



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“UNIDAD DE SALUD AMBIENTAL – RED DE SALUD– DIRESA  
PUNO: LABORATORIO REFERENCIAL DE ANALISIS DE  
AGUA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**DAYSI DENISSE CAHUANA COAQUIRA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO - PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A Dios, por estar a mi lado en todo momento e impulsarme cada día a ser mejor persona y profesional.*

*A mi padre Rogel por darme la vida; A mi madre Celia, por ser el mejor ejemplo de madre, por el amor incondicional, la comprensión y las enseñanzas que me brinda.*

*A mis hermanos Judith, Roger, Hassan y Vanessa, por el apoyo incondicional y aliento para seguir adelante enfocada en los objetivos.*

*A mi esposo Nilvar y mis dos hijos Mackenzie y Timoshenko, por ser la inspiración que impulsa mi vida y conocer la forma de amor más sublime.*

***Daysi Denisse CAHUANA COAQUIRA***



## AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia por estar a mi lado en todo momento e impulsarme cada día a ser mejor persona y profesional.

A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano – Facultad de Ingeniería Química, por los conocimientos impartidos.

A la Unidad de salud Ambientas de la Red de Salud - DIRESA Puno por darme la oportunidad de laborar en su Institución.

A los miembros del jurado por sus acertadas observaciones y sugerencias, por el apoyo brindado para la ejecución y término de este trabajo.



## INDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

**RESUMEN ..... 9**

**ABSTRACT..... 10**

### **CAPITULO I**

#### **INTRODUCCION**

**1.1. OBJETIVO GENERAL..... 13**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 13**

### **CAPITULO II**

#### **REVISION DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEORICO ..... 14**

2.1.1. Aspectos generales del agua ..... 14

2.1.2. Aspectos físicos ..... 14

2.1.3. Aspectos químicos..... 15

2.1.4. Aspectos bacteriológicos. .... 16

2.1.5. Calidad del agua ..... 16

2.1.6. Parámetros en el agua ..... 17

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

**3.1. ANALISIS TITULOMETRICOS ..... 27**

3.1.1. Alcalinidad total..... 27



3.1.2. Gas carbonico libre.....	30
3.1.3. Cloruros. ....	32
3.1.4. Dureza total.....	34
3.1.5. pH .....	37
<b>3.2. ANALISIS COLORIMETRICOS.....</b>	<b>39</b>
3.2.1. Cloruro residual libre .....	39
3.2.2. Color.....	40
3.2.3. Aluminio.....	42
3.2.4. Turbidez. ....	46
3.2.5. Temperatura.....	50
3.2.6. Fluoruros. ....	51
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>SOLUCIONES TEORICAS Y PRACTICAS</b>	
<b>4.1. PREPARACION DE REACTIVOS.....</b>	<b>66</b>
4.1.1. Reactivos para análisis de alcalinidad: .....	66
4.1.2. Reactivos para análisis de CO <sub>2</sub> . ....	68
4.1.3. Reactivos para análisis de cloruros. ....	71
4.1.4. Reactivos para análisis de dureza.....	73
4.1.5. Reactivos para análisis de aluminio.....	75
4.1.6. Reactivos para análisis de fluoruros .....	78
4.1.7. Reactivos para análisis de concentración de Cloro .....	79
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>93</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>



**ANEXOS..... 103**

**TEMA:** Análisis de agua

**LINEA:** Tecnologías ambientales y recursos naturales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 29 de diciembre de 2022



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Conductividad eléctrica en el agua .....	18
<b>Tabla 2.</b>	Preparación de Solución estándar para aluminio .....	46
<b>Tabla 3.</b>	Intervinientes.....	54
<b>Tabla 4.</b>	Recolectas y preservación de muestras para análisis fisicoquímicos .....	56



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama de flujo para determinación de alcalinidad total .....	30
<b>Figura 2:</b> Diagrama de flujo para determinación de gas carbónico libre.....	32
<b>Figura 3:</b> Diagrama de flujo para determinación de cloruros .....	34
<b>Figura 4:</b> Diagrama de flujo para determinación de dureza total .....	37
<b>Figura 5:</b> Diagrama de flujo para determinación de pH .....	39
<b>Figura 6:</b> Prueba para determinación de fluoruros 1 .....	53
<b>Figura 7:</b> Prueba para determinación de fluoruros 2 .....	53
<b>Figura 8:</b> Diagrama de flujo del equipo para destilación .....	54
<b>Figura 9:</b> Prueba para ensayo de coagulación .....	59



## RESUMEN

El informe de trabajo de suficiencia profesional de análisis de aguas se realizó en la Unidad de Salud Ambiental de la Red de Salud Puno en la Dirección Regional de Salud Puno – DIRESA - PUNO Región de Puno. Durante el periodo de junio 2012 a julio 2015, donde el principal objetivo es determinar los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y realizar la toma de muestras, mediciones de campo y laboratorio en aguas de pozo traídas al área de salud ambiental de la Red de Salud Puno de distintos lugares de la Ciudad, la metodología utilizada para este tipo de análisis consiste en tres demostraciones en cada punto a lo largo de tres meses de evaluación. Los resultados obtenidos para parámetros físico-químicos incluyen temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica (S/cm), cloro, pH, sólidos disueltos totales (mg/L) y alcalinidad, llegándose a la conclusión que, de las muestras analizadas de fuentes de agua potable, los parámetros analizados se encuentran dentro de los estándares permisibles. Por ello el presente informe es una guía para el manejo de temas de muestreo y monitoreo de la calidad del agua; siendo un requisito previo fundamental para comprender el tema y comprender las diversas fuentes.

**Palabras Clave:** Análisis, Agua, Fisicoquímico, Salud Ambiental, Bacteriológicos.



## ABSTRACT

The professional sufficiency work report of water analysis was carried out in the Environmental Health Unit of Puno Health Chain in Puno Regional Health Directorate - DIRESA – PUNO, Puno Region. During the period from June 2012 to July 2015, where the main objective is to determine the physicochemical, bacteriological parameters and take samples, field and laboratory measurements in well water brought to the environmental health area of Puno Health Chain from different City parts, the methodology used for this analysis type consists of three demonstrations at each point over three months of evaluation. The results obtained for physical-chemical parameters include temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), electrical conductivity (S/cm), chlorine, pH, total dissolved solids (mg/L) and alkalinity, reaching the conclusion that, of samples analyzed from drinking water sources, the parameters analyzed are within the permissible standards. Thus, this report is a guide for sampling issues management and water quality monitoring; being a fundamental prerequisite to understand the topic and understand the various sources.

**Keywords:** Analysis, Water, Physicochemical, Environmental Health, Bacteriological.



# CAPITULO I

## INTRODUCCION

Sin agua no se puede garantizar la existencia de plantas, animales y humanos (Pagador et al. 2010); muchas de nuestras poblaciones se ven obligadas a beber de fuentes cuya calidad los deja con gran necesidad y provoca una lista interminable de enfermedades en niños y adultos. (DIGESA, 2011).

Según Arrieta Salazar, K. W. (2022), la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos, la radiación, el cambio climático y las acciones irresponsables o inconscientes del ser humano pueden comprometer la calidad del agua. Durante las últimas décadas, esto ha llevado a que el acceso al agua potable se haya convertido en uno de los principales problemas que enfrentan la mayoría de los países del mundo, especialmente aquellos con recursos económicos y naturales limitados. el agua de consumo humano debe cumplir con ciertos estándares de calidad para ser considerada segura y no dañar la salud de los usuarios.

Sin embargo, las mejoras realizadas en los últimos veinte años para mejorar el acceso al agua potable están en riesgo debido a la disminución de la calidad del agua. En los años entre 1990 y 2011, los esfuerzos globales ayudaron a 2100 millones de personas a obtener acceso a mejores fuentes de agua, sin embargo, no todas estas nuevas fuentes son necesariamente seguras. (OMS/UNICEF, 2013).

La calidad de las reservas de agua dulce del mundo está cada vez más en riesgo de contaminación. Aunque existen contaminantes naturales en el agua, las actividades humanas como la defecación al aire libre, el manejo inadecuado de las aguas residuales, la vulneración de derechos, las malas prácticas agrícolas y los derrames de productos



químicos en las zonas industriales están provocando que el agua se contamine cada vez más. Mejía Clara, M. R. (2005).

La contaminación química del agua potable, ya sea por contaminación o por causas naturales, es un problema grave. Solo cuando se combinan el arsénico y el fluoruro, la salud de cientos de millones de personas en todo el mundo se pone en riesgo. Sin embargo, un problema más serio es la contaminación microbiana, particularmente la provocada por las excreciones humanas. Una de las principales causas de la diarrea es la contaminación fecal del agua potable. Todos los días, más de 2000 niños menores de cinco años en todo el mundo mueren a causa de enfermedades diarreicas. Casi el 90% de las muertes infantiles por diarrea están directamente relacionadas con agua contaminada, falta de saneamiento o higiene deficiente. (UNICEF Canadá, 2013).

El análisis de la calidad del agua es una herramienta que se puede utilizar para identificar el agua segura, ya sea de una fuente, un sistema de agua corriente o en el hogar. Se debe monitorear la adecuada gestión de los sistemas de abastecimiento de agua, así como la seguridad del agua potable, la investigación de brotes epidémicos y la validación de procedimientos y medidas preventivas. (Bain et al., 2012).

Sin embargo, para proteger la salud pública es sumamente vital y necesario realizar el análisis de la calidad del agua para determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en aguas de pozo traídas al laboratorio referencial de la Red de salud puno – Diresa Puno; realizar la toma de muestras, mediciones de campo y laboratorio; identificar y conducir análisis de agua de fuentes, traídos a la Unidad de Salud Ambiental.



## **OBJETIVOS FUNCIONALES DEL CENTRO DE TRABAJO**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los parámetros fisicoquímicos en aguas de pozo para consumo traídas al laboratorio referencial de la Red de salud puno – Diresa Puno.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la toma de muestras, mediciones de campo y laboratorio.
- Identificar y conducir análisis de agua de fuentes, traídos a la Unidad de Salud Ambiental.



## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEORICO

##### 2.1.1. Aspectos generales del agua

Cuando se consume a lo largo de la vida, el agua potable no representa un riesgo significativo para la salud, teniendo en cuenta las diversas vulnerabilidades que las personas pueden experimentar en las distintas etapas de sus vidas. Los lactantes y los niños pequeños, las personas discapacitadas o que viven en condiciones insalubres y los ancianos son las personas que corren mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua. El agua potable es apta para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Sin embargo, es posible que se requiera agua de alta calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, así como para ciertos usos farmacéuticos y de producción de alimentos. (OMS, 2006).

##### 2.1.2. Aspectos físicos

El agua no debe tener olores ni sabores desagradables para los consumidores. Los componentes microbiológicos, químicos y físicos del agua pueden cambiar su apariencia, olor y sabor, y el consumidor juzgará su calidad y aceptabilidad con base en estos criterios. Aunque es posible que estas sustancias no tengan un efecto directo sobre la salud, los consumidores pueden creer que se debe evitar el agua muy turbia, con mucho color o con olor o sabor desagradable. En casos extremos, los consumidores pueden evitar beber agua que no sea segura pero aceptable desde un punto de vista estético y, en



cambio, beber agua de otras fuentes que tengan una apariencia más atractiva pero que puedan no ser seguras como resultado de esto. Vázquez, J. (2018).

Los cambios en la apariencia, el olor y el sabor del agua consumida por un sistema en relación con sus propiedades organolépticas habituales pueden indicar cambios en la calidad del agua sin tratar o sin tratar de la fuente o deficiencias en las operaciones de tratamiento, y deben investigarse. (OMS, 2006)

### **2.1.3. Aspectos químicos.**

Los riesgos para la salud asociados con los componentes químicos del agua potable difieren de los asociados con la contaminación microbiana y se relacionan principalmente con la capacidad de los componentes químicos de tener efectos adversos para la salud después de una exposición prolongada. Solo unos pocos componentes químicos del agua pueden causar problemas de salud como resultado de una sola exposición, a menos que haya una contaminación involuntaria masiva de una fuente de suministro de agua potable. Además, la experiencia muestra que, en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua inmoviliza a las personas debido a su sabor, olor o apariencia desagradables. Lecca, E. R. (2013).

En situaciones en las que es poco probable que una exposición breve pueda dañar la salud, a menudo es más efectivo concentrar los recursos disponibles en detectar y eliminar la fuente de contaminación que instalar un costoso sistema de tratamiento de agua para eliminar el componente químico. (OMS, 2006).



#### **2.1.4. Aspectos bacteriológicos.**

Asegurar la pureza microbiológica del agua potable se basa en el uso de varias barreras, desde el punto de captación hasta el consumidor, para evitar contaminar el agua potable o reducirla a niveles no perjudiciales para la salud. La seguridad hídrica se mejora con la instalación de múltiples barreras, como la protección de los recursos hídricos, la correcta selección y aplicación de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tubérculos u otro tipo) para mantener y proteger el agua tratada. calidad. La estrategia preferida es un sistema de gestión que permita la prevención o reducción de la entrada de patógenos en los recursos. (OMS, 2006).

#### **2.1.5. Calidad del agua**

La relevancia de "calidad del agua" es relativo y sólo tiene significado universal cuando se relaciona con el uso del recurso. Esto significa que una fuente de agua suficientemente limpia que permita vivir a los peces puede no ser apta para la natación, y un agua apta para el consumo humano puede ser insuficiente para la industria. (OMS, 2006). Para determinar si un agua es apta para un uso dado, se debe especificar su calidad en relación con el uso previsto. De acuerdo con estos criterios, el agua se contamina cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

Es fundamental señalar que la evaluación de la calidad del agua se realiza utilizando las técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para garantizar que los resultados de estas decisiones sean representativos, se debe dar un peso significativo a los procesos de selección, así como a las unidades y la terminología utilizada. Díaz Gálvez, S. (2014).



Los resultados de los análisis deben realizarse estadísticamente para brindar una interpretación confiable de los datos obtenidos, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etc. El uso de gráficos ayuda a demostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes potenciales de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por lo tanto, a evaluar adecuadamente los recursos hidrológicos. (OMS, 2006).

#### 2.1.6. Parámetros en el agua

Analizar el agua implica comprender los muchos parámetros físicos, biológicos y químicos que se encuentran en ella. El informe actual cubre la medición de parámetros físicos y químicos.

**2.1.6.1. Parámetros físicos:** Dentro de los parámetros físicos tenemos:

➤ **Conductividad eléctrica:** El agua pura se comporta como un aislante eléctrico, y las sustancias que contiene proporcionan al acuoso la capacidad de conducir la corriente eléctrica. El resultado se expresa en microsiemens  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{S cm}^{-1}$ ) después de la electrometría con electrodo conductimétrico. Es una medida indirecta del número de sólidos separados, expresada como  $\text{DE (mg/L)} = 0,80 (\text{S cm}^{-1})$ .

Los especímenes deben ser examinados en el lugar o almacenados en recipientes de polietileno, no de vidrio estándar, en frío (2-4 °C) y oscuridad por un máximo de 24 horas, con la precaución de enfriar a 25 °C antes de la determinación. G. Canedo (2012).



**Tabla 1. Conductividad eléctrica en el agua**

Agua ultrapure	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Max. para agua potable	1055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de mar	56mS/cm
Agua salobre	100mS/cm

**Fuente:** Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031 – 2010 (Perú)

➤ **pH:** Para argumentar que el pH no tiene efectos directos sobre la salud, puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. En general, las aguas naturales (no contaminadas) tienen un pH que oscila entre 5 y 9. Cuando se trata de aguas ácidas, es común agregar un álcali (generalmente, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En ciertos casos, será necesario ajustar el pH del agua tratada hasta que ya no tenga efectos corrosivos o corrosivos. El pH del agua cruda y tratada debe estar entre 5,0 y 9,0, según los expertos. En general, este rango permite controlar sus efectos sobre el comportamiento de otros constituyentes acuosos. El rango de pH para el agua potable ha sido establecido por guías canadienses. Caminati Briceño, A., & Caqui Febre, R. C. (2014).

➤ **Color, olor y sabor:** Estas se conocen como propiedades organolépticas o propiedades que pueden ser determinadas por los sentidos. Aunque no son una medida precisa de los niveles de contaminantes, su presencia es una indicación de que la depuración de un efluente no está funcionando correctamente. Es muy importante en el agua potable debido a la insatisfacción



del consumidor cuando percibe colores, olores o sabores que no están asociados con el "agua pura". Londoño Gaitán, O. P. (2013).

- **Color:** Según, (UNE-EN ISO 7887:1995), no existe una relación directa entre el color y el grado de contaminación porque, cuando se trata de un parámetro que está muy influenciado por la interferencia de otras sustancias coloreadas, es difícil hacer una evaluación absoluta. Dado que muchas sustancias coloreadas se degradan con el tiempo, la determinación del color debe realizarse cuatro horas después de la recolección de la muestra, manteniendo las muestras refrigeradas (2-5 °C) y en la oscuridad. El color se determina visualmente utilizando luz diurna difusa sobre un fondo blanco, o utilizando un espectrofotómetro visible. El color del agua puede ser aparente (como en el agua cruda) o genuino (como en el agua sin sólidos en suspensión).
- **Olor:** Generalmente los olores son causados por sustancias volátiles o gaseosos ( $H_2S$ ,  $NH_3$ , etc.), y se atribuyen a materia orgánica en descomposición o productos químicos utilizados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina diluyendo gradualmente la muestra original con agua inodora ( $T^\circ 40$  °C) hasta que sea indetectable (umbral de percepción), resultando una prueba de reproducibilidad subjetiva y limitada. Las muestras deben almacenarse en vidrio durante un máximo de 6 horas a 2-5 °C.
- **Sabor:** Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su



determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano.

