de laboratorio, y la recuperación del analito en una matriz en blanco.
- **Muestra (M):** cada sistema físico que sea sometido a la metodología de análisis.
- **Duplicado de muestra:** es otra alícuota de la misma muestra, tomada cuando la muestra ha sido homogenizada convenientemente. Seleccione aleatoriamente muestras de rutina para ser analizadas dos veces. Independientemente prepare y analice muestras duplicadas. Incluya al menos un duplicado para cada tipo de matriz diariamente o con cada lote de 20 muestras o menos.
- **Blanco fortificado (LFB):** es una muestra de agua de reactivo a la que se ha añadido una concentración conocida del analito de interés. Se utiliza para evaluar el desempeño de laboratorio, y la recuperación del analito en una matriz en blanco. (El LFB son los estándares de control de la técnica).
- **Límite de Detección del Método (LDM):** concentración de analito que, cuando se procesa a través del método completo, produce una señal con una probabilidad del 99% de ser diferente del blanco.

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

- **Límite de Cuantificación (LCM):** Es la concentración de analito que produce una señal suficientemente más fuerte que el blanco, de modo que se puede detectar con un nivel específico de confiabilidad durante las operaciones de rutina
- **Intervalo o rango de Lectura:** corresponde al intervalo de concentraciones de un analito para el cual se ha estandarizado el método en este laboratorio.

4. Siglas

- **SM:** Estándar Método.
- **EDTA:** ácido etilendiaminotetradiacético y sus sales de sodio.
- **MB:** Blanco de Reactivos o Blanco de Método
- **LFB:** Blanco Fortificado de Laboratorio
- **M:** muestra
- **LFB:** Blanco fortificado
- **LDM:** Límite de Detección del Método
- **LCM:** Límite de Cuantificación

5. Documentos relacionados en el SGI

- SLC-F012 Formato captura de datos
- SLC-F007 Formato control diario del manejo de equipos
- SLC-F055 Carta control de exactitud
- SLC-F056 Carta control de precisión – duplicados

6. Desarrollo de la actividad

6.1. Aspectos de salud y seguridad laboral

Antes de iniciar el análisis químico, revisar el Manual del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y las hojas de Seguridad de los reactivos.

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

Utilizar los implementos de seguridad, en la preparación de reactivos. En esta técnica son: bata, pantalón, zapatos antideslizantes, gafas de seguridad, máscara con filtro para vapores ácidos 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.

6.2. Equipos, reactivos y materiales

6.2.1. Equipos

- Balanza analítica de cuatro cifras decimales.
- Electrodo pH.
- Bureta digital
- Agitador magnético
- Plancha de calentamiento.
- Ultrasonido

6.2.2. Verificación de Equipos

Antes de operar los equipos verificar que se encuentran en óptimas condiciones siguiendo los instructivos de manejo de equipos y realizando las verificaciones indicadas al respecto como lo indica el instructivo de cada equipo. Diligencie el formato de control diario de manejo del equipo.

6.2.3. Reactivos

- Agua ultra pura (UP).
- Ácido nítrico, HNO_3 , 1:1.
- Solución tampón: disuelva 1.179 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacéticodihidrato (grado de reactivo analítico) y 644 mg de cloruro magnésico ($\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) en 50 mL de agua destilada. Agregar esta solución a 16.9 g de NH_4Cl y 143 mL de NH_4OH conc. Diluya hasta 250 mL

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

con agua destilada. Conserve esta solución en un recipiente plástico o de vidrio borosilicato, durante un período no superior a un mes. Tape herméticamente para evitar pérdidas de amoníaco (NH_3) o captura de dióxido de carbono (CO_2). Cuando se añadan 1 ó 2 mL del tampón a la muestra y no haya un cambio de pH hasta 10.0, esta debe descartarse.

