

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DOMÉSTICO ADMINISTRADA POR LA JUNTA DE AGUA SANA DEL BARRIO CUENDINA-ALBORNOZ, CANTÓN RUMIÑAHUI**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Valeria Michelle Huera Hidalgo**

valeria.huera95@gmail.com

**DIRECTOR(A): ING. SANDRA PANCHI, MSC.**

sandra.panchi@epn.edu.ec

**CODIRECTOR(A): ING. NATHALIA VALENCIA, MSC.**

nathalia.valencia@epn.edu.ec

**Quito, diciembre 2021**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Valeria Michelle Huera Hidalgo como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnóloga en Agua y Saneamiento Ambiental bajo nuestra supervisión:



---

**Ing. Sandra Panchi MSc.**

DIRECTORA DEL PROYECTO

---

**Ing. Nathalia Valencia MSc.**

CODIRECTORA DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Yo Valeria Michelle Huera Hidalgo con CI: 172589463-6 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

**Valeria Michelle Huera Hidalgo**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico principalmente a Dios, por ser mi luz en todas las adversidades que se me han presentado a lo largo de mi carrera, ha sabido darme fuerza y sabiduría para no rendirme.

A mi familia, quienes han sido la razón para no darme por vencida, especialmente a mis padres Marco y María por ser la luz en mi vida, por llenarme de valores y sobre todo por enseñarme a no rendirme, por enseñarme a tener presente que todo esfuerzo tiene su recompensa, gracias infinitamente.

A mi sobrino Ismael y a hermanos Jessi y Jonathan por estar junto a mí en este camino, que Dios nos de sabiduría y amor.

Valeria Michelle

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado a mi familia, a pesar de todas las situaciones adversas que estamos atravesado, han servido para hacernos mucho más fuertes y con muchas más ganas de seguir adelante.

A las personas que conocí a lo largo de la carrera, Gabi Villamarín, Dianita Yugsi, Joss Villafuerte, especialmente a Jess Molina, quién se convirtió en mi mejor amiga desde que entramos a la Poli, gracias por tu apoyo incondicional. Te quiero mucho mi Jess.

A mis amigas, Evelyn y Esther que a pesar de la distancia nuestra amistad perdure por mucho más.

Don Jhovany, seño Mery, Pablin, Jenny, gracias por sacarme una sonrisa en los peores momentos de mi vida, gracias por ser como una familia para mí, especialmente a ti mi Matius, gracias por sacar lo mejor de mí, gracias por ser mi persona favorita, te quiero 3 millones.

A las personas que conforman la Junta de Agua Sana Cuendina-Albornoz, por la oportunidad que me dieron para poder realizar mi proyecto de tesis, especialmente a Don Segundo y a su esposa que siempre estuvieron prestos a ayudarme ante cualquier inquietud.

Especialmente a mi directora de tesis, Ing. Patricia Panchi, gracias infinitas por la confianza y paciencia que tuvo conmigo a lo largo de la realización de este proyecto.

Valeria Michelle

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Justificación del proyecto.....	2
1.3	Objetivo general .....	3
1.4	Objetivos específicos.....	3
1.5	Alcance .....	3
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1	Agua .....	4
2.2	Agua potable .....	4
2.3	Calidad de agua .....	4
2.4	Fuentes de agua.....	5
2.4.1	Fuentes superficiales.....	5
2.4.2	Fuentes subterráneas .....	5
2.5	Análisis de laboratorio.....	5
2.5.1	Parámetros físicos.....	5
2.5.2	Parámetros químicos.....	7
2.5.3	Parámetros microbiológicos .....	9
2.6	Procesos de potabilización del agua .....	10
2.7	Introducción al Muestreo.....	11
2.7.1	Tipos de muestras.....	11
2.7.2	Identificación de una muestra.....	12
2.7.3	Forma de muestreo según el lugar.....	12
2.8	Técnicas de conservación de muestras.....	13
2.9	Normativa aplicada.....	16
2.10	Mantenimiento.....	16
3	METODOLOGÍA.....	17
3.1	Características del lugar .....	17
3.2	Puntos de muestreo.....	18

3.2.1	Punto 1, Ojo de agua y captación.....	19
3.2.2	Punto 2, Tanque de almacenamiento .....	19
3.2.3	Punto 3, Tanque reservorio después de pasar por el sistema de bombeo.....	20
3.2.4	Punto 4, Casa 1-Inicio.....	21
3.3	Distribución de los puntos de muestreo por ubicación GPS .....	22
3.4	Medición de parámetros <i>In situ</i> .....	23
3.4.1	Medición de potencial de hidrógeno (pH) .....	27
3.4.2	Medición de Conductividad .....	27
3.4.3	Medición de Temperatura .....	27
3.4.4	Medición de oxígeno disuelto (OD) .....	28
3.4.3.	Medición de Turbiedad .....	29
3.5	Análisis de parámetros en laboratorio .....	29
3.5.1	Medición de Nitratos .....	29
3.5.2	Medición de Nitritos .....	30
3.5.3	Medición de Fosfatos.....	30
3.5.4	Medición de Hierro.....	31
3.5.5	Medición de Manganeseo.....	31
3.5.6	Medición de sólidos totales, disueltos y suspendidos.....	32
3.6	Determinación del ICA.....	36
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1	Resultados obtenidos en campo. ....	44
4.2	Resultados obtenidos en el laboratorio.....	45
4.3	Proponer procesos de tratamiento adecuados que permitan obtener un agua apta para el consumo humano.....	57
4.4	Actividades de mejoramiento en la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento manejado por la Junta de Agua.....	60
4.5	Socializar los resultados obtenidos con los miembros de la comunidad. ....	63
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
5.1	Conclusiones.....	65
5.2	Recomendaciones.....	65

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
7	ANEXOS .....	71
	Anexo 1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo.....	71
	Anexo 2. Norma Técnica INEN 1108:2020 .....	72
	Anexo 3. Cálculos de análisis realizados en el laboratorio .....	73
	Anexo 4. Tablas utilizadas en la determinación del ICA-NSF .....	75
	Anexo 5. Fotografías de las visitas realizadas .....	78
	Anexo 6. Descripción del desinfectante a utilizar en la propuesta de desinfección.....	79
	Anexo 7. Firmas de asistentes a la socialización .....	84
	Anexo 8. Resultados de los análisis realizados en el laboratorio .....	85
	Anexo 9. Informe Técnico .....	i



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etiqueta recomendada según el autor .....	12
Tabla 2 Recomendaciones sobre recipientes, volúmenes y almacenamiento de muestras	14
Tabla 3 Insumos recomendados en la toma de muestras .....	15
Tabla 4 Crecimiento Demográfico de la parroquia de Cotogchoa.....	18
Tabla 5 Dimensiones de los tanques.....	20
Tabla 6 Distribución de puntos GPS .....	22
Tabla 7 Instrumentos utilizados para la medición de parámetros <i>In situ</i> .....	24
Tabla 8 Materiales utilizados en el muestreo.....	25
Tabla 9 Solubilidad de oxígeno del agua a una presión de 1 atm y 0 °C .....	28
Tabla 10 Tabla de ponderaciones para el cálculo del ICA (Rodríguez, 2016).....	37
Tabla 11 Funciones para el cálculo de SI.....	37
Tabla 12 Criterios para el Índice de Calidad de Agua .....	43
Tabla 13 Especificación de puntos de muestreo.....	44
Tabla 14 Resultados de los parámetros in-situ obtenidos en los 4 puntos.....	44
Tabla 15 Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P1 .....	46
Tabla 16 Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P2 .....	47
Tabla 17 Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P3 .....	48
Tabla 18 Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P4 .....	49
Tabla 19 Relación Turbidez-Sólidos suspendidos .....	50
Tabla 20 Relación Conductividad-Sólidos disueltos.....	51
Tabla 21 Relación Temperatura-Oxígeno disuelto.....	52
Tabla 22 Variación de pH .....	53
Tabla 23 Relación Hierro-Manganeso.....	54
Tabla 24 Relación DBO <sub>5</sub> -DQO .....	55
Tabla 25 Relación Coliformes Totales – Coliformes Fecales.....	55
Tabla 26 Resultados obtenidos.....	56
Tabla 27 Escala de valoración del ICA.....	57
Tabla 28. Transformación de concentraciones en % a mg/l .....	59
Tabla 29 Actividades a realizarse en los tanques .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de los sólidos.....	6
<b>Figura 2.</b> Representación del proceso de potabilización del agua .....	11
<b>Figura 3.</b> Ubicación del barrio Cuendina.....	17
<b>Figura 4.</b> Parte externa ojo de agua .....	19
<b>Figura 5.</b> Parte interna del ojo de agua.....	19
<b>Figura 6.</b> Tanque de cuarto de filtros.....	20
<b>Figura 7.</b> Tanque de almacenamiento .....	20
<b>Figura 8.</b> Cuarto de sistema de bombeo.....	21
<b>Figura 9.</b> Tanque reservorio.....	21
<b>Figura 10.</b> Casa Inicial 1 .....	22
<b>Figura 11.</b> Multiparámetro .....	24
<b>Figura 12.</b> Turbidímetro .....	24
<b>Figura 13.</b> Guantes.....	25
<b>Figura 14.</b> Mascarilla.....	25
<b>Figura 15.</b> Alcohol.....	25
<b>Figura 16.</b> Mandil.....	25
<b>Figura 17.</b> Frascos para muestras de orina .....	25
<b>Figura 18.</b> Frascos Ámbar.....	25
<b>Figura 19.</b> Agua destilada .....	25
<b>Figura 20.</b> Piseta .....	25
<b>Figura 21.</b> Cuerda y balde.....	26
<b>Figura 22.</b> Cooler.....	26
<b>Figura 23.</b> Hielo .....	26
<b>Figura 24.</b> Papel toalla .....	26
<b>Figura 25.</b> Etiquetas.....	26
<b>Figura 26.</b> Medición de parámetros <i>in situ</i> .....	27

<b>Figura 27.</b> Factor de saturación del oxígeno.....	29
<b>Figura 28.</b> Determinación de nitratos.....	30
<b>Figura 29.</b> Determinación de nitritos.....	30
<b>Figura 30.</b> Determinación de fosfatos.....	31
<b>Figura 31.</b> Determinación de manganeso.....	32
<b>Figura 32.</b> Desecador utilizado en la determinación de sólidos.....	33
<b>Figura 33.</b> Balanza analítica.....	33
<b>Figura 34.</b> Kitasato utilizado en la filtración.....	34
<b>Figura 35.</b> Mediciones de parámetros en el laboratorio.....	36
<b>Figura 36.</b> Curva de función DBO <sub>5</sub> .....	38
<b>Figura 37.</b> Curva de función pH.....	38
<b>Figura 38.</b> Curva de función turbidez.....	39
<b>Figura 39.</b> Curva de función fosfatos.....	39
<b>Figura 40.</b> Curva de función nitratos.....	40
<b>Figura 41.</b> Curva de función temperatura.....	40
<b>Figura 42.</b> Curva de función coliformes totales.....	41
<b>Figura 43.</b> Curva de función sólidos totales.....	42
<b>Figura 44.</b> Curva de función oxígeno disuelto.....	42
<b>Figura 45.</b> Representación gráfica de resultados obtenidos <i>in situ</i> .....	45
<b>Figura 46.</b> Representación gráfica Turbidez-Sólidos suspendidos.....	50
<b>Figura 47.</b> Representación gráfica Conductividad-Sólidos suspendidos totales.....	51
<b>Figura 48.</b> Representación gráfica Temperatura-Oxígeno disuelto.....	52
<b>Figura 49.</b> Representación gráfica pH.....	53
<b>Figura 50.</b> Representación gráfica Manganeso-Hierro.....	54
<b>Figura 51.</b> Tanque de captación.....	61
<b>Figura 52.</b> Tanque de almacenamiento.....	61
<b>Figura 53.</b> Tanque reservorio.....	62
<b>Figura 54.</b> Imágenes de la socialización.....	64
<b>Figura 55.</b> Socialización.....	64

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Sólidos totales.....	34
<b>Ecuación 2.</b> Sólidos disueltos totales.....	34
<b>Ecuación 3.</b> Sólidos suspendidos totales .....	35
<b>Ecuación 4.</b> ICA-NSF .....	42
<b>Ecuación 5.</b> Fórmula para conocer la cantidad de dosificación de cloro.....	58
<b>Ecuación 6.</b> Fórmula para conocer la cantidad de cloro a agregar .....	58

## RESUMEN

Mediante el presente trabajo de titulación se evaluó la calidad de agua de consumo doméstico, administrada por la Junta de Agua Sana Cuendina, Cantón Rumiñahui, debido a que la totalidad de su población no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua municipal que garantice su calidad, por lo que los habitantes del sector necesitan conocer de manera permanente qué el agua que consumen sea segura.

Para lo cual fue necesario realizar un análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sistema de abastecimiento de agua.

Como primer punto se realizaron 4 visitas guiadas con la finalidad de valorar el sistema de abastecimiento de agua y de esa manera establecer puntos estratégicos para la toma de muestras, una vez analizada el área de estudio, se establecieron 4 puntos de muestreo, de los cuales, el primer punto corresponde al ojo de agua, punto 2, tanque de almacenamiento, punto 3, tanque reservorio y finalmente el punto 4 que corresponde a un domicilio.

En los 4 puntos establecidos se evaluaron parámetros *in situ* que fueron: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto (OD), turbidez, para ello fue de gran ayuda la utilización del multiparámetro que fue proporcionado por el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental (LDIA), una vez analizados los parámetros antes mencionados se procedió a recolectar muestras puntuales para continuar con el posterior análisis de los diferentes parámetros que fueron: fosfatos, nitritos, nitratos, hierro, manganeso, sólidos totales, sólidos totales suspendidos y sólidos totales disueltos, mismos que fueron realizados en las instalaciones del Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, mientras que los parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes totales y coliformes fecales, fueron realizados por el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM).

Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles (LMP) que se encuentran establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo I y en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE - INEN 1108:2020

También se realizó una inspección visual en el sistema de abastecimiento de agua, procediendo a recomendar actividades que permitan el mejoramiento en la operación

y mantenimiento de las instalaciones del sistema de abastecimiento que fueron: Ojo de agua, tanque de almacenamiento, tanque reservorio.

Como punto final se realizó una socialización con los miembros de la comunidad, indicando los resultados obtenidos de los análisis realizados.

**PALABRAS CLAVE:** Abastecimiento, calidad de agua, muestreo

## **ABSTRACT**

Through this titration work, the quality of the water for domestic consumption, administered by the Junta de Agua Sana Cuendina, Cantón Rumiñahui, was evaluated because the entire population does not have a public sewerage system that guarantees its quality, so the inhabitants of the sector need to know permanently that the water they consume is safe.

For which it was necessary to perform an analysis of physical, chemical and microbiological parameters in the water supply system.

As a first point, 4 guided visits were carried out in order to assess the water supply system and thus establish strategic points for sampling. Once analyzed, 4 sampling points were established, of which the first point corresponds to the water hole, storage tank, reservoir tank and in a home.

In the 4 established points, parameters were evaluated in situ that were: temperature, conductivity, pH, dissolved oxygen (DO), turbidity, for this the use of the multiparameter that was provided by the Environmental Engineering Teaching Laboratory, was of great help, once the parameters had been analyzed before mentioned, specific samples were collected to continue with the subsequent analysis of the different parameters that were: phosphates, nitrites, nitrates, iron, manganese, total solids, total suspended solids and total dissolved solids, which were carried out in the Environmental Engineering Teaching Laboratory, facilities, while the parameters: BOD<sub>5</sub>, COD, total coliforms and fecal coliforms, were carried out at the CICAM facilities.

The results obtained were compared with the maximum permissible limits (MPL) that are established in the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA) Book VI, Annex I, and in the Technical Standard INEN 1108: 2011.

A visual inspection was also carried out in the water supply system, proceeding to recommend activities that allow the improvement in the operation and maintenance of the supply system facilities, which were: Water eye, storage tank, reservoir tank.

As a final point, a socialization was carried out with the members of the community, indicating the results obtained from the analyzes carried out.

**KEYWORDS:**Supply, water quality, sampling



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial el agua es un recurso vital para el desarrollo de la vida, sin embargo del total de agua que tiene el planeta tierra, apenas el 2.5% es agua dulce y tan solo el 0.4 % es apta para el consumo humano, encontrándola de manera superficial, en movimiento como: ríos, arroyos, esteros, aguas en reposo como: lagos y lagunas, en estado sólido como: hielo, nieve y de manera subterránea (ANTRECANALES, 2015).

Un agua de calidad para el consumo humano, depende de la fuente de origen y del tratamiento que recibe para hacerla óptima, es por ello que, el tratamiento de agua es de vital importancia para garantizar la vida de los seres vivos, sin embargo, miles de personas en todo el mundo carecen de este servicio básico que cada vez es más necesario debido a la escasez de agua potable (ANTRECANALES, 2015).

Sin embargo las fuentes de agua de origen natural están expuestas a diversas formas de contaminación, dichas fuentes pueden tener bacterias y restos fecales de origen animal y humano, pudiendo causar enfermedades a los consumidores (Calidad de Agua OCU, 2014).

El Cantón Rumiñahui es uno de los cantones que cuenta con mayor cobertura de servicio de agua potable en el país, actualmente el cantón Rumiñahui cuenta con el 96% de cobertura, y el 92% es beneficiario del sistema de alcantarillado, sin embargo en parroquias más pequeñas la cobertura es menor por lo que las comunidades optan por crear sus propias juntas de agua con fuentes de captación de origen natural (Grijalva, 2018).

Rumiñahui tiene una extensión de 139 km<sup>2</sup>, conformado por tres parroquias urbanas: Sangolquí, San Pedro de Taboada, San Rafael y dos parroquias rurales: Cotogchoa y Rumipamba. La parroquia rural de Cotogchoa cuenta con una superficie de 36.2 km<sup>2</sup>, en ella se encuentra ubicado el Barrio Cuendina, el cual no cuenta en su totalidad con una red pública de agua potable, por lo que sus moradores se vieron

en la necesidad de organizarse para captar agua de una fuente de agua subterránea y poderla consumir.

La Junta de Agua Sana Cuendina, realiza únicamente un proceso de filtración, por lo que requieren que el agua sea analizada de manera permanente, con el fin de garantizar a los usuarios que el agua entregada sea de buena calidad.

Razón por la cual es de importancia realizar una Evaluación de la calidad del agua que consume esta parte de la población de Cuendina, para lo cual serán analizados parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y serán comparados con los límites máximos permisibles que se encuentran establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) , Libro VI, Anexo I, y a su vez en la Norma Técnica INEN 1108:2020 la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua para que sea consumida (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

Con estos cuerpos legales se podrá conocer la calidad del agua que distribuye la Junta de Agua Sana Cuendina y de ser el caso se propondrá procesos que mejoren su calidad.

## **1.2 Justificación del proyecto**

Según la Organización Mundial de la Salud 2100 millones de personas carecen de agua potable en sus hogares y más del doble no disponen de saneamiento seguro, el agua es considerada como un recurso esencial para la vida de los seres vivos, un estudio realizado en diciembre de 2018 en la ciudad de Quito, muestra que la situación más crítica se encuentra en la niñez indígena, puesto que, de cada 10 niños, 8 carecen de agua segura, saneamiento e insumos de higiene en sus hogares (UNICEF, 2018).

Al realizar una evaluación de la calidad del agua se puede conocer el estado actual de la misma, y a su vez recomendar actividades que mejoren su calidad, siendo de importancia para quienes están a cargo de la Junta Agua Sana Cuendina el dotar del líquido vital seguro, para su comunidad (MINISTERIO DE AGUA, 2021).

Por otro lado, es importante que el personal de la Junta Agua Sana Cuendina que se encuentra a cargo de la operación del sistema de abastecimiento cuente con una serie de actividades que permitan el correcto mantenimiento de las estructuras que conforman el sistema (Arteaga M, AGUATUYA, 2012).

El contar con una guía de actividades de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento es muy importante debido a que todo sistema de abastecimiento debe asegurar la correcta dotación del líquido vital (Arteaga M, AGUATUYA, 2012).

### **1.3 Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua de consumo doméstico entregada por la Junta de Agua Sana del Barrio Cuendina – Albornoz, Cantón Rumiñahui

### **1.4 Objetivos específicos**

- Determinar la calidad del agua de consumo mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Proponer procesos de tratamiento adecuados que permitan obtener un agua apta para el consumo humano.
- Recomendar actividades de mejoramiento en la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento manejado por la Junta de Agua.
- Socializar los resultados obtenidos con los miembros de la comunidad.

### **1.5 Alcance**

Con el presente trabajo de titulación se pretende entregar un informe a los representantes de la Junta de Agua Sana Cuendina, referente a la evaluación de la calidad de agua que administran, siendo necesario realizar una evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sistema de abastecimiento de agua y de esa manera se podrá constatar si los procesos que se encuentran en funcionamiento en actualidad son suficientes o necesitan de algún tipo de tratamiento adicional.

Así mismo serán descritas una serie de actividades que permitan mejorar el sistema de operación y mantenimiento de las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua.

## **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Agua**

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de la vida, considerada como un disolvente universal que transporta, combina y descompone químicamente sustancias y es la única que se la encuentra en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso (Rincón, 2015).

Es por ello que en 2008 la Constitución de la República del Ecuador determinó que *“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y existencia de los seres vivos”*, mientras que en el 2010 la ONU reconoció explícitamente el derecho humano al agua limpia y el saneamiento como esenciales para la realización de todos los derechos humanos (ONU, 2015).

### **2.2 Agua potable**

Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido modificadas con el fin de garantizar su consumo, sin que exista ningún peligro para nuestra salud (Rincón, 2015).

### **2.3 Calidad de agua**

La calidad de agua está definida como el conjunto de características físicas, químicas, organolépticas y microbiológicas que debe poseer el agua para darle un uso determinado, como: consumo humano, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético, pesca, maricultura y acuicultura. Para ello es necesario obtener una muestra representativa de la fuente hídrica a ser evaluada (Rivas, 2013).

Para que el agua sea consumida debe cumplir con ciertos parámetros, mismos que se encuentran establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo I, y en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1108:2020.

## **2.4 Fuentes de agua**

### **2.4.1 Fuentes superficiales**

Son considerados a los ríos, lagos, embalses, estuarios y océanos cuya formación es resultado de la precipitación, misma que no se infiltra, ni ingresa a la atmósfera por evaporación (Isch L, 2011).

### **2.4.2 Fuentes subterráneas**

Son consideradas a los acuíferos, como masas de agua acumuladas en el interior de la corteza terrestre que provienen de la condensación de vapor de agua en el interior del planeta o agua lluvia, mientras que las napas son capas de agua dulce de los acuíferos que se encuentran más cerca de la superficie terrestre (Isch L, 2011).

## **2.5 Análisis de laboratorio**

### **2.5.1 Parámetros físicos**

#### **Temperatura**

La temperatura es un indicador de calidad de agua, al presentarse temperaturas altas puede generarse un incremento de crecimiento de hongos, mientras que a bajas temperaturas se puede generar la muerte de ciertos seres vivos (Pradillo, 2016).

#### **Turbidez**

La turbidez se refiere a la medida de transparencia que posee el agua, lo que significa que a mayor presencia de partículas en suspensión y material coloidal, mayor será el grado de turbidez en el agua, considerando que cuanto más turbia es el agua, menor será su calidad (Pradillo, 2016).

La turbidez impacta a los ecosistemas acuáticos debido a la dispersión de la luz solar y a la reducción de concentración de oxígeno, afectando al proceso de la fotosíntesis, respiración y reproducción de los peces, así mismo las partículas suspendidas ayudan a la adhesión de metales pesados y compuestos tóxicos (Pradillo, 2016).

