

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **EVALUACION DEL SERVICIO DE PROVISIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE ITULCACHI**

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

**Richard Eduardo Nacimba Loachamin**

richard.nacimba@epn.edu.ec

**Estefany Cecilia Rodríguez Sánchez**

estefany.rodriguez@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO**

santiago.guerra@epn.edu.ec

**CODIRECTORA: DRA. ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR**

ana.balarezo@epn.edu.ec

**Quito, Mayo 2021**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por los Sres. Nacimba Loachamin Richard Eduardo y Rodríguez Sánchez Estefany Cecilia como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogos en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:



---

**Ing. Santiago Guerra. M.Sc**

DIRECTOR DEL PROYECTO

---

**PhD. Ana Lucia Balarezo**

CODIRECTORA DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotros Nacimba Loachamin Richard Eduardo con CI: 1726478025 y Rodríguez Sánchez Estefany Cecilia con CI: 1723471130 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos 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-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos 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.



---

**Richard Eduardo Nacimba  
Loachamin**



---

**Estefany Cecilia  
Rodríguez Sánchez**

## DEDICATORIA

Dedico este logro principalmente a mis padres Fabián y Cecilia, quienes en todo momento me han apoyado a lo largo del camino con paciencia y amor, enseñándome sus valores y enseñanzas; gracias a esto y más logre concluir cada etapa de mi vida estudiantil y profesional. Mis logros siempre serán por y para ustedes. Los amo inmensamente Madre y Padre.

A mis abuelitos Alfredo e Ilma, quienes con su amor y cariño supieron forjarme a lo largo de mi vida, con cada palabra de aliento supieron apoyarme y guiarme en cada decisión demostrando lo capaz que puedo llegar hacer. Los amo mis viejitos sin ustedes no sería la persona que soy ahora.

***Estefany.R***

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento se dirige principalmente a Dios por darme salud y vida para seguir adelante. Mi más sincera gratitud a mis padres y a mis hermanos, gracias por tanto amor, dedicación y apoyo; gracias a ustedes aspiro a ser alguien mejor

Mi gratitud también al Ing. Daniel Sotalin principal en el área de gestión ambiental en NOVOPAN S.A por su guía, los conocimientos impartidos y su gran ayuda en facilitarnos el acercamiento al personal encargado de la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi, al Sr. Edwin Yanacallo por su entera colaboración, predisposición y tiempo para la realización de visitas de campo y muestreo.

Finalmente, un infinito gracias a Jessy Navarrete por confiar en mí, ser mi luz en medio de la oscuridad y despertar en mí la motivación para cada día avanzar y ser mejor que el anterior, siendo mi chispa de vida con su amor, tu presencia y el apoyo moral brindado ha sido de gran importancia para mí.

**Richard N.**

Agradezco a Dios por haberme guiado en este arduo camino.

A mi familia y familiares que con su amor y apoyo incondicional supieron darme la fuerza para culminar mi formación profesional.

A mis ingenieros de la Esfot, quienes me brindaron su apoyo. En especial al Ing. Santiago Guerra y el Ing. Eduardo Vásquez, por brindarnos sus conocimientos a lo largo de este camino formándome no solo como buena profesional sino también como persona. Al Sr. Edwin Yanacallo Operador de la Planta de Potabilización, por su tiempo y colaboración a lo largo de nuestro proyecto. A cada una de las personas que formaron parte de esta etapa, apoyándome a seguir adelante especialmente a mi Liz y mi Pancho sin ustedes esta vida universitaria no hubiera sido excepcional.

**Estefany R.**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	Introducción .....	1
1.1	OBJETIVO GENERAL .....	1
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1
1.3	MARCO TEÓRICO.....	2
1.3.1	Indicadores físicos, químicos y microbiológicos.....	3
1.3.2	Muestreo .....	5
1.3.3	Estimación del índice de calidad de agua “ICA-NSF” .....	6
1.3.4	Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (TULSMA) .....	6
1.3.5	Norma Técnica Ecuatoriana Agua Potable (INEN 1108:2020).....	7
2.	Metodología .....	7
2.1	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE ITULCACHI .....	7
2.2	AFOROS DE CAUDAL .....	7
2.3	ASENTAMIENTO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO .....	8
2.4	PLAN DE MUESTREO .....	8
2.5	INFORMACIÓN DE PARÁMETROS ANALIZADOS .....	8
2.6	ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	9
3.	Resultados y Discusión.....	19
3.1	PARROQUIA DE ITULCACHI.....	19
3.1.2	Tanque Principal “T1” .....	21
3.1.3	Tanque de Captación “T2”.....	21
3.1.4	Tanque Desarenador “Cd”.....	22
3.1.5	Tanque de Almacenamiento y Distribución “TAD” .....	22
3.1.6	Domicilio “Dm”.....	22
3.2	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AFOROS.....	23
3.2.1	Puntos de Aforo.....	23
3.3	CATASTROS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO .....	24
3.4	PARÁMETROS ANALIZADOS.....	24
3.4.1	Resultados análisis parámetros físicos.....	24
3.4.2	Resultados análisis parámetros químicos.....	26
3.4.3	Resultados análisis parámetros microbiológicos .....	28

3.5	ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE LABORATORIO .....	29
3.5.1	Parámetros Físicos .....	29
3.5.2	Parámetros químicos.....	31
3.6	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ICA VERTIENTES .....	40
3.7	SOCIALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	43
3.8	PROPUESTAS PARA EL CUIDADO Y PRESERVACIÓN DE LAS VERTIENTES. ....	44
4.	Conclusiones y Recomendaciones .....	48
4.1	CONCLUSIONES.....	48
4.2	RECOMENDACIONES .....	49
5.	Bibliografía.....	50
6.	Anexos.....	I

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema del Sistema de Distribución del Agua .....	8
<b>Figura 2.</b>	Medición de conductividad in situ .....	9
<b>Figura 3.</b>	Medición de pH <i>in situ</i> .....	10
<b>Figura 4.</b>	Medición de Temperatura <i>in situ</i> .....	11
<b>Figura 5.</b>	Medición de Turbiedad .....	12
<b>Figura 6.</b>	Medición de Cloro Residual <i>in situ</i> .....	13
<b>Figura 7.</b>	Medición de Manganeso en el laboratorio .....	15
<b>Figura 8.</b>	Medición de Hierro en el laboratorio .....	16
<b>Figura 9.</b>	Tubería expuesta del sistema de conducción .....	19
<b>Figura 10.</b>	Desinfección en la Planta de Agua Potable .....	20
<b>Figura 11.</b>	Puntos de Referencia .....	20
<b>Figura 12.</b>	Tanque Principal .....	21
<b>Figura 13.</b>	Tanque de Captación .....	21
<b>Figura 14.</b>	Tanque Desarenador .....	22
<b>Figura 15.</b>	Tanque de Almacenamiento y Distribución.....	22
<b>Figura 16.</b>	Domicilio.....	23
<b>Figura 17.</b>	Resultados de los análisis de Conductividad vs Sólidos disueltos totales.....	29
<b>Figura 18.</b>	Resultados de los análisis de Sólidos totales .....	30
<b>Figura 19.</b>	Resultado de los análisis de CL .....	31
<b>Figura 20.</b>	Resultado de los análisis de pH .....	32

<b>Figura 21.</b> Resultado de los análisis de Temperatura.....	33
<b>Figura 22.</b> Resultado de los análisis del Oxígeno disuelto.....	33
<b>Figura 23.</b> Resultado de los análisis de la DQO y DBO <sub>5</sub> .....	34
<b>Figura 24.</b> Resultado de los análisis de Dureza total.....	35
<b>Figura 25.</b> Resultado de los análisis de Nitritos.....	36
<b>Figura 26.</b> Análisis de los resultados de Nitratos.....	37
<b>Figura 27.</b> Resultado de los análisis de Fosfatos.....	37
<b>Figura 28.</b> Resultado de los análisis de Fe y Mn.....	38
<b>Figura 29.</b> Cercas inseguras en la entrada.....	45
<b>Figura 30.</b> Tramo hacia las vertientes.....	45
<b>Figura 31.</b> Senderos.....	46
<b>Figura 32.</b> Puente rio Itulcachi.....	46
<b>Figura 33.</b> Válvulas de aire.....	47
<b>Figura 34.</b> Tubería expuesta a lo largo de la línea de conducción.....	47
<b>Figura 35.</b> Tubería de distribución.....	48
<b>Figura 36.</b> Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales.....	VI
<b>Figura 37.</b> Valoración de la calidad del agua en función de pH.....	VII
<b>Figura 38.</b> Valoración de la calidad del agua en función de la DBO <sub>5</sub> .....	VII
<b>Figura 39.</b> Valoración de la calidad del agua en función de nitratos.....	VIII
<b>Figura 40.</b> Valoración de la calidad del agua en función de fósforo.....	VIII
<b>Figura 41.</b> Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura.....	IX

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros a analizar.....	8
<b>Tabla 2.</b> Rango de DQO.....	13
<b>Tabla 3.</b> Tubos Positivos.....	18
<b>Tabla 4.</b> Sistema de coordenadas de los barrios Itulcachi y El Belén.....	19
<b>Tabla 5.</b> Caudales de las vertientes.....	23
<b>Tabla 6.</b> Parámetros físicos captación vertientes y tanque de tratamiento.....	24
<b>Tabla 7.</b> Parámetros físicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución.....	25
<b>Tabla 8.</b> Parámetros físicos Domicilio.....	25
<b>Tabla 9.</b> Parámetros químicos captación vertientes y tanque de tratamiento.....	26
<b>Tabla 10.</b> Parámetros químicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución.....	27
<b>Tabla 11.</b> Parámetros químicos Domicilio.....	27
<b>Tabla 12.</b> Parámetros microbiológicos captación vertientes y tanque de tratamiento.....	28

<b>Tabla 13.</b> Parámetros microbiológicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución.....	28
<b>Tabla 14.</b> Parámetros microbiológicos Domicilio.....	28
<b>Tabla 15.</b> Resultados del análisis físico, químicos y microbiológicos .....	40
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de Saturación del OD.....	41
<b>Tabla 17.</b> Valores asignados a parámetros escogidos.....	41
<b>Tabla 18.</b> Valores asignados a parámetros escogidos.....	41
<b>Tabla 19.</b> Resultados calculo ICA-NSF.....	42
<b>Tabla 20.</b> Escala de Valoración ICA .....	43
<b>Tabla 21.</b> Pesos relativos para cada parámetro del ICA .....	I
<b>Tabla 22.</b> Clasificación del ICA impuesto por Brown.....	I
<b>Tabla 23.</b> Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.....	II
<b>Tabla 24.</b> Requisitos Microbiológicos.....	VI
<b>Tabla 25.</b> Factores para corregir la presión parcial y la saturación relativa de gases a diferentes alturas. ....	XI
<b>Tabla 26.</b> Solubilidad de oxígeno en función de la temperatura y la salinidad .....	XI
<b>Tabla 27.</b> Códigos asignados por el CICAM correspondientes a los puntos de monitoreo XVI	
<b>Tabla 28.</b> Ubicación de los puntos de muestreo. ....	XXV
<b>Tabla 29.</b> Materiales y Equipos.....	XXV
<b>Tabla 30.</b> Preservación para muestras en laboratorio.....	XXVIII
<b>Tabla 31.</b> Codificación de las muestras .....	XXIX

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo evaluar el sistema de provisión de agua para consumo humano, suministrado por la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi, parroquia Pifo, cantón Quito, DMQ, para los barrios: Itulcachi y El Belén.

En una primera etapa, se inició con recorridos de todo el sistema, desde el sitio de captación y las vertientes o fuentes de agua, pasando por la conducción, el tanque de reserva o almacenamiento del agua tratada, y la distribución del agua en la población. Seguidamente, se llevaron a cabo inspecciones de las diferentes infraestructuras que componen el sistema de abastecimiento del agua, a fin de determinar el estado actual y prever las posibles alternativas de mejora. En una segunda etapa se procedió al análisis de la calidad física, química y microbiológica, del agua, con la determinación de ciertos parámetros in situ y otros en laboratorio, tanto de muestras tomadas en el sitio de la captación, como en el tanque de almacenamiento y en los domicilios localizados en los puntos más alejados en el sistema de distribución. En la tercera etapa, con los resultados de calidad del agua, se procedió a comparar con los límites máximos permisibles, de la normativa ambiental vigente, tales como los mostrados en el anexo 1, Libro VI, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) ) y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN1108:2020.

Finalmente, en una reunión ante los miembros de la Junta y la comunidad se verificó la calidad del agua del sistema evaluado y el cumplimiento con las dos normativas ambientales a excepción de los parámetros de: Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto, donde se recomienda para mejorar estos parámetros un filtro lento antes de la entrada al tanque de almacenamiento y distribución, así también se propone alternativas de conservación de las fuentes; y en base a estado actual del sistema de abastecimiento, se determinaron mejoras viables para la Junta de Agua, mismas que fueron socializadas con la directiva de la Junta.

**Palabras clave:** muestreo, captación, agua potable, límites permisibles del agua.

## **ABSTRACT**

The objective of this titling project was to evaluate the water supply system for human consumption, supplied by the Potable Water Administration Board of Itulcachi, Pifo parish, Quito canton, DMQ, for the neighborhoods: Itulcachi and El Belén.

In the first stage, it began with tours of the entire system, from the catchment site and the springs or water sources, through the conduction, the reserve tank or storage of the treated water, and the distribution of water in the population. Subsequently, inspections of the different infrastructures that make up the water supply system were carried out, in order to determine the current state and foresee possible alternatives for improvement. In a second stage, the physical, chemical and microbiological quality of the water was analyzed, with the determination of certain parameters in situ and others in the laboratory, both from samples taken at the catchment site and in the storage tank and in homes located at the furthest points in the distribution system. In the third stage, with the water quality results, we proceeded to compare with the maximum permissible limits of the current environmental regulations, such as those shown in Annex 1, Book VI, of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA); and the Ecuadorian Technical Standard NTE-INEN1108: 2020.

Finally, in a meeting with the members of the Board and the community, the water quality of the evaluated system was verified and the compliance with the two environmental regulations with the exception of the parameters of: Biochemical Oxygen Demand and Dissolved Oxygen, so it was proposes alternatives for the conservation of sources; and based on the current state of the supply system, viable improvements were determined for the Water Board, which were socialized with the Board of Directors.

**KEYWORDS:** sampling, catchment, drinking water, allowable water limits.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los barrios Itulcachi y El Belén, están ubicados al sur-orienté del cantón Quito y administrativamente pertenecen a la parroquia de Pifo. El servicio de agua potable y alcantarillado está disponible para gran parte de la población, aunque su cobertura no es total, ya que existe una pequeña fracción que no disponen de estos servicios y utilizan pozos ciegos: para abastecerse de agua y pozos sépticos para disponer las excretas (GADIC, 2013).

El agua potable que llega a las viviendas y terrenos, de los barrios mencionados es suministrada a través de la Junta Administradora Regional de Agua Potable de Itulcachi, la cual dispone de un sistema que es abastecido por vertientes ubicadas en las faldas de la loma de Chaguarpungo, quebrada de Chagpito a 2.700 m.s.n.m y margen derecha del río Itulcachi. Actualmente, la Junta Administradora de Agua Potable dispone de la adjudicación de estas vertientes, que fueron concedidas por el INERHI en enero de 1992 (GADIC, 2013).

Los barrios antes mencionados se hallan en el área de influencia del relleno sanitario el Inga y de la denominada zona industrial. La presencia de emisiones, material particulado y otros aspectos ambientales pueden afectar la calidad física, química y microbiológica del agua, ya que estos contaminantes pueden llegar a través de las lluvias. Por ende, la población puede cuestionarse sobre la calidad del agua que consumen, por lo que optan por hervir el agua antes de utilizarla en la preparación de alimentos o para agua de bebida (GADIC, 2013).

La salubridad del agua relaciona todos los factores y aspectos que conciernen al mejoramiento de las condiciones de vida de la población y el cuidado de la salud colectiva. Por lo tanto es necesario cumplir con los parámetros y los límites máximos permisibles que se establecen en las normativas INEN 1108:2020 y TULSMA, de agua potable y calidad, de igual forma se diagnosticó la calidad del agua y de encontrar anomalías proponer mecanismos para mantener una calidad apta para el consumo humano (OMS, 2016).

## 1.1 Objetivo general

Evaluar el servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi.

## 1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad actual del agua de las vertientes y el sistema de conducción de agua potable existente.
2. Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) en las vertientes y previa a su distribución en base a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

3. Comparar los resultados obtenidos tanto in situ como en laboratorio con la normativa INEN 1108 y TULSMA de agua potable y calidad, para cerciorarse su cumplimiento.
4. Planteamiento de propuestas para el cuidado de las vertientes y al sistema de agua potable, para los pobladores de la zona.

## **1.3 Marco Teórico**

### **Captación y Conducción**

La función de los sitios de captación es guiar el agua a través de canales abiertos o cerrados, de modo que pueda almacenarse en un tanque de agua o en un cajón de recolección. Los sitios de captación generalmente deben ubicarse en áreas con propiedades estables del suelo y alta resistencia a la erosión, y en áreas directamente conectadas a los canales de los ríos. El sistema de conducción consiste en una serie de tuberías o canales, cuya función es transportar agua desde el área de captación al equipo de tratamiento o al tanque de almacenamiento de agua, ya sea bajo presión o flujo libre (SIAPA, 2014).

### **Tratamiento**

El proceso de tratamiento en el sistema de abastecimiento de agua potable es necesario porque asegura que el agua tratada cumpla con las condiciones adecuadas para el consumo humano. Todo sistema de tratamiento de agua para consumo humano debe ser desinfectado adecuadamente. El objetivo de la desinfección del agua es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades hídricas como: bacterias, protozoarios, virus y nematodos (Lenntech, 2018).

### **Contaminantes del agua**

Las principales sustancias que contaminan el agua incluyen:

- Patógenos: bacterias, virus, protozoos, parásitos que ingresan al agua a partir de desechos orgánicos.
- Crecimiento excesivo de las plantas acuáticas
- Químicos orgánicos: petróleo, plásticos, pesticidas, detergentes. sedimento o materia suspendida. partículas insolubles del suelo. (Valdiviezo, 2020).

