



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE LAS REDES DE  
DISTRIBUCIÓN DOMICILIARIAS DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO SANTA MARIANITA DEL CANTÓN SUCÚA,  
ECUADOR 2022”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**EVELIN VALERIA ARÉVALO DUCHITANGA**

Macas – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE LAS REDES DE  
DISTRIBUCIÓN DOMICILIARIAS DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO SANTA MARIANITA DEL CANTÓN SUCÚA,  
ECUADOR 2022”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: EVELIN VALERIA ARÉVALO DUCHITANGA**

**DIRECTOR(A): ING. JABIER IGNACIO BRIONES GARCÍA**

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Evelin Valeria Arévalo Duchitanga

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Evelin Valeria Arévalo Duchitanga, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 24 de noviembre de 2022

**Evelin Valeria Arévalo Duchitanga**  
**1400856306**

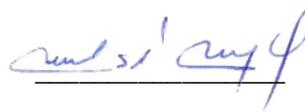
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto técnico, “**CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DOMICILIARIAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTA MARIANITA DEL CANTÓN SUCÚA, ECUADOR 2022**”. realizado por la señorita: **EVELIN VALERIA ARÉVALO DUCHITANGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

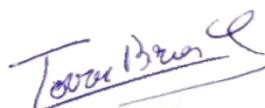
**FECHA**

Ing. Carlos Santiago Curay Yaulema  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



24-11-2022

Ing. Javier Ignacio Briones García  
**DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



24-11-2022

Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano  
**ASESOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



24-11-2022

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Delia y Juan por sus consejos, apoyo incondicional que todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi hermana Leidy, a mis amigos y a mi persona especial que han estado en toda esta etapa de mi vida respaldándome e impulsando a seguir adelante.

Evelin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mi familia que me brindó su apoyo, gracias a mis profesores, amigos por la ayuda en este proceso el cual culmino con mucho esfuerzo y dedicación.

Gracias a mi director Ing. Javier Briones el cual fue un gran soporte para la culminación de mi trabajo de integración curricular con sus ideas, propuestas y correcciones

Evelin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. <b>Antecedentes</b> .....	3
1.2. <b>Planteamiento del problema</b> .....	3
1.3. <b>Justificación</b> .....	4
1.4. <b>Objetivos</b> .....	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1. <b>Antecedentes de investigación</b> .....	7
2.2. <b>Referencias teóricas</b> .....	8
2.2.1. <i>Bases Conceptuales</i> .....	8
2.2.2. <i>Agua</i> .....	8
2.2.3. <i>Calidad del agua</i> .....	8
2.2.4. <i>Índice de calidad de agua</i> .....	8
2.2.5. <i>Agua potable</i> .....	8
2.2.6. <i>Plantas de tratamiento</i> .....	8

2.2.7.	<i>Redes de distribución de agua</i>	8
2.2.8.	<i>Parámetros fisicoquímicos del agua</i>	9
2.2.9.	<i>Parámetros microbiológicos del agua</i>	9
2.2.10.	<i>Parámetros de control de carácter obligatorio para el agua</i>	9
2.2.11.	<i>Muestreo de agua potable</i>	9
2.2.12.	<i>Norma INEN 1108</i>	10
2.2.13.	<i>IRCA</i>	10
2.2.14.	<i>Bases teóricas</i>	12
2.2.15.	<i>Contaminación del agua</i>	12
2.2.16.	<i>División de una red de distribución</i>	12
2.2.17.	<i>Componentes de una red de distribución</i>	12
2.2.18.	<i>Tipos de redes de distribución de agua potable</i>	13
2.2.19.	<i>Tomas domiciliarias</i>	13
2.2.20.	<i>Tipos de tuberías</i>	13
2.2.20.1.	<i>Tuberías flexibles</i>	13
2.2.20.2.	<i>Tubería rígida</i>	13
2.2.21.	<i>Turbiedad</i>	13
2.2.22.	<i>Color aparente</i>	14
2.2.23.	<i>pH</i>	14
2.2.24.	<i>Temperatura</i>	14
2.2.25.	<i>Cloro residual</i>	14
2.2.26.	<i>Nitratos</i>	15
2.2.27.	<i>Nitritos</i>	15
2.2.28.	<i>Coliformes</i>	15