Las unidades de medida de la Turbidez son las unidades Nefelométricas de turbiedad NTU.

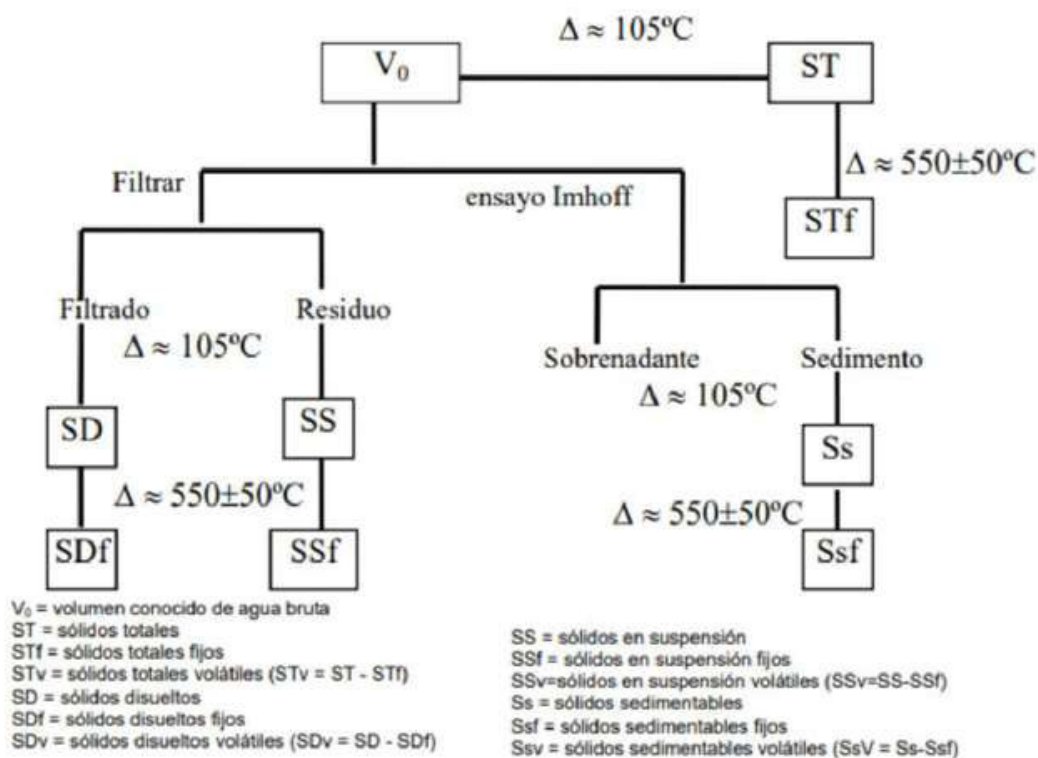
#### **Conductividad**

La conductividad es la capacidad que tiene una solución para transportar corriente eléctrica, es decir nos indica el contenido de sales que se encuentran disueltas en el agua, esta capacidad es posible debido a la presencia de iones en el agua, al igual que la variación de temperatura (Pradillo, 2016).

Las unidades de medida de la Conductividad son las unidades de  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### Sólidos totales (ST)

Los sólidos totales están definidos como la materia que continúa presente como residuo tras realizar un proceso de evaporación y secado a una temperatura de  $105^\circ\text{C}$ , como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Clasificación de los sólidos (Cárdenas, 2015)

Las unidades de medida de los sólidos totales son las unidades de  $\text{mg}/\text{L}$ .

### Sólidos disueltos (SDT)

Los sólidos disueltos totales se refieren al material suspendido o disuelto que se encuentran en el agua y al tener altos contenidos de sólidos disueltos, alterarían sus características organolépticas (Pradillo, 2016).

Las unidades de medida de los sólidos disueltos son las unidades de mg/L.

## **2.5.2 Parámetros químicos**

### **Demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La demanda biológica de oxígeno está definida como la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para degradar la materia orgánica en un tiempo de 5 días (Peña, 2017).

Las unidades de medida de la DBO<sub>5</sub> son las unidades de mg/L.

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno se la realiza con la finalidad de conocer el contenido de materia orgánica que se encuentra presente en una muestra de agua, utilizando sustancias químicas (Peña, 2017).

Las unidades de medida de la DQO son las unidades de mg/L.

### **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH es una medida que indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en el agua, mismo que posee una escala logarítmica con valores de 0 a 14, donde el 7 indica que el agua tiene un pH neutro, mientras que valores menores a 7 indican que el agua es ácida, y valores de pH mayores a 7 indican que el agua es básica (Peña, 2017).

### **Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto indica la cantidad de oxígeno diluido en una sustancia. Este nivel de oxígeno disuelto actúa como un indicador de contaminación en el agua, por ende, la existencia de vida en el mismo, un alto contenido de oxígeno disuelto es un indicador de buena calidad, sin embargo, pueden existir valores muy altos pudiendo indicar que existe eutrofización en el cuerpo de agua, mientras que un nivel bajo de oxígeno disuelto da señales que en el cuerpo de agua no exista vida. El oxígeno disuelto varía inversamente proporcional a la temperatura, al existir mayor temperatura, la concentración de oxígeno disuelto tiende a disminuir (Peña, 2017).

Las unidades de medida del OD son las unidades de mg/L.

### **Relación Nitritos (NO<sub>2</sub>)-Nitratos (NO<sub>3</sub>)**

Por lo general los nitratos en el agua subterránea se deben principalmente a la contaminación por residuos de animales, derrames de aguas provenientes de lecherías, uso de fertilizantes o por infiltración de drenaje humano provenientes por fosas sépticas (Fernández, 2006).

Por acción de los microorganismos los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) se transforman en nitratos ( $\text{NO}_3$ ), considerados como tóxicos y al ingerirlos pueden llegar a alojarse en el organismo, llegando a la sangre pudiendo ocasionar una alteración de la hemoglobina, causando metahemoglobinemia haciendo que se torne difícil el transporte de oxígeno de los glóbulos rojos, dando como resultado el desarrollo de ciertos síntomas como: totalidad azulada en la piel, dolor de cabeza, debilidad, siendo negativo en la salud de los consumidores, especialmente en niños menores a seis meses de edad e incluso puede causar la muerte (Bolaños, Cordero & Castro, 2017).

### **Fosfatos**

Los fosfatos se forman a partir del fósforo inorgánico que existen como minerales contribuyendo directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente, cabe mencionar que también se los puede encontrar como fragmentos sueltos o en cuerpos de organismos acuáticos (Bolaños, Cordero & Castro, 2017).

### **Relación Hierro-Manganeso**

El hierro y manganeso son elementos que se encuentran en la superficie de la tierra, a medida que el agua se va filtrando por el suelo, las piedras pueden disolver estos minerales y los acarrea hacia el agua subterránea, mismo que pueden dar un sabor, color y olor desagradable (Peña, 2017).

El agua que contiene estos elementos usualmente contiene bacterias de hierro y manganeso, mismas que se alimentan de minerales que se encuentran en el agua, sin embargo, no causan problemas en la salud, pero forman una especie de baba rojiza-café (hierro) o una mancha café-negra (manganeso), haciéndolas inaceptables para el consumo (Peña, 2017).

El obtener un valor elevado de hierro y manganeso se debe al alto contenido de  $\text{CO}_2$  y poca concentración de oxígeno disuelto (Peña, 2017).

Las unidades de medida de hierro y manganeso son las unidades de mg/L.



## 2.5.3 Parámetros microbiológicos

### Coliformes totales

Los coliformes totales son bacterias Gram-positivas que fermentan lactosa a una temperatura de 35 – 37 °C, y al paso de 1 día producen gas (CO<sub>2</sub>), su característica principal es que no forman esporas y su actividad enzimática está presente en todos los procesos (Ramos Vidal, 2008).

Su presencia es un indicador de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Por lo general las bacterias coliformes se encuentran en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Ramos Vidal, 2008).

Las unidades de medida de los coliformes totales son las unidades de NMP/100 mL.

#### ➤ El Número más Probable (NMP)

Está fundamentado en la capacidad de un grupo microbiano de fermentar lactosa con producción de ácido y gas, incubándolos a 35°C ± 1°C durante 48 horas, siendo importante la utilización de un medio de cultivo que contenga sales biliares, este proceso consta de dos fases: Fase presuntiva y la fase confirmativa (Camacho, Ortegón & Serrano, 2009)

#### ➤ Sales biliares

Se forman a partir de los ácidos biliares, que son unidos a un ion de sodio o potasio para formar una sal.

#### ➤ Fase presuntiva

El medio de cultivo utilizado en esta fase es el caldo lauril sulfato de sodio, el cual se encarga de recuperar los microorganismos dañados presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono.

#### ➤ Fase confirmativa

El medio de cultivo utilizado en esta fase es el caldo lactosado bilis verde brillante, mismo que actúa de modo selectivo, permitiendo únicamente el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar las sales biliares como el verde brillante (Camacho, Ortegón & Serrano, 2009).

## Coliformes fecales

Los coliformes fecales se los denomina a un grupo de especies bacterianas, cuya presencia en una muestra de agua indica un potencial de bacterias patógenas conformadas principalmente por excremento de animales y humanos, dentro de un análisis los coliformes fecales son un elemento muy importante de analizar puesto que contienen una variedad de microorganismos que puede ocasionar daños en la salud de los consumidores (Swistock, 2020).

Para la determinación del Número más Probable de coliformes fecales se realiza a partir de tubos positivos de la prueba presuntiva, fundamentada en la capacidad que poseen las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados  $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 a 48 horas (Camacho, Ortegón & Serrano, 2009).

Las unidades de medida de los coliformes fecales son las unidades de NMP/100 mL..

## 2.6 Procesos de potabilización del agua

La potabilización de agua en zonas rurales por lo general únicamente, y en el mejor de los casos se realiza un proceso de cloración, o simplemente conducen el agua a través de tuberías a los domicilios y la consumen, sin embargo no es apropiado, ya que debería existir un análisis de la misma previo al consumo, con la finalidad de garantizar una dotación segura, y no presente riesgos para la salud de la población (Pérez, 2012 ).

En la figura 2 se puede observar un diagrama de los proceso de potabilización en sus diferentes etapas (EPMAPS, 2020).



**Figura 2.** Representación del proceso de potabilización del agua (Obras Sanitarias del Estado, 2020).

**Coagulación y floculación:** En este proceso se utilizan sustancias químicas que tienen la finalidad de desestabilizar las partículas que causan turbiedad en el agua, y estas se agrupan en un determinado tiempo para formar un floc (EPMAPS, 2020).

**Sedimentación:** Este proceso consiste en la separación de sólidos suspendidos del agua, se realiza por acción de la fuerza gravitacional, precipitando los flocs al fondo del tanque y obteniendo un efluente clarificado en la parte superior (Pérez, 2012 ).

**Filtración:** En este proceso el agua pasa por filtros comúnmente por grava y arena, mismas que retienen las impurezas que no fueron sedimentadas en el proceso anterior, estos sólidos son retenidos, gracias a las propiedades de adsorción que posee el medio filtrante (Pérez, 2012 ).

**Desinfección:** En este proceso por lo general se agrega hipoclorito de con la finalidad de eliminar bacterias y microorganismos que causan enfermedades (Pérez, 2012 ).

## 2.7 Introducción al Muestreo

El muestreo es un proceso de análisis que se realiza a partir de muestras que son recogidas en el lugar de estudio con el objetivo de examinar sus características, las cuales deben ser representativas que permitan realizar los análisis y la interpretación de resultados *in situ* y en el laboratorio (Hernández, 2016).

Las muestras deben cumplir con las siguientes características:

- Ser representativa acorde a los objetivos del muestreo
- Tener un volumen suficiente que permita realizar su análisis
- La manipulación y preservación deberán asegurar el mantenimiento de las características hasta ser analizadas en el laboratorio
- Las muestras deben estar correctamente identificadas

### 2.7.1 Tipos de muestras

#### Muestra puntual o instantánea

Es una muestra individual que es tomada en un determinado tiempo y espacio, cuyos resultados serán representativos de las características del agua en el lugar y momento en que es tomada (Rivas, 2013).

## Muestra compuesta

Es el resultado de la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas en intervalos o periodos determinados (Rivas, 2013).

## Muestra integrada

Es una muestra que se forma de la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca de ellas (Rivas, 2013).

### 2.7.2 Identificación de una muestra

Cada recipiente utilizado en la toma de muestras debe estar correctamente identificado para evitar confusiones al momento de preservar, transportar y analizar las muestras, en la tabla 1 se muestra una recomendación según el autor (Rivas, 2013).

**Tabla 1** Etiqueta recomendada según el autor

Etiqueta									
Sitio de toma muestra (dirección y/o coordenadas):									
Fecha:			Hora:			Tipo de muestra:			
Institución:					Responsable:				
Preservación:									
pH:			Temperatura:			Caudal:			
Color:			Olor:			Aspecto:			
Condiciones de tiempo:									
Observaciones:									
<b>Parámetros solicitados al laboratorio</b>									
SST	GRASAS	DBO5	DQO	FENOLES	SAAM	METALES	UPC	UNT	pH
SDT	ACIDEZ	ALCALINIDAD	DUREZA	CLORUROS	SULFATOS	NITRATOS	NITRITOS	AMONIO	OD
FOSFATOS	P	Fe	Mn	Cl LIBRE	Cl Resid	Cl TOTAL	Coliformes	E.Coli	Mesófilos
OTROS:									

### 2.7.3 Forma de muestreo según el lugar

Para las siguientes formas de muestreo se deben considerar algunas actividades, el responsable debe lavarse las manos y antebrazos con alcohol antiséptico, los recipientes a utilizar deben ser manipulados por la base de los mismos, el frasco a utilizar debe abrirse boca abajo con la finalidad de que ingresen corrientes de aire, en

lo posible se debe mantener estéril de la zona de muestreo con el fin de no tener alguna interferencia al momento de analizar e interpretar los resultados (Rivas, 2013).

### **Muestreo en pozos**

Este tipo de muestreo se lo puede realizar con la ayuda de un contrapeso para que no exista dificultad al momento de tomar la muestra.

### **Muestreo en grifos**

Este tipo de muestreo es realizado con el fin de analizar parámetros microbiológicos, previo a la toma de la muestra se debe dejar fluir en agua por uno o dos minutos.

## **2.8 Técnicas de conservación de muestras**

Una vez tomada la muestra es recomendable analizar inmediatamente, si no es posible, se recomienda conservar la muestra a una temperatura de 4°C, completamente identificada y sellada para evitar que exista contaminación externa o confusión durante el traslado hacia el laboratorio. (Rivas, 2013).

**Tabla 2** Recomendaciones sobre recipientes, volúmenes y almacenamiento de muestras

Tipo de parámetro	Tipo de recipiente	Volumen de la muestra (ml)	Técnica de preservación (ml)	Tiempo de almacenamiento
DBO <sub>5</sub>	Plástico o Vidrio	1000	Refrigeración a 4°C	6 a 48 horas
DQO	Plástico o Vidrio	100	Tan pronto como sea posible o acidificar pH<2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Refrigerar entre 2 °C y 5°C, guardar en la oscuridad.	7 a 28 días
Dureza	Plástico o Vidrio	100	Refrigeración a 4°C	
Hierro	Plástico o Vidrio	1000	0.5 ml de HNO <sub>3</sub> /250 ml de muestra con pH<2	6 meses
Manganeso	Plástico o Vidrio	1000	0.5 ml de HNO <sub>3</sub> /250 ml de muestra con pH<3	6 meses
Nitritos	Plástico o Vidrio	100	Tan pronto como sea posible, refrigerar a 4°C	48 horas
Nitratos	Plástico o Vidrio	100	Tan pronto como sea posible, refrigerar a 4°C	48 horas
Fosfatos	Plástico o Vidrio	50	Refrigeración a 4°C	24 horas
Sólidos disueltos totales	Plástico o Vidrio	500	Refrigeración a 4°C	7 días
Coliformes totales	Plástico o Vidrio	100	4°C en 0.008% de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6 horas

## Insumos recomendados a utilizar en la toma de muestras

Para el proceso de toma de muestras se presenta una guía de implementos y materiales que generalmente se utilizan en programas de monitoreo (Rivas, 2013).

En la tabla 3 se presenta una recopilación de diferentes insumos recomendados por el autor en la toma de muestras (Rivas, 2013).

**Tabla 3** Insumos recomendados en la toma de muestras

Insumos recomendados en la toma de muestras	
<p><b>1. Medición de Parámetros de Campo</b></p> <p>Formato de toma de datos</p> <p>Cámara fotográfica</p> <p>Brújula</p> <p>Recipiente plástico</p> <p>Equipo de posicionamiento global (GPS)</p> <p>Cartografía (opcional)</p> <p>Cono Imhoff de 1L</p> <p>Altimetro</p> <p>Termómetros</p> <p>Multiparámetro para medición de parámetros de campo</p> <p>Molinete</p> <p>Flexómetro</p> <p>Decámetro</p> <p>Cronómetro</p> <p>Otros equipos de campo</p> <p>Calculadora</p>	<p>Cinta de enmascarar</p> <p>Cinta gruesa transparente</p> <p>Etiquetas</p> <p>Rotulador de tinta indeleble de punta fina</p> <p>Bolsas plásticas</p> <p><b>3. Elementos de protección</b></p> <p>Overol o ropa cómoda de trabajo</p> <p>Gafas de seguridad</p> <p>Guantes de látex o nitrilo</p> <p>Guantes de puntos de PVC</p> <p>Guantes de carnaza</p> <p>Botas de caucho</p> <p>Impermeable para la lluvia</p> <p>Máscara de gases ácidos y vapores orgánicos</p>
<p><b>2. Toma de muestras</b></p> <p>Recipientes de vidrio y/o plástico</p> <p>Reactivos de preservación de muestras</p> <p>Probeta plástica graduada de 1000 o 2000 mL</p> <p>Frasco lavador con agua destilada</p> <p>Recipiente con agua corriente</p> <p>Balde plástico</p> <p>Nylon</p> <p>Soga</p> <p>Nevera de "icopor" o plástico</p> <p>Hielo</p> <p>Papel absorbente</p>	<p><b>4. Supervivencia en campo</b></p> <p>Caja de herramientas básica</p> <p>Binoculares</p> <p>Botiquín de primeros auxilios</p> <p>Bisturí</p> <p>Cuchillo</p> <p>Extintor (Tipo B)</p> <p>Sombrero, bloqueador solar, agua para beber</p> <p>Casco liviano</p> <p>Repelente contra insectos (las manos deben ser muy bien lavadas después de aplicarse)</p> <p>Linterna y baterías de repuesto</p> <p>Lentes de sol y/o de seguridad</p> <p>Radio</p> <p>Bayetilla roja</p> <p>Pito</p>

## **2.9 Normativa aplicada**

### **Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)**

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente es un cuerpo legal que fue reformado por el Acuerdo ministerial 097-A en el año 2015, la que se refiere a la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes, Recurso Agua.

### **Norma INEN 1108:2020**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 es la encargada de establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para que sea apta para el consumo humano (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

## **2.10 Mantenimiento**

El mantenimiento se refiere a una serie de actividades que son realizadas con la finalidad de conservar la correcta funcionalidad de un sistema (Chafra, 2016).

### **Mantenimiento preventivo**

Son todas las acciones que se realiza antes de que se produzca un daño dentro del sistema de abastecimiento (Chafra, 2016).

### **Mantenimiento correctivo**

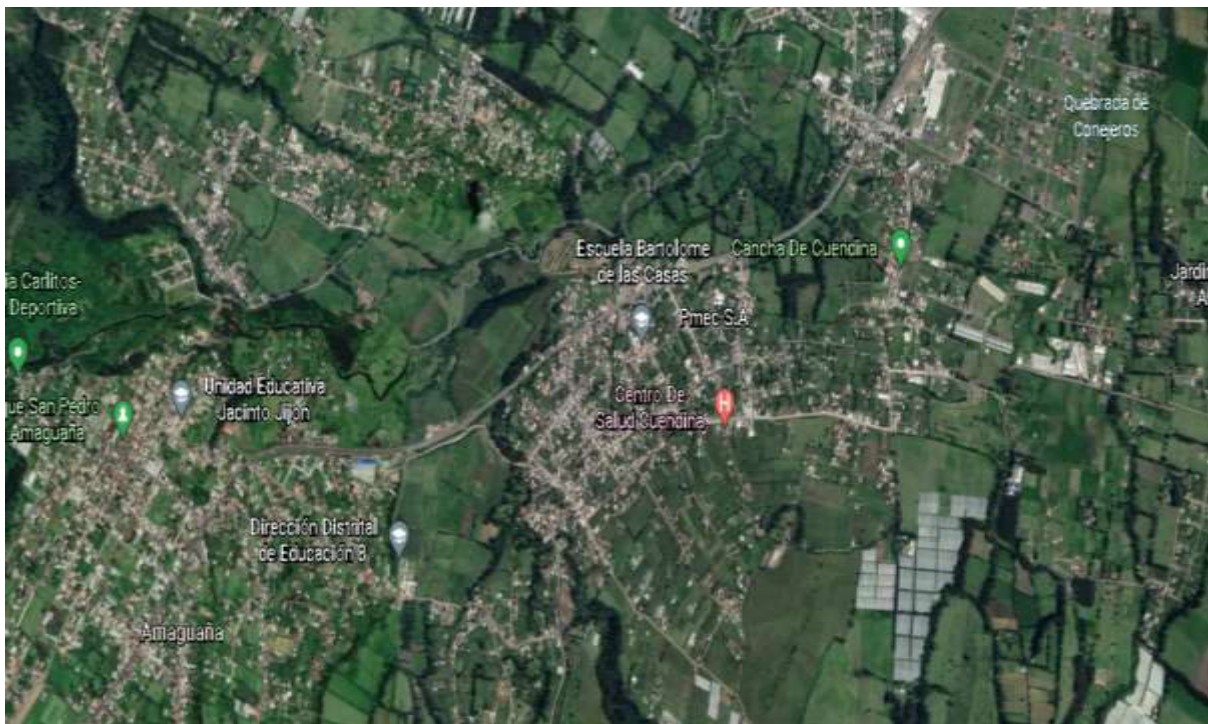
Se refiere a las acciones que se realizan después de que se presenta un daño, y son realizadas con la finalidad de reparar o sustituir algún elemento del sistema (Chafra, 2016).



### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Características del lugar

Cuendina - Albornóz es un barrio, perteneciente a la parroquia rural de Cotogchoa, mismo que se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, posee una superficie de 34.6 km<sup>2</sup>, con una población aproximada de 3.937 habitantes (Cotogchoa, 2020). En la figura 3 se encuentra una representación gráfica del barrio Cuendina



**Figura 3.**Ubicación del barrio Cuendina

#### Límites

**Norte:** Parroquia de Sangolqui

**Sur:** Parroquia de Amaguaña y Tambillo

**Este:** Parroquia de Rumipamba

**Oeste:** Parroquia de Amaguaña

#### Crecimiento demográfico

La población de Cotogchoa ha ido creciendo de manera significativa durante los últimos 20 años, como se muestra en la tabla 4, cuyos valores han sido recopilados con los censos realizados por el INEN (Cotogchoa, 2020).

**Tabla 4** Crecimiento Demográfico de la parroquia de Cotogchoa

Población según los censos						
1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
781	824	1289	1644	2389	2843	3937

### **Economía**

La economía en la parroquia de Cotogchoa se basa principalmente en la ganadería y agricultura debido a las grandes extensiones de terreno que poseen sus habitantes, sin embargo, hay que recalcar que los líderes parroquiales buscan constantemente el desarrollo y el fortalecimiento de la economía local, capacitando constantemente a sus pobladores en el ámbito de actividades artesanales como: carpintería, cerrajería. (Cotogchoa, 2020).