### **Distribución**

El sistema de distribución es un conjunto de tuberías cuyo propósito es proporcionar a los consumidores agua potable en condiciones aceptables de calidad, cantidad y presión.

(CivilGeek, 2010). La red es responsable de suministrar agua a varias áreas de una población, la conexión domiciliar es la tubería que une las redes terciarias con los medidores.

### **1.3.1 Indicadores físicos, químicos y microbiológicos.**

La calidad del agua se determina evaluando parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en función de los cuales se puede entender el estado del cuerpo de agua. (DRH, 2017).

#### **Físicos**

##### **Conductividad**

La conductividad es la capacidad de una sustancia para conducir electricidad, ayuda a la evaluación de la concentración total de iones disueltos en el cuerpo de agua. (Arboleda, 2000)

##### **Sólidos disueltos totales (SDT)**

Los sólidos son sustancias suspendidas o disueltas en el agua y pueden afectar la calidad de la misma de muchas maneras. Cuando el agua tiene una gran cantidad de sólidos disueltos, esto altera sus propiedades organolépticas, ya que afectará su sabor y producirá reacciones fisiológicas adversas entre los consumidores (Carbotecnia, 2021)

##### **Sólidos totales (ST)**

Los sólidos totales se refieren a la materia que se mantiene como residuo luego de la evaporación y secado a 103 °C – 105 °C. Los sólidos totales incluyen materia suspendida, materia sedimentable, coloides y materia disuelta.

##### **Temperatura**

La temperatura es una propiedad física afectada por la radiación solar y procesos de producción, desarrollo y fotosíntesis de las plantas. Determina la concentración de oxígeno disuelto, gas y turbidez mineral (Arboleda, 2000).

##### **Turbiedad**

La turbidez es causada principalmente por coloides y materia suspendida, como arcilla, limo, plancton, varios organismos que no pueden ser detectados por el ojo humano, materia orgánica muy finamente dividida y materia inorgánica, que permanecen suspendidas debido a la resistencia en el flujo de agua o su propiedades coloidales (Baños, 2018).

#### **Químicos**

##### **Cloro residual**

El cloro es un reactivo utilizado para desinfectar el agua porque es responsable de destruir los patógenos (bacterias) y los compuestos que causan un sabor desagradable, debido a sus propiedades oxidantes. En la red de distribución, la dosis debe mantenerse baja, ya que cantidades excesivas pueden afectar el sabor del agua (UDS, 2019).

### **Manganeso**

La concentración del manganeso en un cuerpo de agua por lo general es inferior a la del hierro, comúnmente se encuentran en aguas subterráneas como pozos, el cual se encuentra a una concentración de 0,06 mg/L. Aunque es posible encontrar valores que sobrepasen a 5 mg/L, esto dependerá de las condiciones del agua (Mark McFarland, 2004).

### **DQO**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (Aguirre, 2013).

### **DBO<sub>5</sub>**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es un ensayo que mide el oxígeno requerido para la degradación bioquímica de la materia orgánica y el oxígeno utilizado para oxidar materia inorgánica, tal como sulfuros y compuestos ferrosos (Romero, 2013).

### **Dureza Total**

La dureza total indica la presencia de metales alcalinotérreos en el agua. Los constituyentes principales en el agua natural son calcio y magnesio. Las altas concentraciones de este parámetro pueden causar problemas, como incrustaciones de la tubería, que afecta a todo el sistema de distribución (Salamanca, 2014).

### **Hierro Total**

Es un excelente metal conductor de electricidad de color gris plateado, no común en la naturaleza, pero debido a la escorrentía y la formación de sedimentos se puede hallar en el suelo y las aguas superficiales (Romero, 2013).

### **Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Los nitritos pueden formar sales o ésteres a partir del ácido nitroso (HNO<sub>2</sub>). En la naturaleza, aparecen a través de la oxidación biológica de aminas (derivados de amoníaco) y amoníaco o mediante la reducción de nitratos en condiciones anaeróbicas. En la industria, disolviendo (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en disoluciones básicas se lo obtiene (Salamanca, 2014).

## **Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Es un compuesto inorgánico formado por ionización de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). A menos que el nitrato se reduzca a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), que afecta los recursos subterráneos rurales, no es perjudicial para la salud. En el agua potable, este elemento debe controlarse, principalmente porque cantidades excesivas pueden causar metahemoglobinemia o enfermedad del bebé azul (Salamanca, 2014).

## **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto resulta de la combinación del agua con el aire como resultado del viento que es generado por la vegetación acuática mediante sus procesos de fotosíntesis. Una concentración de 5 mg/L mantiene los organismos acuáticos en las aguas superficiales. Una concentración inferior a 3 mg/L puede ser fatal. En el estándar TUSLMA de Ecuador, la concentración de OD no necesita ser inferior al 80% de oxígeno saturado y no inferior a 6 mg/L.

## **Potencial de hidrogeno (pH)**

El potencial de hidrógeno (pH) es una medida de la actividad de iones de hidrógeno. Este parámetro determina si el agua es alcalina o ácida. El valor de pH varía de 0 a 14 y el valor 7 es neutro. En el sistema de suministro de agua, el pH es el parámetro más estricto a controlar, incluso en el proceso de purificación de agua (Collazos, 2008).

## **Microbiológicos**

### **Coliformes totales**

Son formas bacilares, aeróbicas o facultativas de bacterias gram negativas. Los coliformes que se encuentran comúnmente en el agua contaminada son *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Salamanca, 2014).

### **Coliformes fecales**

Es este tipo de bacteria que puede soportar temperaturas de hasta 45°C y puede fermentar la lactosa después de 24 horas de incubación a una temperatura de 44°C a 44.5°C. Este grupo no incluye especies específicas, pero dominarán *E. coli* y algunos *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Salamanca, 2014).

### **1.3.2 Muestreo**

Se define como un conjunto de técnicas y procedimientos utilizados para recolectar un cierto volumen de agua para verificar sus características de composición. Se deben considerar

varias precauciones para que la muestra no presente cambios representativos desde el momento en que se tome hasta el análisis (NTE-INEN 1108:2020).

### 1.3.3 Estimación del índice de calidad de agua “ICA-NSF”

El ICA-NSF se utiliza para monitorear la calidad del agua de los ríos durante un período de tiempo y comparar suministros de agua (SNET, 2002). Su desarrollo se realiza en tres pasos:

- I. Seleccionar variables de contaminación en este caso, las variables más importantes son: coliformes, pH, DBO<sub>5</sub>, SDT, NO<sub>3</sub>-N, fosfato, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez.
- II. Según el uso del agua, se asigna el peso de importancia del parámetro (Wi) correspondiente al factor de contaminación en el agua, y la importancia del parámetro relacionado con el riesgo implicado por el aumento o la disminución de la concentración.
- III. En la etapa final, el establecimiento de niveles de calidad del agua varía de 0 a 100. En el **Anexo 1** se numera los pesos de varios parámetros para el consumo.

Para calcular el Índice de Brown se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Subi \times Wi)$$

#### **Ecuación 1** Formula Calculo ICA

Dónde:

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi: Subíndice del parámetro i.

Según el valor obtenido al calcular el índice Brown, existen diferentes categorías en términos de calidad del agua **Anexo 2**.

### 1.3.4 Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (TULSMA)

El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, presenta una serie de parámetros para normar y regular la calidad del agua de consumo humano, y para las diferentes actividades que involucran la utilización del recurso. El objetivo principal de dicha norma es proteger la calidad del recurso agua, para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

### 1.3.5 Norma Técnica Ecuatoriana Agua Potable (INEN 1108:2020)

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se detallan en el **Anexo 2** del presente escrito, además para comprender algunos términos estipulados en la Normativa Nacional Vigente se adjunta también en el **Anexo 3** del presente reporte, las definiciones correspondientes a los mismos.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi

La Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi en la época actual posee un sistema de agua potable que es abastecido por vertientes ubicadas en la Loma de Chaguarpungo, quebrada de Chagpito. Cuenta con un proceso de desinfección y sistema de conducción para transportar el agua y distribuir a la población.

### 2.2 Aforos de Caudal

Los aforos permiten conocer los datos de caudal de forma oportuna y veraz. La información adquirida proporciona también una mayor eficiencia en la evaluación del manejo integral del agua. Mediante la toma de un intervalo de tiempo con un cronometro digital y con un recipiente con capacidad de un litro.

Este método es usado comúnmente en corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, así se obtiene:

$$Q = \frac{V}{T}$$

**Ecuación 2** Formula Calculo de caudal

Dónde:

Q= es el caudal expresado en  $m^3/s$

V= volumen dado en  $m^3$

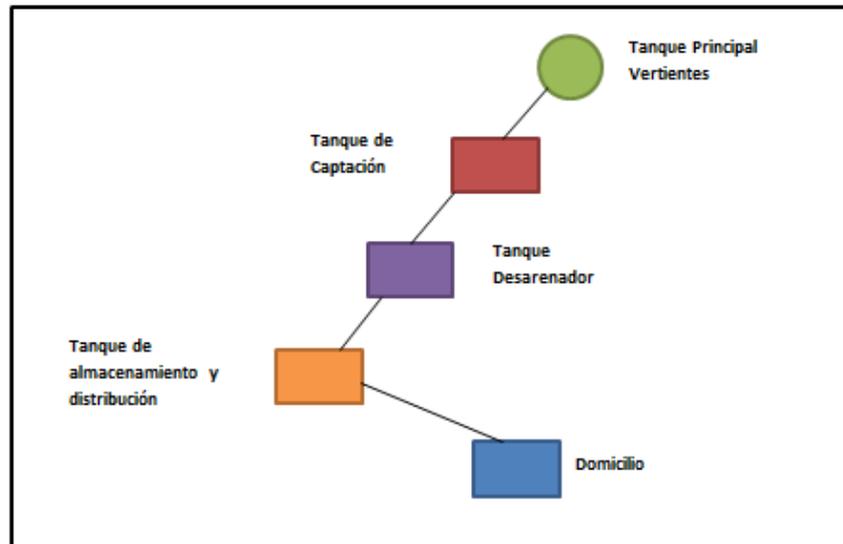
T= tiempo en segundos

El determinar la cantidad de agua para satisfacer las necesidades de la población es uno de los factores más importantes que se relaciona directamente con el diseño y propuestas de mejoras de un sistema de agua potable.

## 2.3 Asentamiento de los puntos de monitoreo

Se llevó a cabo la primera visita técnica al lugar de estudio (Diciembre 2020), en la que se determinaron los cinco puntos del sistema de abastecimiento de agua.

En la **Figura 1** se observa un esquema del sistema de distribución en base a los puntos de monitoreo.



**Figura 1.** Esquema del Sistema de Distribución del Agua

## 2.4 Plan de Muestreo

El plan de muestreo tiene como propósito caracterizar el agua de consumo humano suministrada por la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi. Consiste en una planificación para la toma de muestra en el sitio de manera representativa como se observa en el **Anexo 7**. Para realizar el muestreo se tomaron 5 muestras por sitio en diferentes fechas, siguiendo los lineamientos establecidos por las normas vigentes para lograr la obtención de resultados verídicos (Lurry, 2020).

## 2.5 Información de parámetros analizados

La **Tabla 1** presenta los parámetros de análisis que se realizaron en ciertos puntos de monitoreo y el lugar de análisis sea *in situ* o en laboratorio.

**Tabla 1.** Parámetros a analizar

Parámetros de análisis	Lugar de análisis
Coliformes fecales	Laboratorio

Coliformes totales		
Cloro residual (Cl)		
Demanda biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		
Demanda química de oxígeno (DQO)		
Dureza		
Fosfatos		
Hierro (Fe)		
Manganeso (Mn)		
Nitratos		
Nitritos		
Solidos totales		
Solidos volátiles y fijos (SV-SF)		
Conductividad		<i>In Situ</i>
Oxígeno Disuelto (OD)		
Potencial de hidrogeno (pH)		
Solidos disueltos totales(TDS)		
Temperatura		
Turbidez		

## 2.6 Análisis de parámetros de calidad de agua

### Proceso de Conductividad

Se lavó la sonda del multiparametro con agua destilada, esto para evitar la interferencia de factores externos a la muestra al momento de realizarse la medición. En un recipiente se colocó 1 L aproximadamente de la muestra a ser analizada, seguido se procedió a introducir la sonda, se esperó unos minutos a que se establezca el valor de la lectura y se registraron los valores.



**Figura 2.** Medición de conductividad in situ

### **Proceso de Oxígeno Disuelto (OD)**

La determinación de este parámetro se llevó a cabo *in situ*, el equipo de medición que se utilizó fue un multiparámetro modelo portátil marca Horiba, el cual fue previamente calibrado. Para empezar con la medición se enjuaga el sensor con agua destilada, inmediatamente se sumergió el equipo en la muestra a ser analizada, se esperó un lapso de tiempo para obtener los valores de lectura y proceder a su registro.

### **Proceso de Potencial de Hidrogeno (pH)**

La determinación de este parámetro se procedió a realizar *in situ*, el equipo de medición que se utilizó fue un multiparámetro portátil, el cual fue previamente calibrado como se observa en la **Figura11**. Para empezar con la medición se enjuagó el sensor con agua destilada, inmediatamente se sumergió el equipo en la muestra a ser analizada, se esperó un lapso de tiempo para obtener los valores de lectura y proceder a su registro.



**Figura 3.** Medición de pH *in situ*

### **Proceso de Temperatura**

Se lavó la sonda del multiparametro con agua destilada, esto para evitar la interferencia de factores externos a la muestra al momento de realizarse la medición. En un recipiente se colocó 1 L aproximadamente de la muestra a ser analizada, luego se procedió a introducir la sonda, se esperaron unos minutos a que se establezca el valor de la lectura y se registraron los valores.



**Figura 4.** Medición de Temperatura *in situ*

### **Proceso de Sólidos disueltos totales (SDT)**

Para la medición de este parámetro se utilizó el método gravimétrico con los respectivos filtros y crisoles; estos materiales fueron previamente enjuagados con agua destilada y distribuidos dentro de la mufla, a una temperatura de 505°C alrededor de 24 horas, con el fin de prevenir cualquier residuo externo o sedimento. Posteriormente se colocaron los crisoles dentro del desecador a lo largo de 30 min para que puedan enfriarse. Inmediatamente después, se colocó el filtro para pesarlo y así adquirir su peso inicial.

Luego se procedió a colocar 50 mL de muestra de agua en el equipo de filtración, después del proceso de filtrado se tomó el papel filtro para colocarlo de nuevo en los crisoles y distribuirlos dentro de la estufa a 103°C – 115°C, a lo largo de 24 horas. Por último, se procedió de nuevo a colocar los crisoles con los filtros en el desecador a lo largo de 30 min, para finalizar se tomaron los registros adquiridos de los pesos de medición (American Public Health Association, 2005).

Para el cálculo de sólidos disueltos se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$SDT = \frac{(P1 - P2) \times 1000}{V_m}$$

### **Ecuación 3** Cálculo sólidos disueltos totales

Dónde:

P1: Peso del crisol + peso del residuo adquirido en la evaporación (mg)

P2: Peso del crisol (mg)

V<sub>m</sub>: Volumen de la muestra filtrada (mL)

### **Proceso de Sólidos Totales**

La determinación de los sólidos disueltos totales se realizó mediante el método gravimétrico. El procedimiento comenzó cerciorándose que la balanza este calibrada, asegurando así mayor exactitud de los resultados, se lavaron los filtros colocándolos en el equipo de filtrado y con 10 mL de agua destilada por tres ocasiones, seguido fueron dispuestos en la mufla a una temperatura de 505 °C por 30 minutos. Finalizado el proceso de secado, se los dispuso en cápsulas, en la balanza registrando el valor en peso, se colocaron las cápsulas con los filtros en la estufa por 24 horas y transcurrido mencionado intervalo de tiempo, las capsulas fueron dispuestas en el desecador por 30 minutos.

Posteriormente se colocó la muestra a ser analizada en un vaso de precipitación y se homogenizo, se tomaron 50 mL de muestra para ser filtrada, colocando el filtro con el lado poroso hacia arriba, se situaron los filtros por segunda ocasión en las capsulas, fueron llevadas y colocadas en la estufa a una temperatura de 103-105 °C por 24 horas.

Finalmente se tomó la muestra filtrada del kitasato, colocándola en un crisol sin filtro y se la llevó a la estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas. Transcurrido mencionado intervalo de tiempo se colocaron los crisoles en un desecador por 30 minutos, seguido se pesaron los crisoles con y sin filtro, con los valores obtenidos se llevó al cabo los cálculos correspondientes. En el caso de los sólidos disueltos totales se realizó su cálculo de acuerdo a la **ecuación 3**.

### **Proceso de Turbidez**

Para el respectivo análisis de turbiedad fue analizado *in situ*, con la ayuda de un turbidímetro HACH 2100Q, se verificó que el equipo se encuentre calibrado y esté libre de humedad previo a su medición. Luego, se añadió la muestra de agua dentro de una celda de 10 mL, se limpió cuidadosamente sin manipular el cristal, únicamente se sostuvo de la parte superior. Como paso siguiente se estabiliza el equipo y se procede al registro de los valores correspondientes.



**Figura 5.** Medición de Turbiedad

### **Proceso del Cloro Libre Residual (CLR)**

Como se observa en la **Figura 6**, la medición del Cloro Libre Residual se realizó *in situ*, el equipo de medición que se utilizó fue un colorímetro marca HACH modelo DR300. Se verificaron que las celdas se encuentren totalmente limpias, en la primera celda se añadió la muestra de agua la cual se la utilizó como blanco para encerrar el equipo. Luego en la siguiente celda también se añadió la muestra de agua junto con un sobre del reactivo cloro libre dietil-p-fenilen-diamina (DPD), se cerró y se agito suavemente por aproximadamente 2 minutos. Finalmente una vez encerrado el equipo se colocó la siguiente celda con el reactivo de cloro total y se registraron los valores.



**Figura 6.** Medición de Cloro Residual *in situ*

### Proceso de DQO

Para el respectivo análisis de DQO se empleó el método espectrofotometría en el rango visible, además, se manejaron viales de rango bajo, debido a, que las muestras utilizadas son exclusivamente originarias de aguas naturales y de consumo (INEN, 2012). En la Tabla 2 se establecen los rangos.