- Inhibidor I: ajustar las muestras con ácido hasta pH 6 o más con tampón de NaOH 0.1N. Agregue 250 mg de cianuro de sodio (NaCN) en polvo. Agregue suficiente buffer para ajustar a pH 10.0 ± 0.1 . (PRECAUCIÓN: El NaCN es extremadamente venenoso. Tome precauciones adicionales cuando lo esté manipulando. Deseche las soluciones que contienen este inhibidor de acuerdo con lo establecido en el Instructivo de Disposición Final de Residuos. Se debe tener especial cuidado con estas soluciones, ya que, si entran en contacto con ácidos, pueden liberar vapores de cianuro de hidrógeno el cual es venenoso).
- Inhibidor II: disolver 5,0 g de sulfuro de sodio nonahidrato ($\text{Na}_2\text{S}_9\text{H}_2\text{O}$) o 3.7 g de $\text{Na}_2\text{S}_5\text{H}_2\text{O}$ en 100 mL de agua destilada. Descarte el aire con un tapón de goma bien ajustado. Este inhibidor se deteriora por la oxidación del aire. Produce un precipitado de sulfuro, que oscurece el punto final cuando las concentraciones de metales pesados son apreciables. Use 1 mL en la valoración de la muestra.
- Indicador Negro de Eriocromo T (NET): sal sódica del ácido 1-(1-hidroxi-2-naftilazo)-ácido 5-nitro-2-naftol-4-sulfónico, N° 203 en el índice del color. Disuelva 0.5 g del colorante en 100 mL de 2,2,2-nitrilotriietanol (también llamado trietanolamina) o 2-metoximetanol (también llamado etilenglicol). Agregue 2 gotas por cada 50 mL de solución para valorar. Utilice la cantidad de indicador que proporcione un punto final claro.
- Titulante EDTA 0,01 M: pese 3,723 g de etilendiaminotetracetatodisódicodihidrato, grado de reactivo analítico,

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

también llamado sal disódica del ácido tetraacético (EDTA), disolver en agua destilada, pasar a un balón y aforar hasta 1000 mL. Estandarizar contra la solución estándar de calcio. (El titulante extrae cationes productores de dureza de los recipientes de vidrio blando, por lo que debe conservarse en frascos de polietileno (preferible) o de vidrio boro silicato).

- Solución de calcio estándar: pesa 1.000 g de CaCO_3 anhidro polvo (estándar primario o reactivo especial bajo en metales pesados, álcalis y magnesio) vierta en un erlenmeyer de 500 mL. Agregué poco a poco HCl 1:1 hasta que todo CaCO_3 se disuelva. Agregar 200 mL de agua destilada, coloque el Erlenmeyer en el ultrasonido, elija la opción SETDEGAS y actívelo durante 4 minutos para expulsar CO_2 . Agregar unas gotas de indicador rojo de metilo y ajustarla color naranja intermedio añadiendo NH_4OH o 1:1 HCl, según sea necesario. Transfiera cuantitativamente y afore hasta 1000 mL con agua destilada. 1 mL = 1,00 mg de CaCO_3 .

6.2.3.1. Preparación de estándares de control

Los estándares de control se preparan a partir de la solución de calcio estándar (concentración 1000 mg CaCO_3/L). Como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 2. Preparación de estándares de control.

Concentración estándar (mg CaCO_3/L)	Vol. alícuota sln partida (mL)	concentración sln de partida (mg CaCO_3/L)	Volumen final (mL)
50	10	1000	200
500	25	1000	100

Fuente: Propia

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

VALORACION: Tome 5 mL de la solución estándar de calcio 0.01 M, adicione agua hasta aproximadamente 50 mL y proceda como se indica en el numeral 6.5.4. El volumen obtenido permite calcular la molaridad del EDTA. (Ver 6.5.5. Cálculos y resultados)

6.2.4. Materiales

- Micro-espátula metálica.
- Erlemeyer de 125 mL
- Balones aforados de 1L Clase A.
- Balones aforados de 100 mL, 200 mL. Clase A o Clase B.
- Pipetas graduadas de 1mL, Clase B.
- Pipetas aforadas de 5mL, 10 mL, 25 mL.
- Probetas de 50 mL, 100 mL.
- Cápsulas de porcelana
- Barra recubierta de TFE y agitadores magnéticos.
- Pipeta pasteur.
- Papel indicador

6.3. Limitaciones e interferencias

Cuando el punto final no es claro, tome una alícuota menor o realice una titulación preliminar. Es conveniente establecer un volumen aproximado, sobre otra alícuota y adicione a la muestra agua ultra pura hasta más o menos un 90 % del volumen establecido antes de adicionar el tampón y el indicador, continuar con la adición del titulante hasta el punto final.