### **Meteorología**

La parroquia de Cotogchoa durante el año se registra una época seca y otra lluviosa, comprendiendo los meses de junio, julio y agosto la época seca, mientras que el mes de abril es el más lluvioso, con un promedio de precipitación de 351.5 mm (Cotogchoa, 2020).

### **Hidrología**

Principalmente se encuentran localizadas las subcuencas de los ríos Pita y San Pedro, mismas que reciben aguas de efluentes que nacen en los volcanes Atacazo, Ilinizas, Rumiñahui, Cotopaxi y Pasochoa (Cotogchoa, 2020).

## **3.2 Puntos de muestreo**

Gracias a las 4 visitas realizadas se pudieron determinar 4 puntos claves para la realización del muestreo.

### 3.2.1 Punto 1, Ojo de agua y captación

Fue considerado como primer punto de monitoreo, debido a que es el lugar por donde inicialmente circula el agua subterránea, encontrándose localizado a 8 metros de profundidad desde la superficie. En la parte inferior cuenta con una capa de piedras que actúa como un sistema de filtración previo al paso del agua a los siguientes procesos, en el segundo depósito de las mismas características se encontró instalado una tubería de PVC de 6" que se encarga de dirigir el agua hacia el punto 2, mismo que cuenta con una tubería que dirige exceso de agua hacia el río, cabe mencionar que los dos tanques se encuentran cubiertos por paredes de hormigón y una tapa metálica con el fin de que no exista contaminación desde la parte superior externa como se muestra en las figuras 4 y 5.



**Figura 4.** Parte externa ojo de agua



**Figura 5.** Parte interna del ojo de agua

### 3.2.2 Punto 2, Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento fue considerado como segundo punto de muestreo, debido a que en él se encontró almacenada el agua, cabe mencionar que previo a

ese punto el agua pasa por un cuarto de filtros, como se muestra en la figura 6 y finalmente se almacena en el tanque, como se muestra en la figura 7, en la tabla 5 se muestran la capacidad de los tanques de almacenamiento.

**Tabla 5** Dimensiones de los tanques

Largo	Ancho	Profundidad
Tanque de cuarto de filtros		
8 (m)	4(m)	2.5(m)
Tanque de almacenamiento		
8(m)	4(m)	2.5(m)



**Figura 6.** Tanque de cuarto de filtros



**Figura 7.** Tanque de almacenamiento

### 3.2.3 Punto 3, Tanque reservorio después de pasar por el sistema de bombeo.

Este punto fue considerado como punto de muestreo debido a que es el último punto donde se almacena el agua previa a su distribución, el cual posee una capacidad de 95 m<sup>3</sup> y su estructura se la puede visualizar en la figura 9.

El cuarto de bombeo cuenta con un tablero automatizado, 3 bombas que trabajan de manera permanente para conducir el agua desde el tanque de almacenamiento, hacia el tanque reservorio como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.**Cuarto de sistema de bombeo



**Figura 9.**Tanque reservorio

### **3.2.4 Punto 4, Casa 1-Inicio**

La casa 1 fue considerada como cuarto punto de muestreo ya que es el lugar donde se distribuyó el agua como se muestra en la figura 10.



**Figura 10.**Casa Inicial 1

### 3.3 Distribución de los puntos de muestreo por ubicación GPS

Una vez definidos los 4 puntos de muestreo, y con la ayuda de un dispositivo móvil fueron tomados los puntos de georreferenciación, mencionado que los puntos 1,2 y 4 se encuentran significativamente en la misma área de terreno, únicamente el punto 3 posee una altitud respecto a los otros, sin embargo en ese punto no se pudo tomar con exactitud las coordenadas debido a que no se contó con un instrumento GPS específicamente para realizar ese trabajo.

Las coordenadas tomadas se encuentran representadas en la tabla 6.

**Tabla 6** Distribución de puntos GPS

Puntos	Longitud	Altitud
Punto 1	S 0°24'32.9436" W 78°29'51.882"	3005.95 m
Punto 2	S 0°24'32.9436" W 78°29'51.882"	3005.95 m
Punto 3	S 0°24'32.9436" W 78°29'51.882"	3005.95 m
Punto 4	S 0°24'32.9436" W 78°29'51.882"	3005.95 m



### **3.4 Medición de parámetros *In situ***

La medición de parámetros *in situ* se pudieron llevar a cabo con la utilización de los equipos que fueron proporcionados por parte del Laboratorio de Docencia de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN, como se muestra en la tabla 7, mientras que en la tabla 8 se muestran los insumos y equipos de protección personal que fueron utilizados.

Los parámetros *in situ* son aquellos que fueron realizados en el mismo instante como se muestra en la figura 26, sin la necesidad de preservarlos y transportarlos.









Cabe mencionar que los equipos utilizados en la medición fueron previamente calibrados para garantizar sus mediciones.

**Tabla 7** Instrumentos utilizados para la medición de parámetros *In situ*

Equipo a utilizar	Características del equipo	Parámetros a analizar	Gráfico
Multiparámetro	Es un instrumento portátil que permite medir varios parámetros con la ayuda de una sonda.	Potencial de hidrógeno (pH) Oxígeno disuelto(mg/L) Temperatura (° C) Conductividad(uS/cm)	 <p data-bbox="1615 715 1984 746"><b>Figura 11.</b> Multiparámetro</p>
Turbidímetro	Es un instrumento utilizado para la medición de partículas suspendidas a través de un detector de luz. Cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos, mayor será el grado de turbidez.	Turbidez (NTU)	 <p data-bbox="1630 1184 1966 1216"><b>Figura 12.</b> Turbidímetro</p>



**Tabla 8** Materiales utilizados en el muestreo

Equipos de protección personal			
<p>Guantes de nitrilo</p>  <p><b>Figura 13.</b> Guantes</p>	<p>Mascarilla</p>  <p><b>Figura 14.</b> Mascarilla</p>	<p>Alcohol</p>  <p><b>Figura 15.</b> Alcohol</p>	<p>Mandil</p>  <p><b>Figura 16.</b> Mandil</p>
Insumos utilizados en el muestreo			
<p>Recipientes plásticos</p>  <p><b>Figura 17.</b> Frascos para muestras de orina</p>	<p>Recipientes de vidrio</p>  <p><b>Figura 18.</b> Frascos Ámbar</p>	<p>Agua destilada</p>  <p><b>Figura 19.</b> Agua destilada</p>	<p>Piseta</p>  <p><b>Figura 20.</b> Piseta</p>

Cuerda y balde



**Figura 21.** Cuerda y balde

Cooler



**Figura 22.** Cooler

Hielo



**Figura 23.** Hielo

Papel toalla



**Figura 24.** Papel toalla

Etiqueta



**Figura 25.** Etiquetas



**Figura 26.**Medición de parámetros *in situ*

#### **3.4.1 Medición de potencial de hidrógeno (pH)**

La medición de pH se realizó con la utilización del multiparámetro, en primer lugar la sonda a utilizar fue lavada con agua destilada, se procedió a secar con papel toalla, después se introdujo en el recipiente que contenía la muestra, se esperó hasta que los valores se estabilicen y finalmente el valor obtenido fue registrado.

#### **3.4.2 Medición de Conductividad**

Con la ayuda de un recipiente se tomó la muestra, la sonda a utilizarse fue lavada con agua destilada y secada cuidadosamente con papel toalla, la sonda fue introducida en la muestra, se esperó hasta que los valores se estabilicen y se registró el valor arrojado por el equipo.

#### **3.4.3 Medición de Temperatura**

Como primer punto la sonda a utilizar fue lavada con agua destilada, se procedió a introducir la sonda en la muestra, se esperó un momento hasta que los valores se estabilicen y finalmente se procedió con el registro del valor dado por el equipo.

### 3.4.4 Medición de oxígeno disuelto (OD)

Como primer punto la sonda que se utilizó fue lavada con agua destilada, se procedió a introducir la sonda en el recipiente que contenía la muestra, se esperó un momento hasta que los valores se estabilicen y se procedió con el registro del valor.

Para el cálculo del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto se realizó mediante el análisis de temperatura del agua y la altitud de los puntos.

Posteriormente se determinó la cantidad de Oxígeno disuelto en las condiciones de 1 atmósfera como se muestra en la tabla 9 (Cortés, 2015).

**Tabla 9** Solubilidad de oxígeno del agua a una presión de 1 atm y 0 °C

Temperatura (°C)	OD mg/L	Temperatura (°C)	OD mg/L
0	14,6	16	9,86
1	14,2	17	9,65
2	13,8	18	9,46
3	13,5	19	9,27
4	13,1	20	9,08
5	12,8	21	8,9
6	12,5	22	8,74
7	12,1	23	8,57
8	11,8	24	8,42
9	11,6	25	8,26
10	11,3	26	8,2
11	11,0	27	7,97
12	10,8	28	7,84
13	10,5	29	7,7
14	10,3	30	7,6
15	10,07	31	7,5

Para conocer el % de saturación de oxígeno, se procedió a tomar valores de altitud en cada punto de muestreo, mismos que fueron transformados a unidades de pies,

para poder comparados con los valores que se muestran en la figura 27, con la finalidad de determinar el valor de corrección.

Finalmente se procedió a multiplicar el valor oxígeno disuelto por el factor de corrección descrito en la figura 27 y fue multiplicado por el 80%, con el fin de determinar si los niveles eran los adecuados (Cortés, 2015).

PORCENTAJE DE SATURACION DE OXIGENO		
Presión Atmosférica (mmHg)	Altitud Equivalente (pies)	Factor de Corrección
775	540	1.02
760	0	1.00
745	542	.98
730	1094	.96
714	1688	.94
699	2274	.92
684	2864	.90
669	3466	.88
654	4082	.86
638	4756	.84
623	5403	.82
608	6065	.80
593	6744	.78
578	7440	.76
562	8204	.74
547	8939	.72
532	9694	.70
517	10,472	.68

**Figura 27.** Factor de saturación del oxígeno

### 3.4.3. Medición de Turbiedad

Para la medición de este parámetro, se colocó una muestra de blanco en una de las celdas, se introdujo en el equipo y se encero, después se colocó la muestra de agua previamente homogenizada en otra celda hasta el valor indicado, y se introdujo en el turbidímetro, finalmente se procedió con el registro del valor dado por el equipo.

## 3.5 Análisis de parámetros en laboratorio

### 3.5.1 Medición de Nitratos

Para la medición de este parámetro fue utilizado el espectrofotómetro HACH, al igual que el manual de procedimientos estandarizados, haciendo uso del programa 355 para la medición de nitratos. Como primer punto se colocó 10 ml de muestra en una celda (**ver figura 28**), se introdujo en el espectrofotómetro y se procedió a encerar, una vez encerado se colocó el reactivo NitraVer 5, se agitó por aproximadamente 1

minuto hasta que se disuelva el reactivo, se esperó 5 minutos, finalizado el tiempo se introdujo nuevamente en el espectrofotómetro y se procedió con la medición y el registro del valor arrojado por el equipo (MANUAL HACH, 2000).



**Figura 28.** Determinación de nitratos

### 3.5.2 Medición de Nitritos

Para la medición de este parámetro fue utilizado el espectrofotómetro HACH, al igual que el manual de procedimientos estandarizados, haciendo uso del programa 371 para la medición de nitritos. Como primer punto se colocó 10 ml de muestra en una celda (**ver figura 29**), se introdujo en el espectrofotómetro y se procedió a encerrar, una vez encerrado se colocó el reactivo NitraVer 3, se agitó con movimientos circulares hasta que se disuelva el reactivo, se esperó 20 minutos, finalizado el tiempo se introdujo nuevamente en el espectrofotómetro y se procedió con la medición y el registro del valor arrojado por el equipo (MANUAL HACH, 2000).



**Figura 29.** Determinación de nitritos

### 3.5.3 Medición de Fosfatos

Para la medición de este parámetro fue utilizado el espectrofotómetro HACH, al igual que el manual de procedimientos estandarizados, haciendo uso del programa 490

para la medición de fosfatos. Como primer punto se colocó 10 ml de muestra en una celda (**ver figura 30**), después se introdujo en el espectrofotómetro y se procedió a encerrar, una vez encerrado se colocó el reactivo Phosphate, se agitó por aproximadamente de 20 a 30 segundos hasta que se disuelva el reactivo, se esperó 2 minutos, finalizado el tiempo se introdujo nuevamente en el espectrofotómetro y se procedió con la medición y el registro del valor arrojado por el equipo.



**Figura 30.** Determinación de fosfatos

#### **3.5.4 Medición de Hierro**

Para la medición de este parámetro fue utilizado el espectrofotómetro HACH, al igual que el manual de procedimientos estandarizados, haciendo uso del programa 265 para la medición de hierro. Como primer punto se colocó 10 ml de muestra en una celda, se introdujo en el espectrofotómetro y se procedió a encerrar, una vez encerrado se colocó el reactivo FerroVer, se agitó con movimientos circulares hasta que se disuelva el reactivo, se esperó 3 minutos, finalizado el tiempo se introdujo nuevamente en el espectrofotómetro y se procedió con la medición y el registro del valor arrojado por el equipo.

#### **3.5.5 Medición de Manganeso**

Para la medición de este parámetro fue utilizado el espectrofotómetro HACH, al igual que el manual de procedimientos estandarizados, haciendo uso del programa 295 para la medición de manganeso. Como primer punto se colocó 10 ml de muestra en una celda (**ver figura 31**), se añadió el reactivo Buffer Powder Pillow Citrate, se mezcló hasta que el reactivo se disuelva, como siguiente en la misma celda se añadió el reactivo Sodium Periodate Powder Pillow, se esperó 2 minutos para que se complete la reacción. Mientras tanto se procedió con la preparación del blanco, para

ello fue colocado 10 ml de muestra en otra celda, finalmente se procedió con la medición y el registro del valor arrojado.



**Figura 31.** Determinación de manganeso

### **3.5.6 Medición de sólidos totales, disueltos y suspendidos**

Para la medición de sólidos totales como primer punto se procedió a lavar e introducir los crisoles correctamente identificados en una estufa por un periodo de 24 horas, a una temperatura de 105 °C. Posteriormente los crisoles fueron colocados en una mufla a 505 °C por aproximadamente 20 minutos, transcurrido el tiempo los crisoles fueron colocados en el desecador por aproximadamente 2 horas, y finalmente se procedió a pesar y registrar sus pesos.

La muestra a analizar fue homogenizada, y se procedió a colocar 25 ml dentro del crisol previamente tarado, después fueron llevados nuevamente a la estufa por un periodo de 24 horas, a una temperatura de 105 °C, transcurrido el tiempo se procedió a sacar y colocarlos en el desecador por un periodo de 2 horas y finalmente se procedió a pesar y registrar su peso.

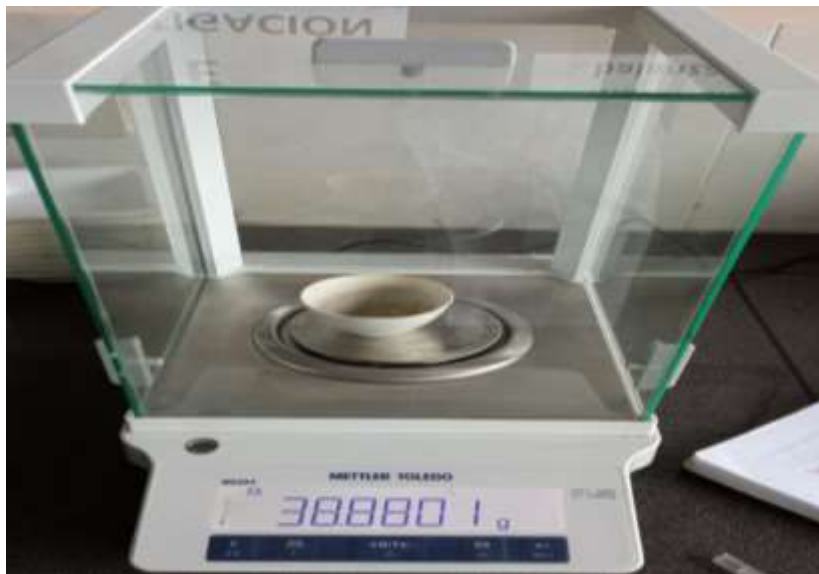
Para la determinación de sólidos disueltos y suspendidos, dentro de la estufa fueron colocados crisoles y platos con papel filtro correctamente identificados y fueron llevados a la estufa por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105°C, finalizado el tiempo fueron colocados dentro de un desecador por aproximadamente 2 horas, cumplido el tiempo se procedió a pesar y registrar su peso.



Con la ayuda de un Kitasato se procedió a filtrar un volumen de muestra, mismo que fue colocado en un crisol, mientras que el filtro fue colocado en un plato, como posterior fueron colocados en una estufa por un periodo de 24 horas a una temperatura de 105°C, transcurrido el tiempo fueron colocados dentro de un desecador por aproximadamente 30 minutos, cumplido el tiempo se procedió a pesar y registrar su peso.



**Figura 32.** Desecador utilizado en la determinación de sólidos



**Figura 33.** Balanza analítica



**Figura 34.** Kitasato utilizado en la filtración

Para el cálculo de sólidos totales fue necesario utilizar la ecuación 1.

$$ST \text{ mg/l} = \frac{(P2 - P1)}{Vm}$$

**Ecuación 1.** Sólidos totales

(Cárdenas, 2015).

**Donde:**

**ST:** Sólidos totales en mg/L

**P2=** Peso del crisol tarado + residuo tras la evaporación a 105 °C

**P1=** Peso del crisol tarado mg

**Vm=** Volumen de muestra (ml)

Para la determinación de sólidos disueltos totales fue necesario utilizar la ecuación 2.

$$SDT \text{ mg/l} = \frac{(P2 - P3)}{Vm}$$

**Ecuación 2.** Sólidos disueltos totales

(Cárdenas, 2015).

**Donde:**

**SDT:** Sólidos disueltos totales en mg/L

**P2=** Peso del crisol tarado + residuo tras la evaporación a 105 °C

**P3=** Peso del filtro antes de la filtración

**Vm=** Volumen de muestra filtrada (ml)

Para la determinación de sólidos suspendidos totales fue necesario la utilización de la ecuación 3.

$$SST \frac{mg}{l} = \frac{(P4 - P5)}{Vm}$$

**Ecuación 3.** Sólidos suspendidos totales  
(Cárdenas, 2015).

**Donde:**

**SST:** Sólidos suspendidos totales en mg/L

**P4=** Peso del filtro tras la evaporación a 105 °C

**P5=** Peso del filtro tarado

**Vm=** Volumen de muestra filtrada (ml)

Los parámetros descritos anteriormente fueron realizados en el laboratorio como se muestra en la figura 35.



**Figura 35.** Mediciones de parámetros en el laboratorio.

### **3.6 Determinación del ICA**

El Índice de Calidad de Agua (ICA) tiene como objetivo principal, dar a conocer el grado de contaminación que presenta un cuerpo de agua, mismo que es expresado como el porcentaje de agua pura, determinando que si un cuerpo de agua posee valores cercanos o iguales a 0% es un cuerpo contaminante, mientras que si el cuerpo de agua se encuentra en un valor cercano al 100% quiere decir que el agua se encuentra en óptimas condiciones para el consumo humano (Rodríguez, 2016).

El cálculo del Índice de Calidad de Agua fue desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos, identificando parámetros físicos, químicos y microbiológicos claves, como indicadores de calidad de agua, cuyos valores se encuentran en una escala de 0 a 100 (Rodríguez, 2016).

Para determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua se analizarán 9 parámetros con sus pesos respectivos como se muestra en la tabla 10, mismos que son nombrados a continuación.

- Oxígeno disuelto (OD, expresado en mg/L)
- Coliformes Fecales
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>, expresado en mg/L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub>, expresado en mg/L)

- Fosfatos PO<sub>4</sub>, expresado en mg/L)
- Temperatura
- Turbiedad(NTU)
- Sólidos disueltos totales (SDT, expresado en mg/L)

En este caso se utilizó el método aditivo, mismo que consiste en la suma de los productos que resultan entre los valores de los subíndices y los porcentajes asignados a cada uno de los parámetros (Rodríguez, 2016).

**Tabla 10** Tabla de ponderaciones para el cálculo del ICA (Rodríguez, 2016).

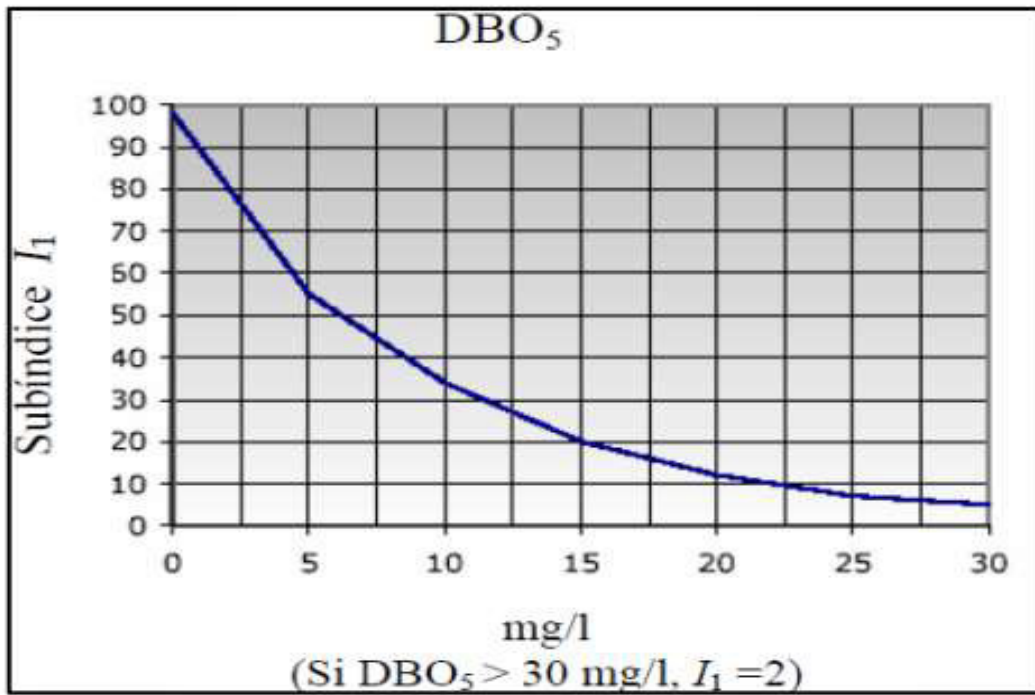
Parámetro	Pesos Relativos ( $w_i$ )
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes Fecales	0.16
pH	0.11
DBO <sub>5</sub>	0.11
Nitratos	0.10
Fosfatos	0.10
Temperatura	0.10
Turbidez	0.08
Sólidos disueltos totales	0.07
$\Sigma$	1

Cada uno de los 9 parámetros posee una curva estandarizada que relaciona su concentración, a partir de valores conocidos se pueden hallar el subíndice, donde se indica que el eje de las abscisas corresponde a los niveles de la variable, mientras que en el eje de las ordenadas se encuentran los niveles de calidad de agua, cuyos valores son de 0 a 100, siendo 100 una calificación favorable para el análisis (Rodríguez, 2016).