➤ **Turbidez:** La turbidez es causada por partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.). La turbidez es causada por las partículas que componen los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño quedan suspendidas y deterioran en mayor o menor medida la transparencia del agua. La medida de la turbidez se realiza con un turbidímetro o nefelómetro. En general, las unidades utilizadas son Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT). Sánchez Requejo, V. (2018).

➤ **Temperatura:** La temperatura del agua es muy importante en el desarrollo de los múltiples procesos que en ella tienen lugar, ya que un aumento de la temperatura cambia la solubilidad de las sustancias, aumentando la solubilidad de los solubles y disminuyendo la solubilidad de los gases. La actividad biológica se duplica aproximadamente cada diez años (Q10), pero tiene efectos nocivos sobre los organismos ya que supera un cierto valor característico de cada especie viva. Un aumento anormal de la temperatura del agua (por causas no climáticas) suele tener su origen en la vertificación del agua utilizada en los procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina utilizando un termómetro "in situ". Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., & Guallichico, D. (2015).

➤ **Sólidos:** Los residuos que quedan después de evaporar y almacenar una muestra de agua a una temperatura específica se denominan como. Las arenas pueden estar suspendidas o disolviéndose dependiendo de su asociación con el agua, las partículas pueden ser:



- **Disueltas** (hasta un milimicrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor.
- **Formando sistemas coloidales** (1 a 1 000 milimicrómetros), que son las causantes de la turbiedad neta del agua.
- **En forma de partículas suspendidas** (por encima de 1 000 milimicrómetros), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo.

Es importante señalar que las pruebas analíticas utilizadas para determinar las formas de los desechos no determinan sustancias químicas específicas, sino que clasifican sustancias que tienen propiedades físicas comparables y se comportan de manera similar en respuesta a diferentes condiciones ambientales.

- **Sólidos totales:** Corresponde al residuo que queda después de lavar una muestra de agua. Son iguales al total de los residuos en desuso y en suspensión. La cantidad total de agua residual se determina a 103-105 °C.

#### **Equivalencias:**

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

- **Sólidos disueltos o residuos disueltos:** Los solventes filtrables son aquellos que resultan de la evaporación de una muestra previamente filtrada.

Soluciones en solución natural y soluciones en estado coloidal, ni retenidos en filtración, ambos con partículas inferiores y un micrómetro.



- **Sólidos en suspensión:** Corresponden a los solutos presentes en el agua residual, excluyendo los solubles y los solutos en estado coloidal fino.  
Las partículas solitarias en suspensión son aquellas con tamaños de partícula mayores a un micrómetro y son retenidas por un filtro en análisis de laboratorio.
- **Sólidos volátiles y fijos:** Los sólidos volátiles son los que se pierden tras la calcinación a 550 °C, mientras que el resto del material se define como sólidos fijos. La gran mayoría de las sustancias volátiles son de naturaleza orgánica. Los sólidos fijos se relacionan, más exactamente, con materia inorgánica.

**2.1.6.2. Parámetros Bacteriológicos:** Los parámetros bacterianos más importantes en el agua son.

- ✓ Coliformes fecales y totales.
- ✓ Estreptococos fecales.
- ✓ Presencia de *Vibrio* sp.
- ✓ Presencia de *Salmonella* sp.



**2.1.6.3. Parámetros Químicos:** Los principales parámetros químicos que se miden en el laboratorio para determinar la calidad del agua son:

- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza
- ✓ Cloruros
- ✓ Sulfatos

❖ **Alcalinidad:** La alcalinidad del agua es un parámetro que determina su capacidad para neutralizar los efectos de los ácidos sobre ella. Los constituyentes primarios de la alcalinidad son bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. La alcalinidad es causada por minerales en forma de carbonatos y bicarbonatos (por ejemplo,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ), que desplazan el agua cuando entra en contacto con los casquetes sedimentarios, así como por el  $\text{CO}_2$  atmosférico que se disuelve en el agua.

Ácido Carbónico



Bicarbonato



Carbonato



La presencia de alcalinidad en diversas formas es necesaria para evitar cambios bruscos de pH en algunos sistemas de tratamiento de agua, y también es un componente de reacciones químicas en procesos como la coagulación y floculación, así como la precipitación de calcio y magnesio para la remoción de dureza a través del proceso. Cuando se agrega ácido al agua, las reacciones anteriores 1, 2 y 3 cambian de izquierda a derecha,



reduciendo el CO<sub>2</sub> en el agua y cancelando parcialmente los efectos del ácido. Si se agrega un álcali, el ion de hidrógeno producido en las reacciones 2 y 3 reacciona para crear agua con el hidroxilo que se encuentra en el álcali agregado, además de cancelar parcialmente los efectos del álcali, y la alcalinidad del agua actúa como amortiguador o amortiguador contra Cambios bruscos de pH. Quicaña Huayhua, L. K. (2014).

❖ **Dureza:** La presencia de cationes como calcio, magnesio, estroncio, bario, aluminio fierro y otros metales en forma de disueltos sólidos contribuye a la durabilidad del agua. Los más frecuentes son el calcio y el magnesio, por lo que la densidad casi siempre está directamente relacionada con la concentración de estos dos elementos. Desde un punto de vista sanitario, la dureza del agua no tiene relación con la salud, por lo que beber agua con dureza alta o baja es irrelevante. Sin embargo, una dureza excesiva hace que el agua no sea apta para su uso en servicios e industria. Cuando la concentración de calcio y magnesio es alta, la solución se satura y se forma un precipitado de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio, provocando la formación de sarro en equipos y tubérculos y daños irreparables en algunos equipos industriales. Para reducir la dureza a valores apropiados, se utilizan resinas de intercambio iónico, o se utiliza el proceso de precipitación con calcio y magnesio, como se describe más adelante en este informe. Salamanca, E. (2016).

❖ **Cloruros:** Con excepción de las fuentes derivadas de suelos salados o acuíferos influenciados por corrientes marinas, las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones lo suficientemente altas como para afectar el sabor. En general, las principales



causas de la salinidad de las aguas superficiales son los sulfatos y carbonatos más que los cloruros. Sánchez Requejo, V. (2018).

En determinadas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre algunas sales que se encuentran en el agua, así como sobre algunos componentes del cemento, ejerciendo una acción corrosiva y erosiva, especialmente a pH bajo. Debido a sus propiedades químicas ya la alta solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de los cuales son poco prácticos, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

❖ **Sulfatos:** Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y, a menudo, no están presentes en concentraciones que perjudiquen su calidad. Pueden resultar de la oxidación de compuestos de azufre en el agua y, dependiendo del contenido de calcio, pueden dar un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la turbidez del agua y forman la turbidez persistente. El sulfato de magnesio imparte un sabor terroso al agua. Un alto contenido de sulfatos puede dar sabor al agua y puede tener un efecto laxante, especialmente cuando hay magnesio presente. Este efecto es más pronunciado en niños y en aquellos que no están acostumbrados a beber agua en estas condiciones.

Cuando el azufre está presente en altas concentraciones en aguas ácidas, adquiere propiedades corrosivas. Lillo, J. (2003).

La eliminación de sulfato puede ser costosa y requiere métodos complicados, por lo que es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites recomendados. E. A. Urquiaga Cueva (2013).



Debido a sus efectos laxantes, influencia en el sabor y falta de métodos definidos para su eliminación, la OMS recomienda que la concentración máxima permitida en el agua de consumo humano no exceda los 250 mg/L, pero también indica que este valor tiene como objetivo evitar la contaminación acuosa. corrosividad potencial. Los estándares de calidad para agua potable en Per recomiendan un máximo de 250 mg/L. Condori Flores, S. S., & Cordova Huaracha, V. (2020).



## CAPITULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1. ANALISIS TITULOMETRICOS

**3.1.1. ALCALINIDAD TOTAL:** La alcalinidad total del agua viene dada por la suma de varios tipos de alcalinidad, es decir, la concentración de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, expresada en términos de carbonato de calcio. Es posible decir que la alcalinidad mide la capacidad del agua para neutralizar los ácidos.

La medida de la alcalinidad es crítica en todo el proceso de tratamiento del agua ya que la dosificación de los productos químicos utilizados viene determinada por su concentración.

La alcalinidad natural está presente en concentraciones suficientes en las aguas superficiales para reaccionar con el sulfato de aluminio durante los procesos de tratamiento. Cuando la alcalinidad es muy baja o inexistente, es necesario inducir la alcalinidad artificialmente mediante el uso de sustancias alcalinas como cal hidratada o barrilla (carbonato de sodio) para lograr este objetivo.

Cuando la alcalinidad es muy alta, se invierte, acidificando el agua hasta que alcanza una concentración de alcalinidad lo suficientemente alta como para reaccionar con el sulfato de aluminio u otra sustancia utilizada en el tratamiento del agua.



## **METODO DE DETERMINACION:** Titulación con Ácido Sulfúrico.

### **Material necesario:**

- a) Pipeta volumétrica de 50 ml;
- b) frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- c) bureta de 50 ml;
- d) fenolftaleína;
- e) indicador metil-anaranjado;
- f) mezcla indicadora de verde de bromocresol/rojo de metilo;
- g) solución de ácido sulfúrico 0,02 N;
- h) solución de bisulfato de sodio 0,1 N.

### **Técnica:**

- tomar 50 ml de la muestra y ponerla en el Erlenmeyer;
- adicionar 3 gotas de la solución indicadora de verde de bromocresol/rojo de metilo;
- titular con la solución de ácido sulfúrico 0,02 N hasta el cambio de color azul verdoso para rosado;
- anotar el volumen total de  $H_2SO_4$  gasto (V) en ml.

### **Cálculo:**

$$\boxed{\text{Alcalinidad total en mg/L de } CaCO_3 = V \times 20} \dots\dots\dots(1)$$

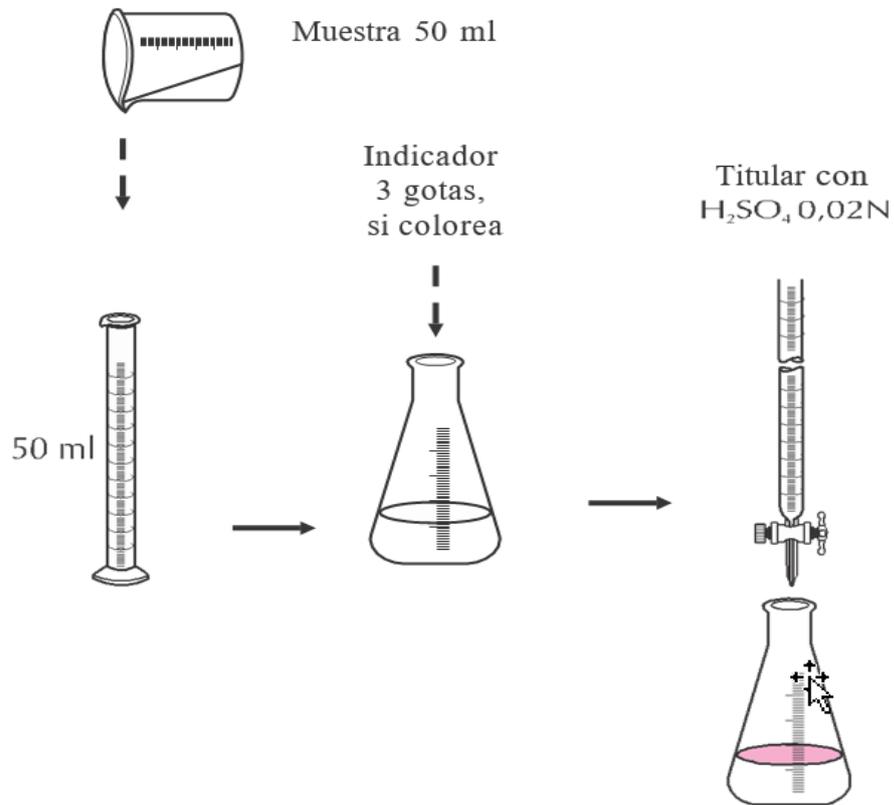
### **Nota:**

1. Usar 0,05 ml (1 gota) de la solución de tiosulfato de sodio 0,1 N, caso la muestra presente cloro residual libre.
2. Utilizar esta técnica en la ausencia de alcalinidad a la fenolftaleína.



3. En caso haya alcalinidad a la fenolftaleína, adicionar, antes de la mezcla indicadora de verde de bromocresol/rojo de metilo, 3 gotas de fenolftaleína y titule con  $H_2SO_4$  0,02N, hasta desaparecer el color rosado que se formó. Enseguida, seguir el paso b) de la técnica.
4. La alcalinidad a la fenolftaleína solo podrá ocurrir si el pH de la muestra es mayor que 8,2.
5. En la imposibilidad de lograr la mezcla indicadora de verde de bromocresol/rojo de metilo, utilizar el indicador de metil-anaranjado. En ese caso, el punto de viraje al paso 3 de la técnica será de amarillo para naranja;
6. El punto de viraje cuando se utiliza el indicador verde de bromocresol/rojo de metilo es más nítido que cuando se utiliza metil-anaranjado.
7. La fórmula anterior es para ser utilizada con una muestra de 50 ml. Cuando se utiliza 100 ml de muestra, el volumen (V) pasará a ser multiplicado por 10.
8. Fc – Factor de corrección de la solución titulante.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS



*Figura 1: Diagrama de flujo para determinación de alcalinidad total*

**3.1.2. GAS CARBONICO LIBRE:** La concentración de gas de carbono libre en las aguas superficiales suele ser inferior a 10 mg/l, aunque las aguas subterráneas pueden tener concentraciones más altas.

El gas carbohidrato que se encuentra en el agua puede contribuir significativamente a la corrosión de estructuras metálicas y materiales a base de cemento (tubos de fibrocemento) en un sistema de suministro de agua. Por lo tanto, su concentración debe ser conocida y controlada.

**METODO DE DETERMINACION:** Titulación con Hidróxido de Sodio.



**Material necesario:**

- a) Bureta de 50 ml;
- b) frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- c) pipeta volumétrica de 100 ml;
- d) tapón de goma;
- e) hidróxido de sodio 0,02N;
- f) fenolftaleína.

**Técnica:**

- tomar 100 ml de muestra (sin agitar) en un Erlenmeyer;
- adicionar 10 gotas de fenolftaleína, si colorea, no contiene CO<sub>2</sub>, si no colorea, proseguir;
- titular con la solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,02 N gota a gota que aparezca leve color rosado persistente al menos por 30 segundos.
- tomar nota del volumen (ml) de NaOH gasto (V).

**Cálculo:**

$V \times 10 \times Fc = \text{mg/L de CO}_2 \text{ libre}$	.....(2)
---	----------

**Dónde:**

Fc = factor de corrección.

Para calcular el CO<sub>2</sub> total, aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{mg/l CO}_2 \text{ total} = A + 0,44(2B + C)$$

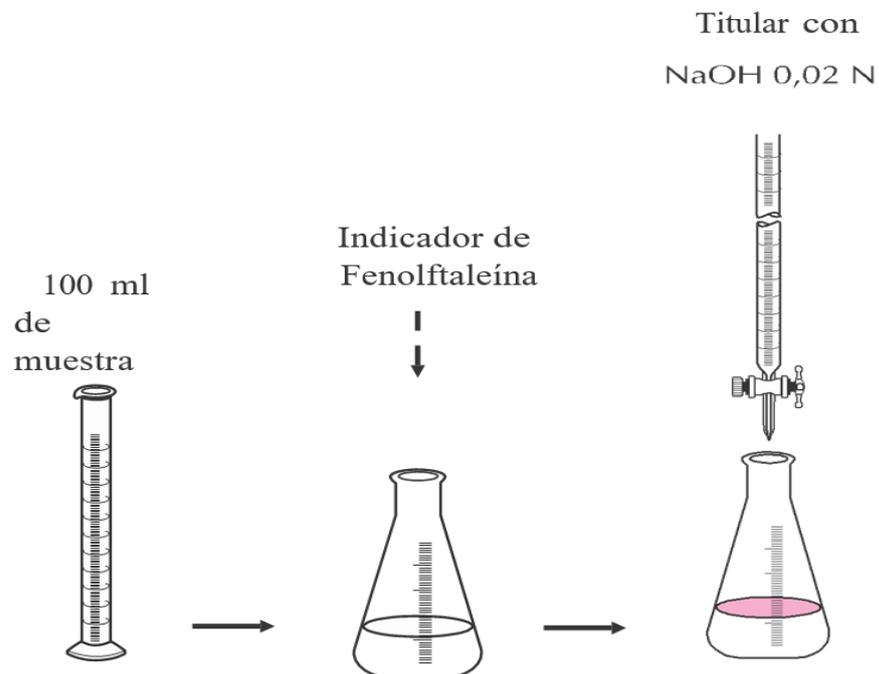
**Donde:**

A = mg/L CO<sub>2</sub> libre

B = Alcalinidad debido a bicarbonato

C = Alcalinidad debido a carbonato

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS



**Figura 2:** Diagrama de flujo para determinación de gas carbónico libre

**3.1.3. CLORUROS:** Los cloruros se encuentran a menudo en el agua cruda y en el agua tratada en concentraciones que van desde unos pocos trazos hasta cientos de miligramos por litro. Se encuentran en forma de cloruro de sodio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio. El Ministerio de Salud establece una concentración máxima permisible de 250 mg/l para el agua potable. Los métodos



convencionales de tratamiento de agua no eliminan el cloro. Es posible moverse mediante ósmosis inversa o electrólisis (intercambio de iones).