**Tabla 2.** Rango de DQO

Rango 100-150 mg/L	Rango 1,0 - 15,0	Agua Destilada
<b>0</b>	0	2
<b>400</b>	4	1,8
<b>800</b>	8	1,6
<b>1200</b>	12	1,4
<b>1500</b>	15	1,25

Primero para la obtención del blanco, se procedieron a colocar 2,5 mL de agua destilada en el vial de digestión de DQO, igualmente se agregaron 2,5 mL de la muestra de agua en un diferente vial. Posteriormente, una vez que se empezó a calentar el biodigestor a 150 °C, se

añadieron el blanco y los viales con la muestra respectiva a largo de 45 min. Al momento de cerrar los viales, se empezaron a homogenizar los elementos y así dejar salir los vapores ocasionados por el ácido. Por último, se los acomodó dentro del digestor a lo largo de 2 horas, para el registro de los valores de lectura se utilizó el equipo espectrómetro (HACH, 2000).

### **Proceso de DBO<sub>5</sub>**

Se homogenizaron las muestras de agua contenidas en botellas ámbar, con un volumen determinado junto a una barra de agitación magnética. Luego se dispusieron dos pellets de hidróxido de sodio en un capuchón el mismo que se colocó en el cuello de la botella, finalizado el procedimiento anterior, se tapó la botella con el OxiTop asegurando un agarre hermético, se apretó los mandos analógicos M y S por el lapso de tres segundos y se colocaron las botellas en la incubadora a 25 °C. Una vez transcurridos los 5 días se registraron los valores obtenidos presionando el mando analógico M.

### **Proceso de Nitritos**

Para determinar este parámetro se fijó una longitud de onda de 507 nm, por medio del equipo espectrofotómetro, se prepararon dos celdas de vidrio de 10 mL, en la primera celda se añadió agua destilada como blanco, hasta la línea de referencia que se indica en el material, en la segunda celda se añadió la muestra nuevamente hasta la línea de referencia. A cada una se le añadieron el reactivo NitraVer<sub>3</sub>, para luego homogenizar suavemente las celdas en forma circular y dejar reposar alrededor de 20 min. Y por último se tomaron los datos de las lecturas registradas en el equipo. Se tornará un color rosa si la muestra de agua tiene presencia de nitratos.

### **Proceso de Nitratos**

Se lavó la celda del espectrofotómetro con un poco de la muestra a ser analizada, esto para evitar interferencias de factores externos a la muestra, seguido se colocó en la celda 10 mililitros de la muestra, llevando la misma al espectrofotómetro HACH modelo DR1900 Mediante el uso del manual de procedimientos estandarizados de espectrofotómetro se encontró el procedimiento y comando necesario para llevar al cabo el análisis, siendo el programa #355 el adecuado; con el programa seleccionado y se procedió a encerrar con una muestra de blanco de agua destilada, seguido se colocó un sobre de NitroVer5 en la celda contenida con la muestra, se tapó y se agitó hasta la completar la disolución del reactivo. Se esperó 5 minutos para que se complete la reacción, pasado el lapso mencionado de tiempo se introdujo de nuevo la celda en el espectrofotómetro, se procedió a la medición y se registraron los valores.

### **Proceso de Fosfatos**

En este análisis se utilizó el equipo espectrofotómetro UV-VIS, con una longitud de onda de 880nm, se preparó la celda de vidrio y se verificó que se encuentre perfectamente limpia. Luego se añadieron 6 mL de agua destilada y 4 mL del reactivo correspondiente, se mezcló completamente y se dejó reposar aproximadamente 30 min. Para iniciar las lecturas en el equipo se colocó la primera celda y se procedió a leerlo como blanco, para luego volver a registrar las cifras exponenciales de  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  de forma creciente. Se tomaron los valores como estándares e inmediatamente como muestras (LASSO, 2007).

### **Proceso de Manganeso (Mn)**

Para iniciar esta medición se usó el espectrofotómetro detallado y se tomaron dos celdas de vidrio de 10 mL, en la primera celda se añadió la muestra de agua, mientras en la siguiente celda se añadió agua destilada como blanco, luego se colocó un sobre de ácido ascórbico en cada una de las mismas. Posteriormente, se añadieron 7 gotas de Alkaline Cyanide Reagent y 4 gotas de peróxido de hidrogeno, se agito suavemente hasta que se homogenizo los reactivos en cada una de las celdas. Inmediatamente después se digitó el programa que correspondía al manganeso en este caso fue el #290 y se encero con la celda del blanco. Una vez encerada se insertó la otra celda que contenía la muestra con los reactivos para finalmente proceder con su medición y registrar los valores.



**Figura 7.** Medición de Manganeso en el laboratorio

### **Proceso de Hierro**

Mediante el uso del manual de procedimientos estandarizados del espectrofotómetro se llevó a cabo el método 8008.

Se lavaron las celdas del espectrofotómetro con un poco de la muestra a ser analizada, esto para evitar interferencias de factores externos, seguido se colocó en la celda 10 mL de la muestra y en la celda del blanco 10 mL de agua destilada llevándolas al espectrofotómetro detallado en el apartado anterior. Se realizó el procedimiento en base al método 8008, siendo el programa #265 seleccionado.

Posteriormente, se procedió a encerrar con una muestra de blanco de agua destilada, seguido se colocó un sobre de FerroVer en la celda contenida con la muestra, se tapó y se homogenizo suavemente hasta completar la disolución del reactivo. Se esperaron 3 minutos para que se complete la reacción, pasado el mencionado lapso de tiempo se introdujo de la celda en el espectrofotómetro, se procedió a la medición y se registraron los valores.



**Figura 8.** Medición de Hierro en el laboratorio

### **Proceso de Dureza**

La determinación de este parámetro, se llevó a cabo mediante el proceso de titulación el cual consistió en homogenizar y posteriormente colocar 100 mL de muestra de agua en un matraz Erlenmeyer. Luego, se añadió 1 mL de solución buffer, es necesario mencionar que se debe estabilizar el pH de la solución buffer, además mantenerse en el rango establecido de 10 y 10,1. Una vez culminado este proceso con la ayuda de una espátula se tomó una cantidad mínima de Negro de Ericromo -T (NET), inmediatamente se observó un vire de color rosa, y por último se tituló la muestra con el ácido etilendiaminotraacético (EDTA) a una concentración de 0,01 M, para lo cual se observó un vire de color de rosa a azul.

Para el cálculo de la Dureza se puede obtener de la siguiente fórmula:

$$\text{CDT}_{\text{CaCO}_3} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times 1000000}{V_m}$$

### **Ecuación 4** Cálculo Dureza total

#### **Dónde:**

CDT: Concentración dureza total (mg/L)

$V_{\text{EDTA}}$ : Volumen de EDTA para titulación (mL)

$M_{\text{EDTA}}$ : Molaridad de EDTA

$V_m$ : Volumen de muestra

## **Proceso de Coliformes Totales**

Para el desarrollo de este análisis emprendió con los datos asignados a lo largo de 24 horas de incubación de la prueba presuntiva, se preparó el medio EC acorde a los tubos positivos que se dio, y a su vez aumentando la cantidad de tubos de 4 a 6 dependiendo del cambio de color a las 48 horas por muestra.

## **Preparación del medio de cultivo EC**

Se disolvieron 37 g del medio EC, con la ayuda de una plancha de agitación con un agitador magnético, en 1 L de agua destilada con el fin de lograr una disolución total.

## **Dosificación y Autoclavado**

Luego de la preparación del medio EC se distribuyeron volúmenes de 10 mL del medio en cada uno de los tubos de ensayos, conteniendo en su interior tubos de Durham invertidos, evitando que se generen burbujas. Finalmente se procedió a tapar los tubos con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a 121 °C, a lo largo de 15 min.

## **Siembra**

Primero se realizó una esterilización en la zona de trabajo con la ayuda de alcohol antiséptico. Luego se tomó los tubos positivos de la prueba presuntiva de 48 horas, seguido de esto se procedió a rotular los tubos que contienen medio EC en proporción a los tubos de ensayo HACH de la prueba presuntiva, se efectuó la siembra con el manejo de un asa.

Se calentó el asa hasta notar un color incandescente y se introdujo al tubo de ensayo positivo, se tomó una burbuja de este medio lactosado y se llevó al tubo que contenía medio EC. Se llevó a cabo este proceso tres veces.

## **Incubación**

Se incubo a una temperatura de 45 °C, seguido de esto se examinó cada tubo de ensayo a las 24 horas. Finalmente se anotó el resultado como positivo cuando ya se generó la producción de gas a partir de la fermentación de la lactosa contenida en el medio EC. Cabe mencionar que los tubos sin formación de gas se desechan del conteo.

## **Cálculo de Coliformes totales**

Mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel™, se ejecutó el cálculo correspondiente a través de la tabulación de estos valores por medio de una formula, para el desarrollo de esta tabulación se utilizó la tabla 3 mostrada a continuación.

**Tabla 3. Tubos Positivos**

	10	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>
<b>Tubos (+)</b>	3/3	3/3	3/3	0/3	0	0	0	0	0

**Proceso de Coliformes Fecales**

En este análisis los tubos colocados, después de 48 horas requeridas para su inoculación en la prueba presuntiva no se observó un cambio de coloración, dado que no se realizó la prueba confirmativa este parámetro a analizar quedo descartado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Parroquia de Itulcachi

Los barrios Itulcachi y El Belén, están ubicados en la carretera Pifo-Sangolqui y administrativamente pertenecen a la parroquia de Pifo. Geográficamente se encuentran localizados en el sistema de coordenadas mostrados en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Sistema de coordenadas de los barrios Itulcachi y El Belén

Barrio	Longitud	Latitud
Itulcachi	E 802000	N 9970800
	E 803000	N 9969800
El Belén	E 801200	N 9970800
	E 802000	N 9969800

Este sistema de conducción fue construido hace 35 años, en el afán de mejorar el servicio de agua potable y cumplir con la demanda de la población (EPMAPS, 2013).

El sistema cuenta con tuberías repartidas a lo largo de la línea de conducción:

- Tuberías de PVC de 90 mm de diámetro y 0,80 MPa.
- Tuberías expuestas al aire libre, de igual forma de PVC con un diámetro de 63 mm, 32 mm y 25 mm, como se evidencia en la **Figura 9**.



**Figura 9.** Tubería expuesta del sistema de conducción

El proceso de desinfección se realiza periódicamente de acuerdo al caudal de ingreso a la planta. La Junta utiliza pastillas de cloro de 200 g, eliminando agentes patógenos

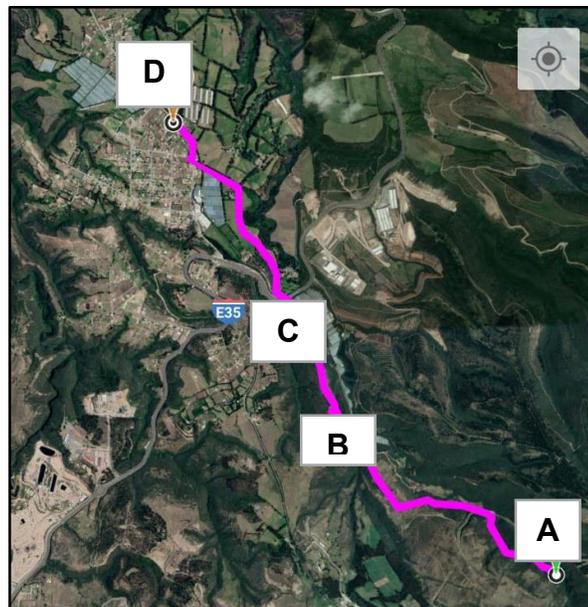
microbiológicos que puedan causar enfermedades de carácter hídrico a los habitantes. Esta estructura se encuentra en la planta de potabilización, resguardada por cerramientos y un operador encargado del proceso de dosificación de cloro y la seguridad del lugar.



**Figura 10.** Desinfección en la Planta de Agua Potable

### 3.1.1 Ubicación por GPS

La **Figura 11** muestra los puntos de referencia donde se tomaron las muestras para el análisis de calidad a través de una ilustración realizada en Google Earth.



**Figura 11.** Puntos de Referencia

En el punto A en la **Figura 11** señala el siguiente punto de muestreo:

1. Tanque principal "T1"

En el punto B señalan los siguientes puntos de muestreo:

2. Tanque de Captación "T2"
3. Tanque Desarenador "Cd"

En el punto C indica el siguiente punto de muestreo:

4. Tanque de almacenamiento y distribución "TAD"

Finalmente en el punto D representa el último punto de muestreo:

5. Domicilio "DM"

### 3.1.2 Tanque Principal "T1"

El Tanque Principal "T1" está ubicado en las faldas del río y es el primer punto de monitoreo, como se observa en la **Figura 12**, en el cual se unen las cinco vertientes, esta agua ya realiza un proceso natural de filtración; se la obtiene a partir de rocas y son captadas en la parte alta de la montaña llamada "El Chagpito".



**Figura 12.** Tanque Principal

### 3.1.3 Tanque de Captación "T2"

Este Tanque de Captación "T2" se lo estableció como segundo punto de monitoreo, el cual se encuentra en la planta de tratamiento. Una vez que el agua baja por la tubería hasta este tanque, previamente pasa por un proceso de filtración a través de un tamiz (malla de acero inoxidable) que se encuentra en la entrada de la tubería para evitar que pase material particulado (arena, piedras y arcillas).



**Figura 13.** Tanque de Captación

### 3.1.4 Tanque Desarenador “Cd”

El Tanque Desarenador “Cd” se estableció como el tercer punto de monitoreo, se encuentra a continuación del tanque de captación “T2”, una vez que el agua transcurre por el orificio que se encuentra dentro de los tanques, se elimina toda partícula pesada que no haya sido retenida en el desbaste a lo largo del sistema. Cuenta con su respectiva tapa para proteger la calidad del agua hasta su distribución a la comunidad.



**Figura 14.** Tanque Desarenador

### 3.1.5 Tanque de Almacenamiento y Distribución “TAD”

El Tanque de Almacenamiento y Distribución “TAD” se estableció como cuarto punto de monitoreo, al cual ingresa agua que ya se encuentra previamente clorada mediante la adición de pastillas de cloro y es el último tanque que conduce el agua apta para consumo humano hacia la comunidad de Itulcachi.



**Figura 15.** Tanque de Almacenamiento y Distribución

### 3.1.6 Domicilio “Dm”

El agua es conducida mediante dos tuberías de PVC de 63 mm - 90 mm y 0,80 MPa que descargan en la tubería de 160 mm hacia los barrios de Itulcachi. El agua que llega a la comunidad se distribuye a través de una tubería de 160 mm en una longitud aproximada de

1600 m, que se extiende desde el tanque (TAD) hasta la comunidad. Se tomó un domicilio central de referencia como el último punto de monitoreo para asegurar la calidad del agua que llega a la comunidad.



**Figura 16.** Domicilio

Una vez identificado el sistema de abastecimiento junto al operador de la planta se realizaron recorridos para la toma de fotografías y georreferenciación de los puntos de monitoreo para la obtención de información para la realización de las fichas catastrales adjuntadas al **Anexo 4**.

## **3.2 Evaluación del sistema de Aforos**

### **3.2.1 Puntos de Aforo**

#### **a. Captación (tubería de inicio de la conducción – presurizada)**

Para la evaluación del sistema de agua potable se procedió al aforo de los caudales de las vertientes y en el tanque de captación de vertientes dónde se conecta la tubería de inicio de la conducción, se determinó que las vertientes aprovechadas y captadas disponen de los siguientes caudales.

**Tabla 5.** Caudales de las vertientes

<b>Vertientes</b>	<b>Caudal</b>
1	1,9 L/s
2	1,5 L/s
3	0,8 L/s
4	1,6 L/s
5	1,5 L/s

### **b. En el ingreso del tanque de reserva**

El caudal conducido desde el tanque de captación de las vertientes hacia el ingreso del tanque de reserva es 7.3 L/s, y es el resultado de la sumatoria de valores de caudal que ingresan al tanque de captación de vertientes el cuál se dirige al tanque de reserva.

Determinando que no existen pérdidas en el sistema

La infraestructura en general está en buen estado y no requiere un mejoramiento actual.

### **c. Dotación**

Según las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales, se establece para poblaciones mayores a 1000 habitantes, la dotación debe ser de 120 – 150 L/hab/día.

Para el sistema de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi se ha determinado una dotación de 120 L/hab/día, siendo adecuada para el sector y está relacionado a la cantidad de agua disponible en las vertientes.

El sistema de agua potable dispone de dos tanques de hormigón armado, uno enterrado y con 50 m<sup>3</sup> de capacidad y un tanque de reserva adicional de 100 m<sup>3</sup> que se encuentra en la parte exterior.

## **3.3 Catastros del sistema de abastecimiento**

La obtención de las fichas catastrales del sistema de agua potable, es el resultado final de la recolección de información del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi. Su desarrollo fue de forma conjunta con el operario; estas fichas se encuentran ubicadas en el **Anexo 4**.

## **3.4 Parámetros analizados**

Las siguientes tablas de la 8 hasta 16, presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la captación, vertientes, tanque de tratamiento, pretratamiento, almacenamiento, distribución y domicilio. De los resultados obtenidos se presentan valores que superan los límites máximos permisibles (LMP) señalados en la Normativa Nacional Vigente, establecidos en el Libro VI, Anexo 1 del TULSMA, Tabla 2, siendo estos marcados con amarillo.