Algunos iones metálicos interfieren produciendo puntos finales débiles o poco claros, provocando un consumo superior de EDTA. Reduzca estas interferencias añadiendo los inhibidores I y II, antes de la titulación.

Cuando existen concentraciones muy altas de metales pesados, el calcio y magnesio se determinan por el método titrimétrico SM 3500-Ca y 3500 Mg respectivamente y la dureza total se obtiene mediante cálculo.

Las materias orgánicas coloidales o en suspensión también pueden interferir en el punto final de la titulación con EDTA. Elimine esta interferencia mediante digestión de 50 mL de la muestra con 2 mL HNO₃ casi hasta sequedad, filtre y lleve a volumen con agua ultra pura.

En muestras con matriz compleja (alto contenido de sólidos, color alto, entre otros) evapore la muestra por secado en baño maría, luego caliente en una mufla a 550°C hasta que se produzca la oxidación completa de la materia orgánica. Enfríe a temperatura ambiente, adicione 20 mL de HCl 1N para diluir el residuo. Neutralice a pH 7 con NaOH 1N y complete volumen hasta 50 mL con agua destilada. Continúe con el procedimiento como lo indica el numeral 6.5.4.

En la Tabla de Concentraciones máximas de interferencias permisibles con varios inhibidores, se muestran las diferentes sustancias que causan interferencias y como se pueden manejar.

Tabla 3. Concentraciones máximas de interferencias permisible con varios Inhibidores (para muestras de 25 mL diluidas a 50 mL)

Sustancias que causan interferencia	Max. interferencia concentración mg/L	
	INHIBIDOR I	INHIBIDOR II
ALUMINIO	20	20
BARIO	+	+
CADMINO	+	20
COBALTO	ENCIMA 20	0,3
COBRE	ENCIMA 20	30

Sustancias que causan interferencia	Max. interferencia concentración mg/L	
	INHIBIDOR I	INHIBIDOR II
HIERRO	ENCIMA 30	5
MAGNECIO (Mn +2)	+	1
NIQUEL	ENCIMA 20	0,3
ESTRONCIO	+	+
ZINC	+	200
POLIFOSFATO		10

Fuente. Propia

Por presencia de estroncio o bario se presentan falsos positivos. Cuando el punto final es indistinguible, puede ser por una alcalinidad superior a 300 mg /L. para mitigar este efecto se deben tomar alícuotas menores para su respectivo análisis. La temperatura de la muestra puede interferir en la descomposición del indicador o en el tiempo de obtención del punto final. Trabaje con muestras a temperatura ambiente.

El pH por encima de 11 puede producir la precipitación del CaCO_3 ; aunque el titulante disuelve lentamente estos precipitados, el punto final no es confiable. El tiempo estimado para realizar la titulación después de adicionar el Buffer de pH es de cinco minutos, esto reduce al mínimo la tendencia a la precipitación del CaCO_3 .

6.4. Control y aseguramiento metrológico o 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 4. Control de Calidad método 2340C

Calibración o estandarización	Muestra control (QCS)	Blanco del método (MB)	Blanco fortificado en laboratorio (LFB)	Duplicado	Matriz fortificada en laboratorio (LFM)
X	X	X	X	X	-

Fuente. Tomado del SM tabla 2020 I y II. (Consulte 2020B del SM para más requisitos de control de calidad).

Para los controles analíticos es importante tener en cuenta:

- Utilizar el material de vidrio al cual se le ha realizado el control de calidad.
- Verificar el funcionamiento de la bureta digital
- Efectuar el análisis dentro del tiempo estipulado, asegurando la confiabilidad del resultado.
- Verificar los estándares de control establecidos para el método (50 y 500 mgCaCO₃/L). Confirme si el resultado analítico está dentro o fuera de los límites de control establecidos en las cartas control. Si estos no cumplen se debe revisar el estándar primario, los reactivos y material utilizado. El análisis solo se puede reanudar cuando se corrija el problema.
- Realizar duplicado de una muestra al azar por cada lote de 20 o menos muestras. El porcentaje de la diferencia relativa (RPD) entre los duplicados no debe ser mayor al 10% si esto sucede, repetir el análisis. Registrar los valores obtenidos en carta de control.
- Se debe medir un blanco fortificado (LFB) por cada lote de 20 o menos muestras (estándares de control).