**METODO DE DETERMINACION:** Titulación con Nitrato de Plata.

**Material necesario:**

- a) Bureta de 50 ml;
- b) Becker de 250 ml;
- c) frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- d) medidor de pH;
- e) probeta de 100 ml;
- f) solución estándar de nitrato de plata 0,0141N;
- g) solución indicadora de cromato de potasio  $K_2CrO_4$ ;
- h) hidróxido de sodio 1N;
- i) ácido sulfúrico 1N;

**Técnica:**

- poner 100 ml de muestra en el Erlenmeyer;
- ajustar el pH entre 7 y 10, si es necesario, con NaOH o con  $H_2SO_4$ .
- adicionar 1 ml de la solución indicadora de  $K_2CrO_4$
- titular con la solución estándar de nitrato de plata 0,0141 N hasta el viraje para amarillo rojizo, que es el punto final de la titulación;
- hacer un blanco como la muestra.

**Cálculo:**

$$\text{mg/L Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35.45}{\text{mL de la muestra}}$$

.....(3)

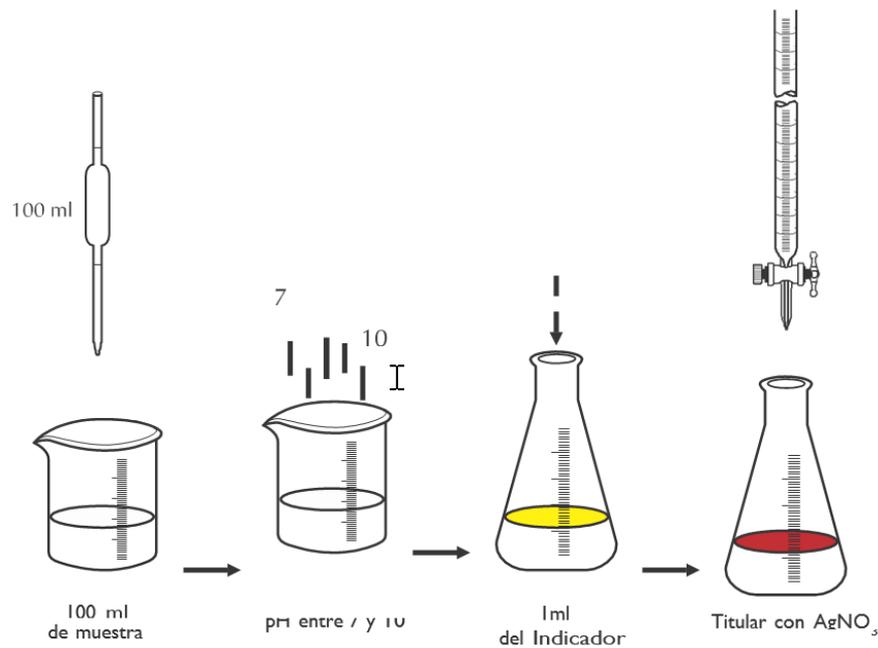
**Dónde:**

A = ml del titulante gasto en la muestra;

B = ml del titulante gasto en el blanco;

N = normalidad del titulante;

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS**



*Figura 3: Diagrama de flujo para determinación de cloruros*

**3.1.4. DUREZA TOTAL:** La dureza total se calcula como la suma de las concentraciones de iones de calcio y magnesio en el agua, expresada como carbonato de calcio. La dureza de un agua puede ser temporal o permanente.

La dureza temporal, también conocida como dureza de carbonatos, es causada por la presencia de bicarbonatos de calcio y magnesio, este tipo de dureza es resistente a la acción de los jabones y produce incrustaciones temporales porque los bicarbonatos se descomponen bajo la acción del calor en gas carbónico, agua y carbonatos insolubles que precipitan.



La dureza permanente, también conocida como dureza sin carbonatos, es causada por la presencia de sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio., también resiste la acción de los jabones, pero no provoca incrustaciones debido a su misma solubilidad sales en agua. La acción del calor no engaña.

El Ministerio de Salud establece una concentración de dureza total de 500 mg/l en términos de  $\text{CaCO}_3$  como valor máximo permitido para el agua potable.

**METODO DE DETERMINACION:** Titulación con EDTA.

**Material necesario:**

- a) Bureta de 50 ml;
- b) pipeta volumétrica de 25 ml;
- c) balón volumétrico de 50 ml;
- d) Becker de 100 ml;
- e) frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- f) solución estándar de EDTA 0,01 M;
- g) solución tampón;
- h) indicador eriocromo negro T;
- i) inhibidor I – cianuro de sodio P.A en polvo;
- j) inhibidor II – sulfuro de sodio.

**Técnica:**

- tomar 25 ml de la muestra y diluir para 50 ml con agua destilada en balón volumétrico;
- transferir para un becker de 100 ml y adicionar 1 a 2 ml de la solución tampón para elevar el pH a  $10 \pm 0,1$ ;



- transferir para un frasco Erlenmeyer de 250 ml y adicionar alrededor de 0,05 gramos del Indicador negro de eriocromo T;
- titular con EDTA 0,01M agitando continuamente hasta el desaparecimiento del color purpuro rojizo y la aparición del color azul (final de la titulación);
- anotar el volumen de EDTA gasto (ml);
- hacer un blanco con agua destilada;
- sustraer el volumen de EDTA gasto en la titulación del blanco del volumen de EDTA gasto en la titulación de la muestra. La diferencia es el volumen que será aplicado en el cálculo abajo.

**Cálculo:**

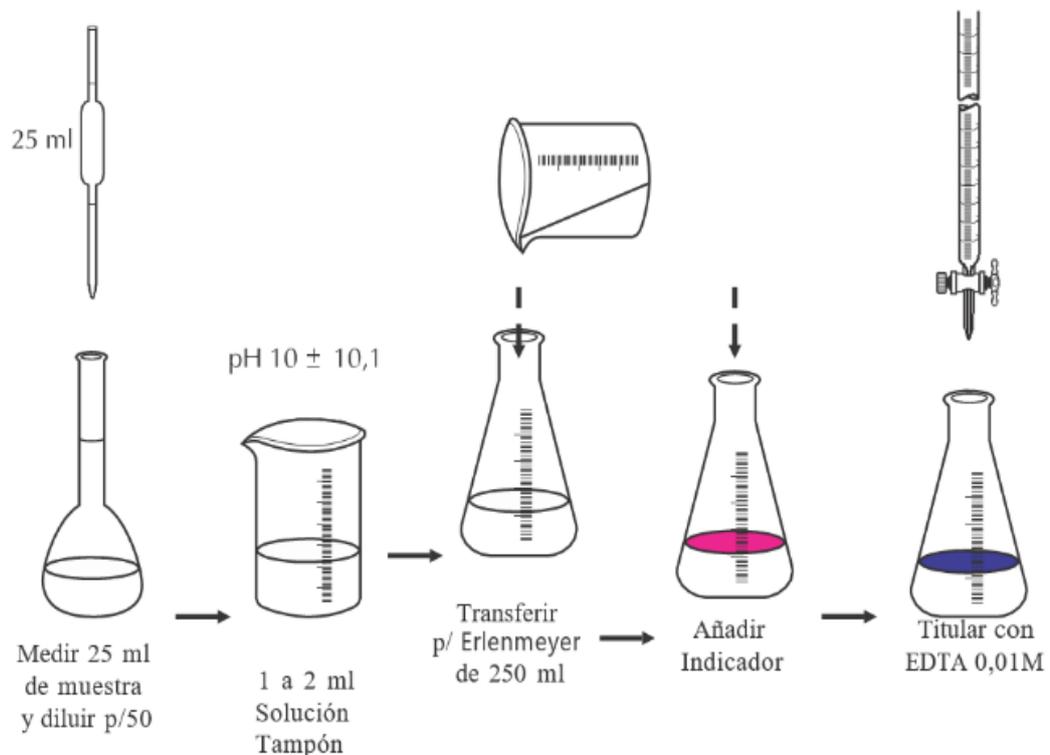
$$\text{Dureza Total en mg/l CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de la muestra}}$$

.....(4)

**Nota:**

1. La ausencia de un punto de viraje definido, por lo general, indica la necesidad de adición de un inhibidor o que el indicador esté determinado;
2. No tome más de 5 minutos para la titulación, medido luego de la adición de la solución tampón;
3. Caso la dureza del agua sea muy baja, use muestra mayor, 50 a 250 ml, adicionando proporcionalmente mayor cantidad de solución tampón, del inhibidor e indicador;
4. Caso necesite usar el inhibidor, adicionar 20 gotas del inhibidor II;
5. Fc = Factor de corrección del EDTA cuando haya y sea diferente de 1.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS



*Figura 4: Diagrama de flujo para determinación de dureza total*

**3.1.5. pH:** El término pH se refiere a la concentración de iones de hidrógeno en una solución. Este componente es extremadamente importante en el agua, particularmente en los procesos de tratamiento. En la rutina de los laboratorios de las instalaciones de tratamiento, se mide y ajusta según sea necesario para mejorar la coagulación/floculación del agua, así como el control de infecciones. El pH varía de 0 a 14. El agua se considera ácida por debajo de 7 y alcalina por encima de 7. El agua con un pH de 7 es neutra.

El Ministerio de Salud recomienda que el pH del agua en el sistema de distribución se mantenga entre 6,0 y 9,5. Varios instrumentos para determinar el pH están disponibles en el mercado. Son conocidos como potenciómetros o



colorímetros. El funcionamiento básico de un potenciómetro se describe en este manual, pero se deben seguir las instrucciones del fabricante.

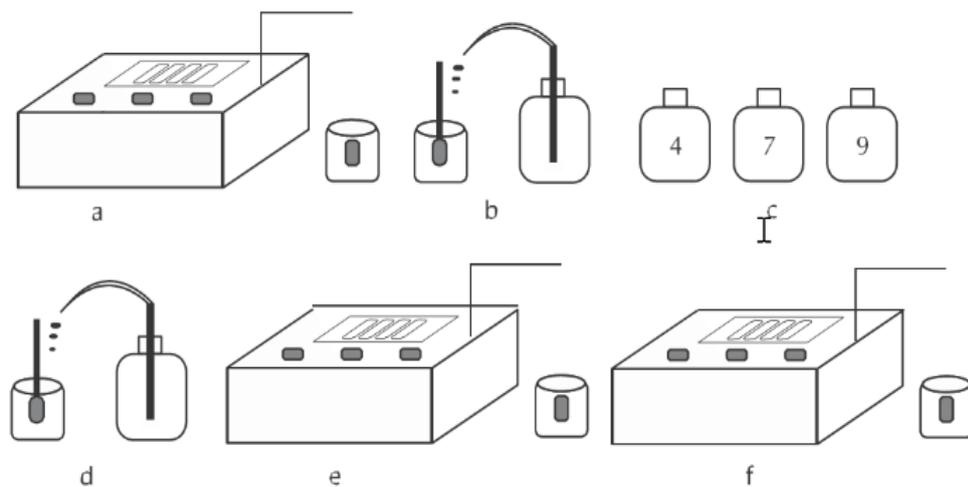
**Material necesario:**

- a) potenciómetro;
- b) cubetas;
- c) frasco lavador;
- d) papel absorbente;
- e) solución tampón de pH conocido;

**Técnica**

- conectar el equipo y esperar su estabilización;
- lavar los electrodos con agua destilada y secarlos con papel absorbente;
- calibrar el equipo con las soluciones estándares (pH 4 – 7 o 10);
- lavar otra vez los electrodos con agua destilada y secarlos;
- introducir los electrodos en la muestra a ser probada y hacer la lectura;
- lavar una vez más y dejarlos inmersos en agua destilada;
- desconectar el equipo.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRUEBA



*Figura 5: Diagrama de flujo para determinación de pH*

### 3.2. ANALISIS COLORIMETRICOS

**3.2.1. CLORO RESIDUAL LIBRE:** El cloro es una sustancia química utilizada en la desinfección del agua. Su medición es crucial ya que le permite ajustar la dosis que se está utilizando, así como realizar un seguimiento de su progreso durante el tratamiento.

El Ministerio de Salud exige que se mantenga al menos 0,2 mg/l de cloro residual libre o 2 mg/l de cloro residual combinado en toda la longitud del sistema de distribución (reservorio y red). También se recomienda que la concentración máxima de cloro residual libre en cualquier punto del sistema de abastecimiento sea de 2 mg/l. Los principales productos utilizados son hipoclorito de sodio y cloro gaseoso.

**METODO DE DETERMINACION:** Comparación visual.

#### **Material necesario:**

- a) comparador colorimétrico;



- b) cubetas de vidrio o de acrílico;
- c) DPD para cloro libre en cápsula;

### **Técnica**

- llenar la cubeta con agua de la muestra hasta la marca de 5,0 ml;
- poner en la apertura del lado izquierdo del equipo;
- llenar otra cubeta hasta la marca de 5,0 ml con la muestra a ser sometida a prueba;
- adicionar una cápsula del reactivo DPD en la segunda muestra y mezclar;
- poner la cubeta con la muestra en el compartimiento del lado derecho del equipo;
- hacer la lectura de la concentración de cloro antes de 1 minuto.

**Nota:** Al leer, colocar el comparador (equipo) contra una fuente de luz, como una ventana, el cielo o una farola. Mover el disco hasta que las dos tengan el mismo tono.

**Resultado:** El resultado se expresa en mg/l de Cloro Residual Libre.

**Observación:** Existen en el mercado muchos tipos de comparadores colorimétricos para medir el cloro residual, tanto con ortotolidina como con DPD. En caso de duda, consulte siempre las instrucciones del fabricante. El uso de ortotolidina se está evitando por contener sustancias cancerígenas y los métodos estándar ya no lo recomiendan.

**3.2.2. COLOR:** El color del agua proviene de materiales orgánicos como sustancias húmicas, taninos y metales como el hierro y el manganeso, así como



de desechos industriales muy coloreados. El tono es estéticamente poco atractivo en los sistemas públicos de suministro de agua. Esta medición es crítica porque el agua de alto color provoca el rechazo del consumidor y conduce a la búsqueda de fuentes alternativas de suministro, que muchas veces es insegura.

El Ministerio de Salud establece el Valor Máximo Permitido de 15 (quince) uH como umbral organoléptico para el consumo humano.

**METODO DE DETERMINACION:** Comparación visual.

**Material necesario:**

- a) tubos de Nessler forma alta de 50 ml;
- b) soporte de madera;
- c) solución estándar de Cloroplatinato de Potasio (500 Unidades de Color);

**Técnica:**

- preparar estándares de color en la franja de 5 a 50 unidades de color, con medidas de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 y 7,0 ml de la solución estándar (500 unidades de color) y poner en tubos de Nessler de 50 ml;
- diluir con agua destilada hasta la marca de 50 ml;
- medir 50 ml de muestra en otro tubo de Nessler y comparar con los estándares.

**Resultado:** El resultado se expresa en unidades de color o unidad Hazen (uH).

**Notas:**



1. Se debe hacer la comparación mirando a los tubos verticalmente contra un fondo blanco;
2. Proteger los estándares contra la evaporación y polvo;
3. Cuando el color de la muestra sea mayor que 70 unidades, hacer dilución hasta obtener resultado dentro de la franja cubierta por los estándares. En este caso, el resultado debe ser multiplicador por el factor de dilución;
4. uH es la unidad de escala de Hazen (platina-cobalto, mgPt-Co/l).

**3.2.3. ALUMINIO:** La prueba de aluminio se recomienda para los centros de tratamiento que utilizan sulfato de aluminio como coagulante.

La importante cantidad de aluminio que queda en el agua tratada revela la dosificación inadecuada de ese coagulante.

El hidróxido de aluminio  $Al(OH)_3$  formado durante la reacción es anfótero.

Según las ecuaciones, su ionización tiene lugar a un pH ácido o básico.

**En pH ácido:**



**En pH básico:**



En las dos formas él  $Al(OH)_3$  puede hacerse soluble y atravesar los decantadores y filtros. La solubilidad transcurre de la corrección del pH.



Cuando no se alcanza el pH óptimo de floculación, aumenta la concentración de aluminio en el agua tratada. El Ministerio de Salud establece un límite de ftalatos orgánicos de 0,2 mg/l para consumo humano.

**METODO DE DETERMINACION:** Comparación visual

**Material necesario:**

- a) tubos de Nessler forma alta de 50 ml;
- b) soporte de madera;
- c) pipeta graduada de 1 ml.
- d) pipeta graduada de 5 ml;
- e) pipeta graduada de 10 ml;

**Reactivos:**

- a) ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  al 0,02N;
- b) reactivo tampón de acetato de sodio;
- c) eriocromo cianina-R – (colorante);
- d) solución de trabajo del colorante

**Técnica:**

- medir 25 ml de muestra o una porción diluida para 25 ml en un frasco Erlenmeyer de 125 ml;
- adicionar 3 gotas de metil-anaranjado y titular con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,02N hasta breve coloración rosa pálido;



- tomar nota del volumen gastado de ácido y descartar la muestra;
- medir otra vez 25 ml de la muestra o una alícuota diluida a 25 ml y transferirla para un tubo de Nessler de 50 ml;
- adicionar a la muestra el mismo volumen de ácido sulfúrico gastado en el paso 2, acrecido por 1 ml en exceso;
- adicionar 1,0 ml de ácido ascórbico y mezclar;
- adicionar 10,0 ml del reactivo tampón y mezclar;
- adicionar 5,0 ml de la solución de trabajo del colorante y mezclar;
- inmediatamente, diluir hasta la marca de 50 ml, con agua destilada;
- mezclar y dejar en reposo por 5 a 10 minutos y comparar el color desarrollado por la muestra con los estándares preparados de la misma manera y al mismo tiempo.