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	16
3.1.	<b>Naturaleza del estudio</b>	16

3.2.	<b>Tipo y método del estudio</b> .....	16
3.3.	<b>Localización del estudio</b> .....	16
3.4.	<b>Descripción de la zona de estudio</b> .....	17
3.4.1.	<i>Descripción física</i> .....	17
3.4.2.	<i>Descripción geográfica y ambiental</i> .....	17
3.4.3.	<i>Topología general</i> .....	18
3.5.	<b>Análisis de las redes de distribución domiciliarias de agua de la planta de Santa Marianita del cantón Sucúa</b> .....	18
3.6.	<b>Población y muestra</b> .....	19
3.6.1.	<i>Métodos de recolección de la información</i> .....	19
3.6.2.	<i>Metodología de trabajo</i> .....	20
3.6.3.	<i>Procedimiento para la recolección de información</i> .....	21
3.6.4.	<i>Tratamiento de las muestras</i> .....	22
3.7.	<b>Equipos, materiales y reactivos</b> .....	23
3.8.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	23
3.8.1.	<i>Métodos</i> .....	23
3.8.2.	<i>Técnicas</i> .....	24
3.8.3.	<i>Determinación del Índice de riesgo de la calidad del agua-IRCA</i> .....	25

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	27
4.1.	<b>Análisis de la red de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita</b> ..	27
4.2.	<b>Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento y de los domicilios del cantón Sucúa</b> .....	28
4.3.	<b>Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</b> .....	28
4.3.1.	<i>Turbiedad</i> .....	30
4.3.2.	<i>Color aparente</i> .....	30
4.3.3.	<i>pH</i> .....	31
4.3.4.	<i>Temperatura</i> .....	32

4.3.5.	<i>Cloro residual</i> .....	33
4.3.6.	<i>Monocloraminas</i> .....	34
4.3.7.	<i>Nitratos</i> .....	35
4.3.8.	<i>Nitritos</i> .....	36
4.3.9.	<i>Coliformes</i> .....	37
4.4.	<b>Resultados del índice de riesgo de la calidad del agua-IRCA</b> .....	37
4.5.	<b>Elaboración de un mapa de evaluación de calidad del agua de las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita</b> .....	39
4.6.	<b>Propuesta</b> .....	41
4.6.1.	<i>Implementación de un reservorio al diseño de la planta de tratamiento de agua potable de Santa Marianita</i> .....	41
4.6.2.	<i>Diseño del reservorio</i> .....	41
4.6.3.	<i>Población de diseño</i> .....	42
4.6.4.	<i>Dotación del diseño</i> .....	43
4.6.5.	<i>Consumo del diseño</i> .....	44
4.6.5.1.	<i>Consumo medio diario anual: <math>Q_{med}</math></i> .....	44
4.6.5.2.	<i>Consumo máximo diario: <math>Q_{max}</math></i> .....	45
4.6.5.3.	<i>Consumo máximo horario = <math>Q_{maxh}</math></i> .....	45
4.6.6.	<b>Volumen del Reservorio</b> .....	45
4.6.6.1.	<i>Volumen de Regulación</i> .....	46
4.6.6.2.	<i>Volumen Contra Incendio</i> .....	46
4.6.6.3.	<i>Volumen de Reserva</i> .....	47
4.6.6.4.	<i>Volumen total del reservorio de almacenamiento</i> .....	47
4.6.7.	<b>Dimensionamiento del reservorio</b> .....	47
4.6.8.	<b>Esquema del diseño del reservorio</b> .....	47