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

- Dos veces al año leer muestras externas de concentración desconocida.
- Los resultados deben ser reportados en el formato correspondiente a captura de datos de volumetría, y debe ser entregado al líder del grupo de análisis fisicoquímicos.

6.5. Desarrollo

6.5.1. Principio del método.

La dureza total es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambas expresadas como carbonato de calcio, en miligramos por litro. Cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de carbonatos y bicarbonatos, esa cantidad de dureza equivalente a la alcalinidad total, llamada también "dureza de carbonato"; la cantidad de dureza en exceso de esto se llama "dureza no carbonatada". Cuando la dureza es numéricamente igual o menor que la suma de la alcalinidad, toda la dureza es dureza de carbonato y la dureza no carbonatada está ausente. La dureza puede variar de cero a cientos de miligramos por litro, dependiendo de la fuente y el tratamiento al que el agua ha sido sometida.

El ácido etilendiaminotetraacético y su sodio sales (EDTA), forman un complejo soluble quelado cuando es agregado a una solución de ciertos cationes metálicos. Si una pequeña cantidad de un tinte como Negro de EriochromeT, se agrega a una solución acuosa que contiene iones de calcio y magnesio a pH de 10.0 ± 0.1 , la solución se vuelve color rojo vino. Si EDTA es agregado como valorante, el calcio y el magnesio forman un complejo y cuando todo el magnesio y el calcio han formado el complejo, la solución cambia de color rojo vino a azul, marcando el punto final de la titulación. El ion magnesio debe estar presente para producir un punto final satisfactorio. Para asegurar esto, una pequeña cantidad de sal de magnesio y una cantidad de EDTA se agrega al buffer; esto automáticamente introduce suficiente magnesio y obvia la necesidad de una

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

corrección en blanco. La nitidez del punto final aumenta al aumentar el pH. Sin embargo, el pH no se puede aumentar indefinidamente debido al peligro de precipitar carbonato de calcio (CaCO_3) o hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), y porque el tinte cambia de color en altos valores de pH. El pH especificado de 10.0 ± 0.1 es satisfactorio. Se establece un límite de 5 minutos para la duración de la titulación y así minimizar la tendencia a la precipitación de CaCO_3 .

6.5.2. Toma y preservación de las muestras.

Para la determinación de dureza las muestras deben guardarse en recipientes de plástico (polietileno o equivalentes) ó de vidrio, debidamente lavados y enjuagados con HNO_3 1:1 y secado en estufa. El volumen mínimo de recolección para este tipo de muestras debe ser de 500 mL. El tipo de muestra puede ser simple (o puntual), o compuesta.

La preservación de la muestra se hace agregando HNO_3 o H_2SO_4 hasta un $\text{pH} < 2$. Está preservación debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección.

En el caso de muestreos compuestos cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a 4°C hasta que se complete la composición. Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. El almacenamiento máximo recomendado para estas muestras es de 6 meses. Mantenga la muestra refrigerada a 4°C . En el momento del análisis se debe dejar llevar la muestra hasta temperatura ambiente.

6.5.3. Limpieza de vidriería y material de campo

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

Utilice únicamente el material de vidrio aprobado en el control de calidad, para el lavado de material de vidrio se debe seguir el Instructivo para el lavado de material.

6.5.4. Ejecución de la técnica.

6.5.4.1. Acondicionamiento del equipo.

Prenda la bureta digital la cual debe tener la botella con solución de EDTA 0.01 M, realice varias recirculaciones y verifique que el embolo quede sin burbujas. Entre muestras borre la lectura y llene el embolo.

6.5.4.2. Lectura de la muestra.

Las muestras de aguas contaminadas y aguas residuales, se les realiza un pretratamiento con el uso de ácido nítrico-ácido sulfúrico o ácido nítrico-digestión con ácido perclórico.