**Resultado:** El resultado se expresa en mg/l de aluminio.

**Observación:** En este método no se necesita preparar el blanco de la muestra. Él también no es recomendado para muestra que contiene color y turbidez porque puede llevar a errores considerables.

❖ **Preparación de los Estándares:**

**Material necesario:**

- a) tubo de Nessler forma alta de 50 ml;
- b) pipeta graduada de 1, 5, y 10 ml.
- c) soporte para tubos de Nessler.



**Reactivos:**

- f) ácido sulfúrico 0,02N;
- g) reactivo tampón de acetato de sodio;
- h) eriocromo cianina-R – (colorante);
- i) solución de trabajo del colorante;
- j) solución estándar de aluminio (1 ml = 5 µg Al).

**Técnica:**

Preparar los patrones en el margen de 0 a 0,5 mg/l, pipeteando:

- 0,0 – 0,5 – 1,0 – 1,5 – 2,0 y 2,5 ml de la solución estándar (1 ml = 5 µg) y diluyendo para 25 ml con agua destilada en tubos de Nessler, y tratar esos patrones del siguiente modo:
  - a) adicionar 1,0 ml de ácido sulfúrico 0,02N y mezclar;
  - b) adicionar 1,0 ml de ácido ascórbico y mezclar;
  - c) adicionar 10,0 ml del reactivo tampón y mezclar;
  - d) Adicionar 5,0 ml de la solución de trabajo del colorante y mezclar. };
  - e) juntar el volumen con 50 ml de agua destilada y mezclar;
  - f) dejar reposar por 5 a 10 minutos.



**Tabla 2. Preparación de Solución estándar para aluminio**

ml de la solución estándar	$\mu\text{g Al/mL}$	Volumen de muestra	mg/L Al
0,0	0,0	25	0,0
0,5	2,5	25	0,1
1,0	5,0	25	0,2
1,5	7,5	25	0,3
2,0	10,0	25	0,4
2,5	12,5	25	0,5

**Fuente:** *Fundamentos de química analítica*

**Notas:**

1. Para el estándar 0,0 mg/l, tomar 25 ml de agua destilada y proceder igual a los demás;
2. Preparar los estándares toda vez que vaya a examinar la muestra;
3. Si el laboratorio cuenta con un espectrofotómetro, se lee dos estándares a 535 nm y registre la curva de calibración en papel semilogarítmico (% de transmitancia X concentración). En este caso, no es necesario preparar todos los estándares antes de intentar hacer la demostración. Realice solo uno o dos para lograr la curva de calibración del equipo.

**3.2.4. TURBIDEZ:** La presencia de sólidos en suspensión en el agua provoca turbidez, lo que reduce la transparencia. También puede ser causado por la presencia de algas, plancton, materia orgánica y muchas otras sustancias como



el cinco, el hierro, el manganeso y la arena, que son producto de procesos erosivos naturales o de desechos domésticos e industriales.

La turbidez juega un papel importante en el proceso de tratamiento del agua, el agua con alta turbidez, dependiendo de su estado natural, forma pesados sustancias que decantan más rápidamente que las aguas con poca turbidez. Existen otras desventajas, como la dificultad de desinfección por la protección que brinda a los microorganismos en contacto directo con los desinfectantes. Es un indicador de salud y un marcador organoléptico del agua de consumo humano.

En el Perú, el patrón de turbidez del agua tras un filtrado rápido (filtrado completo o directo) se ha reducido a 0,05 uT, mientras que el patrón de turbidez del agua tras filtrado lento se ha reducido a 1,0 uT. Sin embargo, el valor máximo permisible de 0,5% y 1,0% uT debe cumplirse en pasos incrementales a lo largo de cuatro años, comenzando con el 25% de las muestras mensuales en el primer año y aumentando hasta el 95% en el cuarto año (siempre con VMP de 1 uT en las muestras mensuales remanentes).

El Ministerio de Salud establece un Valor Máximo Permitido de 1,0 uT para la pos filtración o pre desinfección de aguas subterráneas. Y, en cualquier punto de la cadena de distribución, 5,0 uT como patrón de potabilidad organoléptica.

Existen herramientas específicas para determinar la turbidez del agua. En este caso se demuestra la técnica de determinación de la turbidez mediante nefelometría.

**METODO DE DETERMINACION:** Nefelometrico



### **Material necesario:**

- a) turbidímetro con nefelómetro;
- b) células de muestras de vidrio incoloro (cuarzo);
- c) balón volumétrico de 100 ml;
- d) pipeta volumétrica de 5 ml;
- e) conjunto de filtraje
- f) filtros de membrana de 0,2  $\mu\text{m}$ .

### **Reactivos:**

#### **Agua libre de turbidez:**

- a) pasando agua destilada a través de un filtro de membrana de porosidad de 0,02  $\mu\text{m}$ . Llene la botella de recolección al menos dos veces con agua filtrada y deseche los primeros 200 ml;

#### **Suspensión stock de turbidez – patrón primario.**

##### **Solución I**

- Disolver 1,0 g de sulfato de hidrazina ( $\text{NH}_2$ ).  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en agua destilada y diluir a 100 ml en balón volumétrico;

**Advertencia:** sulfato de hidrazina es carcinogénico. Evitar inhalación, ingesta y contacto con la piel.

##### **Solución II**

- disolver 10,0g de hexametenotetramina  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  en agua destilada e diluir a 100 ml en balón volumétrico;
- mezclar 5,0 ml de la solución I y 5,0 ml de la solución II. Dejar descansar por 24 horas a  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ . La turbidez de esta suspensión es de 4000 UT.



- transferir la solución stock para un frasco de color ámbar u otro frasco protegido de la luz ultravioleta, para almacenaje. Diluir esta suspensión stock. La suspensión stock es estable por un año cuando correctamente almacenada;

**Suspensión estándar de turbidez:**

- a) diluir 1,0 ml de la solución stock para 100 ml con agua libre de turbidez. La turbidez de esta suspensión es de 40 UT. Preparar diariamente.

**Estándares de turbidez diluidos:**

- a) diluir porciones de la suspensión estándar de turbidez con agua libre de turbidez de acuerdo al margen de interés. Preparar diariamente.

**Procedimiento:**

- b) calibrar el turbidímetro de acuerdo a las instrucciones del fabricante;
- c) medida de turbidez inferior a 40 uT: agitar la muestra suavemente y esperar hasta que las burbujas de aire desaparezcan y ponerla en la célula de muestra del turbidímetro; hacer la lectura de la turbidez directamente en la escala del instrumento o en la curva de calibración apropiada.
- d) medida de turbidez sobre 40 uT: diluir la muestra con uno o más volúmenes de agua libre de turbidez hasta que la turbidez de la muestra diluida esté entre 30 y 40 UT. Hacer la lectura y multiplicar el resultado por el factor de dilución.

**Cálculo:**

$$uT = \frac{A \times (B + C)}{C}$$

.....(7)



**Dónde:**

$$UT = \frac{20 \times (40 + 10)}{10} \therefore UT = 100 \dots\dots\dots(8)$$

UT = UTN = Unidad de Turbidez Nefelométrica;

A = Turbidez de la muestra diluida;

B = Volumen de la dilución (ml);

C = Volumen de la muestra tomado para la dilución.

**Ejemplo:** Una porción de 10 ml de la muestra se ha diluido a 50 ml con agua limpia. Después de leer esa muestra diluida, obtuve 20.

**3.2.5. TEMPERATURA:** La temperatura tiene que ver con el aumento del consumo de agua, la fluorescencia, la solubilidad e ionización de las sustancias coagulantes, los cambios de pH y el control de desinfección, etc.

**Procedimiento para determinación en el agua**

**Material necesario:**

- a) termómetro;
- b) becker de 250 ml.

**Técnica**

- recolectar un poco de agua en un becker de 250 ml;
- sumergir el termómetro en el agua;
- esperar hasta que el material dilatante (mercurio) se estabilice;
- hacer la lectura con el bulbo del termómetro aun dentro del agua.



**3.2.6. FLUORUROS:** El uso de flúor en agua de uso humano tiene como finalidad la prevención de la caries dental. Hoy en día, este procedimiento se considera un tratamiento de agua estándar y la concentración óptima de flúor es un componente esencial de su calidad. Por estos y otros factores, es necesario regularlos en la planta de tratamiento de agua.

En este caso, solo se describe el método Scott-Sanchis, que, si bien no es el más preciso, cumple con las expectativas y es el más rentable. Es un método de comparación de colores realizado en tubos Nessler.

#### **Procedimientos para análisis de fluoruros: Método Scott-Sanchis**

##### **Material necesario:**

- a) tubo de Nessler de 100 ml;
- b) soporte para tubo de Nessler;
- c) termómetro;
- d) pipeta volumétrica de 5 ml;
- e) pipeta graduada de 10 ml.

##### **Reactivos:**

- solución estándar de fluoruros (1ml = 10  $\mu$ gF);
- reactivo Scott-Sanchis;
- arsenito de sodio (0,5%).

##### **Preparación de los estándares y la muestra:**

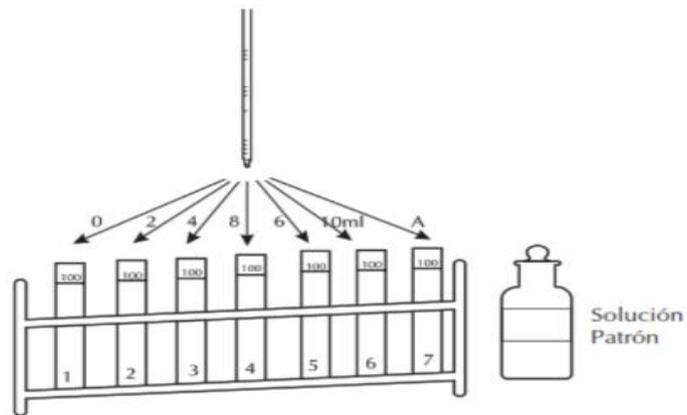
- tomar 7 tubos de Nessler de 100 ml;
- llenar el primer tubo con agua destilada (blanco);
- pipetear en el segundo tubo 2 ml de la solución estándar,



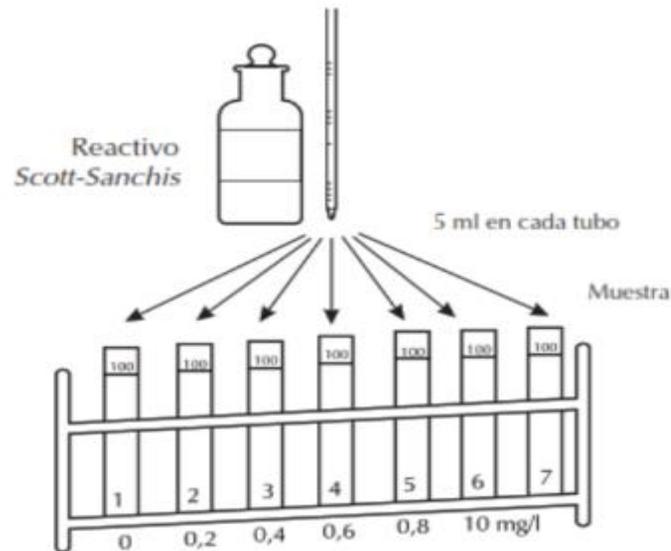
- pipetear en el tercer tubo 4 ml de la solución estándar,
- pipetear en el cuarto tubo 6 ml de la solución estándar,
- pipetear en el quinto tubo 8 ml de la solución estándar,
- pipetear en el sexto tubo 10 ml de la solución estándar,
- llenar el séptimo tubo con 100 ml de muestra o una alícuota diluida a 100 ml. Caso haya cloro en la muestra, removerlo por la adición de 0,1 ml (2 gotas) de la solución de arsenito de sodio para cada mg/l de cloro;
- diluir los estándares de 2 a 6 a 100 ml con agua destilada;
- ajustar la temperatura de los estándares y de la muestra;
- adicionar a cada tubo, incluso en el blanco (un tubo) 5 ml del reactivo Scott-Sanchis;
- mezclar y dejar en reposo por una hora;
- transcurrido una hora de la adición del reactivo Scott- Sanchis, comparar la muestra con los patrones y expresar el resultado en mg F/l.

**Ejemplo:** Si el color desarrollado por una muestra es similar al patrón del tubo n° 5, la muestra contendrá 0,8 mg/l de ion fluoruro. Si la demostración desarrolla una coloración que se encuentra entre dos paletas, los resultados se pueden interpolar. Ej. una lectura entre 0,6 y 0,8 se expresa como 0,7 mg/l.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRUEBA



*Figura 6: Prueba para determinación de fluoruros 1*



*Figura 7: Prueba para determinación de fluoruros 2*

### Notas:

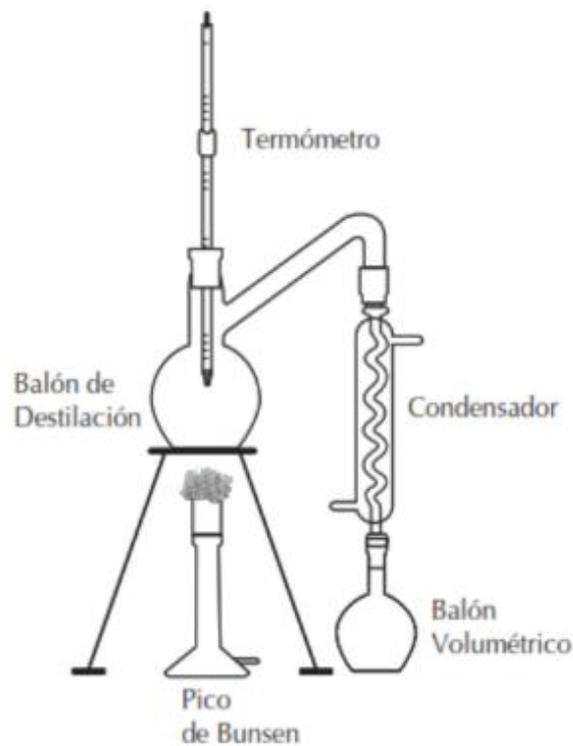
1. La concentración de los patrones preparados (tubos de 2 a 6) corresponden a 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8 – 1,0 mg/l de ion fluoruro, respectivamente;
2. Podrán ser analizadas diferentes muestras en simultáneo con los patrones;
3. Caso haya intervinientes en las muestras en concentraciones que puedan alterar los resultados, dichas muestras deberán ser destiladas;

**Tabla 3. Intervinientes**

Sustancias intervinientes	Método Scott-Sanchis	Tipo de error
Alcalinidad ( $\text{CaCO}_3$ )	400 mg/L	-
Aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ )	0,25 mg/L	--
Cloreto ( $\text{Cl}^-$ )	2000 mg/L	-
Hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ )	2,0 mg/L	+
Hexametafosfato ( $\text{NaPO}_3$ ) <sub>6</sub>	1,0 mg/L	+
Fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ )	5,0 mg/L	+
Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	300 mg/L	+

**Fuente:** Adaptado de Mayer, 1971

### EQUIPOS PARA DESTILACIÓN



**Figura 8:** Diagrama de flujo del equipo para destilación

Para comenzar, realice una destilación preliminar para eliminar cualquier contaminación de fluoruro y para ajustar la reacción ácida/agua para las destilaciones posteriores, de la siguiente manera:



- a) poner 400 ml de agua destilada en el balón de destilación;
- b) adicionar lentamente y con agitación 200 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ );
- c) adicionar algunas perlas de vidrio;
- d) conectar el balón al condensador y comenzar la destilación;
- e) cuando la temperatura alcanzar 180 °C, parar la destilación y eliminar el destilado. El conjunto está listo para la destilación de la muestra.

### **Destilación de la muestra:**

Añadir 300 ml de muestra a la mezcla ácida sobrante de la destilación preliminar, mezclar cuidadosamente y destilar hasta que la temperatura alcance los 180 °C. En ese momento, el destilado será equivalente a 300 ml.

### **Notas:**

1. No dejar que la temperatura sobrepase 180 °C. Así se evita que haya arrastre de sulfato para el destilado.
2. Cuando se analicen muestras de alto contenido de cloruros, adicionar al balón de destilación 5 mg de sulfato de plata para cada mg de cloruro presente en la muestra.
3. Use la solución de ácido sulfúrico varias veces hasta que los contaminantes de las muestras de agua acumuladas en el matraz de destilación comiencen a interferir con la destilación. Cuando eso sucede, lo mejor que puede hacer es drenar el ácido y comenzar de nuevo.

**Importante:** La dosis de flúor en el agua de consumo humano viene determinada por la media de las temperaturas máximas diarias observadas en la zona durante un periodo de tiempo determinado.