### **3.4.1 Resultados análisis parámetros físicos**

**Tabla 6.** Parámetros físicos captación vertientes y tanque de tratamiento

Parámetros	Unidad	Vertientes	Tanque de tratamiento	LMP TULSMA	LMP INEN 1108
pH	-	6,9	7,2	6-9	-
Temperatura del agua	°C	15,06	17,39	condición natural +/- 3 grados	-
Turbidez	NTU	0,08	0,26	10	5
Conductividad	μS/cm	0,257	0,235	-	-
Sólidos totales	mg/L	204	212	-	-
Sólidos suspendidos	mg/L	2	0	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	202	212	500	500

**Tabla 7.** Parámetros físicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución

Parámetros	Unidad	Pretratamiento	Almacenamiento Distribución	LMP TULSMA	LMP INEN 1108
pH	-	7,2	7,2	6-9	-
Temperatura del agua	°C	17,39	17,22	condición natural +/- 3 grados	-
Turbidez	NTU	0,26	0,13	10	5
Conductividad	μS/cm	0,235	0,232		-
Sólidos totales	mg/L	192	180		-
Sólidos suspendidos	mg/L	2	2		-
Sólidos totales disueltos	mg/L	190	178	500	500

**Tabla 8.** Parámetros físicos Domicilio

Parámetros	Unidad	Domicilio	LMP TULSMA	LMP INEN 1108
pH	-	7,2	6-9	-
Temperatura del agua	°C	17,81	condición natural +/- 3 grados	-
Turbidez	NTU	0,21	10	5
Conductividad	µS/cm	0,239		-
Sólidos totales	mg/L	224		-
Sólidos suspendidos	mg/L	2		-
Sólidos totales disueltos	mg/L	222	500	500

### 3.4.2 Resultados análisis parámetros químicos

Tabla 9. Parámetros químicos captación vertientes y tanque de tratamiento

Parámetros	Unidad	Vertientes	Tanque de tratamiento	LMP TULSMA	LMP INEN 1108
DBO <sub>5</sub>	mg/L	11	9	2	-
DQO	mg/L	1	3	-	-
Dureza total	mg/L	84	84	500	-
Fosfatos	mg/L	0,459	0,408	-	-
Nitritos	mg/L	0,453	0,421	1	0,2
Nitratos	mg/L	1,187	1,137	10	50
Hierro	mg/L	0,01	0,07	0,3	-
Manganeso	mg/L	0,007	0,005	0,1	0,4
Oxígeno disuelto	mg/L	4,27	5	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	-

<b>Cloro Residual</b>	mg/L	-	0,28		1,5
-----------------------	------	---	------	--	-----

**Tabla 10.** Parámetros químicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pretratamiento</b>	<b>Almacenamiento Distribución</b>	<b>LMP TUSMA</b>	<b>LMP INEN 1108</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	8	8	2	-
<b>DQO</b>	mg/L	1	0	-	-
<b>Dureza total</b>	mg/L	87	103	500	-
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,217	0,444	-	-
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,469	0,429	1	0,2
<b>Nitratos</b>	mg/L	1,156	1,261	10	50
<b>Hierro</b>	mg/L	0,02	0,02	0,3	-
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,002	0,001	0,1	0,4
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	5	4,68	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	-
<b>Cloro Residual</b>	mg/L	-	0,28		1,5

**Tabla 11.** Parámetros químicos Domicilio

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Domicilio</b>	<b>LMP TULSMA</b>	<b>LMP INEN 1108</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	13	2	-
<b>DQO</b>	mg/L	0	-	-
<b>Dureza total</b>	mg/L	89	500	-
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,453	-	-
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,437	1	0,2
<b>Nitratos</b>	mg/L	1,405	10	50
<b>Hierro</b>	mg/L	0,01	0,3	-

<b>Manganeso</b>	mg/L	0,003	0,1	0,4
<b>Oxígeno disuelto</b>	mg/L	5,9	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L	-
<b>Cloro Residual</b>	mg/L	0,23	-	1,5

### 3.4.3 Resultados análisis parámetros microbiológicos

**Tabla 12.** Parámetros microbiológicos captación vertientes y tanque de tratamiento

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Vertientes</b>	<b>Tanque de tratamiento</b>	<b>LMP TULSMA</b>	<b>LMP INEN 1108</b>
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100mL	<1,1	<1,1	50	-
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	<1,1	<1,1	20	<1,1

**Tabla 13.** Parámetros microbiológicos pretratamiento, tanque de almacenamiento y distribución

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pretratamiento</b>	<b>Almacenamiento Distribución</b>	<b>LMP TUSLMA</b>	<b>LMP INEN 1108</b>
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100mL	<1,1	<1,1	50	-
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	<1,1	<1,1	20	<1,1

**Tabla 14.** Parámetros microbiológicos Domicilio

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Domicilio</b>	<b>LMP TULSMA</b>	<b>LMP INEN 1108</b>
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100mL	<1,1	50	-

<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	<1,1	20	<1,1
---------------------------	-----------	------	----	------

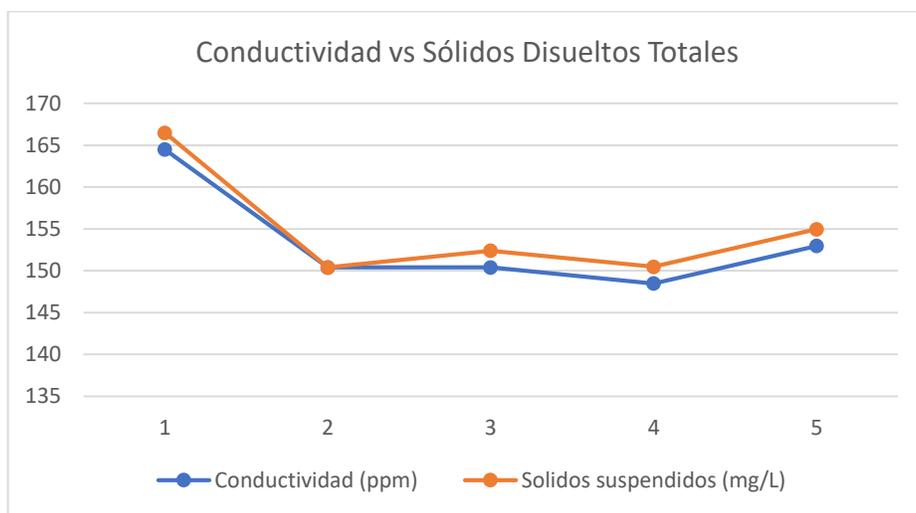
### 3.5 Análisis de parámetros de laboratorio

Con los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de agua en los distintos sitios de muestreo, se realizaron estudios cuantitativos, buscando así describir el comportamiento de los componentes constitutivos del agua en los diferentes procesos del servicio de provisión de la junta administradora de agua potable (captación, conducción, tratamiento y distribución), para proponer más adelante medidas de cuidado y mejora al sistema de agua potable, como se indica en las tablas a continuación, teniendo en cuenta los protocolos establecidos en la norma INEN.

#### 3.5.1 Parámetros Físicos

##### Conductividad y Sólidos disueltos totales

A continuación, en la **Figura 17** se observan los resultados de los análisis de Conductividad y Sólidos Disueltos totales en los diferentes puntos muestreados.



**Figura 17.** Resultados de los análisis de Conductividad vs Sólidos disueltos totales

En el caso de la conductividad de acuerdo con la normativa INEN 1108 2020, no se encuentra regulado el parámetro, debido a esto se comparó con otra normativa, como la de Perú. Los valores obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo varían entre 0,232 - 0,257  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que señala, que estos parámetros son bajos, además, si cumplen con el límite máximo permisible impuesto por normativa internacional como es el caso de Perú establece que para la conductividad un rango máximo es de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para agua potable.

La conductividad eléctrica está relacionada a la presencia de sólidos disueltos, el cual tiene la capacidad de ionizarse, es decir, el resultado de la conductividad permite conocer un valor estimado de los sólidos disueltos presentes en el cuerpo de agua.

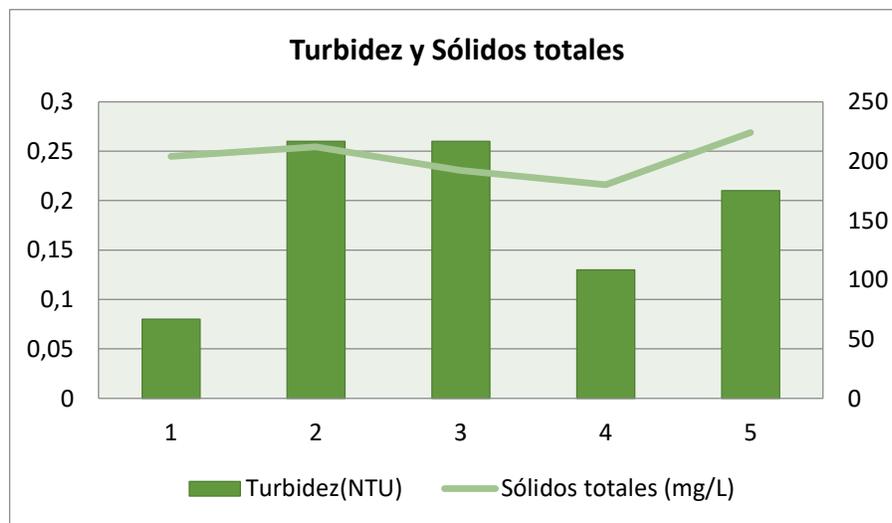
Los valores obtenidos en los cinco puntos de muestreo indican que los resultados obtenidos se encuentran en un rango entre 0–2 mg/L, cumplen con el límite máximo permisible impuesto en la normativa vigente TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, la cual establece un valor de 500 mg/L.

Se observan que en los 4 puntos de muestreo hay una similitud de valores, la cual no es relevante. Debido a que ninguno de los puntos de muestreo sobrepasa el rango establecido por la norma vigente, el valor de los sólidos disueltos totales es proporcional a la conductividad.

Al llevar a cabo esta comparación entre sitios de muestreo se puede señalar que se encuentran en un rango cercano, debido a que en ciertos puntos no existe un aporte alto de iones en vista de rocas, tipo de tierra, desagüe, torrentera. Esto genera que se de dicha comparación.

### Turbidez y Sólidos totales

A continuación, en la **Figura 18** se observan los resultados de los análisis de sólidos totales en los diferentes puntos muestreados.



**Figura 18.** Resultados de los análisis de Sólidos totales

El parámetro "sólidos totales" no es regulado en la Normativa Nacional Vigente, sin embargo se analizaron dichas muestras para la aplicación de la metodología empleada en el cálculo

de sólidos disueltos, a través de diferencia aritmética, parámetro que es regulado en el TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2.

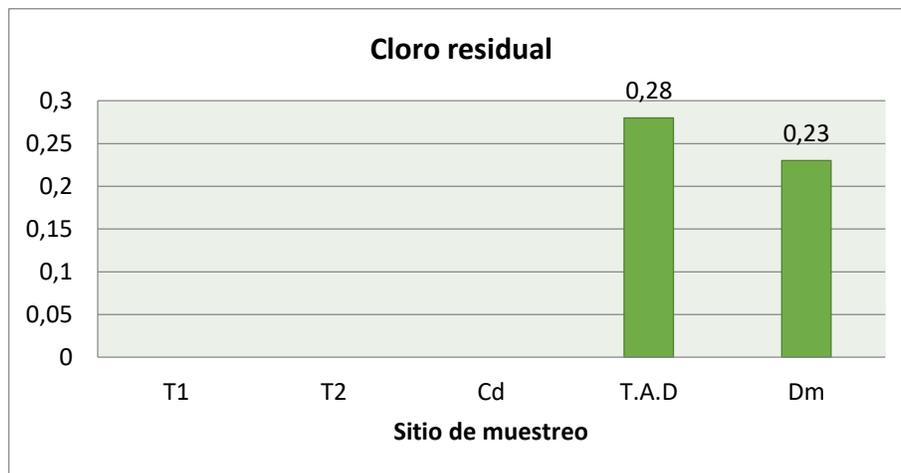
Una vez analizados los datos en cada punto se determinó que los resultados de turbiedad se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en la normativa ecuatoriana INEN 1108, el cual determina como máximo 5 NTU, mientras que, en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, el cual establece un máximo de 10 NTU. Por ende, se puede determinar que cada una de las muestras cumple con la normativa, lo que hace que el agua potable sea de buena calidad.

En el punto del Desarenado (Cd) y tanque de almacenamiento y distribución (T.A.D) referentes a los tanques de almacenamiento, se observa valores altos comparados con los demás puntos, debido a que al existir mayor cantidad de material particulado o en suspensión como arcillas, algas, tierra, etc. Acarreados por la corriente de agua de las vertientes, la turbiedad tiende a aumentar relacionando de esta manera ambos parámetros. Sin embargo, estos valores analizados son bajos, lo que demuestran que no causan mayor inconveniente en la calidad de agua de consumo.

### 3.5.2 Parámetros químicos

#### Cloro Libre Residual (CLR)

A continuación, en la **Figura 19** se observan los resultados de los análisis de cloro residual en los diferentes puntos muestreados



**Figura 19.** Resultado de los análisis de CL

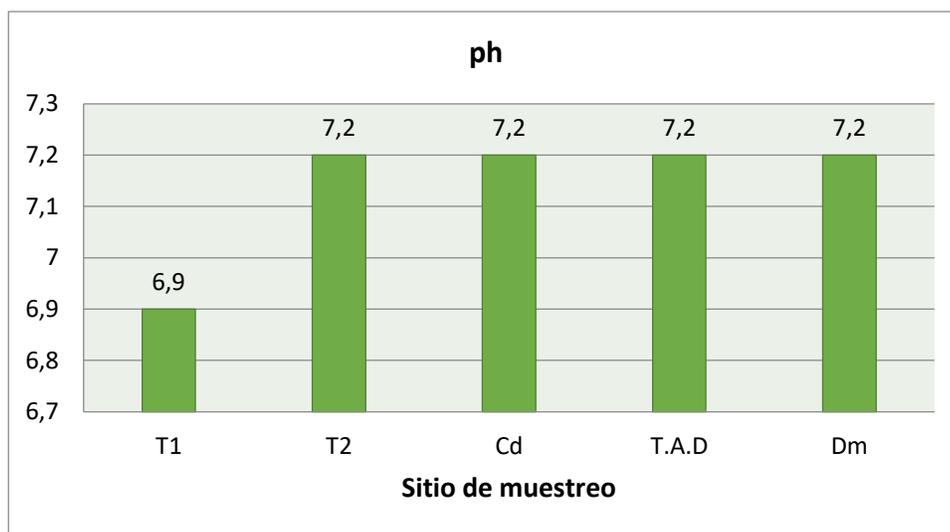
Los resultados señalan que se cumplen con el rango establecido en la normativa INEN 1108:2020, el cual determina un valor máximo de 1,5 mg/L. Se observa en el punto del tanque de almacenamiento y distribución (TAD) que la cantidad del cloro es más alta que en el punto del domicilio (DM), esto se debe a la desinfección que está presente antes de que

el agua pase al tanque (TAD) y se dirija por las líneas de conducción hacia Itulcachi.

Al obtener estos valores adecuados de cloro en el sistema se demuestra que, existe una mezcla homogénea entre el agua y el cloro. Por lo tanto, la dosificación se mantiene estable en la distribución desde el TAD hasta llegar al domicilio, puesto que los valores obtenidos no varían significativamente asegurando una desinfección al resto de la línea de distribución.

### Potencial de Hidrógeno (pH)

A continuación, en la **Figura 20** se observan los resultados de los análisis de pH en los diferentes puntos muestreados.



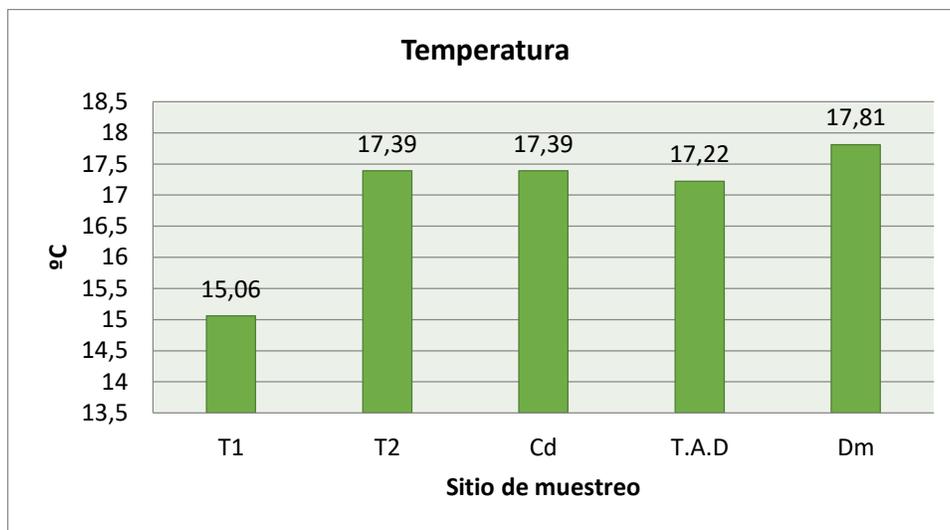
**Figura 20.** Resultado de los análisis de pH

Al analizar los valores registrados se determinó que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 2, el cual establece un rango de medida entre 6 – 9.

Se observan una similitud de resultados en 4 puntos, no varían significadamente y representan un valor neutral, sin embargo, el pH se encuentra entre 6,9 – 7,2; el cual se evidencia que el rango es aceptable para agua de consumo. Además de no presentar problemas de acidez y corrosión que puedan afectar a las tuberías y causar problemas en la salud humana, por ello el agua se encuentra en buen estado y es apta para consumo.

### Temperatura

A continuación, en la **Figura 21** se observan los resultados de los análisis de temperatura en los diferentes puntos muestreados.

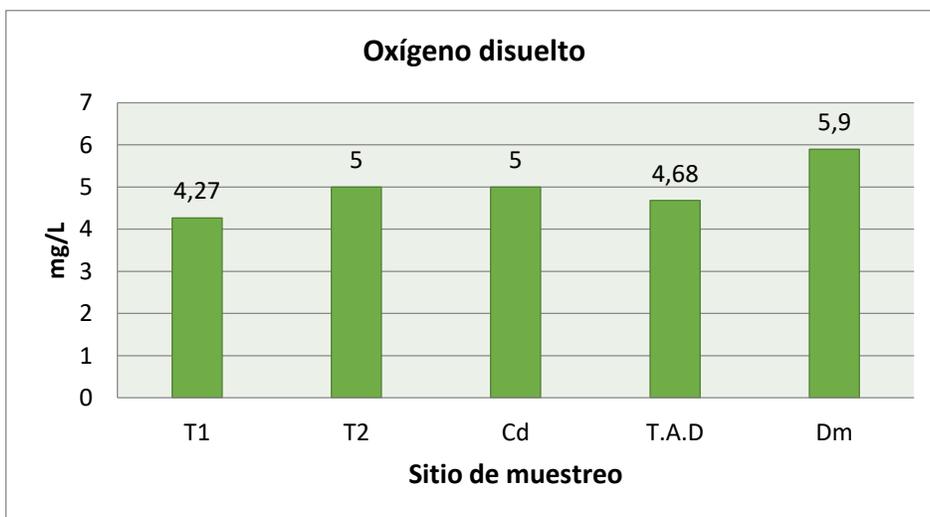


**Figura 21.** Resultado de los análisis de Temperatura

La temperatura corresponde a un parámetro que depende netamente de las condiciones climáticas, siendo importante para determinar la saturación de oxígeno disuelto, los resultados muestran que la temperatura se mantiene constante y oscilando el valor denominado “temperatura ambiente”, para la ciudad de Quito y sus alrededores varía entre 19 y 21 grados centígrados.