En la tabla 11 se muestran las representaciones gráficas de las funciones utilizadas para el cálculo del ICA, así como en las figuras 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44

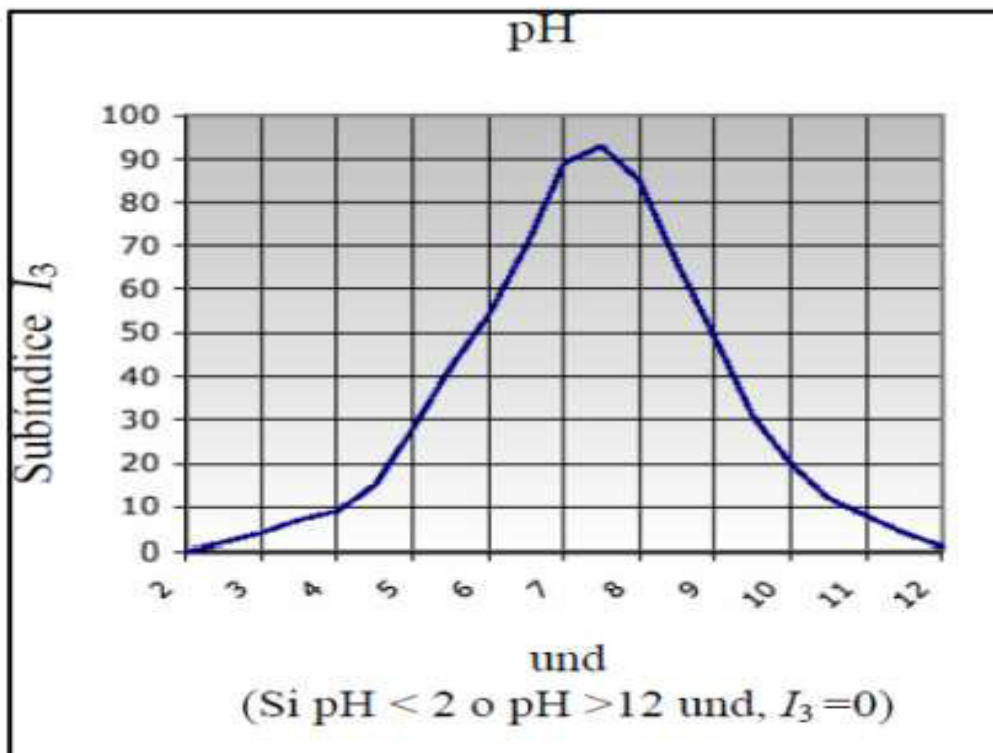
**Tabla 11** Funciones para el cálculo de SI.

## Demanda Biológica de Oxígeno



**Figura 36.** Curva de función DBO<sub>5</sub>

Potencial de Hidrógeno



**Figura 37.** Curva de función pH

## Turbidez

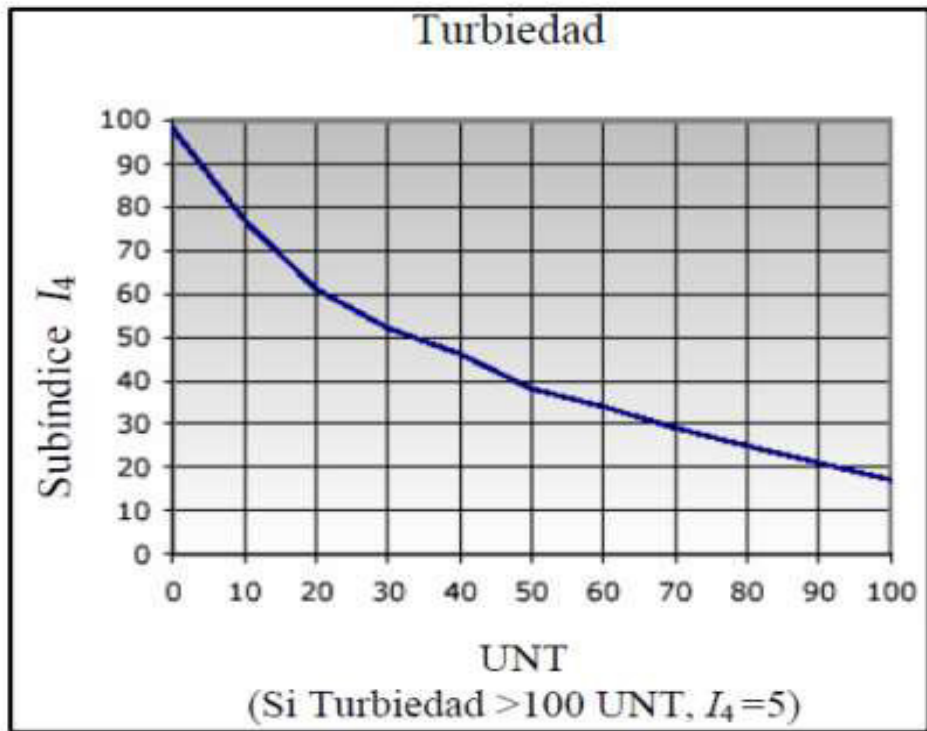


Figura 38. Curva de función turbidez.

## Fosfatos

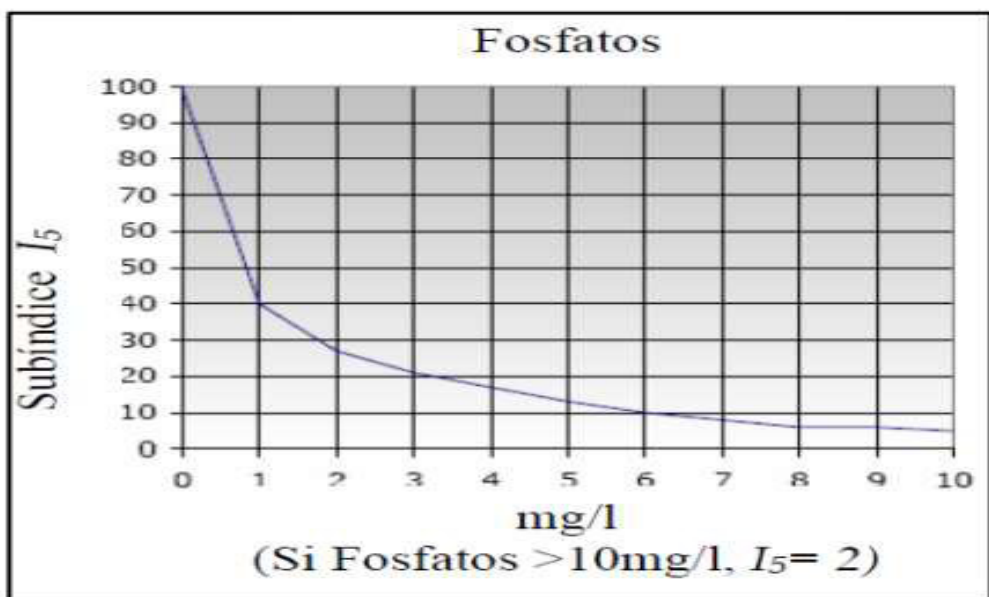


Figura 39. Curva de función fosfatos.

### Nitratos

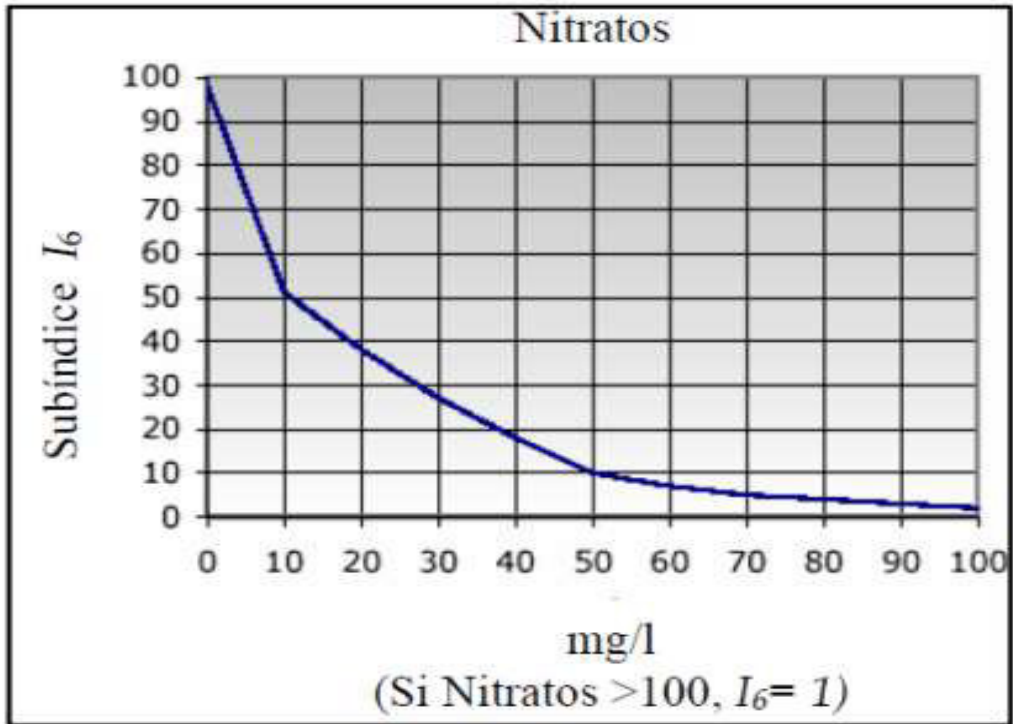


Figura 40. Curva de función nitratos.

### Temperatura

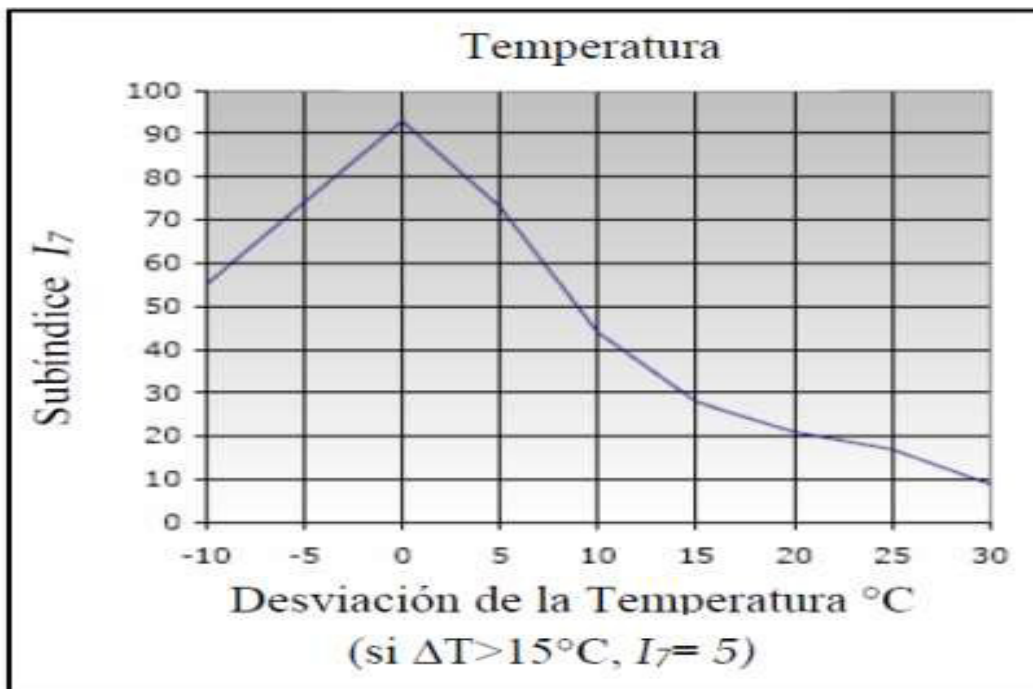


Figura 41. Curva de función temperatura.



Coliformes Fecales

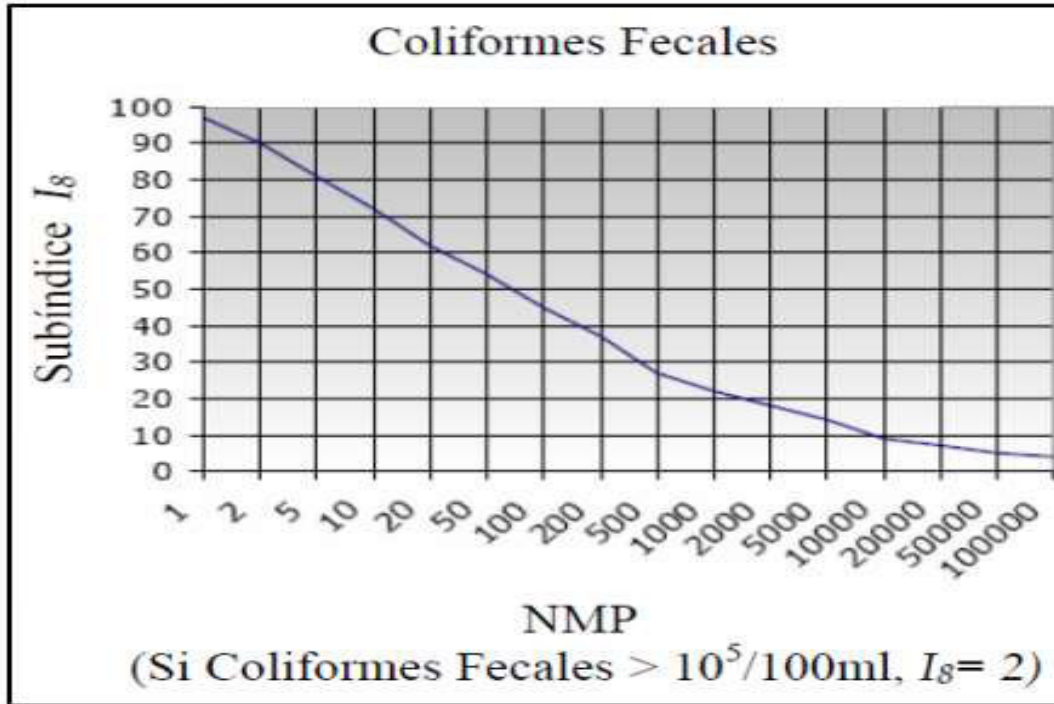
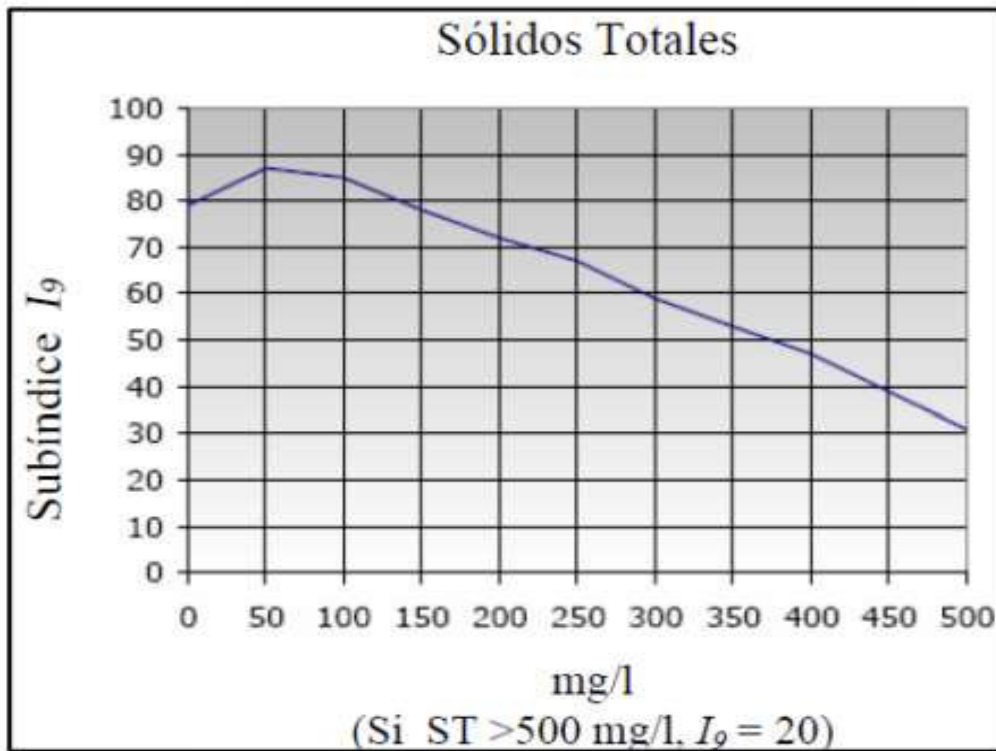


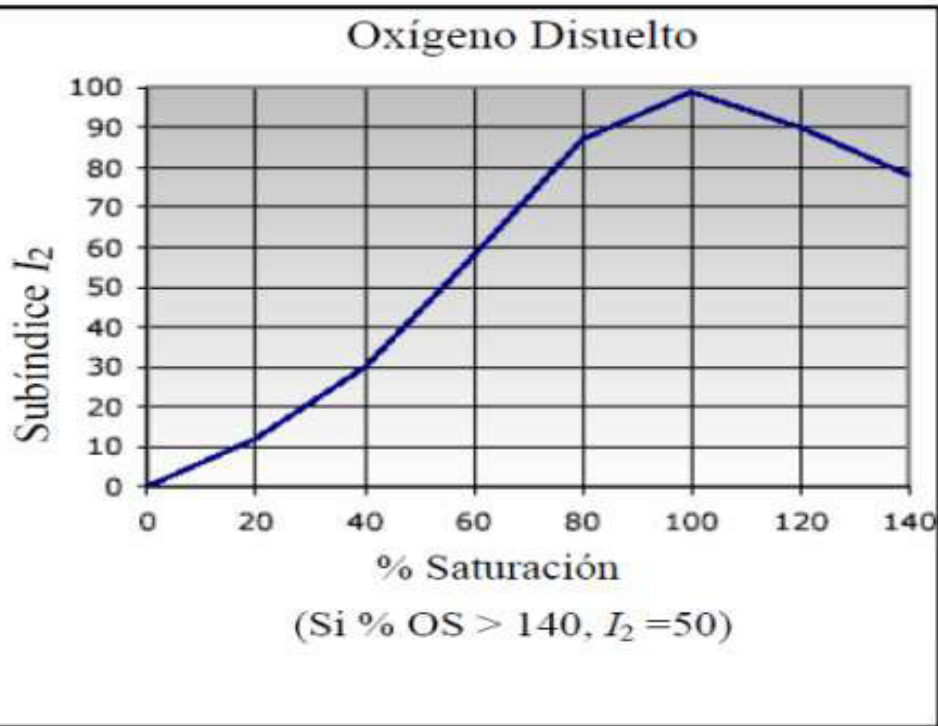
Figura 42. Curva de función coliformes totales

Sólidos Totales



**Figura 43.** Curva de función sólidos totales

Oxígeno Disuelto



**Figura 44.** Curva de función oxígeno disuelto

Para el cálculo del ICA, se utilizó la ecuación 4, cuyos valores se pueden ser visualizados en el Anexo 4.

$$ICA = \sum_{i=1}^n S_i W_i$$

**Ecuación 4.** ICA-NSF

(Rodríguez, 2016)

**Donde:**

**ICA:** Índice de Calidad de Agua NSF

**Si:** Subíndice de los parámetros

**Wi:** Coeficiente de ponderación del parámetro i

**i:** Parámetro elegido

El valor obtenido del ICA puede ser clasificado según el grado de contaminación que presente la muestra analizada, cuyo valor puede ser comparado con los valores que se encuentran en la tabla 12.

**Tabla 12** Criterios para el Índice de Calidad de Agua

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente Calidad	Azul	91 a 100
Buena Calidad	Verde	71 a 90
Mediana Calidad	Amarillo	51 70
Mala Calidad	Naranja	26 a 50
Pésima Calidad	Rojo	2 a 25

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez finalizada la realización de los análisis correspondientes, estos fueron comparados con la Normativa INEN 1108:2020 y el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo I, Tabla 1 donde se muestran los “Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico”

Cabe mencionar que dentro de todo el proceso de abastecimiento de agua no se realiza ningún tipo de proceso de desinfección con productos químicos, por lo que se tomó en cuenta la comparación en todos los puntos de muestreo con las 2 normativas anteriormente mencionadas con la finalidad de corroborar sus límites máximos permisibles, en la tabla 13 se muestran los puntos de muestreo considerados para la realización del análisis.

**Tabla 13** Especificación de puntos de muestreo

Distribución de puntos de muestreo			
Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Ojo de agua	Tanque de almacenamiento	Tanque reservorio	Casa 1

Los parámetros analizados *in situ* fueron: temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez, mismos que fueron realizados en 4 puntos diferentes.

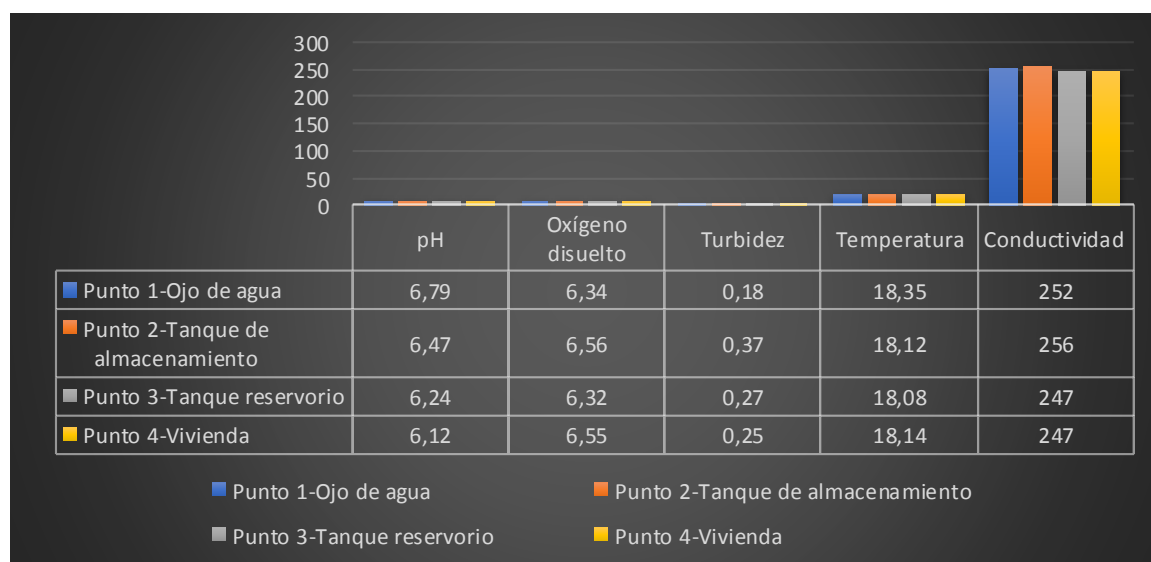
A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

### 4.1 Resultados obtenidos en campo.

Los resultados obtenidos *in situ* en los cuatro puntos de muestreo se presentan en la tabla 14 y su representación gráfica en la figura 45.

**Tabla 14** Resultados de los parámetros in-situ obtenidos en los 4 puntos.

Parámetro	Unidades	Punto 1-Ojo de agua	Punto 2-Tanque de almacenamiento	Punto 3-Tanque reservorio	Punto 4-Vivienda	TULSMA	NORMA INEN 1108
pH	Unidades de pH	6.79	6.47	6.24	6.12	Entre 6 y 9	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6.34	6.56	6.32	6.55	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	-
Turbidez	NTU	0.18	0.37	0.27	0.25	100	5
Temperatura	° C	18.35	18.12	18.08	18.14	-	-
Conductividad	uS/cm	252	256	247	247	-	-



**Figura 45.** Representación gráfica de resultados obtenidos *in situ*

## 4.2 Resultados obtenidos en el laboratorio.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para los puntos de muestreo, P1, P2, P3 y P4, se encuentran representados en las tablas 15, 16, 17 y 18. Mencionando que los parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes totales y Coliformes fecales fueron realizados

por el personal del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM), mientras que los demás parámetros fueron realizados por la tesista en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la EPN.