**Tabla 4. Recolectas y preservación de muestras para análisis fisicoquímicos**

Parámetros	Recipientes	Volumen mínimo (mL)	Preservación	Tiempo máximo
Alcalinidad	Vidrio o polietileno	200	Refrigerar	24h/14d
CO <sub>2</sub>	"	100	Análisis inmediato	-
Dureza	"	100	HNO <sub>3</sub> pH < 2	6 meses
Cloruros	"	100	No requiere	7 días
Aluminio	"	-	HNO <sub>3</sub> pH < 2	6 meses
Fluoruros	Polietileno	300	No requiere	28 días
Temperatura	-	-	Análisis inmediato	-
Turbidez	Vidrio o polietileno	200	Proteger de la luz	24h
Cloro Residual	Vidrio o polietileno	500	Análisis inmediato	30min/2h
pH	"	200	Análisis inmediato	-
Color	"	500	Refrigerar	24h

*Fuente: Adaptado de APHA, 1985*

**Notas:**

1. Los volúmenes descritos aquí son solo estimaciones, en la práctica, se recolecta el volumen requerido para realizar el análisis, incluso si a menudo se requieren repeticiones del análisis.
2. Para la preservación con ácido nítrico, utilizar 2 ml del ácido para cada litro de la muestra.



3. Normalmente, en las Empresas de Tratamiento de Agua– ETAs, los análisis deben ser realizados inmediatamente luego de la recolección. No es buena práctica dejar las muestras mucho tiempo sin que sean analizadas.

❖ **Ensayo de coagulación (Jar-test)**

La prueba de coagulación es un procedimiento de rutina utilizado por las empresas de tratamiento de agua para determinar la dosificación de los productos químicos utilizados en el tratamiento. Podemos decir que es una simulación de lo que ocurre en las empresas de tratamiento de agua.

Para realizar este experimento es necesario tener conocimiento previo de las siguientes características del agua cruda: color, turbidez, alcalinidad, pH y temperatura; así como parámetros hidráulicos de la empresa de tratamiento, tales como vaciamiento, tiempo de detención del floculador, velocidad de sedimentación del decantador, etc.

La prueba de coagulación no es un procedimiento sencillo ya que se deben considerar varias variables del proceso, como el color y la turbidez del agua cruda; si la alcalinidad natural del agua es suficiente, si el pH está dentro del rango óptimo de floculación y el tipo de coagulante utilizado, etc.

En este ejemplo práctico, se consideran los siguientes parámetros: color, turbidez, pH y alcalinidad total, porque el objetivo principal de la prueba es eliminar el color y la turbidez del agua utilizando una menor cantidad de coagulante. El producto químico utilizado es sulfato de aluminio, que es el más utilizado.

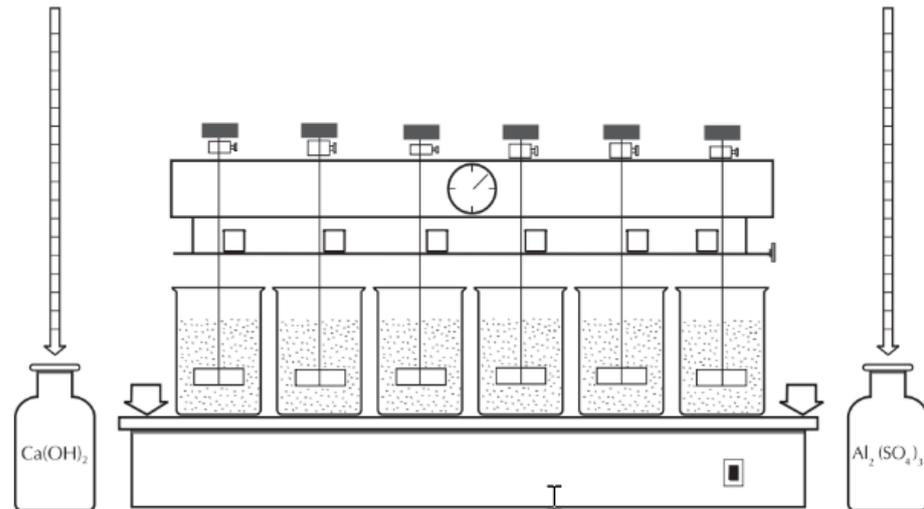


❖ **Etapas de la prueba de coagulación que deben ser observadas:**

- a) hacer análisis de la muestra bruta – color, pH, turbidez y alcalinidad total, temperatura;
- b) identificar el pH óptimo de floculación;
- c) verificar la dosificación más baja del coagulante en el pH óptimo;
- d) observar la velocidad de sedimentación de los flecos;
- e) analizar el sobrenadante, verificando principalmente la remoción de color y turbidez.

**Material necesario:**

- equipo de Jar-test conforme al de la figura;
- becker forma baja de 1000 ml;
- solución de sulfato de aluminio al 1%;
- solución de cal a 0,5%;
- pipetas graduadas de 5 y 10 ml



**Figura 9:** Prueba para ensayo de coagulación

**Fuente:** Adaptado de Cetesb, 1973

**Procedimiento 1:** (Considerando que el agua bruta tenga alcalinidad natural suficiente y tenga también un pH óptimo de floculación).

- a) poner 6 beakers de 1 litro en la plataforma del equipo de Jar-Test;
- b) llenarlos con agua bruta hasta el indicador de 1000 ml;
- c) conectar el equipo en la velocidad máxima 100 r.p.m;
- d) adicionar simultáneamente en los beakers la cantidad de coagulante (sulfato de aluminio) que haya sido calculada para cada becker;
- e) dejar agitar en esa velocidad por 2 a 3 minutos (tiempo de detención en la cámara de mezcla rápida);
- f) reducir la velocidad de agitación para 50 r.p.m por 10 a 30 minutos (tiempo de detención en los floculadores);
- g) dejar las muestras decantar por algún tiempo (ese tiempo sería el correspondiente a la velocidad de sedimentación en el decantador – 10 a 30 minutos);



- h) recolectar el sobrenadante de todos los beakers y analizar los parámetros necesarios para verificar cuál de ellos presentó mejor resultado;
- i) normalmente el mejor resultado es el que haya presentado mayor reducción de color y turbidez y se debe elegir esa dosificación.

**Procedimiento 2:** (Cuando el agua no tiene alcalinidad natural suficiente y el pH óptimo de floculación es desconocido).

- a) poner 6 beakers de 1 litro en la plataforma del equipo de Jar-Test;
- b) llenarlos con agua bruta hasta el indicador de 1000 ml;
- c) conectar el equipo en la velocidad máxima 100 r.p.m;
- d) establecer diferentes pH en los beakers utilizándose álcali (cal hidratada);
- e) aplicar una cantidad fija de sulfato de aluminio en todos los beakers y proceder de acuerdo a los pasos e) a i) del procedimiento 1;
- f) medir el pH del frasco que haya presentado mejor resultado;
- g) llevar a cabo nuevo ensayo, fijando en todos los beakers el pH óptimo encontrado en el ítem anterior;
- h) adicionar sulfato de aluminio en cada beaker, variando la concentración en valores cercanos (menor y mayor) de la dosificación utilizada en la letra e);
- i) proceder de acuerdo a los pasos de e) a i) del procedimiento 1.

**Notas:**

1. Dependiendo de los cambios que pueda experimentar el agua cruda, como inundaciones, tormentas, cambios climáticos, etc., se recomienda realizar nuevas pruebas para ajustar las dosis de coagulante.



2. Cuando el agua cruda carece de alcalinidad natural para reaccionar con el sulfato de aluminio, use calcio hidratado u otro álcali para promover la alcalinidad artificial.
3. Cuando el agua cruda no tenga un pH óptimo de floculación, crear esa condición, utilizándose ácidos o bases (álcalis).
4. El álcali más utilizado es la cal hidratada.
5. Normalmente se utiliza sulfato de aluminio a 1% y cal a 0,5% para los ensayos, ya que facilita la medición de volúmenes utilizados en el proceso,
6. Para dosificaciones de sulfato de aluminio de 10 – 15 – 20 – 25 – 30 y 35 mg/l de una solución a 1% se necesitan los siguientes volúmenes: 1,0 ml, 1,5 ml, 2,0 ml, 2,5 ml, 3,0 ml e 3,5 ml, respectivamente. Para dosificación de cal, utilizase la mitad de dichos volúmenes en ml.
7. Las velocidades de agitación, los tiempos de agitación y el tiempo de decantación dependen de las dimensiones de las unidades de tratamiento y del vaciamiento de operación.
8. Consultar la tabla que sigue para establecer la cantidad de cal necesaria en función del consumo de sulfato de aluminio.

**Tabla N° 5 Técnicas de suministro y tratamiento de agua**

Consumo de Sulfato de Aluminio mg/l $Al_2(SO_4)_3$	Alcalinidad teóricamente necesaria mg/L ( $CaCO_3$ )	Alcalinidad natural deseada ( $CaCO_3$ )	Cantidad teórica de cal mg/L *	Cantidad de cal deseable mg/L *
10	5	7	3	4
15	7	10	4	6
20	9	14	5	8
25	12	17	7	10
30	14	20	8	12
40	18	27	10	15
50	25	34	13	19

**Fuente:** *Técnicas de suministro y tratamiento de agua*



**Teóricamente, cada mg/l de sulfato de aluminio requiere:**

- 0,45 mg/l de alcalinidad natural;
- 0,25 mg/l de cal (CaO);
- 0,33 mg/l de cal como  $\text{Ca(OH)}_2$ ;
- 0,48 mg/l de carbonato de sodio –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (barrilla).

❖ **Corrección del pH del agua tratada**

La corrección del pH del agua tratada es un procedimiento utilizado en las ETA para evitar el proceso corrosivo de las estructuras metálicas del sistema de distribución provocado por la acidez del agua como consecuencia de la presencia de gas carbohidrato disuelto.

la respiración de los organismos y la reacción del sulfato de aluminio con la alcalinidad acuosa natural. El proceso de corrección del pH consiste en elevar el pH del agua tratada hasta la saturación, que es el punto en el que cesa el proceso de corrosión. Este pH no es el mismo para todas las aguas y puede determinarse en un laboratorio.

**METODO DE DETERMINACION:** Ensayo del mármol

**Material necesario:**

- a) balón volumétrico de 1000 ml;
- b) medidor de pH;
- c) balanza;

**Reactivo**

- a) Carbonato de calcio



### **Técnica**

- a) poner 750 ml de agua filtrada en un balón volumétrico de 1.000 ml;
- b) determinar el pH y la alcalinidad (I) del agua;
- c) adicionar 10 gramos de carbonato de calcio al balón;
- d) agitar por 1/2 hora y dejar decantar y filtrar;
- e) determinar el pH.
- f) agitar otra vez el balón por 1/2 hora más;
- g) dejar decantar y filtrar;
- h) determinar de nuevo el pH.

Repetir los procedimientos "e", "f" y "g" hasta pH constante. El pH de saturación será el pH constante encontrado. Determinar en la última operación la alcalinidad (II).

### **Conclusión**

- ✓ Si la alcalinidad II > alcalinidad I => agua corrosiva.
- ✓ Si la alcalinidad II = alcalinidad I => agua corrosiva.
- ✓ Si la alcalinidad II < alcalinidad I => agua incrustante.

### **Determinación de la concentración de cloro activo en una solución de cloro (hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio)**

#### **Material necesario:**

- a) frasco Erlenmeyer de 250 o 500 ml;



- b) bureta de 50 ml;
- c) pipeta volumétrica de 1, 5 y 10 ml;
- d) balanza de precisión.

**Reactivos:**

- a) tiosulfato de sodio 0,1N ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ );
- b) yodato de potasio (KI)
- c) ácido acético P.A;
- d) indicador de amida. Técnica
- e) medir 1,0 ml de la solución;
- f) disolver en 50 ml de agua destilada;
- g) adicionar 5,0 ml de ácido acético concentrado (glacial);
- h) adicionar 1,0 g de yoduro de potasio;
- i) titular con la solución de bisulfato de sodio 0,1 N;
- j) tomar nota de los ml de tiosulfato utilizados

**Cálculo:**

$$\% \text{ de cloro} = \frac{(A-B) \times N \times 35,45}{P \times 10} \dots\dots\dots(9)$$

**Dónde:**

A = ml de bisulfato gasto en la titulación de la muestra;



$B$  = ml de bisulfato gasto en el blanco;

$N$  = Normalidad del bisulfato;

$P$  = Peso o volumen del producto

**Observación:** Dependiendo de la concentración de la solución a ensayar, utilizar un peso o volumen de bisulfato de sodio 0,01 N que no supere la capacidad de la bureta. Hacer una clara con agua destilada.



## CAPITULO IV

### SOLUCIONES TEORICAS Y PRACTICAS

#### 4.1. PREPARACION DE REACTIVOS

##### 4.1.1. Reactivos para análisis de alcalinidad:

✓ **Solución de ácido sulfúrico 0,02 N**

Para preparar esta solución se necesita primeramente una solución 0,1 N de la siguiente manera:

- a) transferir lentamente, con pipeta, 2,8 ml de ácido sulfúrico concentrado (96%  $d=1,84$ ) para un balón volumétrico de 1000 ml con cerca de 500 ml de agua destilada;
- b) completar el volumen con agua destilada hasta la marca y agitar;
- c) de esta solución, medir 200 ml con pipeta volumétrica y transferir para un balón volumétrico de 1000 ml y completar el volumen con agua destilada.

Esta solución es alrededor de 0,02 N.

✓ **Solución de carbonato de sodio 0,02 N**

Para hacer la solución de carbonato de sodio 0,02 N, dore de 1,5 a 2,0 gramos de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a 250 °C durante cuatro horas a temperatura estándar. Desecar y enfriar, luego, pesar 1060 g y disolver en 250 ml de agua destilada antes de completar el volumen para 1000 ml con agua destilada en un balón volumétrico. gramos de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  grado estándar primario, a 250 °C por cuatro horas. desecar



enfriar, luego, pesar 1060 g y disolver en 250 ml de agua destilada antes de completar el volumen para 1000 ml con agua destilada en un balón volumétrico.

### **Estandarización de la solución**

Poner 50 ml de una solución de carbonato de sodio 0,02 N en un frasco Erlenmeyer de 250 ml y adicionar 4 gotas del indicador metil-anaranjado. Titular con  $H_2SO_4$  0,02N hasta el viraje del indicador para leve coloración rojizo. Tomar nota del volumen de ácido gasto.

Para calcular la normalidad correcta, se usa la fórmula:

$$N = \frac{N' \times V'}{V} \dots\dots\dots(10)$$

### **Donde:**

N = normalidad del  $H_2SO_4$  deseada;

V = volumen del ácido gasto en la titulación;

N' = normalidad del carbonato de sodio;

V' = volumen del carbonato de sodio que se usó.

**1 ml de  $H_2SO_4$  0,02 N = 1,0 mg de  $Na_2CO_3$ .**

### **Solución de bisulfato de sodio 0,1 N**

Pesar exactamente 25,0 gramos de  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  y disolver en un poco de agua destilada y completar el volumen para 1000 ml en balón volumétrico.



### **Indicador metil-anaranjado**

Pesar 0,100 gramos de metil-naranja y disolver en 200 ml agua destilada.

✓ **Fenolftaleína**

- a) disolver 1 gramo de fenolftaleína en un poco de agua destilada y diluir a 200 ml.
- b) adicionar gotas de NaOH 0,02 N hasta la aparición de leve coloración rosa

### **Mezcla indicadora de verde de bromocresol/rojo de metilo**

Pesar 20 mg de rojo de metilo y 100 mg de verde de bromocresol y disolver en 100 ml de agua destilada o alcohol etílico a 95%.

#### **4.1.2. Reactivos para análisis de CO<sub>2</sub>.**

✓ **Hidróxido de sodio 0,02 N**

Para preparar esta solución se necesita primeramente una solución 0,1 N de la siguiente manera:

- a) pesar rápidamente 4,2 gramos de hidróxido de sodio en lentejas y transferir para un becker de 500 ml y disolver en agua destilada libre de gas carbónico;
- b) transferir esta solución para un balón volumétrico de 1 litro y completar el volumen hasta la marca. Esta solución es alrededor de 0,1 Normal.

✓ **Estandarizar con una solución de Ácido Sulfúrico 0,1 Normal de la siguiente manera:**

- a) tomar 100 ml de agua destilada en un frasco Erlenmeyer de 250 ml;



- b) medir, con pipeta volumétrica o bureta 10 ml de la solución de NaOH 0,1 normal y transferir para el Erlenmeyer anteriormente citado;
- c) juntar 3 a 4 gotas del Indicador de metil-naranja;
- d) titular con la solución de ácido sulfúrico 0,1 Normal;
- e) tomar nota de los ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastos que deben ser 10 o alrededor de 10.

Si el volumen de gasto de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N, en la titulación es mayor o menor que 10 ml, calcular el Factor de corrección (Fc) de la solución de NaOH utilizándose la fórmula siguiente:

$$F_c (\text{NaOH}) = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times F_c (\text{H}_2\text{SO}_4)}{\text{mL de NaOH}} \dots\dots\dots(11)$$

Tomar nota del Fc en el rótulo del frasco.

Preparación de la solución de hidróxido de sodio N/50:

- a) transferir 200 ml de la solución stock de NaOH 0,1 N para un balón volumétrico de 1 litro y completar con agua destilada. Esta nueva solución es alrededor de N/50 (0,02 N).