### Oxígeno disuelto

A continuación, en la **Figura 22** se observan los resultados de los análisis del oxígeno disuelto en los diferentes puntos muestreados.



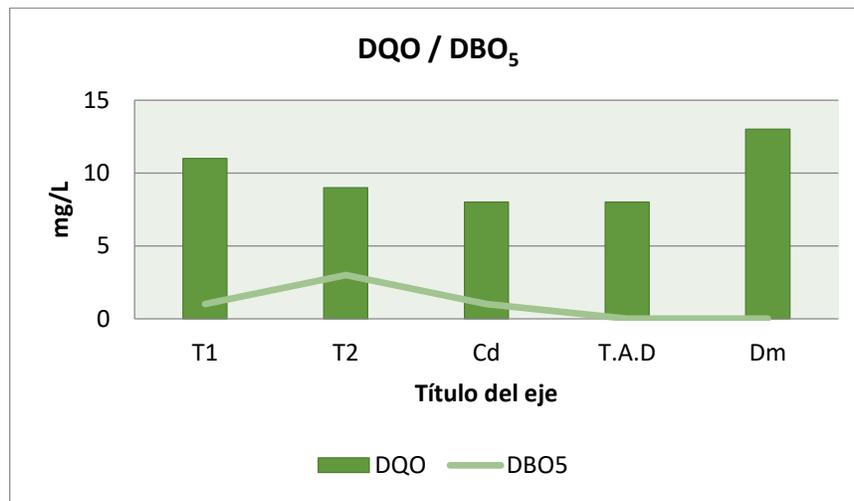
**Figura 22.** Resultado de los análisis del Oxígeno disuelto

En el análisis en conjunto de este parámetro, los valores obtenidos en los 5 sitios de muestreo indican que ninguna muestra cumple con el valor mínimo (6 mg/L) permitido en la

Normativa Nacional Vigente TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2. Sin embargo, analizando cada sitio se observa un aumento constante que se acerca al límite máximo permitido, esto debido al aumento de temperatura con un nivel pobre de oxígeno disuelto en la captación de las vertientes, manteniéndose hasta llegar a un nivel aceptable en el domicilio.

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

A continuación, en la **Figura 23** se observan los resultados de los análisis de DQO y DBO<sub>5</sub> en los diferentes puntos muestreados.



**Figura 23.** Resultado de los análisis de la DQO y DBO<sub>5</sub>

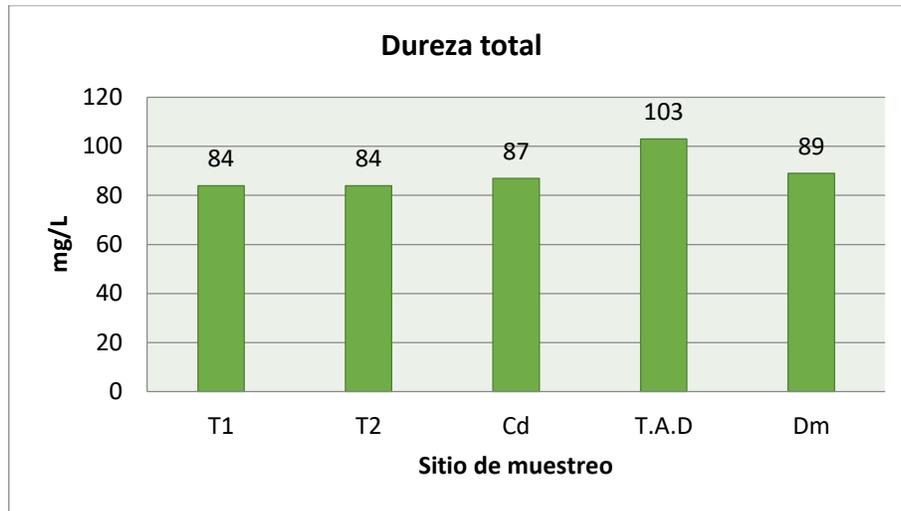
El resultado de los análisis para el parámetro DBO<sub>5</sub>, indica que no existen puntos que superan el valor máximo (2,0 mg/L) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), lo cual nos indica que no existe contaminación cruzada que se da por el contacto directo con la tierra y vegetación.

El resultado de los análisis obtenidos en los 5 sitios de muestreo en la medición de DQO, se encuentran en un rango entre 8 - 13 mg/L. Y conforme al rango establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2; se registran valores bajos de DQO, por lo tanto, se descarta la presencia de materia orgánica

Generalmente la DQO será mayor que la DBO<sub>5</sub>, se determina que los parámetros en conjunto son proporcionales, además se cumple que la DQO sea más alta que la DBO<sub>5</sub> debido a que varias sustancias orgánicas se oxidan de forma química no de manera biológica, estableciendo en la relación DBO<sub>5</sub>/DQO un índice de biodegradabilidad general de 0,25 siendo biodegradable, lo que indica que para un tratamiento posterior no es necesario utilizar sistemas biológicos.

### **Dureza Total**

A continuación, en la **Figura 24** se observan los resultados de los análisis de Dureza total en los diferentes puntos muestreados.



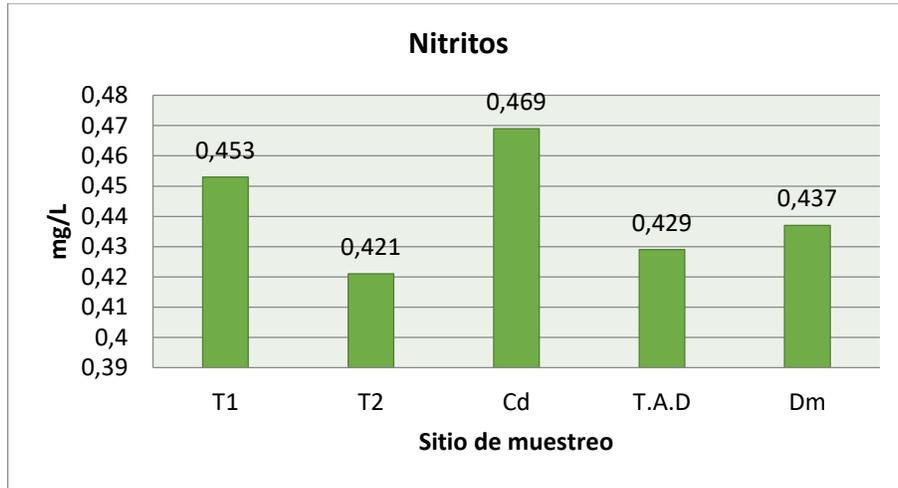
**Figura 24.** Resultado de los análisis de Dureza total

Los resultados obtenidos en este parámetro señalan que, en cada sitio de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2; el cual indica un rango de medida de 500mg/L. Tomando este valor como referencia se logró determinar que los valores obtenidos son bajos y se encuentran en un rango de 84 – 103 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , lo cual señala que el agua analizada es blanda. Esto se debe que, al no existir altas concentraciones de iones de calcio, magnesio y carbonatos se previene la formación de incrustaciones en las tuberías del sistema de agua.

En el punto del tanque de almacenamiento y distribución (TAD) se observa que el nivel de dureza se encuentra elevado en comparación a los otros puntos, esto se debe a que el agua que es conducida a este tanque cuenta con la presencia de minerales y elementos disueltos, estas son visibles pasado un tiempo en grifos expuestos al líquido, lo que genera que el agua en este punto sea moderadamente dura. Sin embargo, en los demás puntos se observan que los niveles de dureza disminuyen relativamente entre 84 – 89 mg/L, lo cual señalan que en estos puntos el agua es considerada blanda, la disminución se debe al aumento de la temperatura para que precipiten el carbonato de calcio y el hidróxido de magnesio. Después mediante filtración se desaparece los iones de disolución lo que indica niveles bajos de dureza total en el agua.

### **Nitritos ( $\text{NO}_2$ )**

A continuación, en la **Figura 25** se observan los resultados de los análisis de Nitritos en los diferentes puntos muestreados.



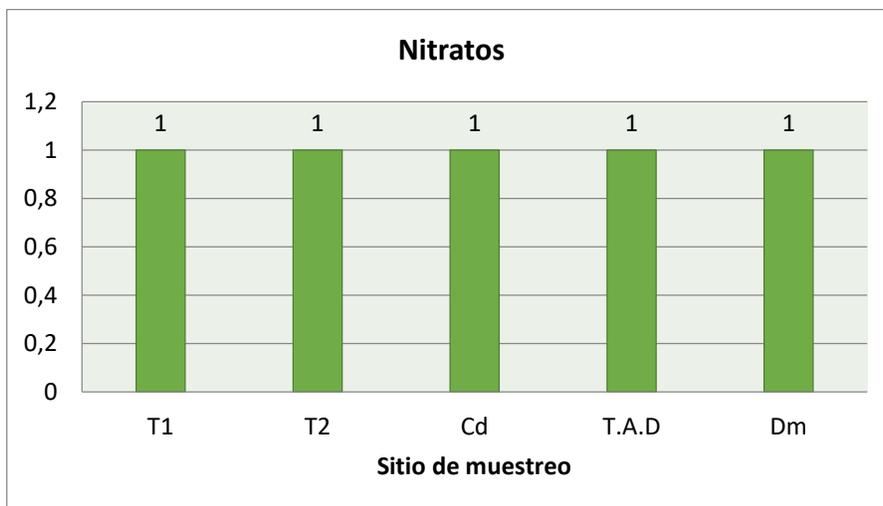
**Figura 25.** Resultado de los análisis de Nitritos

En cuanto al análisis de estos resultados se determina que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana INEN 1108, el cual indica un valor máximo de 0,2 mg/L, y en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, el cual indica un valor máximo de 1 mg/L.

Es así como en el punto del desarenador (Cd) y el tanque principal (T1) se observan valores altos de nitritos, esto se debe a la falta de limpieza y mantenimiento en el tanque, ya que los nitritos se generan debido a la presencia de contaminantes bacteriológicos por las características del lugar. Sin embargo, sus valores son bajos y esto implica que el agua está en buenas condiciones.

### **Nitratos**

A continuación, en la **Figura 26** se observan los resultados de los análisis de Nitratos en los diferentes puntos muestreados.

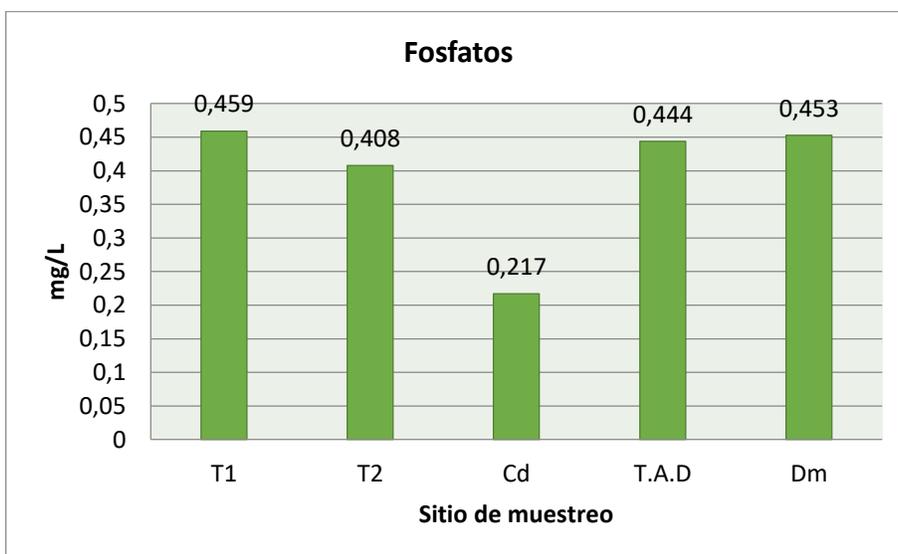


**Figura 26.** Análisis de los resultados de Nitratos

El resultado de los análisis del conjunto de muestras, indica los puntos de interés se encuentran dentro de los límites (10,0 mg/L) establecidos en la Normativa Nacional Vigente TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2 y de 50 mg/L según regula la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2020.

### Fosfatos

A continuación, en la **Figura 27** se observan los resultados de los análisis de Fosfatos en los diferentes puntos muestreados.



**Figura 27.** Resultado de los análisis de Fosfatos

El fósforo es un nutriente indispensable para el crecimiento de plantas y animales, encontrándose en forma de partículas, solución, partes sueltas o en el cuerpo de organismos acuáticos. Las sustancias más esenciales que aportan con fósforo al agua son pesticidas y

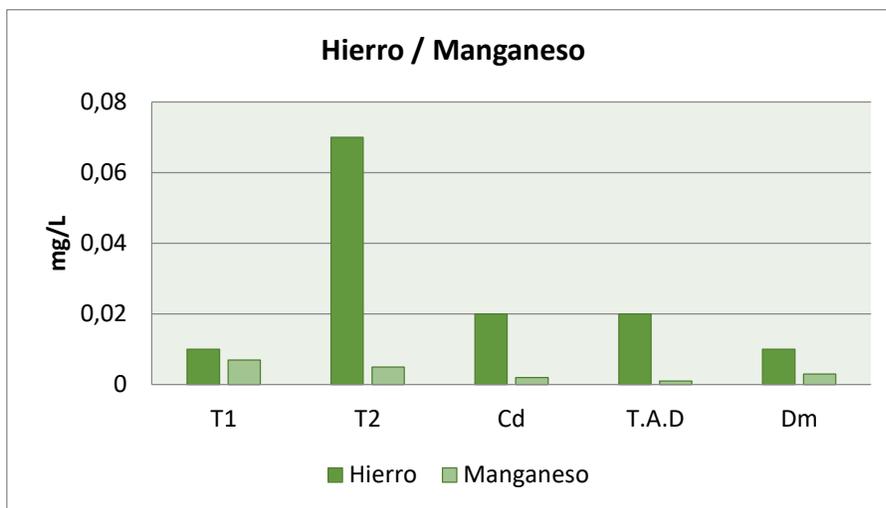
detergentes.

El parámetro fosfato no se encuentra regulado en la norma establecida TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 2, por ende si se encontrasen valores altos de fósforo en el agua, se procede a tomar medidas de control en la captación, como cercado, remoción de plantas, previniendo así la contaminación del recurso aguas abajo en relación a la calidad que posee la misma en su origen.

Como se observan en los resultados de análisis el fosforo se encuentra en un rango de 0,217 – 0,459 ppm, el cual es un rango aceptable ya que por lo general en el agua cruda no suele exceder de 1 ppm, y a su vez no presentan variaciones significativas en cada sitio del muestreo, por lo que se evita la formación de vegetación debido a la eutrofización en cuerpos hídricos y su remoción implicaría una elevada inversión de capital.

### Hierro y Manganeseo

A continuación, en la **Figura 28** se observan los resultados de los análisis del Hierro y Manganeseo en los diferentes puntos muestreados.



**Figura 28.** Resultado de los análisis de Fe y Mn

En la Normativa Técnica Ecuatoriana (INEN 1108:2020), el parámetro hierro soluble no está regulado, no obstante, el hierro soluble (2+) al oxidarse (hierro 3+) precipita, en cuanto al resultado de manganeseo se encuentran en el rango de 0,001 – 0,007 mg/L encontrando estos elementos regulados en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2) los valores obtenidos cumplen el valor normado dentro de los límites (1,0 mg/L) establecidos.

Lo favorable es que el manganeso se encuentra presente como  $Mn^{4+}$ , es decir que está en su forma más estable, las bajas concentraciones señalan que se previene problemas como incrustaciones en las tuberías, accesorios de tubería y dificultades en el sistema de distribución.

La presencia de manganeso y hierro, está asociada a la configuración geológica de su procedencia, siendo un micronutriente importante para el funcionamiento celular de plantas, animales y algunos microorganismos, de modo que los parámetros mencionados guardan relación con la cantidad de oxígeno disuelto. En la tabla 19 comparando los resultados y teniendo en cuenta el oxígeno disuelto, se determina una presencia mínima de manganeso en todos los sitios de análisis mientras el valor del hierro oscila con valores más altos, pero dentro del límite establecido por la normativa. La presencia elevada de estos dos compuestos pueden darle un sabor, color y olor indeseable al agua, además de ocasionar serios problemas para la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable, siendo necesario un tratamiento para la remoción de los compuestos para considerarla apta para el consumo.

### **Coliformes Totales y Fecales**

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro coliformes totales, indica que no existe algún punto muestreado que superé el límite máximo (50 NMP/100 mL) establecido en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2) siendo el valor obtenido en todos los sitios de muestro menor a 1,1 NMP/100 mL, descartando así contaminación cruzada debido a la presencia de actividad agrícola.

El resultado de los análisis del conjunto de muestras para el parámetro Coliformes Fecales, indica que no existen puntos que superan los límites máximos (20 NMP/100 mL) establecidos en la Normativa Nacional Vigente (TULSMA Libro VI, Anexo I, tabla 2), siendo el valor obtenido en todos los sitios de muestro menor a 1,1 NMP/100 mL, cumpliendo también con lo establecido por la Norma INEN 1108:2020, sin embargo la normativa establece que el agua de consumo debe al menos tener un proceso de desinfección. Es importante fortalecer y aumentar medidas de control, como cercado alrededor de las vertientes, remoción de vegetación, elevación de los tanques rompe - presión, conducción cerrada; evitando la presencia de este grupo bacteriano.

### 3.6 Determinación del Índice de Calidad del Agua ICA Vertientes

Con los resultados obtenidos de los análisis se procede a calcular el “ICA-NSF” para evaluar la calidad del agua de consumo.