**Tabla 15** Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P1

Parámetro	Unidades	Punto 1	TULSMA	NORMA INEN 1108
pH	Unidades de pH	6.79	Entre 6 y 9	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6.34	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	-
Turbidez	NTU	0.18	100	5
Temperatura	°C	18.35	-	-
Conductividad	uS/cm	252	-	-
Nitrato	mg/L	1.2	50	50
Nitrito	mg/L	0,007	0.2	0.2
Fosfatos	mg/L	1.43	-	-
Hierro	mg/L	0.03	1	50
Manganeso	mg/L	0.043	-	0.4
Sólidos Totales	mg/L	320	-	-
Sólidos Disueltos	mg/L	276	500	500
Sólidos Suspendidos	mg/L	24	-	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	Menor a 2	-
DQO	mg/L	< 10	Menor a 4	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	50	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	20	<1,1

**Tabla 16** Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P2

Parámetro	Unidades	Punto 2	TULSMA	NORMA INEN 1108
pH	Unidades de pH	6.47	Entre 6-9	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6.56	No menor del 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l	-
Turbidez	NTU	0.37	100	5
Temperatura	° C	18.12	-	-
Conductividad	uS/cm	256	-	-
Nitrato	mg/L	1.42	50	50
Nitrito	mg/L	0.018	0.2	0.2
Fosfatos	mg/L	1.01	-	-
Hierro	mg/L	0.04	1	50
Manganeso	mg/L	0.042	-	0.4
Sólidos Totales	mg/L	276	-	-
Sólidos Disueltos	mg/L	250	500	500
Sólidos Suspendidos	mg/L	26	-	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	Menor a 2	-
DQO	mg/L	<10	Menor a 4	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	50	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	20	<1,1

**Tabla 17** Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P3

Parámetro	Unidades	Punto 3	TULSMA	NORMA INEN 1108
pH	Unidades de pH	6.24	Entre 6-9	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6.32	No menor del 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l	-
Turbidez	NTU	0.27	100	5
Temperatura	° C	18.08	-	-
Conductividad	uS/cm	247	-	-
Nitrato	mg/L	1.1	-	-
Nitrito	mg/L	0.04	0.2	0.2
Fosfatos	mg/L	0.84	-	-
Hierro	mg/L	0.02	1	50
Manganeso	mg/L	0.026	-	0.4
Sólidos Totales	mg/L	296	-	-
Sólidos Disueltos	mg/L	288	500	500
Sólidos Suspendidos	mg/L	8	-	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	Menor a 2	-
DQO	mg/L	< 10	Menor a 4	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	50	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	20	<1,1



**Tabla 18** Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio de P4

Parámetro	Unidades	Punto 4	TULSMA	NORMA INEN 1108
pH	Unidades de pH	6.12	Entre 6-9	-
Oxígeno disuelto	mg/L	6.55	No menor del 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l	-
Turbidez	NTU	0.25	100	5
Temperatura	° C	18.14	-	-
Conductividad	uS/cm	247	-	-
Nitrato	mg/L	1.3	50	50
Nitrito	mg/L	0.009	0.2	0.2
Fosfatos	mg/L	0.81	-	-
Hierro	mg/L	0.04	1	50
Manganeso	mg/L	0.025	-	0.4
Sólidos Totales	mg/L	252	-	-
Sólidos Disueltos	mg/L	248	500	500
Sólidos Suspendidos	mg/L	4	-	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	Menor a 2	-
DQO	mg/L	< 10	Menor a 4	-
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,1	50	-
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1,1	20	<1,1

### Relación Turbidez-Sólidos suspendidos

Una vez analizados los valores obtenidos en los 4 puntos de muestreo, fueron comparados con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), el cual menciona un límite máximo permisible de 100 NTU, mientras que en la norma INEN 1108 menciona un límite máximo permisible de 5 NTU, determinando que los 4 puntos analizados cumplen con la normativa.

Sin embargo, en el punto 2 el valor de la turbidez tiende a aumentar un poco, como se puede observar en la tabla 19 y su representación gráfica en la figura 46, posiblemente a que previo al ingreso al punto 2, el agua pasa a través de un canal de concreto, mismo que puede tener en sus paredes solidos que caen dentro del canal, sin embargo en los siguientes puntos este parámetro tiende a disminuir.

**Tabla 19** Relación Turbidez-Sólidos suspendidos

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
Turbidez (NTU)	0.18	0.37	0.27	0.25	100	5
Sólidos suspendidos mg/L	24	26	8	4	-	-



**Figura 46.**Representación gráfica Turbidez-Sólidos suspendidos

### Relación Conductividad-Sólidos Disueltos

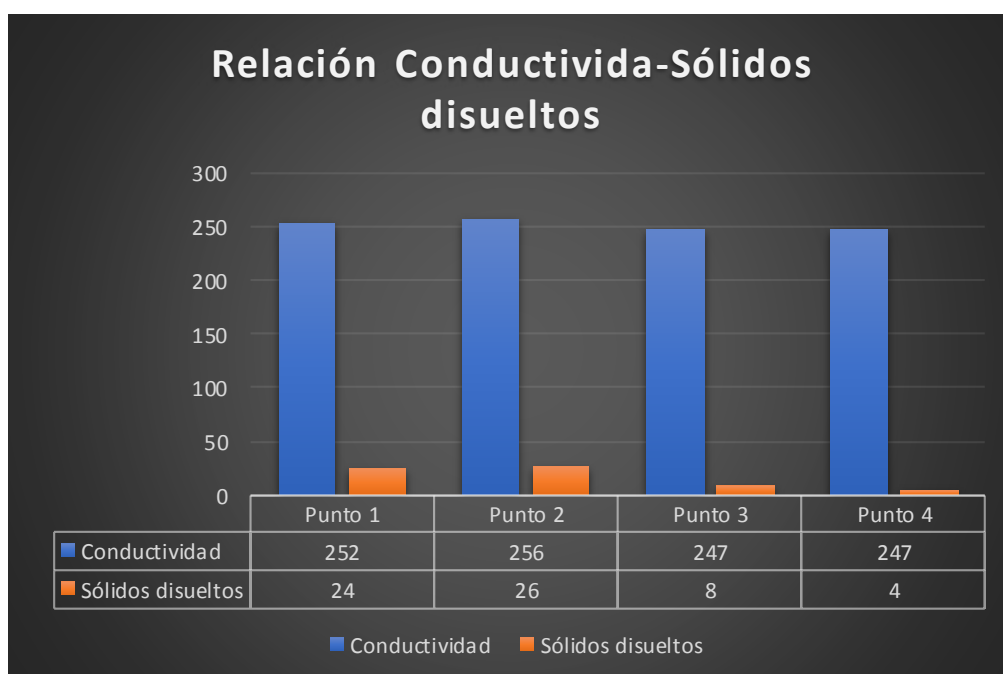
La conductividad y sólidos disueltos están estrechamente relacionados, ya que la conductividad depende de la cantidad de sales disueltas que se encuentran en el

agua, siendo de mucha importancia su análisis debido a que este parámetro es aplicable en el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA)

Al analizar los parámetros se puede concluir que la conductividad es directamente proporcional a la cantidad de sólidos disueltos en el agua, cuyos valores pueden ser visualizados en la tabla 20 y su respectiva representación gráfica en la figura 47.

**Tabla 20** Relación Conductividad-Sólidos disueltos

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
Conductividad uS/cm	252	256	247	247	-	-
Sólidos disueltos (mg/L)	24	26	8	4	-	-



**Figura 47.** Representación gráfica Conductividad-Sólidos suspendidos totales.

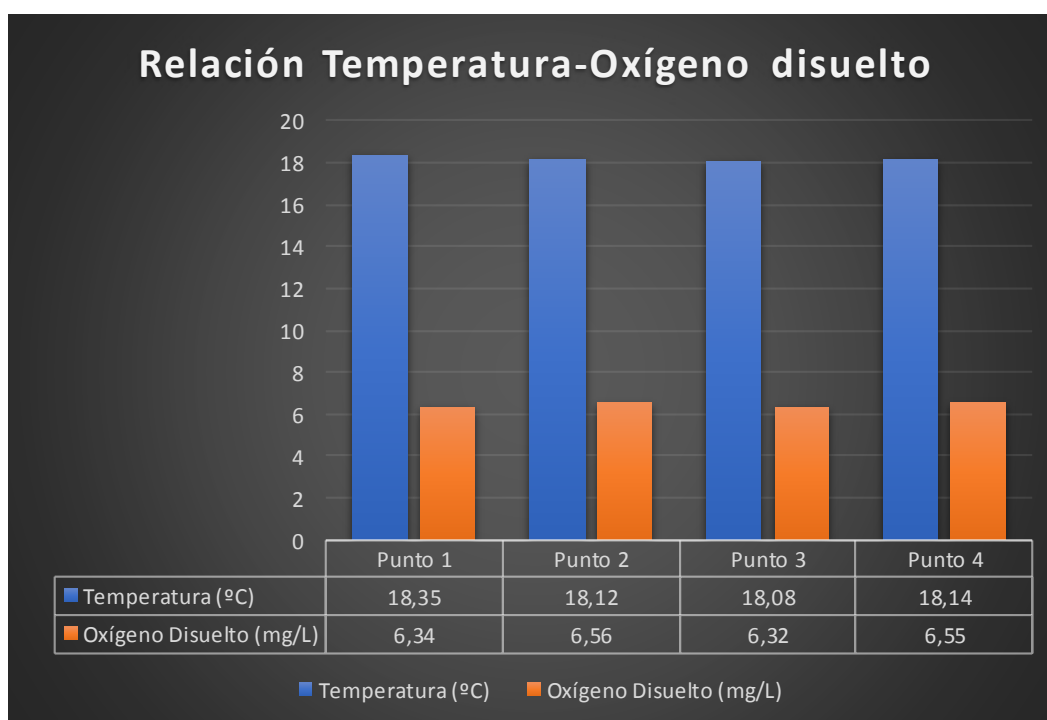
### Relación Temperatura-Oxígeno disuelto

Se puede observar que en los 4 puntos de muestreo el valor de oxígeno disuelto se encuentra en un rango de 6 a 7, cuyos resultados pueden observarse en la tabla 21, y su representación gráfica en la figura 48, principalmente por que los tramos de

tubería por donde circula el agua no son considerablemente largos, para que esta se oxigene, ya que los diferentes puntos de muestreo se encuentran considerablemente en el mismo espacio de terreno y únicamente el punto 4 tiene un poco de elevación.

**Tabla 21** Relación Temperatura-Oxígeno disuelto.

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
Temperatura (°C)	18.35	18.12	18.08	18.14	-	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.34	6.56	6.32	6.55	-	-



**Figura 48.** Representación gráfica Temperatura-Oxígeno disuelto.

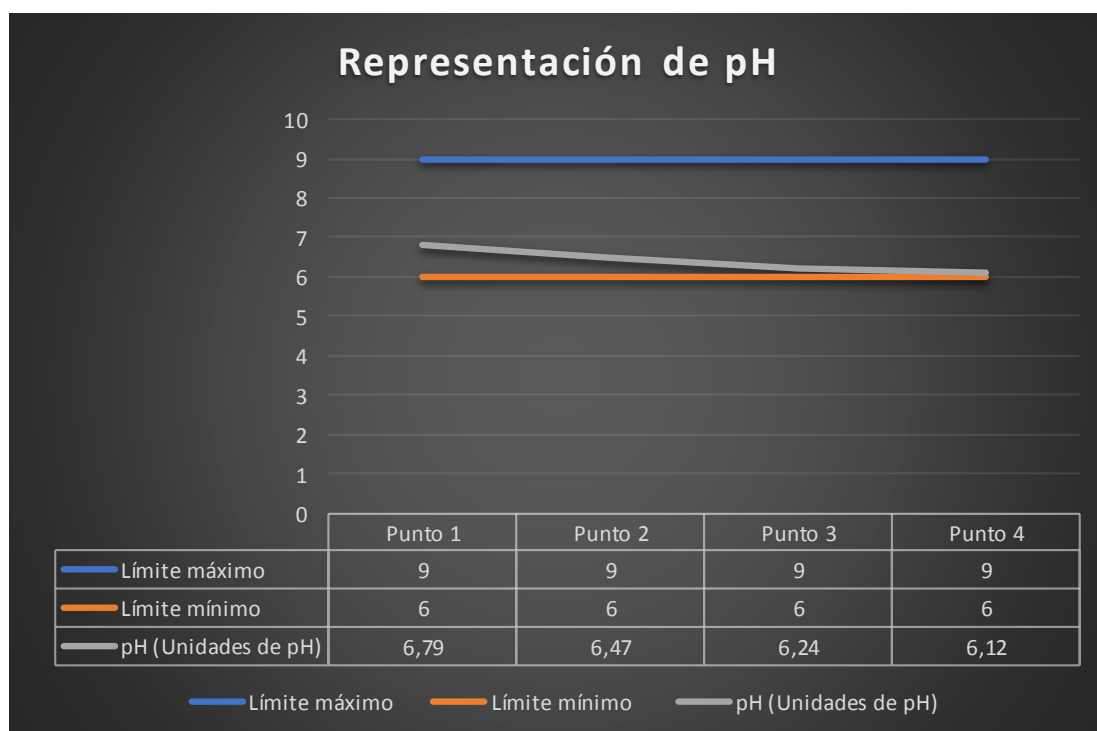
## pH

Cuando aumenta la temperatura las moléculas tienden a separarse en sus elementos hidrógeno y oxígeno, y al aumentar la proporción de moléculas descompuestas, se produce más hidrógeno, lo cual aumenta el pH.

En el TULSMA se encuentra establecido el rango de pH cuyo valor es de 6 – 9, pidiéndose observar que en los 4 puntos analizados este parámetro cumple con los establecido como se puede observar en la tabla 22 y en la figura 49.

**Tabla 22** Variación de pH

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
pH (Unidades de pH)	6.79	6.47	6.24	6.12	Entre 6 y 9	-



**Figura 49.** Representación gráfica pH

### Manganeso y Hierro

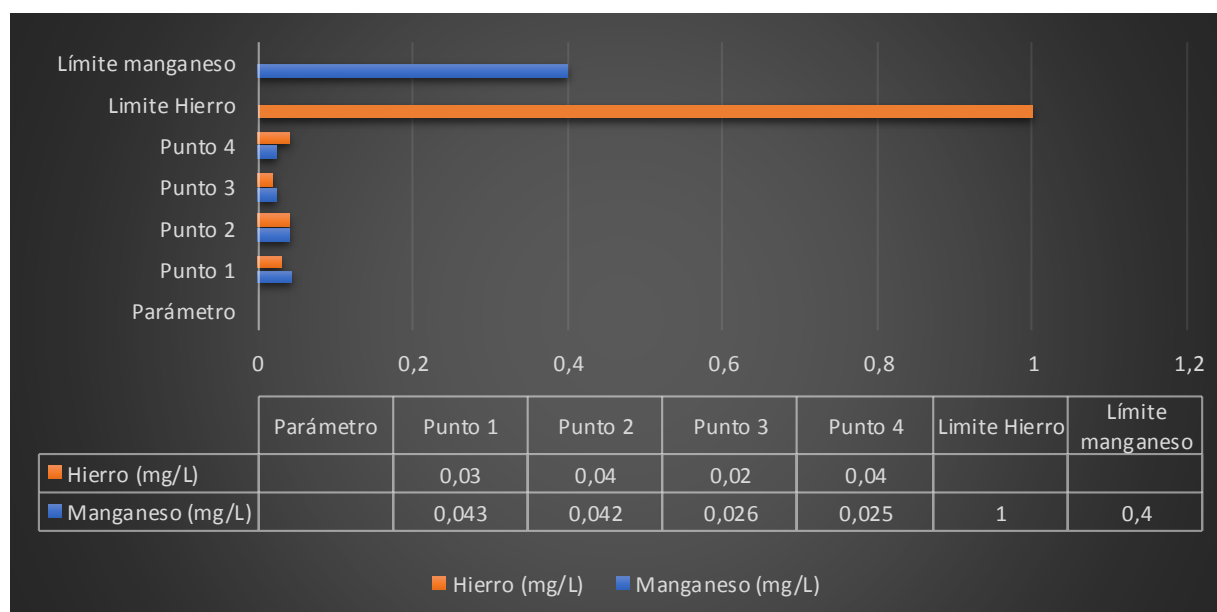
Los resultados obtenidos de hierro y manganeso son bajos, razón por la cual según lo establecido en la normativa INEN 1108:2020 menciona que el límite máximo permisible de manganeso es 0.4 mg/L, cumpliendo según la normativa en los 4 puntos, mientras que el límite máximo permisible de hierro es 1 mg/L, al igual que el anterior parámetro se apega a lo requerido, como se puede observar en la tabla 23 y su respectiva representación gráfica en la figura 50.

En el punto 1 el valor de manganeso es un poco más alto comparación de los puntos siguientes, debiéndose principalmente a que el agua que pasa por ese punto está en contacto con los minerales que se encuentran de manera natural en las rocas que se encuentra en el interior de la captación, pero se puede observar que en los siguientes puntos ese valor se va reduciendo ya que dentro del sistema se cuenta con un filtro.

Conocer estos valores es adecuado ya que al tener bajas cantidades de hierro y manganeso significa que no hay condición anaerobias, lo que significa que se puede evitar problemas de tinciones, incrustaciones en las tuberías a lo largo del sistema de abastecimiento (Peña, 2017).

**Tabla 23** Relación Hierro-Manganeso

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
Manganeso (mg/L)	0.043	0.042	0.026	0.025	-	0.4
Hierro (mg/L)	0.03	0.04	0.02	0.04	1	50



**Figura 50.** Representación gráfica Manganeso-Hierro

### Relación DBOs – DQO

Mediante los análisis realizados se puede determinar que los valores obtenidos de DBOs cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa.

El valor de DQO por lo general es mayor que el valor de DBO<sub>5</sub> debido a que al realizar el análisis de DQO se oxida toda la carga orgánica e inorgánica que se encuentra en una muestra de agua, en cambio al analizar DBO<sub>5</sub> se utilizan microorganismos para degradar únicamente materia orgánica.

**Tabla 24** Relación DBO<sub>5</sub>-DQO

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	-
DQO (mg/L)	< 10	< 10	< 10	< 10	<4	-

### Coliformes Totales - Coliformes Fecales

Mediante el análisis realizado se puede determinar que los parámetros Coliformes Totales y Coliformes Fecales en los 4 puntos de monitoreo cumplen con lo establecido en la normativs.

Cabe mencionar que en el TULSMA se establece un valor de 50 para coliformes totales, mientras que en la norma INEN 1108 el valor es nulo debido a que no debe haber presencia del mismo ya que es agua potable.

Los valores obtenidos pueden ser visualizados en la tabla 25, cuyos valores son casi nulos, ya que no existe presencia de coliformes en la muestra de agua analizada.

El valor de <1,1 significa que el ensayo realizado de NMP utilizados 5 tubos de 20 cm<sup>3</sup> o 10 tubos de 10 cm<sup>3</sup> ningún es positivo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

**Tabla 25** Relación Coliformes Totales – Coliformes Fecales

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	TULSMA	INEN 1108
Coliformes Totales (NMP/1000mL)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	50	-
Coliformes Fecales (NMP/1000mL)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	20	<1,1

Para la determinación del ICA, fue necesario realizar un promedio de los resultados obtenidos en los 4 puntos de muestreo, una vez realizados los cálculos correspondientes se obtuvieron los valores que se encuentran en la tabla 26.

**Tabla 26** Resultados obtenidos

Parámetros	Unidades	Resultado	Si	(Wi)	$ICA = \sum_{i=1}^n Si Wi$
Oxígeno disuelto	mg/L	6.44	48.5	0.17	8.25
Coliformes Fecales	NMP/100	<1.1	99	0.16	15.84
pH	pH	6.46	60	0.11	6.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	99	0.11	10.89
Nitratos	mg/L	1.21	94	0.10	9.4
Fosfatos	mg/L	1.02	57	0.10	5.7
Temperatura	° C	18.16	88	0.10	8.8
Turbidez	NTU	0.26	98	0.08	7.84
Sólidos disueltos totales	mg/L	265.5	68	0.07	4.76
Sumatoria				1	78.08



Una vez concluidos los cálculos, se pudo determinar que el agua analizada es de buena calidad, ya que se encuentra en un rango de 71 a 90, como se muestra en la tabla 27.

**Tabla 27** Escala de valoración del ICA

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente Calidad	Azul	91 a 100
Buena Calidad	Verde	71 a 90
Mediana Calidad	Amarillo	51 70
Mala Calidad	Naranja	26 a 50
Pésima Calidad	Rojo	2 a 25

#### **4.3 Proponer procesos de tratamiento adecuados que permitan obtener un agua apta para el consumo humano.**

Actualmente la Junta de Agua Sana Cuendina, dentro de su proceso de abastecimiento no cuenta con ningún tipo de tratamiento químico, sin embargo, después de realizar los análisis correspondientes se pudo determinar que la calidad del agua es buena, ya que los parámetros analizados en la determinación del ICA, cumplen con lo establecido en la normativa ambiental.

Sin embargo basándose en la legislación ambiental vigente y tomando en cuenta el Anexo 2, mismo que menciona que el cloro libre residual en el agua de consumo debe estar en un rango de 0.3 a 1.5 mg/L para garantizar su potabilización y posterior consumo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2015).

Previo a la selección del desinfectante es importante tomar en consideración ciertas características de debe poseer.

- Que sea de fácil y seguro de aplicar.
- Mantenga su capacidad desinfectante en un rango adecuado.
- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos que se encuentran en el agua en un corto tiempo de contacto.

- No sea tóxico
- Que sea de bajo costo.
- Que tenga alta disponibilidad en el mercado.

## **Determinación de dosificación de cloro**

El hipoclorito de sodio es un desinfectante comúnmente utilizado para la desinfección de superficies, desinfección de agua y tratamiento de alimentos.

En este caso se toma se considera el HIPONA NF 100 (HIPOCLORITO DE SODIO) presentación líquida, distribuido por ENGIDEV, desinfectante más utilizado en el medio para eliminar virus y bacterias comunes del agua, es decir para potabilizar el agua, mismo que se encuentra especificado en el anexo 6.

### ➤ **Características Físico – Químico del desinfectante**

Concentración de cloro activo: 10%

Densidad: 1.15 gr/cm<sup>3</sup>

Para la determinación de la cantidad de dosis de cloro se tomó en cuenta la ecuación 5 y la ecuación 6 que fue con la que se trabajó, misma que fue tomada de una guía de tratamiento y desinfección de agua a base de cloro.

$$Dosis\ de\ cloro\ \left(\frac{mg}{l}\right) = Demandade\ cloro\ \left(\frac{mg}{l}\right) + Cloro\ residual\ libre\ \left(\frac{mg}{l}\right)$$

**Ecuación 5.** Fórmula para conocer la cantidad de dosificación de cloro

$$V\ cloro\ (l) = \frac{V\ agua\ (l) \times D\ agua\ \left(\frac{mg}{l}\right)}{C\ cloro\ (\% \ o\ \frac{mg}{l})}$$

**Ecuación 6.** Fórmula para conocer la cantidad de cloro a agregar

(Instructivo de tratamiendo y desinfección., 2015)

- Donde:

**V cloro:** Cantidad de cloro que se agregará (Expresado en litros)

**V agua:** Volumen de agua que se va a desinfectar (Expresado en litros)

**D agua:** Dosis de cloro a agregar en el agua a desinfectar (Expresada en mg/l)

**C cloro:** Concentración del producto de cloro que se encuentra indicado por el fabricante (Expresado en % o en mg/L)

La tabla 28 que se presenta a continuación fue tomada desde el instructivo de la República del Salvador, que es utilizado para la transformación de unidades en la aplicación de dosis adecuadas en el tratamiento y desinfección del agua (Instructivo de tratamiento y desinfección., 2015).