✓ **Estandarización de la solución NaOH 0,02 N:**

- a) tomar 100 ml de agua destilada en un frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- b) medir, con pipeta volumétrica o bureta 10 ml de la solución de NaOH 0,02 N y transferir para el Erlenmeyer anteriormente citado;
- c) juntar 3 a 4 gotas del Indicador de metil-anaranjado;



- d) titular con la solución de ácido sulfúrico 0,02 N hasta el viraje del indicador;
- e) tomar nota del volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gastos que debe ser alrededor de 10 ml.

Cálculo del factor de corrección del NaOH

$$F_c (\text{NaOH}) 0,02\text{N} = \frac{\text{mL de H}_2\text{SO}_4 \text{ de } 0,02 \text{ N} \times F_c (\text{H}_2\text{SO}_4)}{\text{mL de NaOH}} \dots\dots\dots(12)$$

**Notas:**

- 1. No es muy fácil visualizar el viraje del indicador. Hacer un blanco con 100 ml de agua destilada para la comparación de color en el momento del viraje del indicador;
- 2. Al adicionar el indicador, la solución queda amarillosa y, al final de la titulación, la solución queda levemente rojiza;
- 3. Se puede obtener agua libre de CO<sub>2</sub> por la ebullición del agua destilada durante 15 minutos y resfriada rápidamente hasta la temperatura ambiente.

✓ **Fenolftaleína**

- a) disolver 1 gramo de fenolftaleína en un poco de agua destilada y diluir a 200 ml.
- b) adicionar gotas de NaOH 0,02N hasta la aparición de leve coloración rosa.



#### 4.1.3. Reactivos para análisis de cloruros.

- pesar 2,395 gramos de  $\text{AgNO}_3$  y disolver en un poco de agua destilada.  
Completar para 1 litro el balón volumétrico;
- estandarizar contra una solución de cloruro de sodio 0,0141N; 1,00 ml = 500  $\mu\text{g Cl}^-$
- guardar la solución en frasco oscuro.

#### Clorato de sodio 0,0141 N

- disolver 824,1 mg de clorato de sodio seco a 140 °C en agua libre de cloruros y diluir para 1000 ml. 1,00 ml = 500  $\mu\text{g Cl}^-$ .

#### ✓ Estandarización de la solución de nitrato de plata 0,0141 N

- usar 100 ml de muestra ( $\text{NaCl}$  0,0141 N) o una porción diluida a 100 ml;
- ajustar el pH entre 7 y 10 con  $\text{NaOH}$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N;
- adicionar 1 ml de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (cromato de potasio);
- titular con la solución de nitrato de plata 0,0141 N hasta la aparición del color amarillo rojizo;
- tomar nota del volumen de nitrato de plata gasto en la titulación;
- calcular el factor de corrección del  $\text{AgNO}_3$  0,0141 N, usando la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{100}{V_p}$$

.....(13)



### **Dónde:**

Fc = factor de corrección.

Vp = Volumen de AgNO<sub>3</sub> gasto en la titulación.

### **Solución indicadora de cromato de potasio K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>**

- a) pesar 50 gramos de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> y disolver en un poco de agua destilada;
- b) adicionar solución de AgNO<sub>3</sub> 0,0141 N hasta formar un precipitado rojo;
- c) dejar en reposo por 12 horas;
- d) filtrar y completar el volumen para 1000 ml con agua destilada.

### **Hidróxido de sodio (NaOH) 1N**

- a) pesar 40 gramos de hidróxido de sodio y disolver en un poco de agua destilada y diluir a 1 litro;
- b) guardar en frasco de polietileno o vidrio pyrex.

### **Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1N**

- a) poner cerca de 500 ml en un becker de 1000 ml de agua destilada;
- b) enseguida medir 28 ml de ácido sulfúrico concentrado y adicionar lentamente en el becker anteriormente citado, con agitación constante, dejar enfriar;
- c) transferir para un balón volumétrico de 1000 ml y completar el volumen con agua destilada, homogeneizándola y seguir, almacenar en frasco de polietileno o vidrio pyrex.



**Notas:**

1. Agitar con bastón de vidrio;
2. Nunca adicionar agua al ácido, sino ácido al agua.

**4.1.4. Reactivos para análisis de dureza.**

**Solución estándar de EDTA 0,01 M**

- a) pesar 3,723 gramos de EDTA (sal de sodio del ácido etilendiaminotetraacético); disolver en agua destilada y diluir a 1000 ml;
- b) estandarizar contra una solución estándar de carbonato de calcio;
- c) guardar esta solución en frasco de polietileno.

**Solución estándar de calcio**

- a) pesar 1,0 gramo de carbonato de calcio anhidro ( $\text{CaCO}_3$ ) estándar primario y poner en un frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- b) adicionar poco a poco, con auxilio de un embudo, HCl 1:1 hasta disolver todo el  $\text{CaCO}_3$ ;
- c) adicionar 200 ml de agua destilada y hervir por algunos minutos para eliminar el  $\text{CO}_2$ ;
- d) enfriar y adicionar algunas gotas de rojo de metilo y ajustar para el color anaranjado intermediario por adición de  $\text{NH}_4\text{OH}$  3N o HCl 1:1;
- e) transferir toda la mezcla para un balón volumétrico de 1000 ml y completar el volumen con agua destilada (1 ml de esta solución = 1,0 mg de  $\text{CaCO}_3$ ).

**Estandarización de la solución EDTA 0,01 M**



- a) medir 25 ml de la solución estándar de calcio y diluir para 50 ml con agua destilada en frasco Erlenmeyer de 125 ml;
- b) adicionar 1 a 2 ml de la solución tampón para obtener el pH alrededor de 10  $\pm 0,1$ ;
- c) adicionar 0,05 gramos del indicador eriochrome black T;
- d) titular con EDTA 0,01 M gota a gota hasta desaparecer la última coloración violácea y aparecer el color azul indicador del punto final de la titulación.

**Cálculo:**

$$F_c = \frac{25}{V_p} \dots\dots\dots(14)$$

**Dónde:**

Fc = factor de corrección;

Vp = Volumen de EDTA gasto en la titulación.

**Solución tampón para dureza**

- a) pesar 16,9 gramos de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) y disolver en 143 ml de hidróxido de amonio concentrado ( $\text{NH}_4\text{OH}$ );
- b) adicionar 1,25 gramos de sal de magnesio del EDTA e diluir a 250 ml con agua destilada.

**Observación:** En caso de no contar con sal de magnesio del EDTA, disolver 1,179 gramos de sal sódico del EDTA y 780 mg del  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  o 644 mg del  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en 50 ml de agua destilada y juntar a la solución del ítem 1, completando el volumen para 250 ml con agua destilada.



### **Indicador negro Eriocromo T**

- a) pesar 0,5 gramos de negro eriocromo T en un vidrio de reloj;
- b) pesar 100 gramos de cloruro de sodio P.A. en un Becker;
- c) transferir los dos reactivos para un almirez y triturar la mezcla hasta transformarse en polvo;
- d) almacenar en frasco de boca ancha, bien cerrado.

### **Inhibidor I – cianato de sodio P.A.**

Usar 250 mg en la solución a ser titulada.

### **Inhibidor II – sulfato de sodio.**

- pesar 5 gramos de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) o 3,7 gramos de  $\text{Na}_2\text{S}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- disolver en 100 ml de agua destilada;
- guardar en frasco de vidrio bien cerrado a fin de evitar su deterioro por contacto con el aire.

### **Solución estándar de color**

- a) pesar 1,246 gramos de cloroplatinato de potasio ( $\text{K}_2\text{PtCl}_6$ ) y 1,0 gramo de cloruro cobaltoso cristalizado ( $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ );
- b) disolver en agua destilada;
- c) adicionar 100 ml de ácido clorhídrico concentrado y diluir para 1000 ml con agua destilada. (Esta solución equivale a 500 Unidades de Color).

#### **4.1.5. Reactivos para análisis de aluminio**



### **Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,02N**

- a) preparar igual al utilizado para alcalinidad total. Ácido ascórbico.
- a) pesar 0,1g de ácido ascórbico y disolver en un poco de agua destilada y completar el volumen para 100 ml. Esta solución deberá ser preparada diariamente.

### **Reactivo tampón**

- a) pesar 136 g de acetato de sodio ( $NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$ ) y disolver en agua destilada. Adicionar 40 ml de solución de ácido acético 1N y diluir para 1000 ml con agua destilada.

### **Solución de ácido acético 1N**

- a) medir 58 ml de ácido acético concentrado y diluir para 1000 con agua destilada.

### **Solución de ericromocianina-R (stock)**

- a) pesar y disolver 150 mg del colorante en cerca de 50 ml de agua destilada. Ajustar el pH para 2,9 con ácido acético 1:1 (se necesita alrededor de 2 ml de ácido). Diluir para 100 ml con agua destilada.



### **Solución de trabajo (ericromocianina-R)**

- a) medir 10 ml de la solución stock y diluir para 100 ml con agua destilada, esta solución es estable por seis meses.

### **Solución indicadora de metil-anaranjado.**

- a) pesar 100 mg de metil-anaranjado y disolver en 200 ml de agua destilada.

### **Solución Stock de Aluminio (1ml = 500 µg Al)**

- a) pesar 8,791 g de doble sulfato de aluminio e potasio ( $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) y disolver en un poco de agua destilada. Completar el volumen para 1000 ml en balón volumétrico.

### **Solución Estándar de Aluminio (1 ml = 5 µg)**

- a) diluir 10 ml de la solución stock de aluminio para 1000 ml de agua destilada en balón volumétrico. Preparar diariamente.

### **Observación:**

- 1) todos los reactivos deben ser preparados con agua destilada libre de aluminio.
- 2) todos los procedimientos que determinan diluir o completar para x ml, hacérselo en balón volumétrico.

### **Solución de EDTA 0,01M**

- a) pesar y disolver 3,7 gramos de EDTA en 1000 ml de agua destilada.



#### 4.1.6. Reactivos para análisis de fluoruros

##### Solución estándar de fluoruros

- a) preparar una solución de stock, disolviendo 221,0 mg de fluoruro de sodio anhidro (NaF) en agua destilada y diluir a 1000 ml (1 ml de esta solución equivale a 100  $\mu\text{gF}$ );
- b) diluir 100 ml de la solución stock antes mencionada para 1000 ml con agua destilada (1 ml = 10  $\mu\text{gF}$ ).

##### Reactivo zirconio-alizarina

- a) pesar y disolver 300 mg de oxocloruro de zirconio ( $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), en 50 ml de agua destilada y transferir para un frasco volumétrico de 1000 ml con tapón;
- b) pesar y disolver 70 mg de monosulfato de alizarina en 50 ml de agua destilada;
- c) poner la solución 2 en la solución 1, lentamente y con agitación;
- d) la solución resultante deberá reposar por algunos minutos.

##### Mezcla ácida

- a) medir 101 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl) y diluir en alrededor de 400 ml con agua destilada;
- b) adicionar cuidadosamente 33,3 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) en alrededor de 400 ml de agua destilada;
- c) a seguir, enfriar y mezclar las dos soluciones ácidas.



### **Reactivos Scott-Sanchis**

- a) adicionar la mezcla ácida a la solución reactiva Zirconil-alizarina;
- b) completar el volumen hasta 1000 ml con agua destilada y mezclar;
- c) guardar en frasco ámbar y en lugar protegido de la incidencia de luz directa, este reactivo es estable por 6 meses. Arsenito de sodio
- d) pesar 5 g de arsenito de sodio ( $\text{NaAsO}_3$ ) y disolver en un poco de agua, diluir para 1 litro con agua destilada (usar 1 gota para cada 0,1mg de cloro existente en la muestra).
- e) Observación: esta solución es tóxica – evitar la ingesta y el contacto con la piel.

#### **4.1.7. Reactivos para análisis de concentración de Cloro**

##### **Tiosulfato de sodio 0,1 N**

- a) Disolver 25 gramos de tiosulfato de sodio  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en un litro de agua destilada recientemente. Almacenar por dos semanas y estandarizar con dicromato de potasio  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,1 N.

##### **Notas:**

1. Usar agua destilada hervida en la preparación del bisulfato.
2. Adicionar algunos mililitros de cloroformo ( $\pm 5$  ml) para minimizar la descomposición bacteriana de la solución de bisulfato.



### **Dicromato de potasio 0,1 N**

- a) Pesar 4,904 gr de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), disolver en un poco de agua destilada y, enseguida, diluir para 1 litro. Almacenar en frasco de vidrio con tapa de vidrio.

### **Solución indicadora de amida**

- a) Pesar 5,0 gramos de amida. Adicionar un poco de agua destilada hasta formar una crema. Enseguida disolver esa crema en un litro de agua destilada en ebullición. Dejar en reposo durante una noche. Usar el líquido sobrenadante preservándolo por la adición de 1,25 gramos de ácido salicílico.

### **Estandarización de la solución de bisulfato de sodio 0,1N.**

#### **Material necesario:**

- a) bureta de 50 ml;
- b) frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- c) pipeta graduada de 1 ml.
- d) pipeta volumétrica de 10 ml.

#### **Procedimiento:**

- a) poner 80 ml de agua destilada en el Erlenmeyer;
- b) adicionar, con agitación constante, 1 ml de  $H_2SO_4$  concentrado y 10 ml de dicromato de potasio 0,1 N;
- c) adicionar 1,0 gramo de Yoduro de potasio;



- d) dejar la mezcla reaccionar durante 6 minutos en lugar oscuro;
- e) titular con la solución de tiosulfato de sodio hasta la aparición de la coloración amarilla clara.
- f) adicione 1,0 ml de la solución de amida y siga la titulación hasta el desaparecimiento del color azul formado.

**Cálculo:**

$\text{Normalidad} = \frac{1}{\text{ml de tiosulfato consumido}}$	.....(15)
---	-----------

❖ **Reglas generales para corregir las soluciones tituladas**

La corrección de las soluciones tituladas es un procedimiento muy utilizado en laboratorio. Sirve para aferir el grado de exactitud de las soluciones estandarizadas. Periódicamente, el técnico debe verificar la exactitud de dichas soluciones para que los resultados de los análisis sean los más correctos posibles.

**Regla 1**

Cuando el volumen consumido de solución a titular sea igual al volumen de la solución estándar tomada para la titulación, significa que aquella es exacta.

**Ejemplo:** Se tiene 10 ml de HCl 0,1N los cuales han sido consumidos para titular 10 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,1N.



## Regla 2

Cuando el volumen consumido de la solución a titular sea menor que el volumen del patrón tomado, significa que la solución a titular se encuentra más concentrada. En ese caso, la corrección se hace de la siguiente manera:

Ejemplo: Se gastó en la titulación de 10 ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,1N; 8,3 ml de HCl 0,1 N. Aplicándose la siguiente ecuación, tenemos:  $8,3:10 : x : 1000$

Efectuándose los cálculos se tiene:

$$10x = 8,3 \times 1000$$
$$x = 8300/10 \quad \therefore x = 830 \text{ ml}$$

Enseguida, se mide 830 ml de la solución a titular y se completa a 1000 ml con agua destilada. Hacer nueva titulación para verificar el rigor de la dosificación, que no debe quedar por debajo de 9,9 y por encima de 10,1 ml.

## Regla 3

En el caso en que el volumen de la solución a titular sea mayor que el de la solución estándar, significa que la solución a titular se encuentra más diluida. En ese caso, calculase el factor de corrección de la siguiente manera:

**Ejemplo:** se tiene 10,5 ml de una solución de HCl 0,1N donde se ha consumido para titular 10 ml de una solución estándar de Carbonato de Sodio. Aplicándose la siguiente ecuación, tenemos:  $10,5: 1 : 1 : x$

Efectuándose los cálculos se tiene:

$$10 = 10,5x \quad x = 10/10,5 \quad x = 0,9524$$

Luego, el Factor de corrección de la solución es 0,9524.



## ❖ **Limpieza de material de vidrio en el laboratorio**

La precisión y exactitud de los análisis también están asociadas al uso de material de vidrio en el laboratorio, además de otros factores.

Por ello, es fundamental que todo el cristal esté perfectamente limpio y libre de impurezas como jabones, detergentes y otros productos que puedan adherirse a las paredes del recipiente.

La vidriera puede ser lavada en general con agua, agua y jabón neutro, o con soluciones especiales como la solución sulfocrómica, por ejemplo.

### ✓ **Procedimiento de lavado**

#### **Para vidriería nueva**

- a) la mayoría de los materiales de vidrio nuevos es levemente alcalina. Por lo tanto, dichos materiales deben ser puestos en remojo por algunas horas en solución de ácido clorhídrico o nítrico a 1% antes de ser lavados.

#### **Para vidriería usada:**

- a) los materiales de vidrio ya utilizados con medio de cultivo (placas de Petri, tubos de cultivo), deben ser esterilizados antes de ser lavados, enseguida deben ser puestos en un recipiente grande con agua, conteniendo 1 a 2% de jabón o detergente, dejando hervir por 30 minutos. Enseguida, se debe enjuagarlos en agua corriente, fregarlos con detergentes neutros y enjuagarlos otra vez;
- b) en determinadas situaciones en las que los materiales de vidrio no puedan ser limpios con los detergentes comunes u otros productos de limpieza, se



requiere el uso de una mezcla constituida de ácido sulfúrico y solución saturada de dicromato de sodio, preparada de la siguiente manera: mezclar 1 litro de ácido sulfúrico concentrado con 35 ml de solución saturada de dicromato de sodio. Esa solución no debe ser usada para lavado de vidrierías utilizadas para análisis de cromo.