**Tabla 15.** Resultados del análisis físico, químicos y microbiológicos

		Sitio de muestreo					Unidad
		Captación vertientes	Captación tanque de tratamiento	Pretratamiento	Almacenamiento/ Distribución	Domicilio	
<b>Parámetros In situ</b>	Conductividad	0,257	0,235	0,235	0,232	0,239	uS/cm
	Temperatura	15,06	17,39	17,39	17,22	17,81	°C
	Turbidez	0,08	0,26	0,26	0,13	0,21	NTU
	Oxígeno disuelto	4,27	5	5	4,68	5,9	mg/L
	pH	6,9	7,2	7,2	7,2	7,2	
<b>Parámetros de Laboratorio</b>	Sólidos totales	204	212	192	180	224	mg/L
	Sólidos suspendidos	2	0	2	2	2	
	DQO	11	9	8	8	13	mg/L
	DBO <sub>5</sub>	1	3	1	0	0	mg/L
	Dureza total	84	84	87	103	89	mg/L
	Fosfatos	0,459	0,408	0,217	0,444	0,453	mg/L
	Nitritos	0,453	0,421	0,469	0,429	0,437	mg/L
	Nitratos	1	1	1	1	1	mg/L
	Hierro	0,01	0,07	0,02	0,02	0,01	mg/L
	Manganeso	0,007	0,005	0,002	0,001	0,003	mg/L
	Cloro residual	-	-		0,28	0,23	mg/L
	Coliformes Totales	<1.1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	NMP/100mL
	Coliformes Fecales	<1.1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	NMP/100mL

Nota: Para el oxígeno disuelto, el cálculo se realizó con el valor del porcentaje de saturación, considerando variables como la solubilidad en el agua, temperatura del agua, presión del lugar en función de su altura. En el **Anexo 2** se especifican las tablas empleadas para el cálculo y en la **Tabla 15** los resultados en cada sitio de estudio.

**Tabla 16.** Porcentaje de Saturación del OD

Sitio de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura del agua (°C)	Presión atmosférica (mmHg) (nivel del mar)	100% Oxígeno disuelto (mg/L)	Porcentaje de saturación (%)
Captación vertientes	4,27	15	720	9,62	44%
Captación tanque de tratamiento	5	17	720	9,22	54%
Pretratamiento	5	17	720	9,22	54%
Almacenamiento /Distribución	4,68	17	720	9,22	50%
Domicilio	5,9	18	720	9,04	65%

Para determinar el valor del “ICA” en un punto específico es indispensable que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo los cuales son: coliformes fecales, pH, (DBO<sub>5</sub>), nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto.

Los valores de los subíndices para cada parámetro son calculados por medio de curvas, ver **Anexo 4** para una mejor interpretación.

**Tabla 17.** Valores asignados a parámetros escogidos

Parámetro	AGUA CRUDA			
	Captación vertientes	Subíndice	Captación tanque de tratamiento	Subíndice
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<1,1	99	<1,1	99
pH	6,9	88	7,2	91
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1	90	3	71
Nitratos (mg/L)	1,18	92	1,137	91
Fosfatos (mg/L)	0,5	75	0,4	73 *
Temperatura (°C)	15.06	54	17,39	79
Turbidez (NTU)	0,08	99	0,26	98
Sólidos disueltos totales (mg/L)	202	72	212	70,5
Oxígeno disuelto* (mg/L)	4	35	5	49
	44%		54%	

**Tabla 18.** Valores asignados a parámetros escogidos

Parámetro	AGUA TRATADA					
	Pretratamiento	Subíndice	Almacenamiento /Distribucion	Subí	Domicilio	Subíndice
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<1,1	100	<1,1	100	<1,1	100
pH	7,2	91	7,2	91	7,2	91
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1	90	0	100	0	100
Nitratos (mg/L)	1,15	91	1,26	90	1,4	88
Fosfatos (mg/L)	0,2	97	0,44	80	0,45	81
Temperatura (°C)	17,39	79	17,39	79	17,22	78
Turbidez (NTU)	0,26	98	0,13	99	0,21	98
Sólidos disueltos totales (mg/L)	190	73	178	76	222	70
Oxígeno disuelto* (mg/L)	5	49	4	42	5,9	62
	54%		50%		65%	

### Procedimiento aritmético de cálculo del ICA

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i \times w_i)$$

$$ICA = [(100 \times 0,15) + (88 \times 0,12) + (90 \times 0,1) + (92 \times 0,1) + (75 \times 0,1) + (54 \times 0,1) + (99 \times 0,08) + (72 \times 0,08) + (35 \times 0,17)]$$

$$ICA = 76,29$$

**Tabla 19.** Resultados calculo ICA-NSF

Parámetro	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO				
	Captación vertientes	Captación tanque de tratamiento	Pretratamiento	Almacenamiento /Distribución	Domicilio
	Sub*wi	Subí*wi	Sub*wi	Subí*wi	Sub*wi
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	15	15	15	15	15
pH	10,56	10,92	10,92	10,92	10,92
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	9	7,1	9	10	10
Nitratos (mg/L)	9,2	9,1	9,1	9	8,8
Fosfatos (mg/L)	7,5	7,3	9,7	8	8,1
Temperatura (°C)	5,4	7,9	7,9	7,9	7,8
Turbidez (NTU)	7,92	7,84	7,84	7,92	7,84
Sólidos disueltos totales (mg/L)	5,76	5,64	5,84	6,08	5,6
Oxígeno disuelto* (mg/L)	5,95	8,33	8,33	7,14	10,54
<b>ICA-NSF</b>	<b>76,29</b>	<b>79,13</b>	<b>83,63</b>	<b>81,96</b>	<b>84,60</b>

Al comparar los resultados obtenidos del ICA- NSF antes y después del tratamiento se observa una notable mejoría en todos los parámetros, esto debido a las mallas colocadas antes en el sistema que se realiza antes de la desinfección con cloro, de esta manera con un ICA – NSF en la fuente es de 76,29 se llega a un ICA – NSF de 84,60 en el domicilio, llegando a concluir que el sistema primario de remoción de sólidos y el sistema de cloración son eficientes para la potabilización.

Por ultimo como se observa en la **Tabla 20**, se procedió a la interpolación de la calidad de agua de acuerdo al índice, el cual refleja que el agua en los cinco puntos de monitoreo se encuentra de buena calidad, es decir levemente contaminada, por lo cual sin un previo tratamiento no es apta para consumo humano, sin embargo, sirve para recreación, actividades agrícolas o ganaderas, riego e industrial (Alpina, 2019).

**Tabla 20.** Escala de Valoración ICA

<b>Classification del agua</b>	<b>Color</b>	<b>Valor ICA</b>
Excelente		91 a 100
<b>Buena</b>		<b>71 a 90</b>
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		2 a 25

### 3.7 Socialización de los Resultados

Con la información obtenida se comunicó a los barrios las diferentes actividades realizadas durante el levantamiento de información, análisis de parámetros y el cuidado de las vertientes naturales, esto permite que la comunidad conozca el estado actual de agua de consumo humano que obtienen a diario.

La socialización fue realizada con la participación de los miembros de la junta administradora y la comunidad de Itulcachi, quienes en su mayoría se dedican a la ganadería, agricultura y manufactura, siendo sus principales ingresos económicos, durante la reunión se presentó los resultados obtenidos con la finalidad de exponer a los presentes el valor de contar con fuentes naturales de agua, preservación de las vertientes, formas de contaminación del agua, causas de contaminación en las fuentes, principales enfermedades de origen hídrico e implementación de tratamientos de desinfección que pueden ser realizados en la comodidad del hogar. Por ello se propone involucrar a todos con el cuidado y conservación de este recurso (GADIC, 2013).

### **3.8 Propuestas para el cuidado y preservación de las vertientes.**

Para el cuidado y preservación de las vertientes se debe tomar en cuenta factores que pueden ocasionar daño a las microcuencas donde se genera las vertientes los cuales son: el pastoreo en el sector, falta de la delimitación de la frontera agrícola, quema de vegetación y uso del sector donde se encuentran las vertientes para actividad agrícola. Los resultados obtenidos de la calidad del agua indica que estos factores no se han dado en el sector, por una buena gestión de los miembros de la junta administradora de Itulcachi.

Para mantener la calidad del agua y asegurar que el caudal sea idóneo se plantea propuestas de cuidado para las vertientes e indicaciones de mantenimiento en el sector donde se da la captación.

- Evitar que el sector dónde sale el agua del manantial sea una zona de pastoreo de ganado, porque puede existir contaminación cruzada por los desechos generados por este tipo de prácticas.
- Dar mantenimiento a ríos, y manantiales presentes en la zona por lo menos 3 veces al año, al principio de cada estación, quitando basura orgánica e inorgánica, abriendo cauce al agua para que fluya evitando que se estanque y se descomponga.
- mantener los alrededores de ríos y manantiales con la vegetación nativa del lugar, que da lugar a un desarrollo normal de fauna silvestre que regenera y conserva el ecosistema.
- Por lo menos 2 veces al año, al principio de verano e invierno, realizar un análisis de calidad del agua. Y luego informar a la comunidad sobre los resultados.
- El ingreso a las vertientes son semi-abiertas, es decir cercas solamente construidas de palos y alambres de púas, se sugiere asegurar dicha área mediante el uso de cercas con candado y evite que personas ajenas a la zona entren sin supervisión del operador de la junta.



**Figura 29.** Cercas inseguras en la entrada

- Ciertos tramos de trayecto hacia el tanque principal son extremadamente angostos como se observa en la Figura 30; se requiere realizar actividades de desbroce y limpieza de estos tramos.



**Figura 30.** Tramo hacia las vertientes

- Los senderos no cuentan con una buena visibilidad peatonal, ya que se encuentran cubiertos por maleza y vegetación como se observa en la Figura 31. Se debe realizar una limpieza de la maleza y vegetación cada mes o cuando se evidencie un crecimiento excesivo alrededor de los senderos, ya que estos senderos permiten realizar trabajos de operación y mantenimiento tanto preventivos como correctivos de tramos de las tuberías del sistema de abastecimiento, permitiendo así que el personal identifique las áreas rápidamente.



**Figura 31.** Senderos

- En la Figura 32 se observa como el sendero es interrumpido por el paso del Rio Itulcachi, cuenta con un puente que permite el paso del personal, el cual se encuentra en mal estado; se recomienda la construcción de nuevos andamios; de manera que permita la libre circulación, especialmente en épocas de aumento del rio.



**Figura 32.** Puente rio Itulcachi

- En las zonas donde se encuentran las cuatro válvulas de aire cada una en su respectiva caja, se sugiere realizar limpiezas dentro y fuera de las cajas, lo cual permita proteger los accesorios de accidentes en el sistema de agua, ya que se las observan con malezas a su alrededor y hace difícil manipularlas.



**Figura 33.** Válvulas de aire

- En ciertos tramos las tuberías de PVC de la línea de conducción se encuentran expuestas, siendo susceptibles a cristalizarse por el sol, a roturas cuando ingresan personas inescrupulosas o por deslaves de rocas, vegetación de los senderos dada la geografía del lugar. Se sugiere enterrarlas.



**Figura 34.** Tubería expuesta a lo largo de la línea de conducción

- Las tuberías de distribución se encuentran enterradas a los lados de las calles en Itulcachi, como se observa en la Figura 35 la tubería sobresale en la tierra, según lo expuesto por el operador de la Junta Administradora de Agua Potable de Itulcachi cumplen con la profundidad mínima de seguridad, no obstante, debido la geografía de la zona que es susceptible a deslaves ya que las calles son de tierra. Se recomienda un seguimiento de las zonas propensas a estos incidentes y en caso de existir un daño solucionarlo con la mayor brevedad posible.



**Figura 35.** Tubería de distribución

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

- El incumplimiento de los resultados de Oxígeno Disuelto (OD) se debe a que el sistema en general se encuentra cerrado y el agua proviene de vertientes bajo el suelo, impidiendo que el proceso de difusión entre la atmósfera y el agua sea alto. Destacando también que este parámetro se encuentra cercano a cumplir los límites establecidos y el factor de la temperatura pudo influir en los resultados obtenidos, de este modo recomendar un proceso o trabajo adicional para que este parámetro se encuentre en los límites no es muy viable.
- Respecto a los parámetros que fueron analizados en el laboratorio, se halló otro incumplimiento del límite máximo permisible de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en todos los puntos de monitoreo de acuerdo al TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2 y a la Normativa INEN 1108.
- El Índice de Calidad del Agua (ICA- NFS) se encuentra en el rango entre 76 – 84, lo que determinó que el agua que poseen los barrios de Itulcachi y El Belén es de buena calidad, garantizando su uso regular por los pobladores
- Durante el recorrido que realiza la tubería de conducción por los senderos, desde el tanque principal hacia la planta de tratamiento, se ve comprometida seriamente en ciertos tramos, ya que la tubería se encuentra expuesta, lo cual la hace susceptible a tener fallas y se vea comprometida la calidad y disponibilidad del agua que se dirige a Itulcachi. Motivo por el cual se plantea propuestas para mantener el sistema de abastecimiento en buenas condiciones generando soluciones a las problemáticas encontradas en el desarrollo de este trabajo.
- Mediante la socialización realizada por medio de la plataforma ZOOM, se logró un acercamiento entre los miembros de la junta administradora de Itulcachi y algunos miembros de la comunidad, lo cual fue importante presentar los resultados que obtuvimos en el

desarrollo de este trabajo. Se presentaron los resultados de los análisis con su respectiva comparación con las normas vigentes y el incumplimiento de ciertos parámetros. Se explicó detenidamente el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, despejando ciertas dudas de la comunidad sobre el cuidado e importancia de mantener el recurso agua.

## **4.2 Recomendaciones**

- Para que el valor de la Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) se encuentre en los límites permisibles se recomienda implementar un filtro lento entre la conducción que viene desde las vertientes y el tanque de captación.
- Disponer de todos los equipos necesarios para llevar al cabo muestreos in situ
- Realizar un muestreo en conjunto de los parámetros que se van analizar resulta complicado, es necesario establecer un cronograma y realizar en varias visitas los muestreos necesarios para el análisis.
- Realizar capacitaciones al personal encargado de la Junta Administradora de Agua Potable, orientadas al cuidado de las vertientes y mejora del sistema de agua potable.
- Realizar periódicamente análisis de la calidad del agua para asegurar la calidad de la misma y el bienestar de la población a la que se abastece.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Obtenido de NTE-INEN 1108:2020: <https://www.normalizacion.gob.ec>

*American Public Health Association*. (2005). Obtenido de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, Washington DC.: <https://aseq-ehaq.ca>

*CivilGeek*. (8 de Octubre de 2010). Obtenido de <https://civilgeeks.com>

SIAPA. (Febrero de 2014). Obtenido de Lineamientos Técnicos para Factibilidades, CAP. 2 SISTEMAS DE AGUA POTABLE: <https://www.academia.edu>

*Lenntech*. (2018). Obtenido de European Head Office: <https://www.lenntech.es>

*Carbotecnia*. (19 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com>

Aguirre, M. (19 de Noviembre de 2013). *Aguay Depuración*. Obtenido de <http://www.aguaydepuracion.com>

Alpina. (29 de Noviembre de 2019). Obtenido de <https://www.alpina.com>

Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. ( McGraw-Hill.) Obtenido de <https://cidta.usal.es>

Baños, A. (24 de Diciembre de 2018). *Higiene Ambiental*. Obtenido de <https://higieneambiental.com>

Collazos, C. (2008). *Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales*. (Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería ) Obtenido de <http://sistemamid.com>

DRH. (2017). *Gobierno de Tucuman*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Productivo: <http://www.rekursoshidricos.gov>

EPMAPS, D. (Agosto de 2013). *DEPARTAMENTO DE GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL*. Obtenido de <https://docplayer.es>

GADIC. (Junio de 2013). *Sistema de Agua Potable*. Obtenido de Junta Administradora: <https://www.compraspublicas.gob.ec>

HACH, M. (2000). Obtenido de <https://es.hach.com>

INEN. (2011). Obtenido de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec>

INEN. (2012). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>

- INTA. (2011). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de <https://inta.gob.ar>
- LASSO, A. M. (16 de Julio de 2007). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.com>
- Lurry, D. (23 de Noviembre de 2020). *Planning*. Obtenido de <https://pubs.usgs.gov>
- Mark McFarland, M. D. (2004). *Instituto de recurso de agua de Texas* . Obtenido de <http://tcebookstore.org>
- OMS. (2016). Obtenido de <https://www.who.int>
- Romero, J. (2013). *Calidad del Agua*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Salamanca, E. (2014). *TRATAMIENTO DE AGUAS PARA EL CONSUMO HUMANO*. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu>
- SNET. (2002). *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*. Obtenido de Water Quality Index (ICA): <http://www.snet.gob.sv>
- UDS. (2019). *Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. Universidad de Sevilla*. Obtenido de Ambientum: <https://www.ambientum.com>
- Valdiviezo, A. (2020). *IAGUA, Connecting Waterpeople*. Obtenido de <https://www.iagua.es>

## 6. ANEXOS

### ANEXO 1: PESOS DE VARIOS PARAMETROS PARA EL CONSUMO

Tabla 21. Pesos relativos para cada parámetro del ICA

Parámetros	Wi
Coliformes fecales	0,15
pH	0,12
DBO <sub>5</sub>	0,10
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos disueltos totales	0,08
Oxígeno disuelto	0,17
<b>Σ</b>	<b>1</b>

### ANEXO 2: INDICE DE BROWN

Tabla 22. Clasificación del ICA impuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		2 a 25

### ANEXO 3: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES: TULSMA

**Tabla 23.** Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Cloro Residual	Cl	mg/L	1,5
Coliformes Totales	-	NMP/100 mL	50*
Coliformes Fecales	-	NMP/100 mL	200
Conductividad	-	μS/cm	1500
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2
Demanda Química de Oxígeno	DQO	m/L	400
Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	-
Dureza (total)	CaCO <sub>3</sub>	mg/L	500
Hierro (total)	Fe	mg/L	0,3
Manganeso (total)	Mn	mg/L	0,1
Nitrato	N-Nitrato	mg/L	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/L	1,0
Oxígeno disuelto	O.D	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6-9
Sólidos totales	ST	mg/L	500
Sólidos disueltos totales	TDS	mg/L	500
Temperatura	-	°C	Condición Natural +/- 3 grados
Turbiedad	-	UTN	10