**Tabla 28.** Transformación de concentraciones en % a mg/l

Tabla de concentraciones en % a mg/L	
C cloro =0.5%	5000 mg/L
C cloro =1.0%	10000 mg/L
C cloro =5.0%	50000 mg/L

En la normativa INEN 1108:2020 rige el parámetro de cloro residual que debe poseer un agua, mencionando que no debe sobrepasar el valor de 1.5 mg/L, en este caso y por facilidad de cálculo se consideró un valor de dosificación de 1 mg/L, teniendo un volumen de 80 m<sup>3</sup> para la dosificación.

➤ **Datos para el cálculo**

Dosis esperada de Hipoclorito de sodio: 1 mg/L

Volumen de agua a dosificar: 80 m<sup>3</sup>

Concentración de cloro: 10% = 100000 mg/L

➤ **Entonces**

$$V_{\text{cloro}} (l) = \frac{V_{\text{agua}} (l) \times D_{\text{agua}} \left(\frac{mg}{l}\right)}{C_{\text{cloro}} \left(\% \text{ o } \frac{mg}{l}\right)}$$

$$V_{\text{cloro}} (l) = \frac{80000 L \times 1 \left(\frac{mg}{l}\right)}{100000 \frac{mg}{l}}$$

$$V_{\text{cloro}} = 0.8 \text{ ml}$$

## **Forma y lugar de realizar la dosificación**

Para poder dosificar el cloro e ingresar dentro del rango que impone la norma, es importante que, por cada tanque de 80 m<sup>3</sup> de agua producidos se coloque una cantidad de 0.8 ml de hipoclorito de sodio HIPONA NF 100, con la finalidad de cumplir con lo dispuesto en la Normativa Ambiental vigente y entregar agua que cumpla con los estándares de calidad.

Se tomó en consideración la dosificación de 1mg/L, ya que al arrancar la dosificación con esta cantidad y tomando en cuenta las pérdidas que pueden generarse a lo largo de la trayectoria, hasta que el agua llegue a los puntos de distribución, se puede asegurar que la cantidad utilizada en la dosificación no sobrepase los límites máximos permisibles.

La aplicación del hipoclorito de sodio es relativamente sencilla, ya que puede ser aplicada directamente en la cámara de cloración o reservorio de forma manual o con el uso de bombas dosificadoras, dependiendo de las condiciones económicas que provea la Junta de Agua.

Si la dosificación se realiza de manera manual, dentro del tanque se debería instalar un sistema de agitación que permita que exista una homogenización entre el agua y cloro.

## **4.4 Actividades de mejoramiento en la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento manejado por la Junta de Agua.**

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua es muy importante poseer un registro de actividades que permitan garantizar una dotación de agua segura para la población, es por ello que a medida de que se ha ido desarrollando este proyecto de titulación fueron analizadas y registradas una serie de actividades que serán de ayuda para el operador en el mantenimiento de las estructuras del sistema de abastecimiento.

### **Punto 1 - Ojo de agua**

- Limpiar el terreno (Quitar las ramas, hierbas, rocas, basura existente en el lugar)

- Observar si hay deslizamientos en el terreno (En el caso de existir, avisar de inmediato a los representantes de la Junta)
- Observar que el canal de la tubería de desagüe esté libre de suciedad y en el caso de existir obstrucciones limpiar de manera inmediata.
- Pintar las piezas metálicas (Utilizar pintura anticorrosiva)
- Colocar un seguro en la tapa.



**Figura 51.** Tanque de captación

### **Punto 2 – Tanque de almacenamiento**

- Realizar una inspección visual de las tuberías (En el caso de existir fugas, avisar inmediatamente a los representantes de la Junta).
- Pintar las piezas metálicas (Utilizar pintura anticorrosiva)
- Colocar un seguro en la tapa.
- Lavar las paredes y pisos.



**Figura 52.** Tanque de almacenamiento

### **Punto 3 – Tanque reservorio y conexiones domiciliarias**

- Realizar una inspección visual de las tuberías.
- En el caso de existir fugas, roturas y conexiones clandestinas dar aviso inmediatamente a los representantes de la Junta.
- Verificar el correcto funcionamiento de las llaves.
- No dejar expuestas las tuberías al sol.
- Pintar las piezas metálicas (Pintura anticorrosiva)
- Lavar las paredes y pisos.



**Figura 53.** Tanque reservorio.

### **Actividades a realizar para el mantenimiento de los tanques**

**Tabla 29** Actividades a realizarse en los tanques

Cada vez que sea necesario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que las tapas posean seguridad.</li> <li>• Proteger con pintura anticorrosiva y lubricar las válvulas de entrada, salida, limpieza y de paso directo para evitar corrosión.</li> <li>• Limpiar el terreno que se encuentra a su alrededor.</li> </ul>
De manera permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que las válvulas se encuentren funcionando de manera correcta.</li> <li>• Realizar una inspección visual de las tuberías.</li> </ul>

Una vez al año	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar en interior y el exterior para verificar si existen fugas o desprendimientos en las paredes.</li> </ul>
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar al interior del tanque para revisar la presencia de sedimentos en el fondo, y observar si requieren ser lavados.</li> </ul>

### **Actividades a realizar en la operación de las líneas de conducción**

#### **➤ Puesta en marcha**

Abrir la válvula de purga para eliminar sedimentos y aire acumulados.

Dar paso al agua desde la captación, cerrando paulatinamente la válvula de purga.

Realizar mensualmente un recorrido por la línea de conducción, verificando el estado general de las mismas e informar si se presentan situaciones anormales.

#### **➤ Funcionamiento**

Controlar el aforo en el tanque reservorio, para verificar el funcionamiento normal en la línea de conducción.

Realizar un recorrido por toda la línea de conducción verificando el estado general de los accesorios.

Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de purga y aire (Es recomendable que estas sean maniobradas con frecuencia para que se mantengan en condiciones de operación).

### **4.5 Socializar los resultados obtenidos con los miembros de la comunidad.**

La socialización fue realizada el lunes 04 de octubre en presencia de los representantes de la Junta de Agua, como se puede visualizar en las figuras 54 y 55, y en los Anexos 4 y 6. Como primer punto fueron realizadas dinámicas con la finalidad de que los moradores se sientan en confianza para poder interactuar de mejor manera.

Como segundo punto se dio una pequeña introducción de conceptos básicos de los parámetros que fueron analizados y de las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua, como posterior se dio paso a la entrega de resultados obtenidos mediante los análisis realizados.

Una vez finalizada la explicación se procedió a responder algunas preguntas que tenían los moradores y finalmente se tuvo una respuesta positiva de parte de ellos ya que se comprometieron a utilizar de manera más responsable el líquido vital, y sobre todo informar a los moradores del sector sobre el resultado obtenido en el análisis e impulsar el cuidado del entorno en el que viven.



**Figura 54.** Imágenes de la socialización



**Figura 55.** Socialización



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Los parámetros analizados en campo, así como los realizados en el laboratorio cumplen con los límites máximos permisibles que se encuentran establecidos en las dos normativas ambientales, tanto en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, así como en la normativa INEN 1108:2020
- Tras la realización del análisis del (ICA-NSF) se puede determinar que el agua que proporciona la Junta de Agua Sana Cuendina es de buena calidad, sin embargo se debe considerar la propuesta de dosificación de cloro.
- Con las actividades descritas anteriormente se pretende ayudar al encargado de la operación dentro del sistema de abastecimiento a tener una idea más clara de las actividades a realizar con la finalidad de reducir costos en la realización de mantenimiento correctivos.

### 5.2 Recomendaciones

- Se debería implementar un programa permanente de monitoreo del agua, puesto que esta fuente es utilizada de manera permanente para dotar de agua a la población y los análisis no son realizados constantemente.
- Se recomienda que el proceso de dosificación sea aplicado de manera inmediata ya que es una garantía para el agua de consumo.
- Los miembros de la Junta de Agua deberían designar fondos a la compra de equipos de medición de parámetros *In situ*, con la finalidad de realizar mediciones de manera periódica.
- Establecer un cronograma de visitas periódicas a las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento con la finalidad de comprobar su correcto funcionamiento y calidad del servicio.
- Realizar capacitaciones a los miembros que conforman la comunidad, con la finalidad de proporcionar conocimiento de la operación y mantenimiento que se lleva a cabo en el sistema de abastecimiento de agua, puesto que solo existe una persona encargada para operar todo el sistema de abastecimiento.

- Realizar charlas a los moradores del sector con el fin de hacerlos tomar conciencia del cuidado y protección de la naturaleza.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteaga M, AGUATUYA. (2012). *Operación y mantenimiento de sistemas de distribución*. Recuperado el 12 de Marzo de 2021, de Operación y mantenimiento de sistemas de distribución:

<https://www.aguatuya.org/docs/hrbB9uGPF8g1MKQmwoqHW1e2T7MZaZDj.pdf>

ANTRECANALES, J. (2015). *La solución al problema ambiental en el mundo*. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de La solución al problema ambiental en el mundo: <https://www.accion.com/es/tratamiento-de-agua/>

Bolaños, Cordero & Castro. (08 de Mayo de 2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en el agua como indicadores de contaminación*. Obtenido de Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en el agua como indicadores de contaminación.: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

Calidad de Agua OCU. (15 de Noviembre de 2014). *Fuentes naturales tienen problemas de contaminación*. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de Fuentes naturales tienen problemas de contaminación.: <https://www.iagua.es/noticias/espana/ocu/14/10/15/dos-cada-tres-fuentes-naturales-tienen-problemas-contaminacion-agua#:~:text=Buscar-,Dos%20de%20cada%20tres%20fuentes%20naturales%20tienen%20problemas,de%20agua%2C%20seg%C3%BAAn%20la%20OCU&text=Pues%20no%20t>

Camacho, Ortegón & Serrano. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico*. México. Obtenido de Técnicas para el análisis microbiológico: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)

Cárdenas. (2015). *Química y Ambiente*. Obtenido de Química y Ambiente: <https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/quimica-ambiente-edicion/autor/fidel-cardenas/>

Carrillo, M. (2016). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF*. Obtenido de DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>

- Chafra, Á. (2016). *OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE*. Obtenido de OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24447/1/Tesis%201081%20-%20Chafra%20Barahona%20Angel%20Vladimir.pdf>
- Cortés, N. (2015). *Calidad y contaminación*. Obtenido de Calidad y contaminación: <https://isbn.cloud/9789563325416/aguas-calidad-y-contaminacion-un-enfoque-quimico-ambiental/>
- Cotogchoa. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia* . Obtenido de Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia : [http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio\\_paginas/archivos/PDOT%20COTOGCHOA%202012.pdf](http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20COTOGCHOA%202012.pdf)
- EPMAPS. (2020). *Etapas del proceso de potabilización* . Obtenido de Etapas del proceso de potabilización. : <https://www.pichinchacomunicaciones.com.ec/servicio-de-agua-potable-en-quito-esta-garantizado-pese-a-emergencia-sanitaria/>
- Fernández, M. (Septiembre de 2006). *Origen de los nitratos y nitritos en la potabilización de agua subterránea* . Obtenido de Origen de los nitratos y nitritos en la potabilización de agua subterránea : <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652002.pdf>
- Gobierno de España. (2020). *Aguas superficiales*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>
- Google Earth. (2021). Obtenido de <https://earth.google.com/web/@-0.37759243,-78.48800692,2585.86164088a,3521.34856603d,35y,0h,0t,0r>
- Grijalva, C. (2018). *Gobierno Municipal Rumiñahui*. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de Gobierno Municipal Rumiñahui: <http://www.ruminahui.gob.ec/rumi3/eje-territorial/#:~:text=Agua%20potable%20y%20alcantarillado,de%20alcantarillado%20es%20del%2092%25>.
- Guía para el uso de cloro. (2020). *Guía para uso de cloro en desinfección*. Obtenido de Guía para uso de cloro en desinfección: <https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

- Hernández. (02 de Mayo de 2016). *El muestreo y su importancia*. Obtenido de El muestreo y su importancia: [https://es.slideshare.net/Lili\\_090177/el-muestreo-y-su-importancia-61564963](https://es.slideshare.net/Lili_090177/el-muestreo-y-su-importancia-61564963)
- Huera, V. (22 de Mayo de 2021). Fuente de captación. Sangolqui, Pichincha, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana 1108:2011*. Recuperado el 12 de 03 de 2021, de Norma Técnica Ecuatoriana 1108:2011: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>
- Isch L, E. (Abril de 2011). *Contaminación de las aguas y política para enfrentarlas*. Obtenido de Contaminación de las aguas y política para enfrentarlas.: <https://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>
- MANUAL HACH. (2000). *Manual de análisis de agua HACH*. Obtenido de Manual de análisis de agua HACH: <file:///C:/Users/Mayra/Downloads/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Analisis%20de%20Agua.pdf>
- MINISTERIO DE AGUA. (12 de 04 de 2021). *Sistemas de agua rural*. Obtenido de Sistemas de agua rural: <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/04MANOpeManSAPrural.pdf>
- Obras Sanitarias del Estado. (2020). *Etapas del proceso de potabilización*. Obtenido de Etapas del proceso de potabilización: <http://www.ose.com.uy/agua/etapas-del-proceso-de-potabilizacion>
- ONU. (2015). *DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCIÓN, AGUA FUENTE DE LA VIDA*. Obtenido de DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCIÓN, AGUA FUENTE DE LA VIDA: [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- Peña Evelyn. (Junio de 2013). *Calidad del agua*. Obtenido de Calidad del agua: [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)
- Peña, E. (26 de 06 de 2017). *Calidad de agua*. Obtenido de Calidad de agua: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pradillo, B. (12 de 09 de 2016). *IAGUA, Parámetros de control de agua*. Obtenido de IAGUA, Parámetros de control de agua: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Ramos Vidal. (14 de 08 de 2008). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA-COLIFORMES TOTALES Y FECALES*. Obtenido de ANÁLISIS DE LA

CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA-COLIFORMES TOTALES Y FECALES:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>

Rincón, A. (2015). *El agua, recurso vital*. Obtenido de El agua, recurso vital:  
[https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim1/quiml\\_vall/OK\\_El\\_agua\\_recurso\\_vital\\_OEI.pdf](https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim1/quiml_vall/OK_El_agua_recurso_vital_OEI.pdf)

Rivas, L. W. (2013). *Calidad Fisicoquímica del agua*. Bogotá.

Rodríguez, C. (2016). *ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)*. Carabobo, Venezuela: Revista Ingeniería UC. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70748810015.pdf>:  
<https://www.redalyc.org/pdf/707/70748810015.pdf>

Swistock, B. (19 de Octubre de 2020). *Bacterias coliformes*. Obtenido de Bacterias coliformes:  
<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

UNICEF. (Diciembre de 2018). *El agua, un derecho humano*. Recuperado el 12 de Marzo de 2021, de El agua, un derecho humano: <https://www.unicef.org/ecuador/comunicados-prensa/el-agua-un-derecho-humano-pendiente-para-los-ni%C3%B1os-del-ecuador#:~:text=%E2%80%9CAcceder%20a%20agua%20potable%20y,la%20nutrici%C3%B3n%20y%20la%20educaci%C3%B3n>.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo

Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, TULSMA.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Fluoruro	F <sup>-</sup>	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	50,0
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petroleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

## Anexo 2. Norma Técnica INEN 1108:2020

### NORMA TÉCNICA ECUATORIANA DE AGUA POTABLE

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>228</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra		

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	



### Anexo3. Cálculos de análisis realizados en el laboratorio

- **Determinación de sólidos totales**

$$ST \text{ mg/l} = \frac{(P2 - P1)}{Vm}$$

**Donde:**

**ST:** Sólidos totales en mg/L

**P2=** Peso del crisol tarado + residuo tras la evaporación a 105 °C

**P1=** Peso del crisol tarado mg

**Vm=** Volumen de muestra (ml)

$$ST \text{ mg/l} = \frac{(38.4838gr - 38.4769gr) \times 1000000}{25 \text{ mL}}$$

$$ST = 276 \text{ mg/L}$$

- **Determinación de sólidos disueltos totales**

$$SDT \text{ mg/l} = \frac{(P2 - P3)}{Vm}$$

**Donde:**

**SDT:** Sólidos disueltos totales en mg/L

**P2=** Peso del crisol tarado + residuo tras la evaporación a 105 °C

**P3=** Peso del filtro antes de la filtración

**Vm=** Volumen de muestra filtrada (ml)

$$STD \text{ mg/l} = \frac{(40.2155gr - 40.2088gr) \times 1000000}{25 \text{ mL}}$$

$$SDT = 268 \text{ mg/L}$$

- **Determinación de sólidos suspendidos totales**

$$SST \text{ mg/l} = \frac{(P4 - P5)}{Vm}$$

**Donde:**

**SST:** Sólidos suspendidos totales en mg/L

**P4=** Peso del filtro tras la evaporación a 105 °C

**P5=** Peso del filtro tarado

**Vm=** Volumen de muestra filtrada (ml)

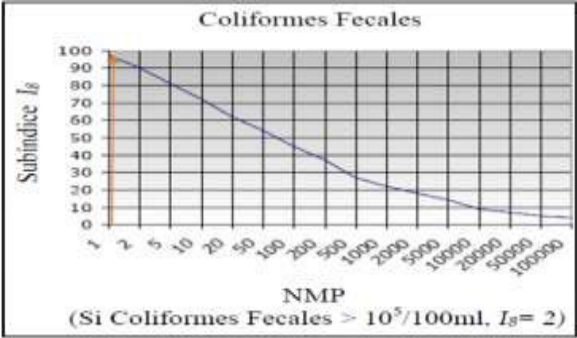
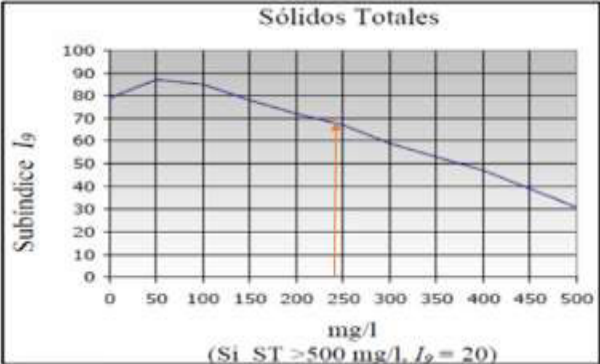
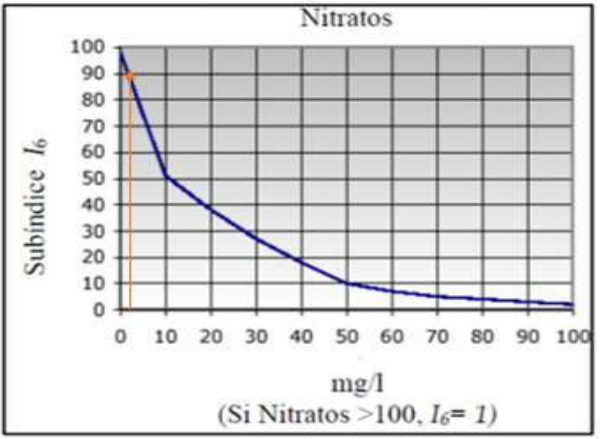
$$STD \text{ mg/l} = \frac{(28.5689 \text{ gr} - 28.5687 \text{ gr}) \times 1000000}{25 \text{ mL}}$$

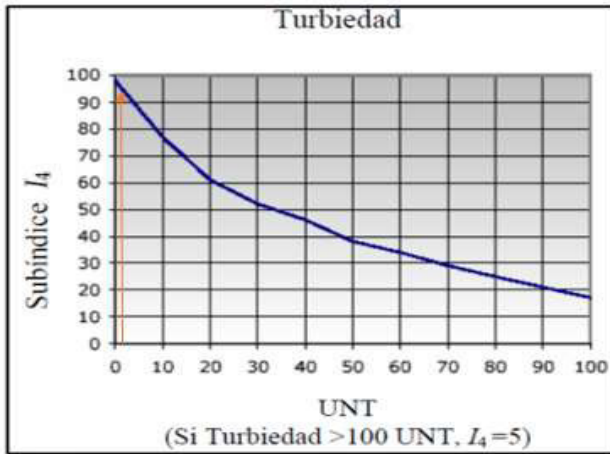
$$SDT = 8 \text{ mg/L}$$

## Anexo 4. Tablas utilizadas en la determinación del ICA-NSF

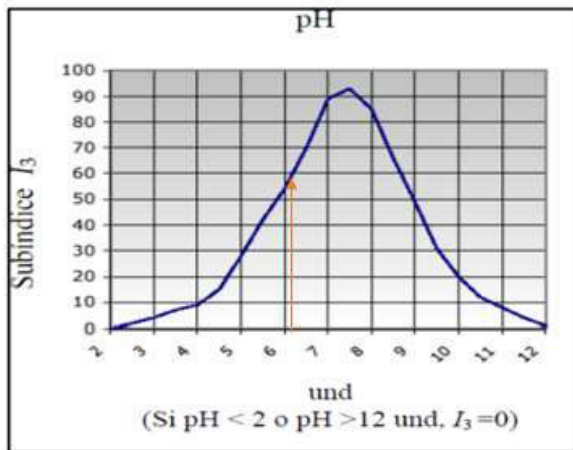
Con la utilización de curva estandarizada, se hallarán los sub índices para la posterior aplicación de la fórmula del ICA.

Partiendo de los valores conocidos, se buscara el valor de acuerdo a la gráfica, tomando en cuenta que, el eje de las abscisas corresponde a los niveles de la variable, mientras que en el eje de las ordenadas se encuentran los niveles de calidad de agua, cuyos valores se encuentran de de 0 a 100.