#### **Notas:**

1. la solución mencionada es ácida y agrede a la piel;
2. no permitir contacto de la mano con la solución;
3. la solución ataca a los tejidos. Evitar contacto con la ropa;
4. no lavar con esta solución a vidrios pegados con cubetas utilizadas en espectrofotómetros, cubetas de turbidez, etc.;
5. después de pasar esta solución en la vidriería, enjuagarla con agua en abundancia y enseguida con agua destilada.

#### **❖ Relación de materiales de laboratorio de análisis de agua**

##### **Equipos**

- a) autoclave vertical, capacidad para 18, 24, 48 o 72 litros, 110/220 voltios;
- b) estufa para cultivo bacteriológico, con termostato regulable en la franja de 30 a 65°C, tamaño 45X45X40 cm de ancho, profundidad y altura, respectivamente, equipada con bandeja regulable para tres posiciones;
- c) balanza analítica, eléctrica, capacidad para 160 g, sensibilidad de 1/100 mg, cinco casas decimales, 110/220 voltios;



- d) balanza de precisión, con doble escala, pesaje máximo 200 gramos, sensibilidad de 0,1 g;
- e) destilador de agua, capacidad para 2 litros/hora, 110/220 voltios;
- f) baño maría capacidad para 50 tubos de ensayo, con termostato regulable en la franja de 35 a 65°C, 110/220 voltios;
- g) baño de vapor, para 6 pruebas simultáneas, construidas en chapa metálica, con termostato regulable en hasta 6 posiciones, 110/220 voltios;
- h) capilla para agotamiento forzado de gases, con motor eléctrico de 1/3 de HP 110/220 voltios;
- i) chapa calentadora con termostato regulable, tamaño x, 110/220 voltios;
- j) estufa para esterilización y secado, tamaño 50X40X50 cm de ancho, profundidad y altura, respectivamente, con termostato regulable hasta 300°C, y bandeja regulable para 3 posiciones, 110/220 voltios;
- k) equipo de Jar-Test para 6 pruebas simultáneas, con regulador de velocidad de 0 a 100 rpm, con base de vidrio o acrílico iluminado, 110/220 voltios;
- l) medidor de cloro residual, portátil, con disco de color, escala de 0 a 3,5 mg/l, para uso con reactivos DPD;
- m) termómetro bacteriológico, con escala de 0 a 60oC, con divisiones de 1°C;
- n) termómetro químico con escala de 0 a 300oC, con división de 1°C;
- o) turbidímetro completo;



- p) medidor de pH digital de bancada, franja de medición de 0 a 14, con electrodo, 110/220 voltios;
- q) medidor de pH, digital, portátil, franja de medición de 0 a 14, con electrodo, funcionamiento a batería de 9 voltios;
- r) linterna para identificación de E.coli, con lámpara fluorescente ultravioleta, 6 watts, 365 nm, recargable, portátil, 110 voltios;
- s) pico de Bunsen;
- t) deionizador capacidad para 50 litros/hora – 110/220 voltios.

### **Vidriería**

- a) tubo para cultivo, sin borde, tamaño 150 x 16 mm;
- b) tubo para cultivo, sin borde, tamaño 180 x 18 mm;
- c) tubo para cultivo, sin borde, tamaño 125 x 15 mm;
- d) tubo de Nessler, forma alta, capacidad de 50 e 100 ml;
- e) tubo de Durham, tamaño 40 x 5 mm;
- f) balón volumétrico, fondo chato, con tapa de teflón o vidrio esmerilado clase "A", capacidad de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml;
- g) becker forma baja, graduado, capacidad de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml;
- h) bureta con grifo de vidrio o teflón, grabación permanente, clase "A", capacidad de 10, 25 y 50 ml;



- i) pipeta serológica, codificada por colores, con boca para algodón, grabación permanente, capacidad de 1, 2, 5 y 10 ml;
- j) pipeta de MOHR, codificada por colores, boca y pico temperados, grabación permanente, capacidad de 1, 2, 5 y 10 ml;
- j) pipeta volumétrica, codificada por colores, boca y pico temperados, grabación permanente, clase A, capacidad de 10, 25, 50 y 100 ml;
- l) frasco de vidrio para reactivos, boca ancha, color blanco, tapón de vidrio esmerilado intercambiable, capacidad de 125 ml;
- m) probeta graduada a contener, con base hexagonal de vidrio, grabación permanente, clase "A", capacidad de 10, 25, 50, 100, 250, 500 y 1000 ml;
- n) frasco Erlenmeyer, boca ancha reforzada, graduado, capacidad de 125, 250 y 500 ml;
- o) embudo analítico, ángulo de 60 °C, liso, asta corta, con diámetro de 50, 75 y 100 mm;
- p) placa de Petri de vidrio, transparente, tamaño 100 x 15 mm;
- s) conjunto de destilación para fluoruros, constituido de balón de fondo chato de 1000 ml con salida lateral para condensador Graham, con juntas esmeriladas;
- t) bastón de vidrio de 30 cm de largo x 5 mm de diámetro;

### **Materiales diversos**

- a) asa de platino calibrada con 3 mm de diámetro;



- b) cable de Kolle para asa de platina;
- c) algodón en rama para bacteriología;
- d) lápiz dermográfico;
- e) caldo lactosa, deshidratado, envase de 100 o 500 gramos;
- f) caldo lactosa, verde brillante bilis a 2%, deshidratado, envase de 100 o 500 gramos;
- g) medio ENDO MF, para coli total, envase de 100 o 500 gramos;
- h) medio EC MF, para coli fecal, envase de 100 o 500 gramos;
- i) púrpura de bromocresol, envase de 5 gramos;
- j) soporte para tubo de ensayo, con capacidad para 15 tubos de 180 x 18 mm, de madera o plástico resistente.
- k) soporte para tubos de ensayo con capacidad para 40 tubos de 180 x 18 mm, en alambre resistente a autoclavación;
- l) caldo lauril triptase, deshidratado, envase de 100 o 500 gramos;
- m) medio EC, deshidratado, envase de 100 o 500 gramos. n) Plate count agar, deshidratado, envase de 100 o 500 gramos;
- o) sustrato cromogénico para determinación enzimática cualitativa de coliformes totales y E.coli en muestras de 100 ml de agua, caja con 20 ampollas;
- p) cesto de alambre con capacidad para 50 tubos de ensayo de 180 x 18 mm, resistente a la autoclavación;



- q) soporte para tubo de Nessler de 50 y 100 ml, en madera o aluminio, capacidad para 8 tubos;
- r) papel de aluminio, midiendo 7,5 m de largo x 30 cm de ancho;
- s) algodón hidrófilo, paquete de 500 gramos;
- t) placa de Petri, de plástico, esterilizada, de 47 mm de diámetro;
- u) filtros estériles de 47 mm de diámetro, 0,45 $\mu$ m de porosidad, con tarjeta absorbente, envase con 100 unidades;
- v) conjunto porta filtro de membrana, construido en acero inoxidable, con dispositivo para esterilización en el campo;
- w) pinza de acero inoxidable, de 10 cm de largo.

❖ **Bioseguridad en el laboratorio**

En este informe se incluyen únicamente los principales procedimientos relacionados con la bioseguridad del laboratorio que son observados por los técnicos que laboran en el área.

❖ **Procedimientos de orden personal:**

- a) no pipetear ningún tipo de líquido con la boca;
- b) usar gafas de protección en los ambientes del laboratorio donde el uso es obligatorio;
- c) no llevar las manos a la boca o a los ojos cuanto esté manoseando productos químicos;
- d) no guardar alimentos en el refrigerador del laboratorio;



- e) no comer dentro del laboratorio;
- f) no fumar en el interior del laboratorio;
- g) usar delantal/chaleco de mango largo con elástico en los puños, siempre. Y sacarlo al salir del laboratorio;
- h) lavar cuidadosamente las manos con agua y jabón en abundancia, antes de cualquier comida;
- i) no manipular productos tóxicos sin antes certificarse de su toxicidad.

❖ **Procedimientos relacionados al laboratorio:**

- a) mantener las bancadas del laboratorio siempre limpias y libres de materiales extraños al trabajo;
- b) retirar de la bancada los materiales, con muestras y reactivos empleados en el laboratorio, luego de utilizarlos;
- c) limpiar inmediatamente cualquier derramamiento de productos y reactivos con los cuidados necesarios;
- d) al vaciar un frasco de reactivo, hacer la limpieza previa con agua, antes de ponerlo para lavado;
- e) rotular inmediatamente cualquier reactivo o solución preparada y las muestras recolectadas;
- f) no echar productos corrosivos concentrados en la cuba; desecharlos solamente después de ser diluidos;



- g) en la preparación de soluciones ácidas, nunca adicionar agua en el ácido sino ácido en el agua;
- h) no echar en la cuba líquidos inflamables y/o volátiles, almacenarlos en recipientes adecuados;
- i) disponer los cilindros con gases en ambientes externos al laboratorio, debidamente acondicionados;
- j) usar cámara de flujo laminar (cabina e seguridad biológica) para manipulación de medios de cultivo e investigación microbiológica.
- k) usar cámara de agotamiento (cabina de seguridad química) con lavador de gases cuando manosear líquidos inflamables y/o volátiles.

❖ **Procedimientos para el uso de vidrierías:**

- a) no utilizar materiales de vidrio rotos;
- b) usar guantes de amianto para manosear piezas de vidrio que estén calientes;
- c) no dejar frascos calientes sin protección sobre las bancadas del laboratorio, ponerlos sobre placas de amianto;
- d) no calentar recipiente de vidrio en llama directa, usar tela de amianto;
- e) no presurizar recipientes de vidrio;
- f) no calentar vidriería en calentamiento – usar despertador, siempre;
- g) no usar frascos para muestras que no estén totalmente limpios y sin certificarse de su adecuación a los servicios a ser ejecutados,



- h) usar guantes de pellica y gafas de seguridad, siempre que cruzar o remover tapón de goma o corcho, de tubos de vidrio o termómetros;
- i) remover tapones de vidrio trabados;
- j) remover trozos de vidrio – usar recogedor y escoba;
- k) usar protector facial y guantes de pellica cuanto se vaya agitar solventes volátiles en frascos cerrados.

❖ **Procedimiento para uso de equipos en general:**

- a) antes de utilizar cualquier equipo, leer antes las instrucciones de operación proveído por el fabricante;
- b) nunca conectar equipos eléctricos sin antes verificar el voltaje;
- c) no instalar ni operar equipos eléctricos sobre superficies húmedas;
- d) no dejar equipos eléctricos conectados en el laboratorio fuera del horario, excepto los de energía constante, como neveras, estufas, etc.;
- e) combatir fuego en equipos eléctricos solo con extinguidor de CO<sub>2</sub>;
- f) mantener los equipos de seguridad en locales de fácil acceso y al alcance de todos los empleados del laboratorio, tales como:
  - extinguidor de incendio;
  - lavador de ojos;
  - manta de seguridad;
  - máscara contra gases;
  - máscaras y gafas de seguridad, etc.

## V. RESULTADOS

- Se muestra resultados de ensayos físico-químicos, informe N° 041 de la comunidad de Challapampa - Distrito de Juli - Provincia de Chucuito - Departamento de Puno, donde se tomaron cinco muestras:



PERÚ Ministerio de Salud

RED DE SALUD PUNO  
UNIDAD DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
Av. El Sol N° 1022 - TLF: 363368 PUNO

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO INFORME DE ENSAYO N° 0041

<b>Solicitante:</b> Teniente Gobernador comunidad de Challapampa ROGELIO QUISPE CHOQUE	
Localidad : Challapampa	Fecha de Muestreo : 04/07/2014.
Distrito : Juli	Fecha llegada al Lab : 07-07-2014.
Provincia : Chucuito	Muestreador : DAYSI CAHUANA COAQUIRA
Departamento : Puno.	
Origen de la Fuente: 3180: Agua Potable IES Challapampa (M-1) 3181: Agua del río. (M-2) 3182: Agua potable de la Municipalidad Distrital de Challapampa. (M-3) 3183: Agua residual doméstico. (M-4) 3184: Agua potable Puesto de Salud Challapampa. (M-5)	
Punto de Muestreo : Toma de muestra en los puntos indicados.	

### RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUAS

PARAMETROS	Unidad	* LDM	CODIGO N° DE MUESTRA				
			3180	3181	3182	3183	3184
pH a 20°C	---	---	8.29	8.20	7.20	8.09	6.93
Temperatura	°C	---	21.80	21.30	13.30	16.3	9.30
Conductividad	µ mhos/cm	---	371.0	356	168.7	829.0	23.6
Turbidez	UNT	---	2.30	9.33	0.37	53.5	3.08
Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L.	---	---	---	81.7	---	63.6
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L.	---	---	---	190.4	---	137.3
Dureza Calcica	mg CaCO <sub>3</sub> /L.	---	---	---	166.8	---	104.4
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	---	260	250	135.0	649.0	21.0
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L.	2.00	---	---	1.6	---	3.6
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L.	0.1	5.85	7.40	6.56	1.15	6.02
DBO	mg O <sub>2</sub> /L.	2.0	3.4	<LDM	---	372.0	---
Mat. Ext. En heceno	mg/L.	3.0	<LDM	4.5	<LDM	192.7	<LDM
Cobre	mg Cu/L.	0.005	0.015	0.012	<LDM	0.020	<LDM
Hierro	mg Fe/L.	0.038	5.205	6.060	0.079	0.304	0.440
Manganeso	mg Mn/L.	0.025	0.136	0.144	<LDM	0.040	0.167
Plomo	mg Pb/L.	0.025	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Zinc	mg Zn/L.	0.038	0.069	0.073	<LDM	0.272	0.103

**Referencia Bibliográfica de los Métodos de Análisis:** *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales - American Public Health Association, American Water Works, Association Water Pollution Control Federation. 20th Edition.*

**Observaciones:** \* Límite de Detección Método (LDM)

- Los análisis de pH, Temperatura, Origen Disuelto, Conductividad, Sólidos totales disueltos, fueron realizados IN SITU, por el muestreador.

- Se muestra resultados de ensayos físico-químicos, informe N° 042 del Centro Poblado Huapaca San Miguel – Distrito de Pomata – Provincia de Chucuito – Departamento de Puno, donde se tomaron cinco muestras:



RED DE SALUD PUNO  
UNIDAD DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
Av. El Sol N° 1022 – TLF: 363368 PUNO

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO  
INFORME DE ENSAYO N° 0042

<b>Solicitante:</b> Centro Poblado Huapaca San Miguel DOMINGO ESTRADA MAMANI	
Localidad :	Centro Poblado Huapaca San Miguel
Distrito :	Pomata
Provincia :	Chucuito
Departamento :	Puno.
Fecha de Muestreo :	15/07/2014.
Fecha llegada al Lab :	16-07-2014.
Muestreador :	DAYSÍ CAHUANA COAQUIRA
Origen de la Fuente:	3185: Agua Potable Casa I (M-1) 3186: Agua de lago. (M-2) 3187: Agua potable Casa II (M-3) 3188: Agua residual doméstico. (M-4) 3189: Agua potable Casa III (M-5)
Punto de Muestreo :	Toma de muestra en los puntos indicados.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE  
MUESTRAS DE AGUAS

PARAMETROS	Unidad	* LDM	CODIGO N° DE MUESTRA				
			3185	3186	3187	3188	3189
pH a 20°C	---	---	8.50	8.56	8.58	7.80	7.75
Temperatura	°C	---	10.30	16.60	17.40	11.80	12.10
Conductividad	µmhos/cm	---	180.8	62.2	64.4	12.63	12.72
Turbidez	UNT	---	13.4	0.44	0.45	1.24	1.16
Alcalinidad Total	mg/L	---	161.0	48.0	49.0	8.0	8.0
Dureza Total	mg O <sub>2</sub> /L	0.1	2.10	7.54	7.53	6.99	7.00
Dureza Calcica	mg O <sub>2</sub> /L	2.0	180.0	2.70	2.70	2.55	2.25
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	3.0	<LDM	<LDM	<LDM	---	<LDM
Cloruros	mg Cl/L	0.005	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Oxígeno Disuelto	mg Fe/L	0.038	0.240	0.166	0.160	0.139	0.123
DBO	mg Mn/L	0.025	0.108	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Mat Ext En hexano	mg Pb/L	0.025	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cobre	mg Zn/L	0.038	0.103	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Hierro	---	---	8.50	8.56	8.58	7.80	7.75
Manganeso	°C	---	10.30	16.60	17.40	11.80	12.10
Plomo	µmhos/cm	---	180.8	62.2	64.4	12.63	12.72
Zinc	UNT	---	13.4	0.44	0.45	1.24	1.16

**Referencia Bibliográfica de los Métodos de Análisis:** *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales - American Public Health Association, American Water Works, Association Water Pollution Control Federation. 20th Edition.*

**Observaciones:** \* Límite de Detección Método (LDM)

- Los análisis de pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos totales disueltos, fueron realizados IN SITU, por el muestreador.