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Parámetros	Expresado Como	UNIDAD	Límite Máximo Permissible
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	2
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS			
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
PESTICIDAS Y HERBICIDAS			
Organoclorados totales	Concentración de	mg/l	0,01

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado Como</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite Máximo Permissible</b>
	organoclorados totales		
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

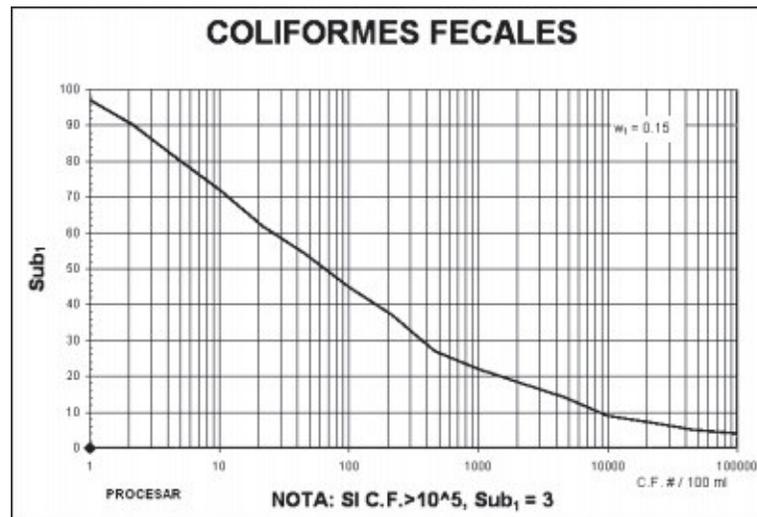
Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo I

**Tabla 24.** Requisitos Microbiológicos.

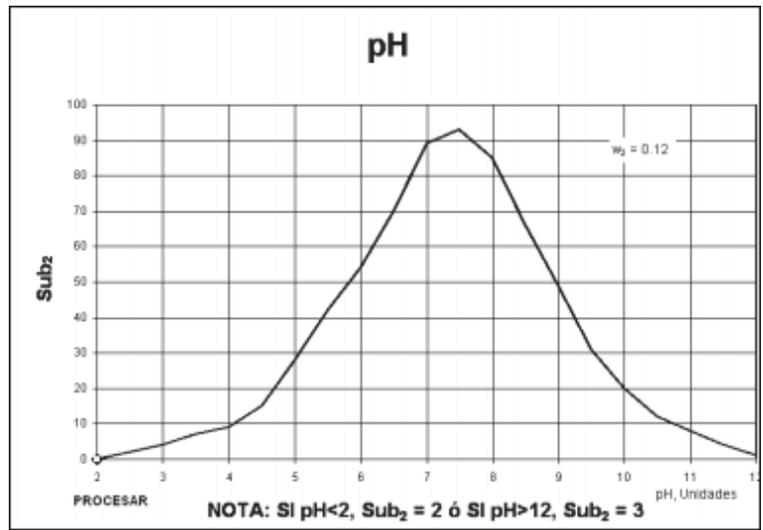
	Máximo
Coliformes fecales (1): - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
Cryptosporidium, número de ooquistes/100 litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias	

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2020

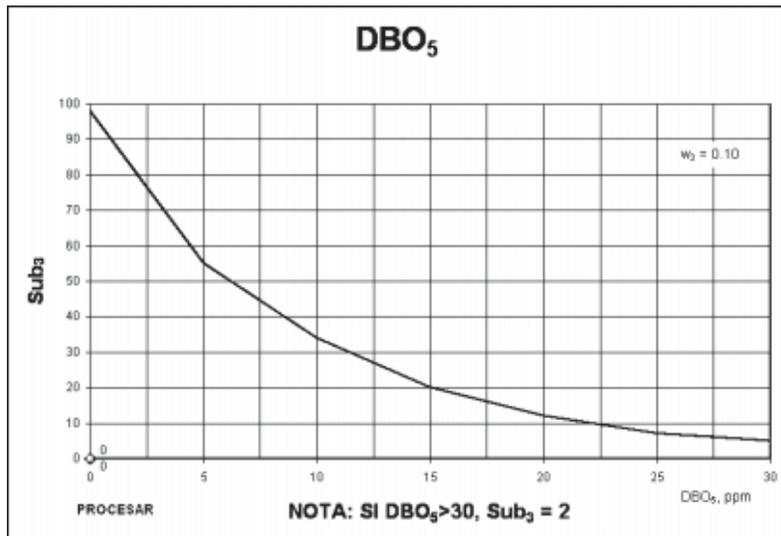
**ANEXO 4: VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE DIVERSOS PARÁMETROS: GRÁFICAS.**



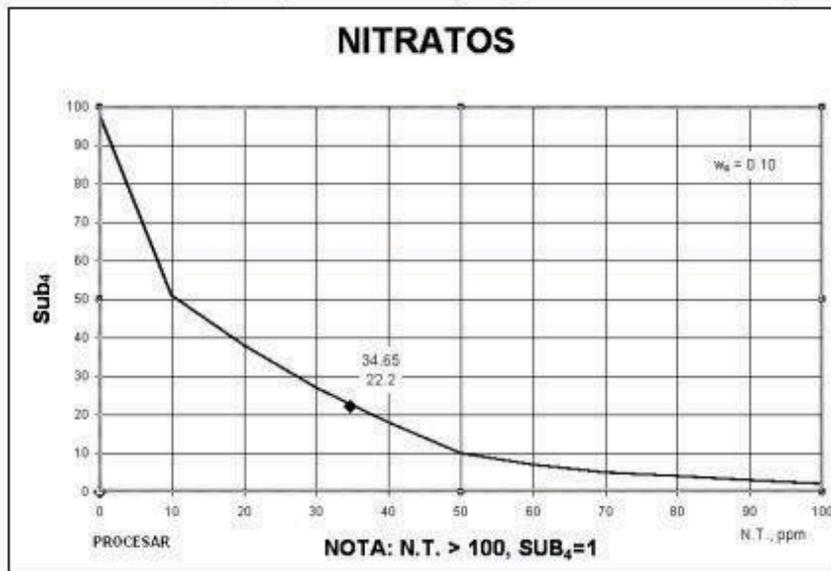
**Figura 36.** Valoración de la calidad del agua en función de coliformes fecales



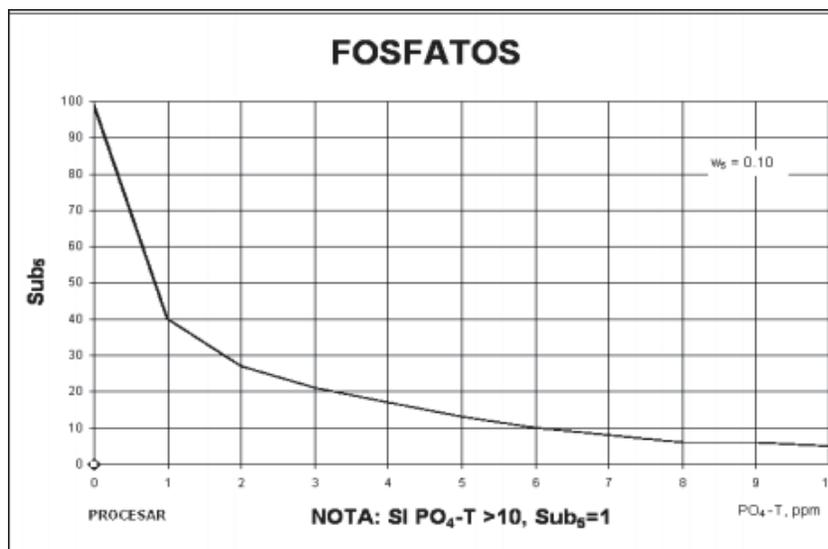
**Figura 37.** Valoración de la calidad del agua en función de pH.



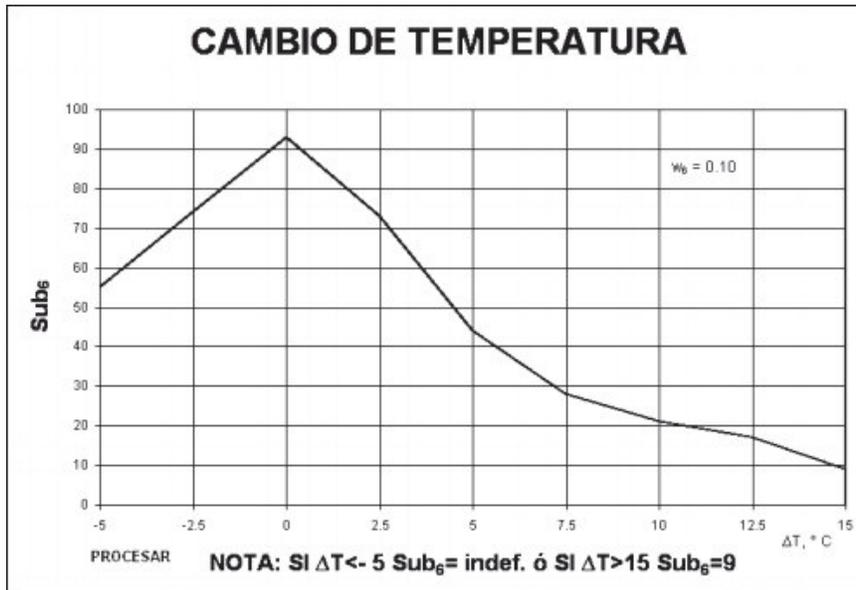
**Figura 38.** Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5



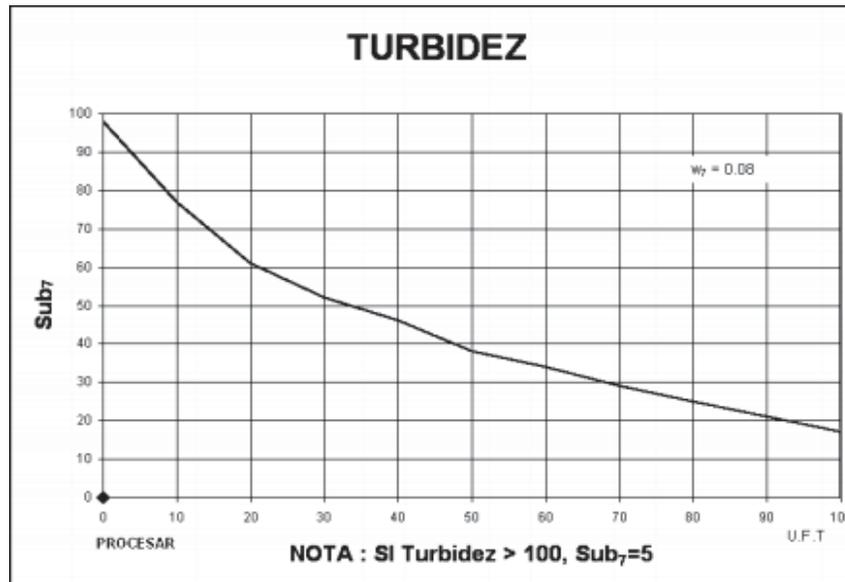
**Figura 39.** Valoración de la calidad del agua en función de nitratos.



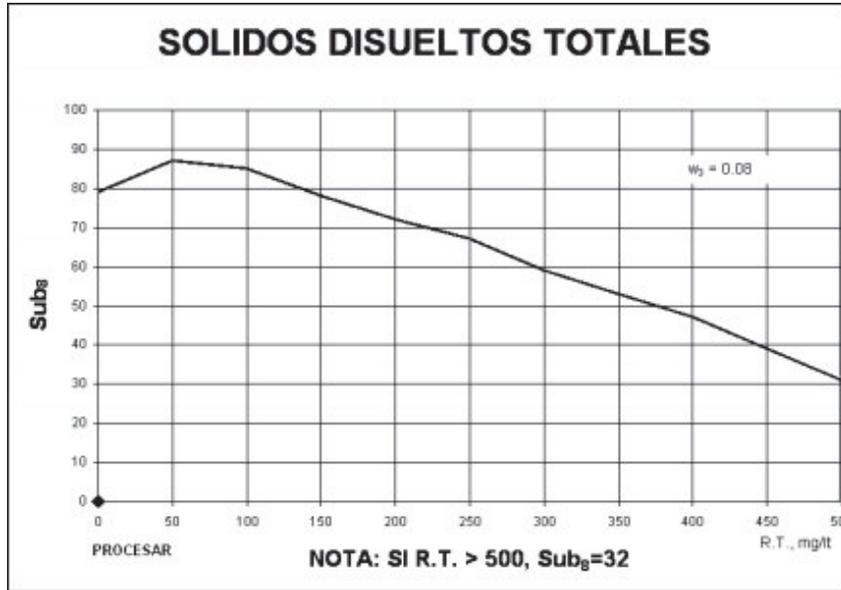
**Figura 40.** Valoración de la calidad del agua en función de fósforo.



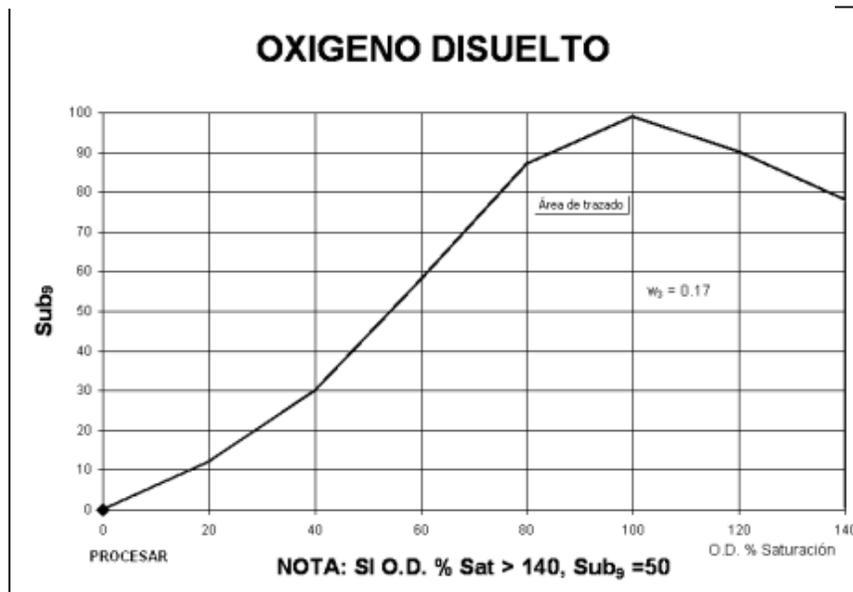
**Figura 41.** Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura



**Figura 42.** Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez.



**Figura 43.** Valoración de la calidad del agua en función del residuo total.



**Figura 44.** Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto

**Tabla 25.** Factores para corregir la presión parcial y la saturación relativa de gases a diferentes alturas.

Altitud (m)	Presión (mm Hg)	Factor parcial*	Factor de solubilidad (k**)
0	760	1,000	1,00
330	751	0,988	1,01
655	742	0,976	1,02
980	733	0,965	1,04
1.310	725	0,953	1,05
1.640	716	0,942	1,06
1.970	707	0,931	1,07
2.300	699	0,920	1,09
2.630	691	0,909	1,10
2.950	682	0,898	1,11
3.280	674	0,887	1,13
5.250	666	0,876	1,14
3.610	658	0,866	1,16
3.940	650	0,855	1,17
4.270	642	0,845	1,18
4.600	634	0,835	1,20
4.930	626	0,824	1,21
5.580	619	0,814	1,23
5.910	611	0,804	1,24
6.240	603	0,794	1,26
6.560	596	0,785	1,27
6.900	589	0,775	1,29
7.220	582	0,765	1,31
7.550	574	0,756	1,32
7.880	567	0,746	1,34
8.200	560	0,737	1,36
9.842	526	0,692	1,45

**Tabla 26.** Solubilidad de oxígeno en función de la temperatura y la salinidad

Temperatura °C	Solubilidad De Oxígeno (mg/L)					
	Salinidad (‰)					
	0. 030	9. 055	18. 080	27.105	36. 130	45. 155
0. 0	14. 621	13. 728	12. 888	12. 097	11. 355	10. 657
5. 0	12. 770	12. 024	11. 320	10. 656	10. 031	9. 441
10. 0	11. 288	10.656	10. 058	9. 493	8. 959	8. 454
15. 0	10. 084	9.541	9. 027	8. 540	8. 079	7. 642
20. 0	9. 092	8. 621	8. 174	7. 749	7. 346	6. 964
25. 0	8.263	7. 850	7. 457	7. 083	6. 728	6. 390
30. 0	7. 559	7. 194	6. 845	6. 513	6. 100	5. 806
35. 0	6. 950	6. 624	6. 314	6. 017	5. 734	5. 464
40. 0	6. 412	6. 121	5. 842	5. 576	5. 321	5. 078
45. 0	5. 927	5. 665	5. 414	5. 174	4. 944	4. 724
50. 0	5. 477	5. 242	5. 016	4. 799	4. 591	4. 392

**ANEXO 4: FICHAS CATASTRALES DE LOS ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO**

FICHA No.	IMAGENES DEL TANQUE PRINCIPAL		IMÁGENES DE LAS VALVULAS DE AIRE						
	1								
<b>CROQUIS DE UBICACIÓN DEL TANQUE Y DE LAS VÁLVULAS DE AIRE</b>									
<p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El punto 1: Tanque Principal</li> <li>• Los puntos 2, 3,4 y 5: Válvulas de aire</li> </ul>									
									
									
DATOS DE LAS VALVULAS DE AIRE									
No.	Diametro (mm)	Material	Profundidad (cm)	ESTADO FISICO			REQUIERE LIMPIEZA		
				B	R	M	Si	No	N/A
1	19	PVC	40	X			X		
2	19	PVC	40	X			X		
3	19	PVC	40		X		X		
4	19	PVC	40		X		X		