Titulación de la muestra:

- Seleccione un volumen de muestra que requiera menos de 15mLy más de 2 mL de reactivo EDTA, realice la titulación en cinco minutos, medidos a partir del momento de la adición del tampón. Mida una alícuota conveniente demuestra de acuerdo con el contenido aproximado de dureza, así:
- 100 o 200 mL para muestras con contenidos menores a 5 mg/L.
- 50 mL para muestras con contenidos entre 5 y 10 mg/L.
- 25 mL para muestras con contenidos entre 10 y 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un Erlenmeyer o capsula de porcelana.
- 10 o 5 mL para muestras con contenidos superiores a 500 mg/L, diluya hasta alrededor de 50 mL con agua UP en un Erlenmeyer o cápsula de porcelana.

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

- Adicionar entre uno y dos mililitros de solución tampón. Por lo general, 1ml será suficiente para dar un pH de 10.0 ± 0.1 . Se debe verificar el pH con pH metro La ausencia de un cambio de color de punto final neto en la titulación suele significar la necesidad de añadir un inhibidor en este punto, (ver numeral 6 para limitaciones e interferencias) o que el indicador se ha deteriorado.
- Adicionar una gota de solución indicadora NET o una cantidad adecuada del reactivo en polvo seco (0.1 a 0.2 g). La solución se vuelve color rojo vino poco a poco, adicione titulante EDTA estándar, agitando continuamente, hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. Adicione las últimas gotas con intervalos de 3 - 5 segundos. En el punto final, la solución suele ser azul.
- Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día, ya que las lámparas de incandescencia tienden a producir un matiz rojizo en el azul de punto final.
- Cuando tome un volumen igual o mayor a 100 adicione cantidades proporcionales de tampón, inhibidor e indicador. Adicione lentamente titulante EDTA por medio de la bureta y realice un blanco, utilizando agua UP del mismo volumen que la muestra, a la que se le adicionan idénticas cantidades de tampón, inhibidor e indicador.
- Registrar el volumen gastado para la titulación que aparece en el display de la bureta digital en el formato de captura de datos de volumetría SLC-F012, diligenciar todos los datos para cada muestra. Registrar el resultado con tres cifras significativas.

6.5.5. Cálculos y resultados.

- Para la valoración del EDTA:

$$[M_{EDTA}] = \frac{V_{CaCO_3} \times M_{CaCO_3}}{V_{EDTA}}$$

Donde:

M_{EDTA} : Molaridad de EDTA, mol/L.

V_{EDTA} : Volumen de titulante (EDTA), mL.

M_{CaCO_3} : Molaridad del $CaCO_3$, (0.01 mol/L).

V_{CaCO_3} : Alícuota de $CaCO_3$ usado, (5 mL).

- Para calcular la Dureza Total:

$$[Dureza(EDTA) \text{ mg } CaCO_3/L] = \frac{A \times B \times 1000}{mL \text{ MUESTRA}}$$

A: mL de titulante por muestras.

B: mg $CaCO_3$ equivalentes a 1.00 mL de EDTA titulante.

- En la mayor parte de las aguas se considera que la dureza total es aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio, es decir:

$$[Dureza \text{ total}], \text{ mg } CaCO_3/L = Dureza \text{ por Ca} + Dureza \text{ por Mg}$$

- Dureza carbonácea. En aguas naturales, los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad; por tanto, la parte de la dureza total es químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua. Esta es considerada como la dureza carbonácea, es decir:

$$Alcalinidad \text{ (mg/L)} = Dureza \text{ de Carbonaea (mg/L)}$$

- Pueden presentarse dos casos relacionados con la Alcalinidad:

- Cuando la Alcalinidad es menor que la Dureza Total:

$$\text{Dureza de Carbonacea (mg/L)} = \text{Alcalinidad (mg/L)}$$

- Cuando la Alcalinidad es mayor o igual a la Dureza Total:

$$\text{Dureza de Carbonacea} = \text{Dureza Total, (mg CaCO}_3\text{)}$$

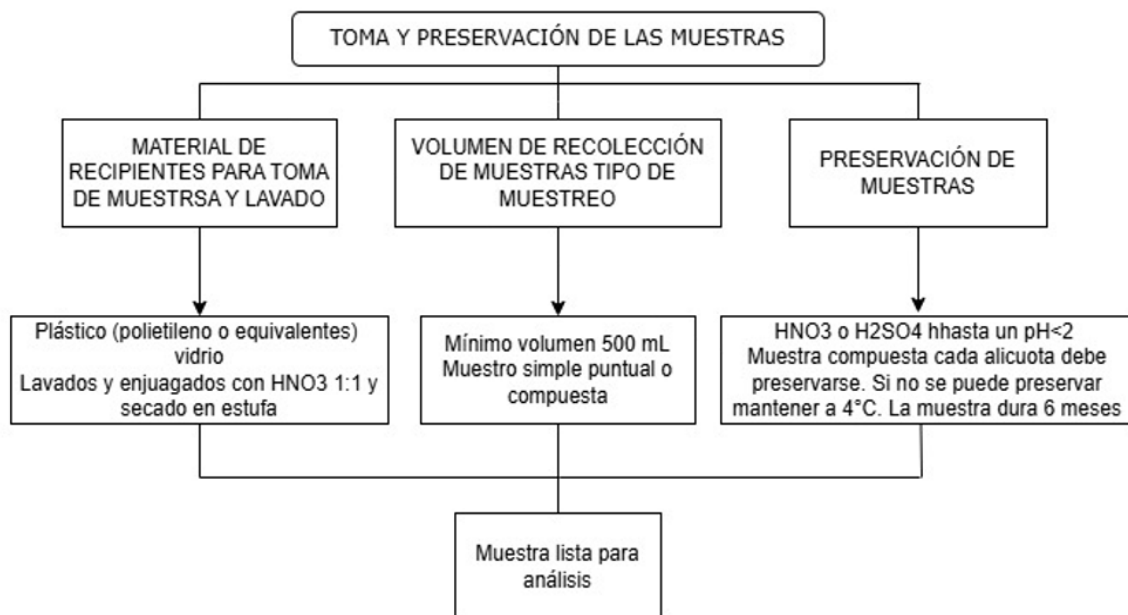
- La Dureza carbonácea, se define también como “Dureza Temporal” o “no permanente” porque desaparece cuando se hierve el agua.
- La Dureza no carbonácea se define como, toda Dureza que no está químicamente relacionada con los bicarbonatos, es decir:

$$\text{Dureza No Carbonacea} = \text{Dureza Total, (mg CaCO}_3\text{)} - \text{Alcalinidad (mg/L)}$$

La Dureza no carbonácea incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio.