- Se muestra resultados de ensayos físico-químicos, informe N° 043 del Centro Poblado Caritamaya - Distrito de Acora - Provincia de Puno - Departamento de Puno, donde se tomaron cuatro muestras:



PERÚ Ministerio de Salud

RED DE SALUD PUNO  
UNIDAD DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
Av. El Sol N° 1022 - TLF: 369368 PUNO

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"

ANALISIS FISICO QUIMICO  
INFORME DE ENSAYO N° 0043

<b>Solicitante:</b> Centro Poblado Caritamaya WILBER MAMANI PAXI	
Localidad : Caritamaya	Fecha de Muestreo : 21/07/2014.
Distrito : Acora	Fecha llegada al Lab : 22-07-2014.
Provincia : Puno	Muestreador : DAYSI CAHUANA COAQUIRA
Departamento : Puno.	
Origen de la Fuente: 3190: Agua Potable Casa I (M-1) 3191: Agua de lago. (M-2) 3192: Agua potable Casa II. (M-3) 3193: Agua residual doméstico. (M-4)	
Punto de Muestreo : Toma de muestra en los puntos indicados.	

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE  
MUESTRAS DE AGUAS

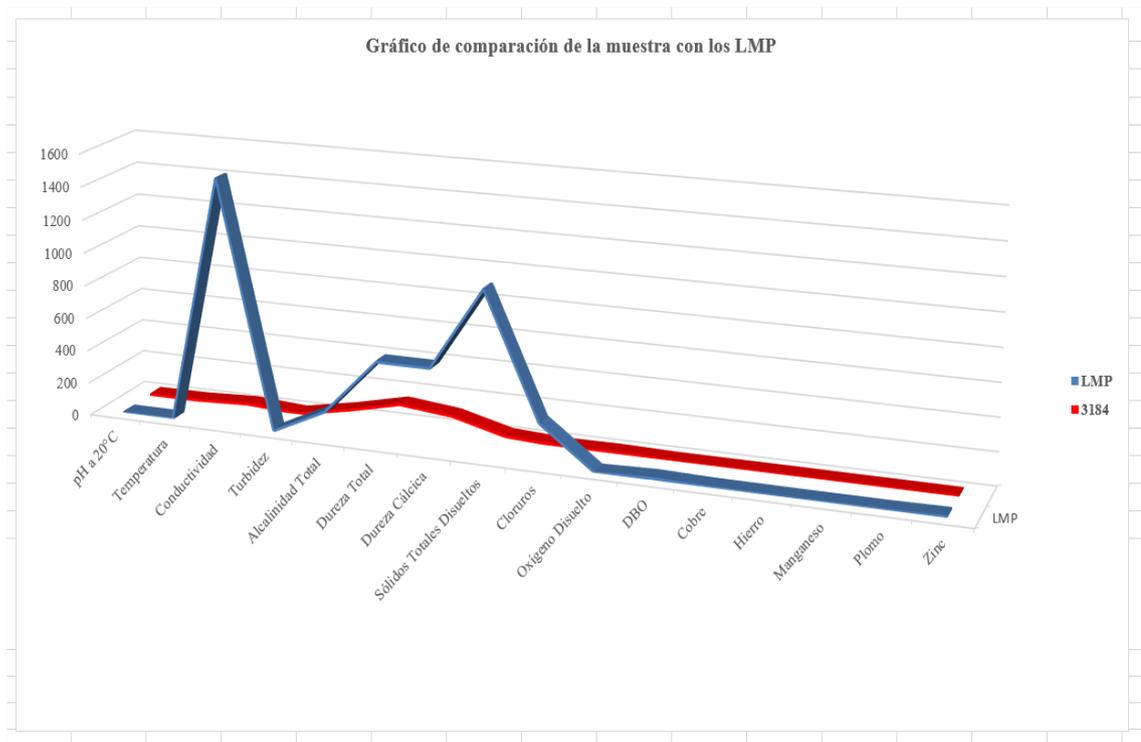
PARAMETROS	Unidad	* LDM	CODIGO N° DE MUESTRA			
			3190	3191	3192	3193
pH a 20°C	---	---	8.09	7.98	8.35	4.27
Temperatura	°C	---	15.20	15.10	13.90	7.00
Conductividad	µmhos/cm	---	66.10	66.0	172.5	40.2
Turbidez	UNT	---	7.08	7.74	0.85	0.52
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	---	54.0	54.0	144.0	40.0
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.1	6.32	6.16	6.40	6.45
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	2.0	2.10	2.70	<LDM	<LDM
Mat. Ext. En hexano	mg/L	3.0	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cobre	mg Cu/L	0.005	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Hierro	mg Fe/L	0.038	2.043	2.361	0.124	7.410
Manganeso	mg Mn/L	0.025	0.050	0.051	<LDM	0.145
Plomo	mg Pb/L	0.025	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Zinc	mg Zn/L	0.038	0.106	<LDM	<LDM	0.038

**Referencia Bibliográfica de los Métodos de Análisis:** *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales - American Public Health Association, American Water Works, Association Water Pollution Control Federation. 20th Edition.*

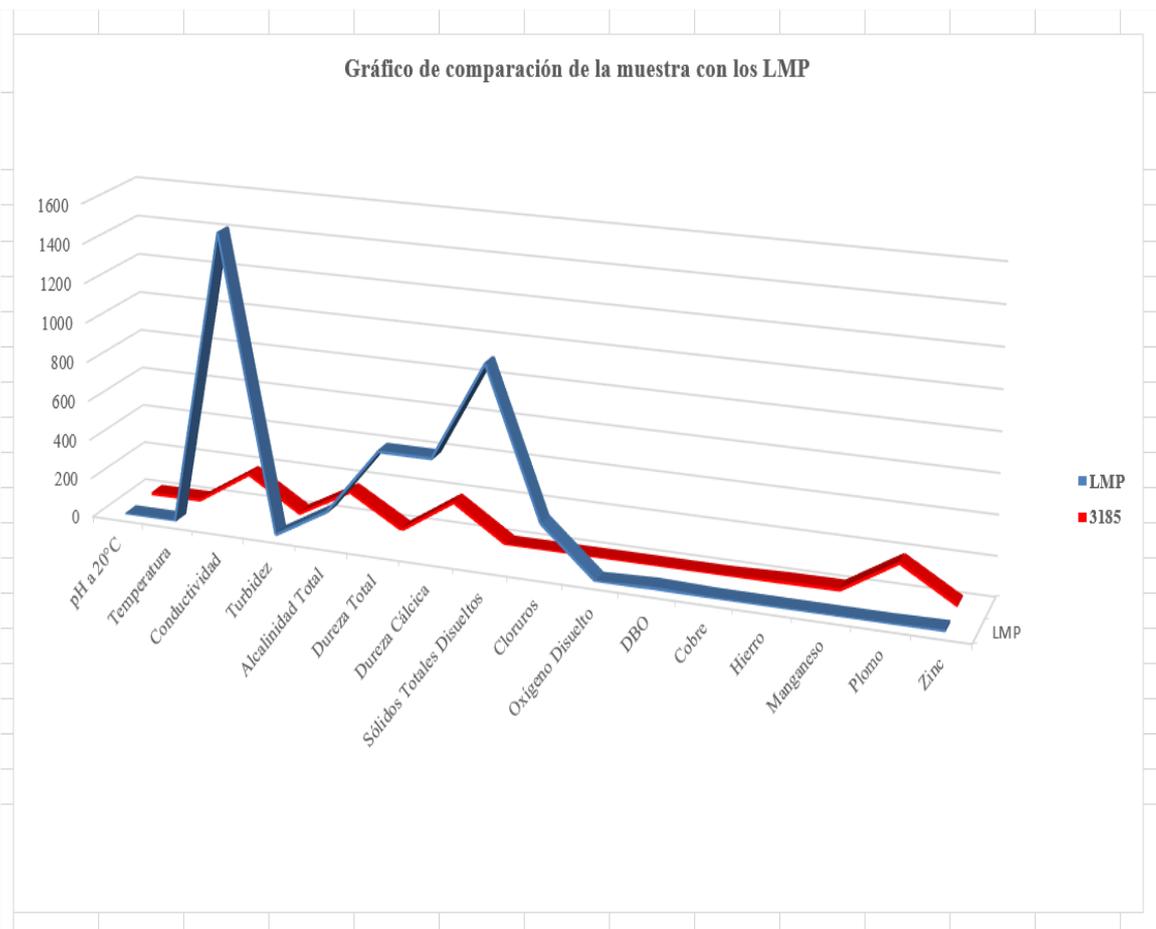
**Observaciones:** \* Límite de Detección Método (LDM)  
- Los análisis de pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos totales disueltos; fueron realizados IN SITU, por el muestreador.

## VI. CONCLUSIONES

- En el siguiente grafico se muestra la comparación de los parámetros físico químicos analizados con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua realizados en la comunidad de Challapampa - Distrito de Juli - Provincia de Chucuito - Departamento de Puno, (Ver resultados) donde se toma como valor relevante la **(M-5) (3184)** que es de una fuente de pozo para consumo, donde todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los estándares permisibles.

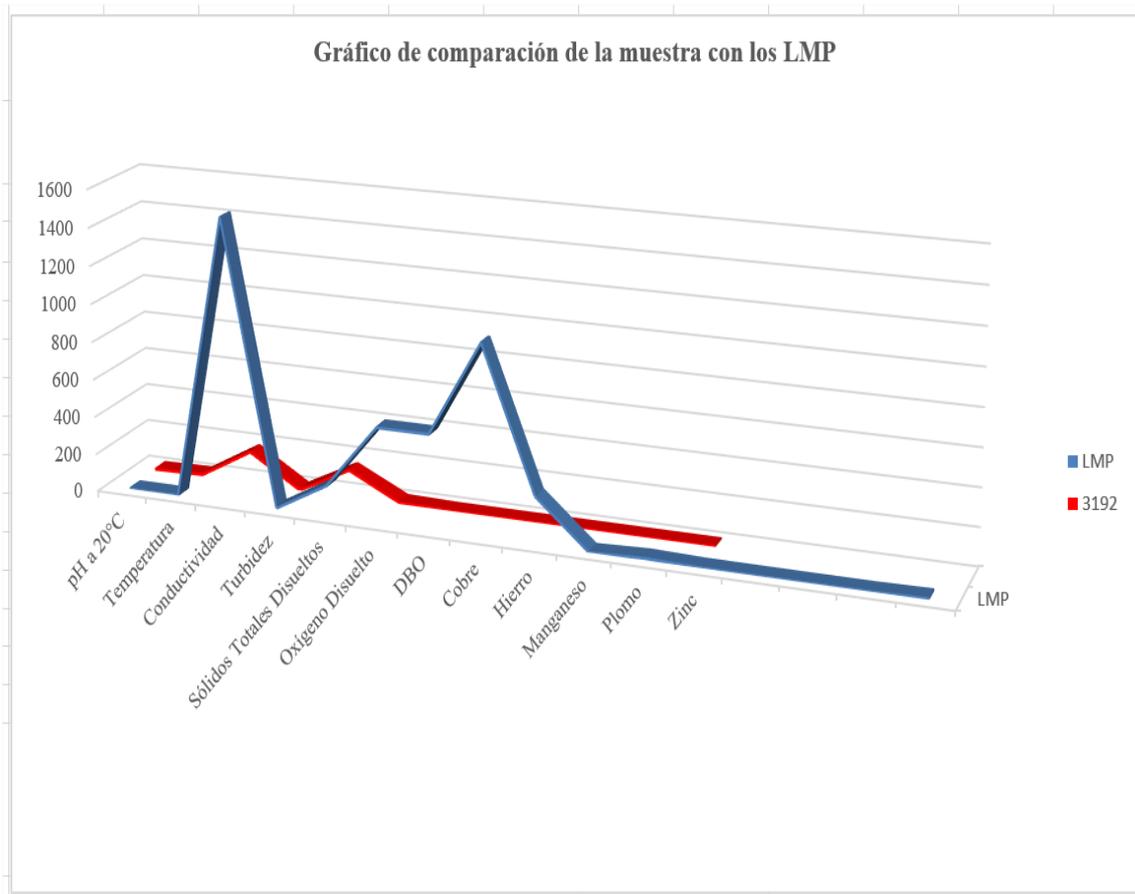


- En el siguiente grafico se muestra la comparación de los parámetros físico químicos analizados con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua realizados en el Centro Poblado Huapaca San Miguel – Distrito de Pomata – Provincia de Chucuito – Departamento de Puno, (Ver Anexo) la (M-1) (3185) que es de una fuente de pozo para consumo donde todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los estándares



permissibles

- En el siguiente grafico se muestra la comparación de los parámetros físico químicos analizados con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua realizados en el Centro Poblado Caritamaya - Distrito de Acora - Provincia de Puno - Departamento de Puno, donde (Ver Anexo) la (M-1) (3192) que es de una fuente de pozo para consumo, donde todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los estándares permisibles.





## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la institución la adquisición de equipos necesarios para determinación de análisis gravimétrico de aguas, (Sólidos, Sólidos sedimentables, Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales en Suspensión (SST), 38 Sólidos Totales Disueltos (SDT)).
- Se recomienda continuar con la publicación de manuales para mejorar con los ensayos de análisis fisicoquímicos y toma de muestras para el laboratorio.
- recomienda al usuario traer los siguientes elementos de protección personal y de uso obligatorio de Bata blanca a la rodilla, manga larga y abotonada, guantes de nitrilo, gafas de seguridad para laboratorio, máscara con filtros (se puede usar tapabocas), toallas de papel para secarse las manos, toalla para limpiar la mesa de trabajo, encendedor o fósforos, marcador no borrable para escribir en cualquier tipo de superficie.
- Se recomienda también la construcción de un ambiente adecuado para el almacenamiento de los insumos químicos, al mismo tiempo la implementación de un plan de para el laboratorio.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcos Pérez, A. G. (2015). La contaminación ambiental y las enfermedades generadas en los habitantes de la Parroquia la Península (Bachelor's thesis).
- Arrieta Salazar, K. W. (2022). Calidad del agua para consumo humano del Centro Poblado de Lanturachi del Distrito de Huancabamba–Oxapampa–2019.
- Unicef. (2016). Estado Mundial de la Infancia 2016: Una oportunidad para cada niño. Recuperado de <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/5146>
- Mejía Clara, M. R. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4434>
- Vázquez, J. (2018). Análisis de la influencia de la variabilidad de la turbiedad del agua en los procesos de potabilización en las pequeñas comunidades (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud). Recuperado de <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/5818>
- Lecca, E. R. (2013). Tratado del agua y la legislación peruana. Industrial Data, 16(2), 106-117. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390013.pdf>
- Díaz Gálvez, S. (2014). Eficiencia de las estructuras construidas para mejorar la calidad del agua en el cierre de actividades en la mina Banco Minero y Tahona-Hualgayoc-Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/642>
- Canedo Ávila, G. (2012). Verificación de parámetros físicos y químicos en el análisis de aguas residuales que vierte el hospital de clínicas (Doctoral dissertation).



- Caminati Briceño, A., & Caqui Febre, R. C. (2014). Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1738>
- Londoño Gaitán, O. P. (2013). Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo II, en una industria cosmética. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/10961>
- Sánchez Requejo, V. (2018). Determinación de parámetros físicos y químicos, y su influencia en las características organolépticas en la quebrada el Herrero, Soritor, 2015. Recuperado de <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2999>
- Carrera, D., Guevara, P., Tamayo, L., & Guallichico, D. (2015, June). Análisis multivariado de las aguas de la Subcuenca del Río Ambi en época de estiaje y su relación con la calidad desde el punto de vista agrícola. In Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE (Vol. 10, No. 1, pp. 123-129). Recuperado de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/36>
- Quicaña Huayhua, L. K. (2014). Estudio comparativo de la velocidad de corrosión entre el agua potable de la tomilla y la bedoya, utilizando probetas de acero al carbono, cobre y aluminio. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2924>
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. Módulo arquitectura CUC, 17. Recuperado de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2488>



- Lillo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. Grupo de Estudios de Minería y Medio Ambiente. Recuperado de [https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros\\_geoquimicos\\_As/Peligros\\_As\\_2.pdf](https://www.aulados.net/GEMM/Documentos/Peligros_geoquimicos_As/Peligros_As_2.pdf)
- Urquiaga Cueva, E. A. (2013). Implementación de un sistema de reutilización de agua de proceso para reducir el consumo de agua fresca en una planta papelera.
- Condori Flores, S. S., & Cordova Huaracha, V. (2020). Evaluación de la remoción de arsénico del agua subterránea del distrito de Sabandía, provincia de Arequipa, utilizando como adsorbente zeolita natural (clinoptilolita) acondicionada con óxido de hierro. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12084>

## ANEXOS

TABLA A1 – A2

ANEXO I LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias  
(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

ANEXO II LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero  
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**TABLA A3 – A4**

ANEXO III		
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS		
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04



Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001

45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolaclo	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001



64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,07
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,1
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,05
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,02
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,9
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,2

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L.

## ANEXO 2

### FIGURA A1

#### COMUNIDAD CHALLAPAMPA



**TOMA DE MUESTRA:** Fuente de Agua  
**FECHA:** 04 de julio del 2014  
**HORA DE MUESTREO:** 09:35 A.M

## FIGURA A2

### CENTRO POBLADO HUAPACA SAN MIGUEL



**TOMA DE MUESTRA:**

Fuente de Agua

**FECHA:**

15 de julio del 2014

**HORA DE MUESTREO:**

10:00 A.M

### FIGURA A3

#### CENTRO POBLADO CARITAMAYA



**TOMA DE MUESTRA:**

Fuente de Agua

**FECHA:**

15 de julio del 2014

**HORA DE MUESTREO:**

13:00 P.M