DATOS DEL TANQUE PRINCIPAL									
EVALUACION FISICA				COORDENADAS		REFERENCIA			
ELEMENTOS	MATERIAL	ESTADO			Norte	9966911,4	CODIGO	DISTANCIAS (m)	DESCRIPCION
		B	R	M	Este	798312,8	REFERENCIA1		
TAPA	HC		X						
PARED	HA		X		TIPO DE CALZADA		TIERRA		
TUBERIA	PVC		X		SECCION DEL TANQUE PRINCIPAL		1.50X1.50		
OTROS					OBSERVACIONES: REQUIERE MANTENIMIENTO				

FICHA No.	IMÁGENES DE LOS TANQUES DE CAPTACIÓN, DESARENADO Y ALMACENAMIENTO		IMÁGENES DE LAS VALVULAS DE CORTE Y CIERRE						
	2								
<b>CROQUIS DE UBICACIÓN DE LOS TANQUES Y LAS VALVULAS EN LA PLANTA</b>									
 <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El punto 1: Tanques de Captación, Desarenado y Almacenamiento.</li> <li>• El punto 2: Válvulas de corte y cierre</li> </ul>			  						
<b>DATOS DE LOS TANQUES DE CAPTACION, DESARENADO Y ALMACENAMIENTO EN LA PLANTA</b>									
No.	Diametro (mm)	Material	Profundidad (cm)	ESTADO FISICO			REQUIERE LIMPIEZA		
				B	R	M	Si	No	N/A

1	250	HA	1,00		X			X	
2	250	HA	1,00		X			X	
3	250	HA	3,00	X				X	

DATOS DE LAS VÁLVULAS DE CORTE Y CIERRE EN LA PLANTA									
ELEMENTOS	EVALUACIÓN	IMÁGENES DEL CUARTO DE DESINFECCIÓN			IMÁGENES DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN				
		ESTADO	COORDENADAS	REFERENCIA	CODIGO	DISTANCIAS	DESCRIPCION		
PUERTA		M	Norte: 9968224,0 Este:						
ESCALERA									
PARED			SECCION						
VALVULAS			OBSERVACIONES						
CROQUIS DE UBICACIÓN DE LA DESINFECCION Y EL TANQUE DE DISTRIBUCION									
OTROS									
									
									
									

2 DATOS DE LOS TANQUES								
Elementos	Material	COORDENADAS	ESTADO FÍSICO			REQUIERE LIMPIEZA		
			B	R	M	Si	No	N/A
PUERTA	HF	NORTE: 9968223,6	1			X		
PARED	HA		X				X	
TUBERIA	PVC	ESTE: 796509,1		X			X	
LLAVE	AI			X		X		
CAJA	PL		X			X		

Dónde:

- El punto 1: Cuarto de desinfección
- El punto 2: Tanque de almacenamiento y distribución

DATOS DEL TANQUE DE DISTRUBCION									
EVALUACION FÍSICA				COORDENADAS		REFERENCIA			
ELEMENTOS	MATERIAL	ESTADO			Norte	9968792,4	CODIGO	DISTANCIAS (m)	DESCRIPCION
		B	R	M	Este	796331,2	REFERENCIA1		
TAPA	HC		X						
PARED	HA		X		TIPO DE CALZADA			TIERRA	
TUBERIA	PVC		X		SECCION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO			1,50 X 1,50	
ESCALERA	AC		X		OBSEVACIONES: REQUIERE MANTENIMIENTO				
OTROS									

## ANEXO 5: CODIGOS DEL LABORATORIO PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO

Tabla 27. Códigos asignados por el CICAM correspondientes a los puntos de monitoreo

<b>Código - CICAM</b>	<b>Punto de Monitoreo</b>	<b>Código Trabajo</b>
MI – 21 – 047	Tanque Principal	T1
MI – 21 – 048	Tanque de Captacion	T2
MI – 21 - 046	Tanque Desarenado	Cd
MI – 21 – 050	Tanque de Almacenamiento y Distribución	TAD
MI – 21 – 049	Domicilio	Dm

# ANEXO 6: CERTIFICADOS DE LABORATORIO PARA LA REALIZACION DE LOS ANALISIS



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel. (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito - Ecuador



### INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de enero de 2021

No. IRI-21-047

#### DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: ESTEFANY CECILIA RODRIGUEZ  
Nombre del Representante: SANCHEZ  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: estefany.rodriguez@epn.edu.ec

#### DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-01-25  
No. Oferta de Servicio: OF21-08  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-009  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21-047  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 26 al 27 de enero de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 8,5°C

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

Nombre del Proyecto:	"Evaluación del servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Imbabura"	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	-	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra:	T1	Vidrio ámbar	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(1)</sup> Coliformes totales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(2)</sup> Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(3)</sup> Dureza total	PE-15/ SM Ed 23, 2017, 2340 C/ Volumetría	mg/L	84

#### Acreditaciones:

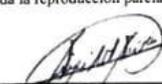
<sup>(1)</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<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  
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:   
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por:   
RESPONSABLE DE LABORATORIO





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

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito - Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 28 de enero de 2021

No.IRI-21-048

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Cliente/ Empresa: ESTEFANY CECILIA RODRIGUEZ SANCHEZ  
Nombre del Representante: -  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: estefany.rodriguez@epn.edu.ec

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-01-25  
No. Oferta de Servicio: OF21-08  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-009  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21-048  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 26 al 27 de enero de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 8,5°C

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

Nombre del Proyecto:	"Evaluación del servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Intulachi"	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	-	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra:	T2	Vidrio ámbar	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(c)</sup> Coliformes totales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(c)</sup> Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(a)</sup> Dureza total	PE-15/ SM Ed 23, 2017, 2340 C/ Volumetría	mg/L	87

**Acreditaciones:**

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

<sup>(c)</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

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 Jairo Jimpikit  
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
RESPONSABLE DE LABORATORIO





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

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito – Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 28 de enero de 2021

No. IRI-21-046

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Cliente/ Empresa: ESTEFANY CECILIA RODRIGUEZ  
SANCHEZ  
Nombre del Representante: -  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: estefany.rodriguez@epn.edu.ec

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-01-25  
No. Oferta de Servicio: OF21-08  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-009  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21- 046  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 26 al 27 de enero de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 8,5°C

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

Nombre del Proyecto:	"Evaluación del servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Itulachi"	<b>Tipo de envase:</b>	<b>Nº de envases:</b>	<b>Preservante:</b>
Fecha de muestreo:	-	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra:	Cd	Vidrio ámbar	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(c)</sup> Coliformes totales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(c)</sup> Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(a)</sup> Dureza total	PE-15/ SM Ed 23, 2017, 2340 C/ Volumetría	mg/L	84

**Acreditaciones:**

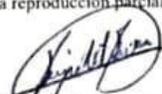
<sup>(a)</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<sup>(c)</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  
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:   
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por:   
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



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

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito – Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 28 de enero de 2021

No. IRI-21-050

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Cliente/ Empresa: ESTEFANY CECILIA RODRIGUEZ  
SANCHEZ  
Nombre del Representante: -  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: estefany.rodriguez@epn.edu.ec

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-01-25  
No. Oferta de Servicio: OF21-08  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-009  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21- 050  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 26 al 27 de enero de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 8,5°C

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

Nombre del Proyecto:	"Evaluación del servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Ituleachi"	<b>Tipo de envase:</b>	<b>Nº de envases:</b>	<b>Preservante:</b>
Fecha de muestreo:	-	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra:	T.A.D	Vidrio ámbar	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Coliformes totales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
(c) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
(a) Dureza total	PE-15/ SM Ed.23, 2017, 2340 C/ Volumetría	mg/L	103

**Acreditaciones:**

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

(c) 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  
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: Jairo Jimpikit  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



Aprobado por: MSc. Carola Fierro  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



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

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel: (+593-2) 2976100 / 3938780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec  
Quito – Ecuador



**INFORME DE RESULTADOS**

Fecha: 28 de enero de 2021

No. IRI-21-049

**DATOS DEL CLIENTE:**

Nombre del Cliente/ Empresa: ESTEFANY CECILIA RODRIGUEZ SANCHEZ  
Nombre del Representante: -  
Cédula / RUC: -  
Dirección: -  
Teléfono convencional: -  
Teléfono celular: -  
Correo electrónico: estefany.rodriguez@epn.edu.ec

**DATOS DEL LABORATORIO:**

Fecha de recepción: 2021-01-25  
No. Oferta de Servicio: OF21-08  
No. Solicitud de trabajo: ST-21-009  
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación  
Código de la muestra: MI-21- 049  
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253  
Fecha de análisis: 26 al 27 de enero de 2021  
Temperatura de ingreso al laboratorio: 8,5°C

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

Nombre del Proyecto:	"Evaluación del servicio de provisión de agua para consumo humano por la Junta Administradora de Agua Potable de Itulachi"	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	-	Plást. estéril	1	No
Rotulación de la muestra:	Dm	Vidrio ámbar	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
<sup>(1)</sup> Coliformes totales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(2)</sup> Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed 23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 1,1
<sup>(3)</sup> Dureza total	PE-15/ SM Ed 23, 2017, 2340 C/ Volumetría	mg/L	89

**Acreditaciones:**

<sup>(4)</sup> Acreditación N° OAE LE 2C 06-012 . Alcance específico de la acreditación: [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

<sup>(5)</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:**

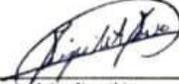
Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

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

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:   
**RESPONSABLE TÉCNICO**

Aprobado por:   
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



## **ANEXO 7: PLAN DE MUESTREO**

**PLAN DE MUESTREO PARA LA VERIFICACIÓN DE  
PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS ESTABLECIDOS PARA LA  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA JUNTA  
ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE ITULCACHI**



**ELABORADO POR:**

**RICHARD NACIMBA**

**ESTEFANY RODRIGUEZ**

## **Plan de muestreo**

Se realizaron cinco salidas de campo para la recolección de datos y reconocimiento de las líneas de conducción y distribución de agua a partir del pretratamiento. Las muestras fueron recogidas representativamente con el objetivo de determinar la composición química, biológica y física de los diferentes puntos a muestrear, tomando en cuenta áreas de influencia donde se evidencien diversos factores de contaminación que afecten la calidad actual del agua en los barrios de Itulcachi y El Belén.

Los análisis de las muestras fueron realizadas en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental y en el CICAM pertenecientes a la Escuela Politécnica Nacional.

En el plan de muestreo se consideró la siguiente información para garantizar la calidad de las muestras de agua.

- Preparación sobre el muestreo a analizar.
- Codificación única de los puntos de agua.
- Georreferenciación del lugar de muestreo
- Equipos y materiales para la recolección de muestras
- Identificación de las muestras
- Toma de muestras
- Preservación y almacenamiento (reactivos de haberse usado)
- Transporte y entrega de muestras
- Información de los parámetros a analizar

## **Coordenadas de las fuentes del muestreo**

La Junta Administradora utiliza fuentes de agua cruda como vertientes para proporcionar el servicio de agua potable. Para la toma de coordenadas se identificaron puntos importantes iniciando en el tanque principal donde se unen las cinco vertientes, un tanque de captación hermético de concreto, un tanque desarenado, un tanque de almacenamiento y distribución, en un domicilio y finalmente en la línea de conducción; se utilizó la aplicación UTM Geo Map para obtener información exacta y detallada del sitio de muestreo como se muestran en la **Tabla 30**.

**Tabla 28.** Ubicación de los puntos de muestreo.

Código	Lugar	Coordenadas		
		Latitud	Longitud	Altura
T1	Tanque principal	S0° 17' 54.9780"	W78° 19' 13.8252"	2862.7676m
T2	Tanque de captación	S0° 17' 13.8084"	W78° 20' 10.4964"	2762.7822m
Cd	Tanque desarenado	S0° 17' 13.8408"	W78° 20' 10.6116"	2763.1589m
TAD	Tanque de almacenamiento y distribución	S0° 16' 55.3368"	W78° 20' 16.3644"	2732.7644m
Dm	Domicilio Barrio Itulcachi	S0° 15' 58.3488"	W78° 20' 52.1340"	2674.2112m
V1	Válvula de aire	S0° 17' 54.9780"	W78° 19' 13.8252"	2857.2483m
V2	Válvula de aire	S0° 17' 54.5172"	W78° 19' 15.3696"	2852.6387m
V3	Válvula de aire	S0° 17' 50.6076"	W78° 19' 25.0680"	2827.6389m
V4	Válvula de aire	S0° 17' 41.4672"	W78° 19' 28.9740"	2813.5193m
LLTC	Llegada tubería	S0° 16' 07.5936"	W78° 20' 47.8068"	2881.1113m

### **Materiales y Equipos para el muestreo**

Los equipos de campo que se utilizaron en este procedimiento debieron cumplir ciertos requisitos básicos de muestreo como son la calibración y verificación del estado de cada uno de ellos previo a ser manipulados.

**Tabla 29.** Materiales y Equipos

Logística	Muestreo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS</li> <li>• Marcadores permanentes</li> <li>• Cámara digital</li> <li>• Libreta de anotaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preservantes</li> <li>• Pissetas con agua destilada</li> <li>• Etiquetas adhesivas</li> <li>• Papel toalla</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerda</li> <li>• Recipiente aforado (balde)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes de nitrilo</li> <li>• Mandil</li> <li>• Hielera</li> <li>• Hielo</li> </ul>
--	--

### Identificación de las muestras

Los recipientes que se utilizaron para la recolección de muestras, después de haber sido llenados completamente y sellados, fueron rotulados mediante un código único para luego ser identificados de acuerdo al sitio de la muestra. Para el desarrollo de esta técnica se contó con una adecuada organización entre los muestreadores y siguiendo la información adicional:

- Georreferenciación de los puntos de muestreo.
- Fecha del muestreo
- Hora del muestreo
- Condiciones climáticas
- Temperatura del sitio
- Preservantes utilizados
- Observaciones recopiladas de la muestra.

### Toma de muestras

Lo más importante fue seguir las recomendaciones y lineamientos de la norma vigente de control, sin embargo previo a la toma de muestras se realizaron las preparaciones de los envases y reactivos a utilizar, coordinando con el operador de la junta para tener el acceso al sitio de muestreo, además se verificó que todos los equipos estén funcionando y sobre todo se encuentren calibrados para los análisis *in situ* y finalmente se prepararon los materiales como son: mandil, guantes de nitrilo, hielera, cámara digital, mascarilla etc.

Para el llenado de los envases se consideraron algunas condiciones importantes como: análisis microbiológicos los llenados deben ser 3/4, que me permitirán la aireación y conservación de los organismos. Cabe recalcar que ciertas muestras necesitaron preservantes adicionales detallados en la normativa (INEN, 2011), y a su vez requieren de un volumen mínimo de 1 litro. Se recolectaron las muestras en cada vertiente para su

respectivo análisis de la calidad de agua. En cada punto de las captaciones se enjuagaron de 2 a 3 veces la jarra y el envase con agua del cuerpo hídrico para homogenizarlos, luego se llenaron los frascos a capacidad completa exceptuando los envases destinados para análisis microbiológicos.

Posteriormente se rotuló cada envase a transportar teniendo en cuenta su localización exacta del punto de muestreo mediante GPS, además se registró el lugar mediante fotografías. Adicionalmente este procedimiento también se lo realizó en la planta de tratamiento y en el domicilio considerando algunos criterios similares a los antes mencionados.

### **Preservación y almacenamiento de las muestras**

Para efectuar una adecuada preservación de las muestras, se añadieron los preservantes químicos (cuando era requerido) pertinentes para cada parámetro a analizar en el laboratorio, con el objetivo de retrasar los cambios químicos y biológicos que sufre el agua luego de ser retirada de su origen natural, como se aprecia en la **Tabla 32**.

Las botellas fueron selladas con prontitud para impedir contaminación superficial o pérdida de volumen. Las muestras para el almacenamiento fueron refrigeradas entre 5 y 10°C en la hielera hasta su partida al Laboratorio.

**Tabla 30.** Preservación para muestras en laboratorio

Parámetros	Rango de medición	Equipo	Volumen muestra (ml)	Preservación	Tiempo máximo de preservación
DQO	0-150 mg/L	Espectrofotómetro UV	100	Refrigeración de 1 y 5°C DQO (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH 2)	7 a 28 días
DBO <sub>5</sub>	n/a	Incubadora WTW	100		6 a 48 horas
Coliformes totales	NMP/100 mL<1,1	Incubadora WTW Autoclave Tuttnauer	100	Refrigeración de 1 y 5 °C	6 horas
Coliformes fecales	NMP/100 mL<1,1	Incubadora WTW Autoclave Tuttnauer	100		
Dureza total	0.01 mg/L (ppm)	Fotómetro	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> Refrigeración de 1 y 5°C	6 meses
Fosfatos	0 a 5 mg/L	Fotómetro	100	Refrigeración de 1 y 5 °C	-
Nitratos ( NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,3-30,0 mg/L	Espectrofotómetro UV	500	Acidificar a pH < 2 o refrigeración entre 1 y 5°C	48 horas
Nitritos ( NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,002-0,300 mg/L	Espectrofotómetro UV	200	Refrigeración entre 1 y 5°C	48 horas
Manganeso (Mn)	0,01–1 mg/L	Fotómetro multiparamétrico	1000	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Hierro (Fe)	>0,3 mg/L	Fotómetro multiparamétrico	1000		6 meses
Oxígeno disuelto (OD)	0-10 mg/L	n/a	300	Refrigeración de 2 y 5°C	Análisis inmediato
Sólidos totales	-	-	100	Refrigeración de 2 y 5°C	48 horas
Sólidos disueltos totales (TDS)	-	-	500		7 días
Cloro residual	0,3-0,5 mg/L	TEST KIT medición	50	n/a	Análisis inmediato

## Transporte y entrega de Muestras

Lo más relevante en este proceso es el tiempo entre la toma de las muestras y el análisis debido a, que las muestras deben ser entregadas lo más antes posible en el transcurso de 24 horas (INTA, 2011).

Las muestras tomadas fueron llevadas al laboratorio y etiquetadas respectivamente con una codificación única que las clasificaron de acuerdo con los procesos de captación, conducción tratamiento y distribución, de esta manera como se observan en la **Tabla 33**.

**Tabla 31.** Codificación de las muestras

<b>Código de la muestra</b>	<b>Proceso Correspondiente</b>
<b>T1</b>	Captación
<b>T2</b>	Conducción
<b>Cd</b>	Tratamiento
<b>TAD</b>	Reserva
<b>Dm</b>	Distribución