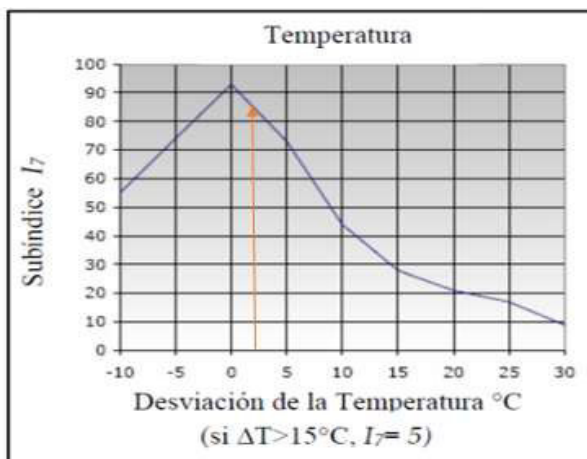
 <p>Coliformes Fecales</p> <p>Subíndice <math>I_8</math></p> <p>NMP</p> <p>(Si Coliformes Fecales <math>&gt; 10^5/100\text{ml}</math>, <math>I_8 = 2</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes fecales</li> </ul> <p>Eje X= <math>&lt; 1.1</math></p> <p>Eje Y=99</p> <p><math>1 \times 99 = 99</math></p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.16</li> </ul> <p><math>99 \times 0.16 = 15.84</math></p>
 <p>Sólidos Totales</p> <p>Subíndice <math>I_9</math></p> <p>mg/l</p> <p>(Si ST <math>&gt; 500</math> mg/l, <math>I_9 = 20</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos totales</li> </ul> <p>Eje X= 265.5</p> <p>Eje Y= 68</p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.07</li> </ul> <p><math>68 \times 0.07 = 4.76</math></p>
 <p>Nitratos</p> <p>Subíndice <math>I_6</math></p> <p>mg/l</p> <p>(Si Nitratos <math>&gt; 100</math>, <math>I_6 = 1</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitratos</li> </ul> <p>Eje X= 1.21</p> <p>Eje Y= 94</p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.10</li> </ul> <p><math>94 \times 0.10 = 9.4</math></p>



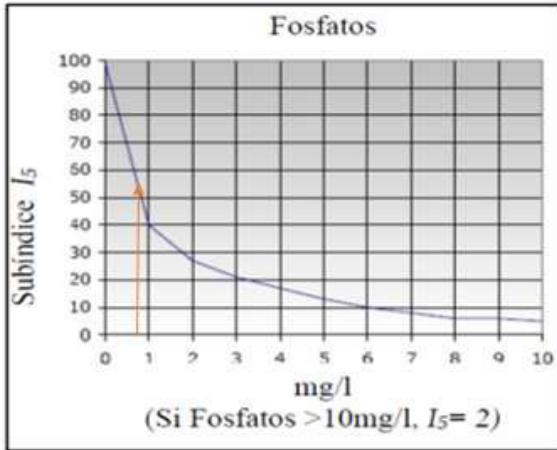
- Turbiedad
- Eje X= 0.26  
Eje Y= 98
- Entonces
- Peso relativo: 0.08
- $98 \times 0.08 = 7.84$



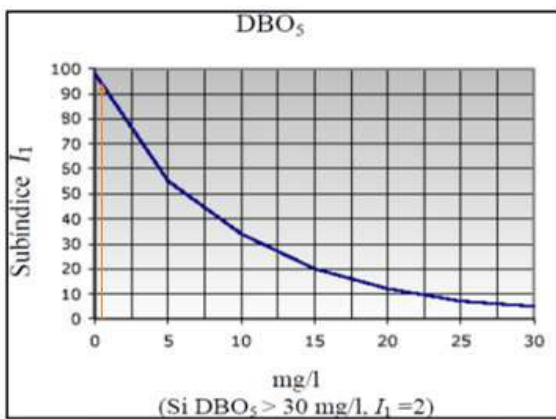
- Potencial de hidrógeno
- Eje X= 6.46  
Eje Y= 60
- Entonces
- Peso relativo: 0.11
- $60 \times 0.11 = 6.6$



- Temperatura
- Eje X= 18.16  
Eje Y= 88
- Entonces
- Peso relativo: 0.10
- $88 \times 0.10 = 8.8$



- Fosfatos
- Eje X= 1.02  
Eje Y= 57
- Entonces
- Peso relativo: 0.10
- $57 \times 0.10 = 5.7$



- DBO5
- Eje X= 1.9  
Eje Y=99
- Entonces
- Peso relativo: 0.11
- $99 \times 0.11 = 10.89$

VALORES DE OXÍGENO DISUELTO SATURADO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y TEMPERATURA												
ALTURA (m)	TEMPERATURA ° C											
	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	
1900	10.34	9.8	9.31	8.86	8.44	8.06	7.7	7.38	7.07	6.79	6.52	
2000	10.21	9.68	9.2	8.75	8.34	7.96	7.61	7.28	6.98	6.70	6.44	
2100	10.08	9.56	9.08	8.64	8.23	7.86	7.51	7.19	6.89	6.61	6.35	
2200	9.95	9.44	8.97	8.53	8.13	7.76	7.41	7.10	6.80	6.53	6.27	
2300	9.83	9.32	8.85	8.42	8.02	7.66	7.32	7.01	6.72	6.44	6.19	
2400	9.70	9.20	8.74	8.32	7.92	7.56	7.23	6.92	6.63	6.36	6.11	
2500	9.58	9.09	8.63	8.21	7.82	7.47	7.13	6.83	6.54	6.28	6.03	
2600	9.46	8.97	8.52	8.11	7.72	7.37	7.04	6.74	6.46	6.20	5.95	
2700	9.34	8.86	8.42	8.00	7.63	7.28	6.95	6.66	6.38	6.12	5.88	
2800	9.23	8.75	8.31	7.90	7.53	7.18	6.87	6.57	6.30	6.04	5.80	
2900	9.11	8.64	8.20	7.80	7.43	7.09	6.78	6.49	6.22	5.96	5.72	
3000	9.00	8.53	8.10	7.71	7.34	7.00	6.69	6.4	6.14	5.89	5.65	
3100	8.88	8.42	8.00	7.61	7.25	6.91	6.61	6.32	6.06	5.81	5.58	
3200	8.76	8.31	7.90	7.51	7.16	6.82	6.53	6.24	5.98	5.73	5.51	

- Oxígeno disuelto
- Transformación
- $$3000.95 \text{ m} \times \frac{3.28084 \text{ Pie}}{1 \text{ m}}$$
- 9862.04 pies
- En función de la altura y la temperatura, se puede el valor de OD.
- Siendo:
- Temperatura: 18.14
- Altitud: 3000.95m
- Se obtiene una valor de 6.24 de OD

## Anexo 5. Fotografías de las visitas realizadas

Visita Guiada 1 y 2



Visita guiada 3 y 4



## Anexo 6. Descripción del desinfectante a utilizar en la propuesta de desinfección.



### E- HIPONA NF-100

#### DESCRIPCIÓN:

HIPONA NF 100 (EL HIPOCLORITO DE SODIO) es el desinfectante más usado en nuestro medio, con el fin de eliminar virus y bacterias comunes en el agua, es decir, para potabilizar el agua.

Puede ser usado en concentraciones más altas que las recomendadas para desinfectar cierto tipo de materiales, además alimentos que tienen corteza, como por ejemplo frutas y vegetales.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO:

DENSIDAD	:	1.15 ± 0.02 gr./cm <sup>3</sup>
CONCENTRACIÓN COMO CLORO ACTIVO:		10%
pH AL 10%	:	11.2

#### PRESENTACIÓN:

Envases de 250 Kg y 60 Kg.

## HOJA DE MANEJO Y SEGURIDAD

### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

**IDENTIFICACION:** HIPOCLORITO DE SODIO  
Producto Químico a Base de Hipoclorito de Sodio

**NOMBRE DEL FABRICANTE:** ENGIDEV CIA. LTDA.

**TELEFONO:** 2663141-094242056

**DIRECCION:** FIDEL LOPEZ ARTETA S5-54 Y CESAR ESPINOZA SECTOR LULUNCOTO

### 2. COMPONENTES QUIMICOS

Ingrediente(s)	Peligroso(s)	%(p/p)	TLV(ppm)	CAS N°
Hipoclorito de Sodio	10		2 mg/m <sup>3</sup>	14380-61-1

### 3. EFECTOS POTENCIALES EN LA SALUD

#### RUTAS PRIMARIAS DE ENTRADA

Contacto con la piel	(X)
Inhalación	(X)
Contacto con los ojos	(X)
Ingestión	(X)

### 4. DATOS SOBRE PELIGRO PARA LA SALUD

**OJOS:** El contacto puede causar severa irritación y lesión, directamente proporcional con la concentración.

**INHALACIÓN:** La excesiva inhalación de vapores y nieblas o humos puede causar irritación bronquial, tos, respiración dificultosa, náuseas y edema pulmonar. Los efectos incluyen colapso del sistema circulatorio, confusión, delirio y coma.

**INGESTIÓN:** Puede causar erosión de las membranas mucosas. Otro síntoma incluyen vómito, colapso circulatorio, confusión, coma y muerte. Puede causar edema en la faringe, glotis y laringe y perforación del esófago y el estómago. Los efectos son menos dañinos a menores concentraciones.

**PIEL:** Puede causar severa irritación con presencia de ampollas y eczemas, especialmente a concentraciones mayores de 6 % p/p.



**Exposición crónica:** Una constante irritación de los ojos y la garganta. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) ha determinado que las sales de hipoclorito no son clasificables en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.

#### 5. INFORMACION SOBRE PRIMEROS AUXILIOS

**OJOS:** Lave inmediatamente los ojos con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior. Solicite atención médica inmediatamente.

**INHALACIÓN:** Procure aire fresco. Si no respira, dé respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, dé oxígeno. Solicite atención médica inmediatamente.

**INGESTIÓN:** No inducir vómito. Dé grandes cantidades de agua. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca. Solicite inmediatamente atención médica.

**PIEL:** Lave inmediatamente la piel con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos mientras remueve la ropa y zapatos contaminados. Solicite atención médica. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.

**Nota para el Médico:**

Considere la administración oral de soluciones de tiosulfato de sodio, para casos de ingestión del hipoclorito de sodio. No administre sustancias neutralizantes que puedan generar reacción exotérmica y lesionar más los tejidos. Una intubación endotraqueal podría ser necesaria para el caso de un edema de glotis. Para individuos con inhalación significativa por exposición, controle contaminación en la sangre y aplique rayos x, al pecho.

#### 6. INFORMACION SOBRE FUEGO Y EXPLOSION

**Incendio y Explosión:** Por sí solo no genera riesgos de fuego. Las soluciones de hipoclorito de sodio se descomponen al calentarse. Los productos de descomposición pueden provocar que los tambores o contenedores se rompan o exploten. Es posible que ante materiales orgánicos o agentes oxidantes se produzca una reacción vigorosa del producto que puede generar fuego. Esta solución no es considerada explosiva. (El hipoclorito de sodio anhidro, es muy explosivo)

**Medio para extinguir el fuego:** Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. Use una lluvia de agua para enfriar los recipientes expuestos al fuego, diluir el líquido y controlar los vapores.

**Nota para la brigada de emergencia:**

Utilice equipo de respiración autónomo a presión positiva y equipo de protección completo.

Procedimientos especiales para combatir el fuego: deben ser usados ropas y aparatos respiratorios con aprobación NIOSH/MSHA.

Peligros inusuales de fuego y explosión: No aplicable.

## 7. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME O FUGAS

**PASOS A TOMAR EN CASO DE SALPICADURAS O DERRAMES-** Ventile el área. El personal de la brigada de emergencia, debe contar con el equipo de protección nivel B. Aísle el área de riesgo al menos 25 metros a la redonda. Mantenga fuera del área al personal no protegido. Proceda a recoger el líquido en los recipientes adecuados o absorber con material inerte: arena seca, tierra, No use materiales combustibles. No descargue a la alcantarilla producto concentrado. Consulte la normativa local para la disposición final de los desechos.

## 8. MANIPULACION Y ALMACENAJE

Evite el almacenamiento cerca de ácidos, compuestos oxidantes, amoniacales, alcoholes o hidrocarburos.

Las áreas de almacenamiento deben ser limpias, frescas y secas. Evite el contacto con metales. No almacene en tanques subterráneos.

A los recipientes cerrados se les deberá proveer ventilación a fin de liberar el oxígeno, producto de la descomposición normal, especialmente si se someten los recipientes al calor.

Tenga la precaución de mantener disponible una ducha de emergencia y una estación lavaojos.

Además se debe disponer de mecanismos de comunicación del riesgo químico..

## 9. INFORMACION SOBRE PROTECCION ESPECIAL

<b>PROTECCION RESPIRATORIA:</b>	No necesaria.
<b>VENTILACION:</b>	Condiciones de buena ventilación general es solo necesaria.
<b>GUANTES PROTECTORES:</b>	Guantes de goma o nitrilo.
<b>PROTECCION DE OJOS:</b>	Lentes protectores al manipular producto puro.
<b>OTRO EQUIPO PROTECTOR:</b>	No requerido.

## 10. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

**Apariencia :** Líquido amarillo verdoso

**Olor :** Sofocante, parecido al cloro

**Temperatura de Ebullición :** 110 (El producto se descompone rápidamente)

**Densidad Líquido :** 1.155 g/cm<sup>3</sup>

**Solubilidad en agua :** Total

### 11. INFORMACIÓN SOBRE TOXICIDAD

El Hipoclorito de sodio no se acumula en la cadena alimentaria.

Los efectos tóxicos del hipoclorito de sodio se deben principalmente a sus propiedades corrosivas. Si usted ingiere una pequeña cantidad de blanqueador doméstico (3-6% hipoclorito), puede experimentar irritación gastrointestinal. Si usted ingiere una solución comercial más concentrada (10% de hipoclorito o más) puede sufrir lesiones corrosivas graves en la boca, la garganta, el esófago y el estómago acompañado de hemorragia. Los sobrevivientes de intoxicaciones severas pueden quedar con cicatrices y estrechamiento permanentes del esófago.

Si usted inhala cloro gaseoso liberado de soluciones concentradas de hipoclorito puede sufrir irritación nasal, dolor de garganta y tos. El contacto con la piel puede causar inflamación y ampollas. El contacto de los ojos con soluciones para blanquear de concentración moderada puede causar irritación leve y pasajera. Soluciones más concentradas pueden causar lesiones serias en los ojos. La exposición prolongada a bajos niveles de hipoclorito puede producir irritación de la piel.

### 12. ESTABILIDAD

**Estabilidad:** Se descompone lentamente en contacto con el aire, incrementándose este efecto de manera directamente proporcional con la concentración y la temperatura. La exposición a la luz solar acelera la descomposición. En condiciones adecuadas de almacenamiento, tiene una pérdida de 0,07 % de cloro activo por día.

**Peligros por descomposición:** Cuando es calentado hasta descomposición, emite vapores tóxicos de cloro, ácido hipocloroso y ácido clorhídrico. A altas temperaturas se forma óxido de sodio.

**Incompatibilidades:** Amoníaco (puede formarse gas de cloramina), aminas, sales de amonio, aziridina, metanol, fenil acetnitrilo, celulosa, metales oxidables, ácidos, jabones y bisulfatos.

No hay conocimiento de que este material se polimerice.

**Condiciones a evitar:** Luz, calor, productos químicos incompatibles, prolongado almacenamiento

### 13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

**Eliminación del producto:** Disponga de los desechos de acuerdo con las regulaciones locales y estatales.

**Empaque:**

Recipientes plásticos: enjuague triple, luego entregue el recipiente para reutilizar.

### 14. INFORMACIÓN REGULATORIA

**Observaciones para uso:** TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN Y RESIDUALES  
DESINFECCIÓN PARA POST COSECHA

Este producto debe ser transportado, almacenado, manejado y utilizado de acuerdo con las prácticas correctas de higiene industrial y respetando las normas ambientales vigentes. La información aquí contenida está basada en el estado actual de nuestro conocimiento y pretende describir las características del producto desde el punto de vista de las exigencias ambientales y de seguridad. Por lo tanto, no deben ser tomada como garantía de propiedades específicas.

PREPARADO POR:

ENGIDEV CÍA. LTDA.  
Dpto. Técnico

Ultima Revisión: Enero 2019

## Anexo 7. Firmas de asistentes a la socialización

LISTA DE ASISTENTES	
Nombre y Apellido	Firma
Traytelina Típan Poxar	
Monica Salazar	
Carman Molina	
Mario Muñoz	
Luis Cando	
Jesus Hidalgo	
Valera Huera	



JUNTA ADMINISTRADORA  
DE AGUA POTABLE  
CHENDINA

# Anexo 8. Resultados de los análisis realizados en el laboratorio



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Escobar" • Calle Ladrón de Guevara E. 11-253, Edificio No. 11  
RUC: 1700001620001 Tel.: (+593-2) 2976100 Ext.: 2121 • Línea directa: (+593-2) 9938844  
Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



### INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 04 de octubre de 2021

No. IRI-21-456

#### DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Director del proyecto de investigación: Mgs. Sandra Patricia Pinchi Jimá  
Nombre del Representante: Valeria Michelle Huera Hidalgo  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: -

#### DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-24  
No. Oferta de Servicio: QF21-259-2  
No. Solicitud de trabajo: BT-21-134  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21-456  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 27 al 29 de septiembre de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

#### DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DOMÉSTICO ADMINISTRADA POR LA JUNTA DE AGUA SANA DEL BARRIO CUENDINA-ALBORNOZ, CANTÓN RUMIHAHU"

Fecha de muestreo: 2021-09-23  
Rotación de la muestra: 4  
Tipo de muestreo: Puntual  
Tipo de muestra: Agua Natural  
Lugar de muestreo: -  
Origen de la muestra: Casa 1  
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Plást. estéril	1	No
Plástico	1	Acido
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>101</sup> Coliformes fecales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>102</sup> Coliformes totales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>103</sup> Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01   SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
<sup>104</sup> Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	PE-V-06   SM Ed. 23 5210B/ Volumetrica	mg/L	< 2

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

#### Acreditaciones:

<sup>101</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<sup>102</sup> Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

#### Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por:   
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por:   
(E)COORDINADOR DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Carrua Politécnico "José Rábago De la Cruz" • Calle Ladrón de Guevara E. 11-213, Edificio No. 11  
RUC: 1760095620001 Tel.: (+593-2) 2976100 Ext.: 2151 • Línea directa (+593-2) 9988664  
Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 04 de octubre de 2021

No. IRI-21-455

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Director del proyecto de investigación: Mgs. Sandra Patricia Panchi Jimá  
Nombre del Representante: Valeria Michelle Huera Hidalgo  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: -

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-09-24  
No. Oferta de Servicio: OF21-259-2  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-134  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MJ-21-455  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 27 al 29 de septiembre de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

**DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE**

Nombre del Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DOMÉSTICO ADMINISTRADA POR LA JUNTA DE AGUA SANA DEL BARRIO CUENDINA-ALBORNOZ, CANTÓN RUMIÑAHUI"  
Fecha de muestreo: 2021-09-23  
Rotulación de la muestra: 3  
Tipo de muestreo: Parcial  
Tipo de muestra: Agua Natural  
Lugar de muestreo: -  
Origen de la muestra: Tanque Reservorio  
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plást. estéril	1	No
Plástico	1	Ácido
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(1)</sup> Coliformes fecales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>(2)</sup> Coliformes totales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>(3)</sup> Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01   SM Ed. 23 5220B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
<sup>(4)</sup> Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	PE-V-06   SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

**Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gub.ec](http://www.acreditacion.gub.ec)

<sup>(2)</sup> Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

**Nota:**

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpáit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: Mg. Ing. Mauricio Criollo  
**(COORDINADOR DE LABORATORIO)**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubín Ordóñez Riquelme" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio No. 11  
RUC: 1760005620001 • Tel: (+593-2) 2870300 Ext.: 2331 • Línea directa: (+593-2) 8938864  
Aguardado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 04 de octubre de 2021

No. IRI-21-454

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Director del proyecto de investigación: Mgs. Sandra Patricia Panchi Jimi  
Nombre del Representante: Valeria Michelle Huera Hidalgo  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: -

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-09-24  
No. Oferta de Servicio: OF21-259-2  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-334  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21-454  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 27 al 29 de septiembre de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

**DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE**

Nombre del Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DOMÉSTICO ADMINISTRADA POR LA JUNTA DE AGUA SANA DEL BARRIO CUENDINA-ALBORNOZ, CANTÓN RUMIÑAHUI"  
Fecha de muestreo: 2021-09-23  
Rotación de la muestra: 2  
Tipo de muestreo: Parcial  
Tipo de muestra: Agua Natural  
Lugar de muestreo: -  
Origen de la muestra: T. Almacenamiento  
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plást. estéril	1	No
Plástico	1	Ácido
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERINO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>101</sup> Coliformes fecales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>102</sup> Coliformes totales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>103</sup> Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01   SM Ed. 23 5226D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
<sup>104</sup> Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	PE-V-06   SM Ed. 23 3210B/ Volumetría	mg/L	< 2

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

**Acreditaciones:**

<sup>105</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<sup>106</sup> Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitada.

**Nota:**

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Inara Jimplit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aguardado Ver. Ing. Mauricio Criollo  
**(E)COORDINADOR DE LABORATORIO**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rabín Orellana Riquelme" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio No. 11  
RUC: 1700095620001 Telf: (+593-2) 2970300 Ext: 2153 • Línea directa: (+593-2) 3938864  
Apertado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito - Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 04 de octubre de 2021

No. IRI-21-453

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Director del proyecto de investigación: Mgs. Sandra Patricia Panchi Jara  
Nombre del Representante: Valeria Michelle Huera Hidalgo  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: -

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-09-24  
No. Oferta de Servicio: OF21-259-2  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-134  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21-453  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 27 al 29 de septiembre de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

**DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE**

Nombre del Proyecto: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DOMÉSTICO ADMINISTRADA POR LA JUNTA DE AGUA SANA DEL BARRIO CUENDINA-ALBORNOZ, CANTÓN RUMIÑAHUI"  
Fecha de muestreo: 2021-09-23  
Rotación de la muestra: 1  
Tipo de muestreo: Puntual  
Tipo de muestra: Agua Natural  
Lugar de muestreo: -  
Origen de la muestra: Ojo de Agua  
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Plást. estéril	1	No
Plástico	1	Ácido
Plástico	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(1)</sup> Coliformes fecales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>(2)</sup> Coliformes totales	PE-V-46   SM Ed. 23 9221B, 9221C/ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	< 1,1
<sup>(3)</sup> Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01   SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
<sup>(4)</sup> Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	PE-V-06   SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

**Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<sup>(2)</sup> Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

**Nota:**

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jarlo Jimpiet  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: Mg. Mauricio Criollo  
**(E)COORDINADOR DE LABORATORIO**



## **Anexo 9. Informe Técnico**

# INFORME DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA JUNTA DE AGUA CUENDINA Y PROPUESTA DE DOSIFICACIÓN DENTRO DEL SISTEMA

**JUNTA  
ADMINISTRADORA DE  
AGUA POTABLE**



**CUENDINA**

**Elaborado por:**

**VALERIA HUERA**

# **Evaluación de la calidad de agua de la Junta de Agua Cuendina**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe tiene como objeto de estudio, determinar la calidad de agua administrada por la Junta de Agua Sana Cuendina.

Para lo cual se tomó en cuenta analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos, mismos que fueron comparados con los límites máximos permisibles que se encuentran establecidos en la normativa ambiental vigente del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo I, y a su vez en la Norma Técnica INEN 1108:2020, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua para que sea consumida.

Dentro del estudio realizado se tomó en cuenta 9 parámetros que son muy importantes en la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA), que tiene como objeto, dar a conocer el grado de contaminación que presenta un cuerpo de agua.

Obtenidos los resultados se presenta una propuesta de mejora que corresponde a una dosificación para realizar una desinfección, al igual que actividades que mejoren la operación y mantenimiento de las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento.

## **2. ALCANCE**

Entregar un informe a los representantes de la Junta de Agua, referente a la evaluación de la calidad de agua que administran, al igual las propuestas de mejora.

## **3. OBJETIVO**

Evaluar la calidad de agua de consumo doméstico entregada por la Junta de Agua Sana Cuendina.

Presentar una propuesta de desinfección dentro del sistema de abastecimiento.

Recomendar actividades que mejoren la operación y mantenimiento de las estructuras del sistema.

#### 4. DESCRIPCIÓN Y OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA DETERMINAR EL ICA

En Índice de Calidad de Agua se lo realiza con la finalidad de conocer el grado de contaminación que presenta un cuerpo de agua, para lo cual han sido identificados 9 parámetros claves, que se describen a continuación.