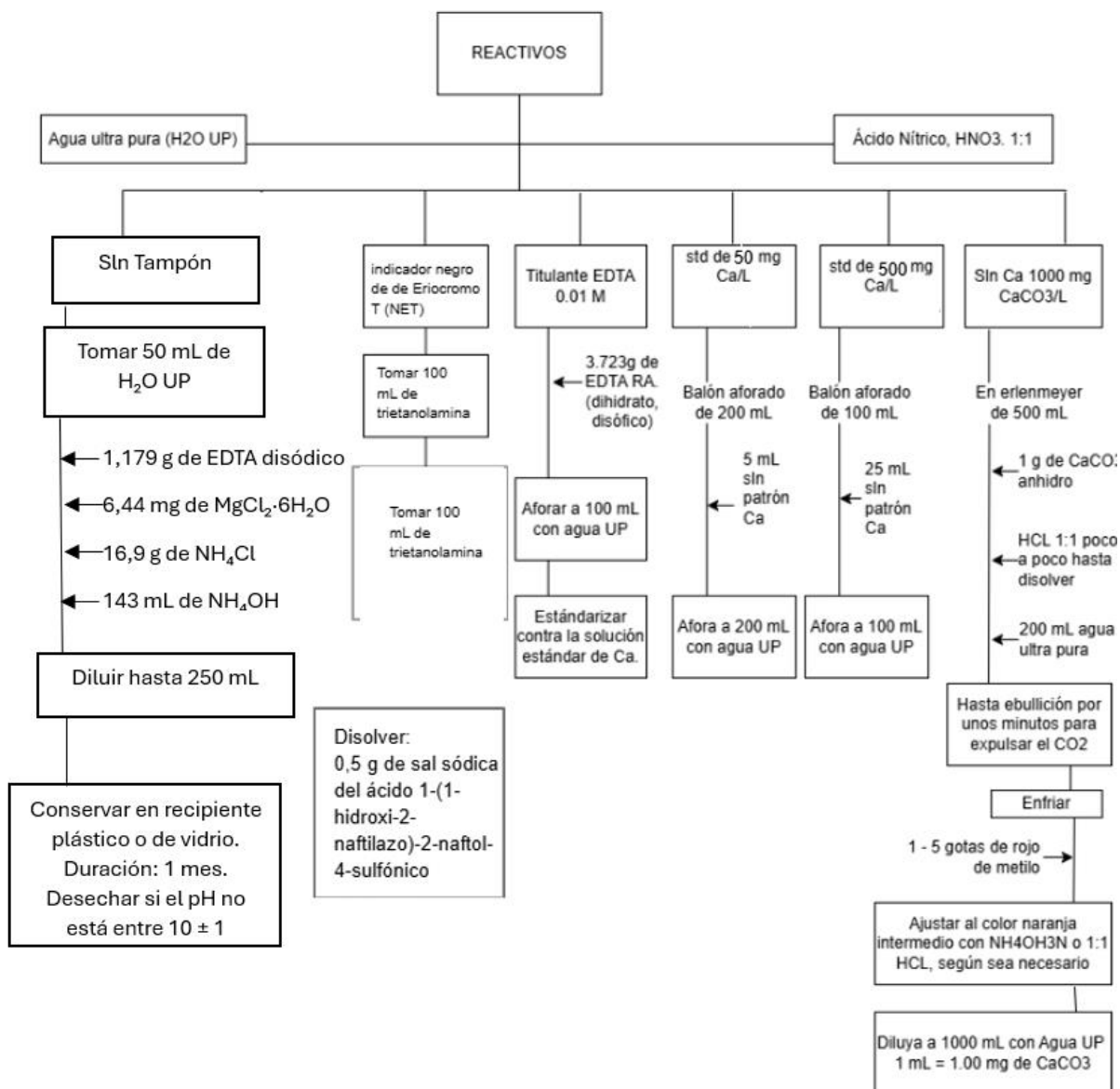
6.5.6. Diagramas

Diagrama 1. Toma y preservación de muestras



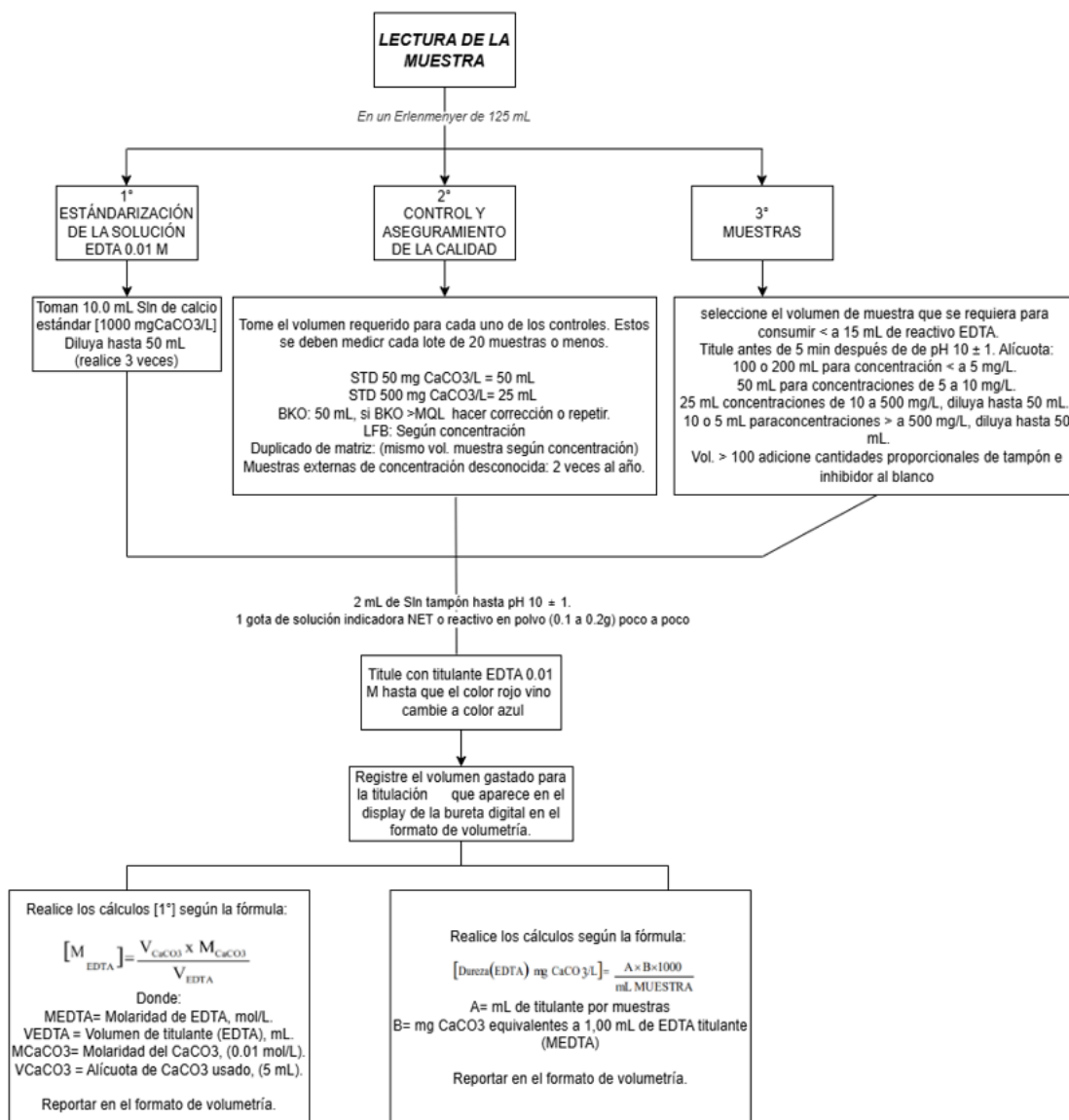
Fuente: Propia. 2025

Diagrama 2. Reactivos empleados



Fuente: Propia. 2025

Diagrama 3. Lectura de la muestra



Fuente: Propia. 2025

6.6. Documentos de referencia

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 Rd. Edition. American Public Health Association. Washington, DC. 2017. SM 2340 C EDTA METODO TITRIMETRICO.

	Servicios del Laboratorio de Calidad Instructivo determinación de dureza	Código: SLC-I031 Versión: 06 Fecha: 18/02/2026
---	---	--

- RODIER, J. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega, 1981.
- AYRES, Gilbert. Análisis químico cuantitativo. 2 ed. México: Harla, 1970.
- ROJAS, J.A. Calidad del agua. Bogotá: Escuela de Ingeniería, 2002.

7. Control de cambios

Versión	Fecha	Descripción
01	10/12/2017	Actualización método
02	22/03/2019	Revisión frente al Standard Methods edición 23. Diana Carolina Rosas Wanumen
03	26/03/2020	Actualización de definiciones (3), corrección numeración punto 8,5 e inclusión de formatos en el numeral 8,5, complemento del ítem 6.1 Condiciones ambientales, cambio de aprobó de subdirector de Hidrología por coordinador del Laboratorio. Daniel Ignacio Mendoza Velásquez.
04	21/10/2020	Nueva versión producto de la actualización de la documentación del Sistema Integrado de Gestión.
05	03/07/2025	Se actualiza el Formato de acuerdo con el memorando enviado por la OAP memorando 20251100097283 lineamientos para la actualización documental en el marco de la implementación del aplicativo suite visión. El código pasa de M-S-LC-I031 a SLC-I031.
06	18/02/2026	Actualización a la nueva plantilla de acuerdo con los lineamientos de la OAP