- Oxígeno disuelto (OD, expresado en mg/L)
- Coliformes Fecales
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>, expresado en mg/L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub>, expresado en mg/L)
- Fosfatos PO<sub>4</sub>, expresado en mg/L)
- Temperatura
- Turbiedad (NTU)
- Sólidos disueltos totales (SDT, expresado en mg/L)

Tabla 1. Pesos relativos de los parámetros del ICA-NSF

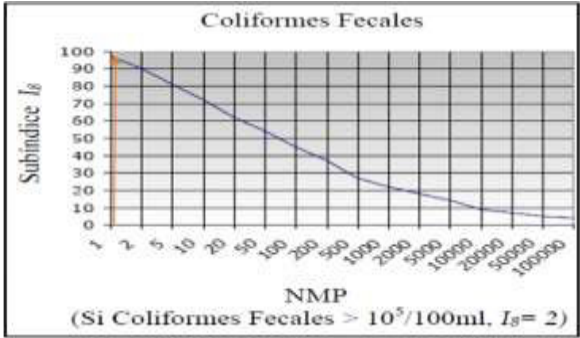
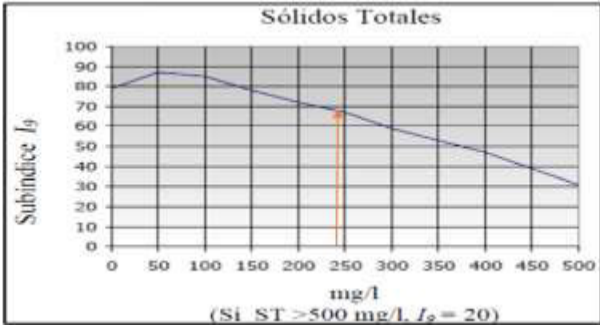
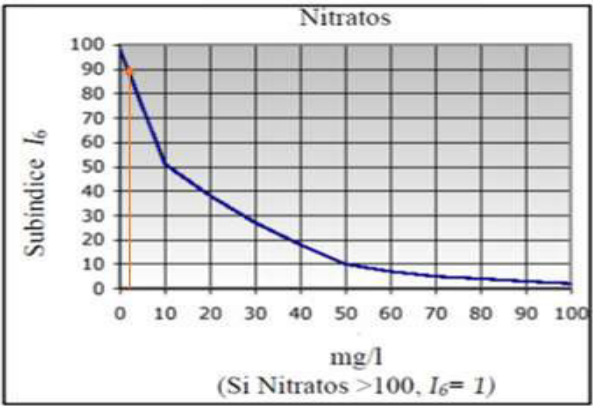
Parámetro	Pesos Relativos (w <sub>i</sub> )
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes Fecales	0.16
pH	0.11
DBO <sub>5</sub>	0.11
Nitratos	0.10
Fosfatos	0.10
Temperatura	0.10
Turbidez	0.08
Sólidos disueltos totales	0.07
Σ	1

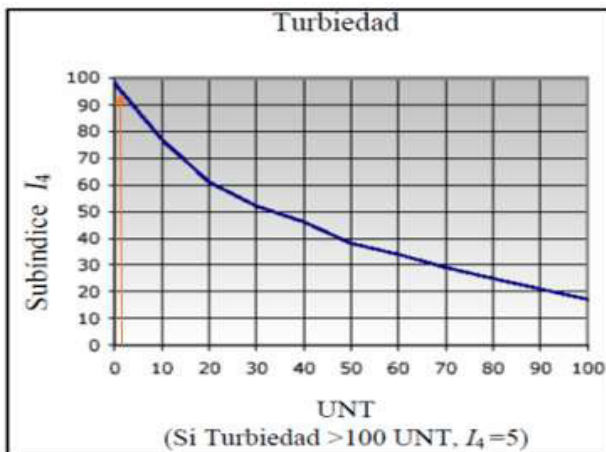
Cada parámetro posee una curva estandarizada que relaciona su concentración, como se puede visualizar en la tabla 2, teniendo en el eje de las abscisas los niveles de la variable, mientras que en el eje de las ordenadas los niveles de

calidad de agua, cuyos valores se encuentran de 0 a 100, siendo 100 una calificación favorable para el análisis (Rodríguez, 2016).

Partiendo del valor conocido ( $i$ ), se puede obtener el valor del subíndice ( $S_i$ ), dentro de las curvas de estandarización se busca el valor conocido ( $i$ ) que se encuentra en el eje X, y se procede a encontrar el valor en el eje Y, haciendo una intersección, una vez hallado el valor de subíndice ( $S_i$ ) se multiplica por el peso relativo ( $w_i$ ).

Tabla 2. Curvas de estandarización para el cálculo del ICA

 <p>Coliformes Fecales</p> <p>Subíndice <math>I_6</math></p> <p>NMP</p> <p>(Si Coliformes Fecales <math>&gt; 10^5/100\text{ml}</math>, <math>I_6 = 2</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes fecales</li> </ul> <p>Eje X= &lt;1.1</p> <p>Eje Y=99</p> <p><math>1 \times 99 = 99</math></p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.16</li> </ul> <p><math>99 \times 0.16 = 15.84</math></p>
 <p>Sólidos Totales</p> <p>Subíndice <math>I_6</math></p> <p>mg/l</p> <p>(Si ST <math>&gt; 500</math> mg/l, <math>I_6 = 20</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos totales</li> </ul> <p>Eje X= 265.5</p> <p>Eje Y= 68</p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.07</li> </ul> <p><math>68 \times 0.07 = 4.76</math></p>
 <p>Nitratos</p> <p>Subíndice <math>I_6</math></p> <p>mg/l</p> <p>(Si Nitratos <math>&gt; 100</math>, <math>I_6 = 1</math>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitratos</li> </ul> <p>Eje X= 1.21</p> <p>Eje Y= 94</p> <p>Entonces</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peso relativo: 0.10</li> </ul> <p><math>94 \times 0.10 = 9.4</math></p>



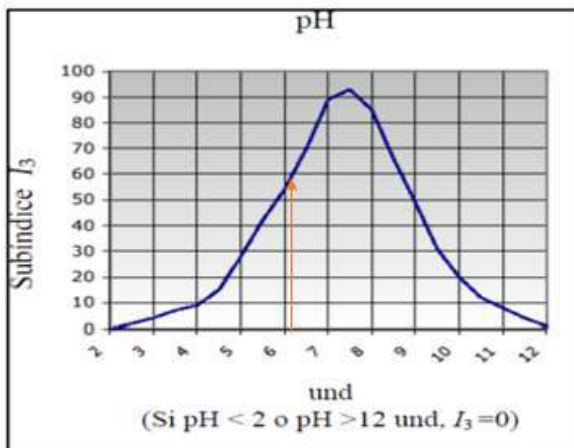
- Turbiedad

Eje X= 0.26

Eje Y= 98

Entonces

- Peso relativo: 0.08  
 $98 \times 0.08 = 7.84$



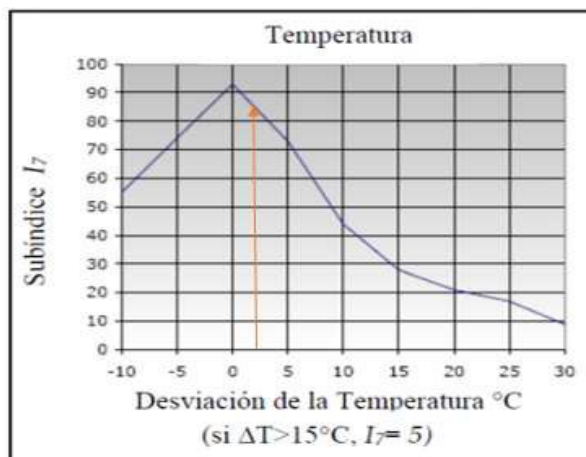
- Potencial de hidrógeno

Eje X= 6.46

Eje Y= 60

Entonces

- Peso relativo: 0.11  
 $60 \times 0.11 = 6.6$



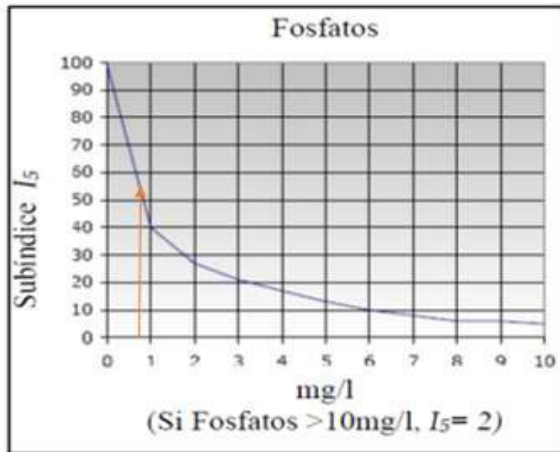
- Temperatura

Eje X= 18.16

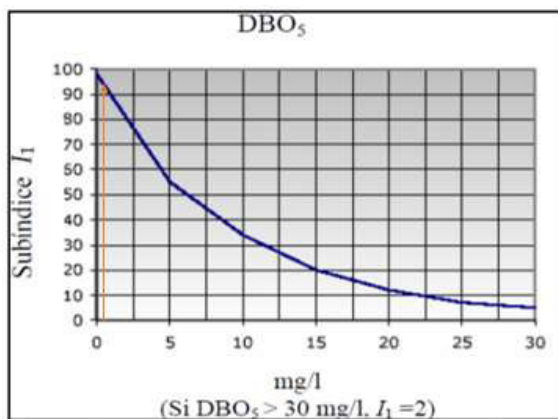
Eje Y= 88

Entonces

- Peso relativo: 0.10  
 $88 \times 0.10 = 8.8$



- Fosfatos
- Eje X= 1.02  
Eje Y= 57
- Entonces
- Peso relativo: 0.10
- $57 \times 0.10 = 5.7$



- DBO5
- Eje X= 1.9  
Eje Y=99
- Entonces
- Peso relativo: 0.11
- $99 \times 0.11 = 10.89$

VALORES DE OXÍGENO DISUELTOSATURADO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y TEMPERATURA											
ALTURA (m)	TEMPERATURA °C										
	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
1900	10.34	9.8	9.31	8.86	8.44	8.06	7.7	7.38	7.07	6.79	6.52
2000	10.21	9.68	9.2	8.75	8.34	7.96	7.61	7.28	6.98	6.70	6.44
2100	10.08	9.56	9.08	8.64	8.23	7.86	7.51	7.19	6.89	6.61	6.35
2200	9.95	9.44	8.97	8.53	8.13	7.76	7.41	7.10	6.80	6.53	6.27
2300	9.83	9.32	8.85	8.42	8.02	7.66	7.32	7.01	6.72	6.44	6.19
2400	9.70	9.20	8.74	8.32	7.92	7.56	7.23	6.92	6.63	6.36	6.11
2500	9.58	9.09	8.63	8.21	7.82	7.47	7.13	6.83	6.54	6.28	6.03
2600	9.46	8.97	8.52	8.11	7.72	7.37	7.04	6.74	6.46	6.20	5.95
2700	9.34	8.86	8.42	8.00	7.63	7.28	6.95	6.66	6.38	6.12	5.88
2800	9.23	8.75	8.31	7.90	7.53	7.18	6.87	6.57	6.30	6.04	5.80
2900	9.11	8.64	8.20	7.80	7.43	7.09	6.78	6.49	6.22	5.96	5.72
3000	9.00	8.53	8.10	7.71	7.34	7.00	6.69	6.4	6.14	5.89	5.65
3100	8.88	8.42	8.00	7.61	7.25	6.91	6.61	6.32	6.06	5.81	5.58
3200	8.76	8.31	7.90	7.51	7.16	6.82	6.53	6.24	5.98	5.73	5.51

- Oxígeno disuelto
- Transformación
- $$3000.95 \text{ m} \times \frac{3.28084 \text{ Pie}}{1 \text{ m}}$$
- 9862.04 pies
- En función de la altura y la temperatura, se puede el valor de OD.
- Siendo:
- Temperatura: 18.14
- Altitud: 3000.95m
- Se obtiene una valor de 6.24 de OD

Una vez conocidos los valores, se procede con la aplicación de la ecuación 1

$$ICA = \sum_{i=1}^n Si Wi$$

**Ecuación 1.**Fórmula para el cálculo del ICA

Finalmente se describen los resultados obtenidos tras la aplicación de la formula, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos

Parámetros	Unidades	Resultado	Si	(Wi)	ICA $= \sum_{i=1}^n Si Wi$
Oxígeno disuelto	mg/L	6.44	48.5	0.17	8.25
Coliformes Fecales	NMP/100	<1.1	99	0.16	15.84
pH	pH	6.46	60	0.11	6.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	99	0.11	10.89
Nitratos	mg/L	1.21	94	0.10	9.4
Fosfatos	mg/L	1.02	57	0.10	5.7
Temperatura	° C	18.16	88	0.10	8.8
Turbidez	NTU	0.26	98	0.08	7.84
Sólidos disueltos totales	mg/L	265.5	68	0.07	4.76
Sumatoria				1	78.08



Obteniendo un valor del ICA de 78.08, determinando que el agua es de buena calidad, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios del Índice de Calidad de Agua

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente Calidad	Azul	91 a 100
Buena Calidad	Verde	71 a 90
Mediana Calidad	Amarillo	51 70
Mala Calidad	Naranja	26 a 50
Pésima Calidad	Rojo	2 a 25

## 5. PROPUESTA DE MEJORAS

Pese a que la fuente de abastecimiento de la Junta de Agua Sana Cuendina cumple con los límites máximos permisibles de acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental, se requiere que dentro de su proceso exista como mínimo un proceso de desinfección.

### Propuesta de desinfección

La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua, siendo obligatoria su aplicación en todo sistema de abastecimiento destinado al consumo humano.

Dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2020, se establecen los requisitos que debe poseer un agua para que sea potable. En este caso se tomó en cuenta el parámetro de cloro libre residual como proceso mínimo de desinfección, cuyo valor de límite máximo permisible se encuentra establecido con un valor de 0.3 mg/L a 1.5 mg/L.

Previo a la selección del desinfectante es importante tomar en consideración ciertas características de debe poseer.

- Que sea de fácil y seguro de aplicar.
- Mantenga su capacidad desinfectante en un rango adecuado.
- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos que se encuentran en el agua en un corto tiempo de contacto.
- No sea tóxico
- Que sea de bajo costo.
- Que tenga alta disponibilidad en el mercado.

### **Determinación de dosificación de hipoclorito de sodio**

El hipoclorito de sodio es un desinfectante comúnmente utilizado para la desinfección de superficies, desinfección de agua y tratamiento de alimentos.

En este caso se toma se considera el HIPONA NF 100 (HIPOCLORITO DE SODIO) presentación líquida, distribuido por ENGIDEV, desinfectante más utilizado en el medio para eliminar virus y bacterias comunes del agua, es decir para potabilizar el agua.

#### ➤ **Características Físico – Químico del desinfectante**

Concentración de cloro activo: 10%

Densidad: 1.15 gr/cm<sup>3</sup>

Para la determinación de la cantidad de dosis de cloro se tomó en cuenta la ecuación 2 y la ecuación 3 que fue con la que se trabajó, misma que fue tomada de una guía de tratamiento y desinfección de agua a base de cloro.

$$Dosis\ de\ cloro\ \left(\frac{mg}{l}\right) = Demandade\ cloro\ \left(\frac{mg}{l}\right) + Cloro\ residual\ libre\ \left(\frac{mg}{l}\right)$$

**Ecuación 2.** Fórmula para conocer la cantidad de dosificación de cloro

$$V\ cloro\ (l) = \frac{V\ agua\ (l) \times D\ agua\ \left(\frac{mg}{l}\right)}{C\ cloro\ (\% \ o\ \frac{mg}{l})}$$

**Ecuación 3.** Fórmula para conocer la cantidad de cloro a agregar

(Instructivo de tratamiendo y desinfección., 2015)

- Donde:

**V cloro:** Cantidad de cloro que se agregará (Expresado en litros)

**V agua:** Volumen de agua que se va a desinfectar (Expresado en litros)

**D agua:** Dosis de cloro a agregar en el agua a desinfectar (Expresada en mg/l)

**C cloro:** Concentración del producto de cloro que se encuentra indicado por el fabricante (Expresado en % o en mg/L)

La tabla 5 que se presenta a continuación fue tomada desde el instructivo de la República del Salvador, que es utilizado para la transformación de unidades en la aplicación de dosis adecuadas en el tratamiento y desinfección del agua (Instructivo de tratamiendo y desinfección., 2015).

Tabla 5. Transformación de concentraciones en % a mg/l

Tabla de concentraciones en % a mg/L	
C cloro =0.5%	5000 mg/L
C cloro =1.0%	10000 mg/L
C cloro =5.0%	50000 mg/L

En la normativa INEN 1108:2020 rige el parámetro de cloro residual que debe poseer un agua, mencionando que no debe sobrepasar el valor de 1.5 mg/L, en este caso y por facilidad de cálculo se consideró un valor de dosificación de 1 mg/L, teniendo un volumen de 80 m<sup>3</sup> para la dosificación.

➤ **Datos para el cálculo**

Dosis esperada de Hipoclorito de sodio: 1 mg/L

Volumen de agua a dosificar: 80 m<sup>3</sup>

Concentración de cloro: 10% = 100000 mg/L

➤ **Entonces**

$$V \text{ cloro } (l) = \frac{V \text{ agua } (l) \times D \text{ agua } (\frac{mg}{l})}{C \text{ cloro } (\% \text{ o } \frac{mg}{l})}$$

$$V \text{ cloro (l)} = \frac{80000 \text{ L} \times 1 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{100000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}$$

$$V \text{ cloro} = 0.8 \text{ ml}$$

### **Forma y lugar de realizar la dosificación**

Para poder dosificar el cloro e ingresar dentro del rango que impone la norma, es importante que, por cada tanque de 80 m<sup>3</sup> de agua producidos se coloque una cantidad de 0.8 ml de hipoclorito de sodio HIPONA NF 100, con la finalidad de cumplir con lo dispuesto en la Normativa Ambiental vigente y entregar agua que cumpla con los estándares de calidad.

Se tomó en consideración la dosificación de 1mg/L, ya que al arrancar la dosificación con esta cantidad y tomando en cuenta las pérdidas que pueden generarse a lo largo de la trayectoria, hasta que el agua llegue a los puntos de distribución, se puede asegurar que la cantidad utilizada en la dosificación no sobrepase los límites máximos permisibles.


La aplicación del hipoclorito de sodio es relativamente sencilla, ya que puede ser aplicada directamente en la cámara de cloración o reservorio de forma manual o con el uso de bombas dosificadoras, dependiendo de las condiciones económicas que provea la Junta de Agua.

Si la dosificación se realiza de manera manual, dentro del tanque se debería instalar un sistema de agitación que permita que exista una homogenización entre el agua y cloro.

### **Actividades de operación mantenimiento**

A lo largo del desarrollo del proyecto de titulación se pudieron registrar una serie de actividades que tienen como finalidad ayudar al operador en cuanto al mantenimiento y operación de las estructuras que conforman el sistema de agua.

Tabla 6. Recomendaciones de actividades a realizar por el operador

Actividades a realizar por el operador		
<p><b>Mantenimiento:</b> Se refiere a todas las acciones que deben realizarse a las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños que causen. Este mantenimiento disminuye costos, evita problemas con la población y aumenta la eficiencia del servicio.</p>	<p><b>Mantenimiento Preventivo:</b> Acciones que se llevan al cabo antes de que se produzcan daños en los equipos e instalaciones.</p>	<p><b>Mantenimiento Correctivo:</b> Acciones realizadas con la finalidad de reparar daños en los equipos o instalaciones, como resultado de accidentes o deterioro del uso normal.</p>
<p><b>Punto 1 - Ojo de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar el terreno (Quitar las ramas, hierbas, rocas, basura existente en el lugar)</li> <li>• Observar si hay deslizamientos en el terreno (En el caso de existir, avisar de inmediato)</li> <li>• Observar que el canal de la tubería de desagüe esté libre de suciedad.</li> <li>• Pintar las piezas metálicas (Utilizar pintura anticorrosiva)</li> <li>• Colocar un seguro en la tapa.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>Figura 1.</b> Punto de captación</p>		

## **Punto 2 – Tanque de almacenamiento**

- Realizar una inspección visual de las tuberías.
- Pintar las piezas metálicas (Utilizar pintura anticorrosiva)
- Colocar un seguro en la tapa.
- Lavar las paredes y pisos.



**Figura 2.** Tanque de almacenamiento

## **Punto 3 – Tanque reservorio y conexiones domiciliarias**

- Realizar una inspección visual de las tuberías.
- En el caso de existir fugas, roturas y conexiones clandestinas dar aviso inmediatamente.
- Verificar el correcto funcionamiento de las llaves.
- No dejar expuestas las tuberías al sol.
- Pintar las piezas metálicas (Pintura anticorrosiva)
- Lavar las paredes y pisos.



**Figura 3.** Tanque reservorio

<b>ACTIVIDADES A REALIZAR EN LOS TANQUES</b>	
Cada vez que sea necesario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que las tapas posean seguridad.</li> <li>• Proteger con pintura anticorrosiva y lubricar las válvulas de entrada, salida, limpieza y de paso directo para evitar corrosión.</li> <li>• Limpiar el terreno que se encuentra a su alrededor.</li> </ul>
De manera permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar que las válvulas se encuentren funcionando de manera correcta.</li> <li>• Realizar una inspección visual de las tuberías.</li> </ul>
Una vez al año	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar en interior y el exterior para verificar si existen fugas o desprendimientos en las paredes.</li> </ul>
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar al interior del tanque para revisar la presencia de sedimentos en el fondo, y observar si requieren ser lavados.</li> </ul>

### **Actividades a realizar en la operación de las líneas de conducción**

#### ➤ **Puesta en marcha**

Abrir la válvula de purga para eliminar sedimentos y aire acumulados.

Dar paso al agua desde la captación, cerrando paulatinamente la válvula de purga.

Realizar mensualmente un recorrido por la línea de conducción, verificando el estado general de las mismas e informar si se presentan situaciones anormales.

#### ➤ **Funcionamiento**

Controlar el aforo en el tanque reservorio, para verificar el funcionamiento normal en la línea de conducción.

Realizar un recorrido por toda la línea de conducción verificando el estado general de los accesorios.

Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de purga y aire (Es recomendable que estas sean maniobradas con frecuencia para que se mantengan en condiciones de operación).

## **6. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Los parámetros analizados en campo y los realizados en el laboratorio cumplen con los límites máximos permisibles que se encuentran establecidos en las dos normativas ambientales, tanto en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, así como en la normativa INEN 1108:2020

Tras la realización del análisis del (ICA-NSF) se puede determinar que el agua que proporciona la Junta de Agua es de buena calidad, sin embargo se debe considerar la propuesta de dosificación de cloro dentro del proceso.

Con las actividades descritas anteriormente se pretende ayudar al encargado de la operación dentro del sistema de abastecimiento a tener una idea más clara de las actividades a realizar con la finalidad de reducir costos en la realización de mantenimiento correctivos.

### **Recomendaciones**

Se debe implementar un programa permanente de monitoreo de agua, puesto que la fuente es utilizada de manera permanente para dotar de agua a la población y los análisis no son realizados constantemente.

Se recomienda que el proceso de desinfección sea aplicado de manera inmediata ya que es una garantía de tener agua segura para el consumo.

Los miembros de la Junta de Agua deberían designar fondos a la compra de equipos de medición de parámetros de campo, con la finalidad de monitorear el agua de manera periódica.



Establecer un cronograma de visitas periódicas a las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento con la finalidad de comprobar su correcto funcionamiento y calidad de servicio.

Realizar capacitaciones a los miembros que conforman la comunidad, con la finalidad de proporcionar conocimiento de la operación y mantenimiento que se lleva a cabo en el sistema, puesto que solo existe una persona encargada de operar todo el sistema de abastecimiento.

Realizar charlas a los moradores del sector con el fin de hacerlos tomar conciencia del cuidado y protección de la naturaleza.