## CAPITULO V

CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Criterios de calidad de agua potable para consumo humano INEN 1108.....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual.....	11
<b>Tabla 1-3:</b> Identificación y caracterización de puntos de muestreo de la zona de estudio.....	18
<b>Tabla 3-3:</b> Registro de datos significativos de los puntos de muestreo del estudio.....	22
<b>Tabla 3-3:</b> Materiales, reactivos y equipos utilizados en el muestreo y análisis de laboratorio.....	23
<b>Tabla 4-3:</b> Métodos de evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	24
<b>Tabla 5-3:</b> Técnicas de evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	24
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua potable.....	29
<b>Tabla 2-4:</b> Comportamiento de los coliformes fecales de cada barrio en los tres muestreos.....	37
<b>Tabla 3-4:</b> Comportamiento de los coliformes fecales de cada barrio en los tres muestreos.....	37
<b>Tabla 4-4:</b> Índice de riesgo de la calidad de agua de la planta de tratamiento Santa Marianita.....	38
<b>Tabla 5-4:</b> Periodo de diseños para sistemas de abastecimientos de agua para consumo humano y alcantarillado.....	42
<b>Tabla 6-4:</b> Proyección de la población de estudio del año 2022 al 2041.....	43
<b>Tabla 7-4:</b> Dotación media futura.....	44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-3:</b>	Ubicación del área de estudio.....	17
<b>Ilustración 2-3:</b>	Mapa de las redes de distribución del agua potable de Santa Marianita.....	19
<b>Ilustración 1-4:</b>	Red de distribución de la planta de tratamiento de agua potable Santa Marianita.....	27
<b>Ilustración 2-4:</b>	Incorporación del reservorio al diseño de planta de tratamiento de Santa Marianita.....	30
<b>Ilustración 3-4:</b>	Comportamiento de la turbidez de cada barrio en los tres muestreos.....	31
<b>Ilustración 4-4:</b>	Comportamiento del pH de cada barrio en los tres muestreos.....	32
<b>Ilustración 5-4:</b>	Comportamiento de la temperatura de cada barrio en los tres muestreos.....	33
<b>Ilustración 6-4:</b>	Comportamiento del cloro residual de cada barrio en los tres muestreos.....	34
<b>Ilustración 7-4:</b>	Comportamiento de las monocloramias de cada barrio en los tres muestreos.....	35
<b>Ilustración 8-4:</b>	Comportamiento de los nitratos de cada barrio en los tres muestreos.....	36
<b>Ilustración 9-4:</b>	Mapa de evaluación de calidad de agua potable de la planta Santa Marianita.....	39
<b>Ilustración 10-4:</b>	Mapa de evaluación de calidad de agua potable de la planta Santa Marianita.....	40
<b>Ilustración 11-4:</b>	Vistas del diseño del reservorio para la planta Santa Marianita de agua potable.....	48
<b>Ilustración 12-4:</b>	Incorporación del reservorio al diseño de planta de tratamiento de Santa Marianita.....	49

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** PRIMER ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO B:** SEGUNDO ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO C:** TERCER ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTRO
- ANEXO D:** MUESTRAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO
- ANEXO E:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO SANTA MARIANITA (GRIFO)
- ANEXO F:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO SANTA MARIANITA (MEDIDOR)
- ANEXO G:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE BARRIO BELÉN (MEDIDOR)
- ANEXO H:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO BELÉN (GRIFO)
- ANEXO I:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO NUEVO ISRAEL (GRIFO)
- ANEXO J:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO NUEVO ISRAEL (MEDIDOR)
- ANEXO K:** RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA DE SANTA MARIANITA

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la estructura de las redes domiciliarias para determinar puntos estratégicos para el muestreo de la evaluación del agua con el fin de realizar una comparación de la calidad del agua potable que brinda la planta de tratamiento Santa Marianita del cantón Sucúa frente a las condiciones del agua que consume la ciudadanía, después de trasladarse por el sistema de distribución de la planta y de las redes domiciliarias, mediante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, resultados que sirvieron para evidenciar si estos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos de agua potable establecidos por la INEN 1108. Para el análisis del agua se evaluaron los parámetros fisicoquímicos como turbidez, color aparente, pH, temperatura, monocloraminas, nitritos y nitratos, como también parámetros microbiológicos se valoró los coliformes fecales, se desarrollaron tres monitoreos que se llevaron a cabo en el tanque de almacenamiento de planta y en los barrios Santa Marianita, Belén y Nuevo Israel, en cada sector se consideraron dos domicilios (medidor y grifo). Se determinó que las características del agua potable cumplen con los criterios de calidad del INEN 1108 e incluso se ajusta a los valores óptimos fijados por la OMS, la obtención de estos datos sirvió para la elaboración del mapa de evaluación de la calidad de agua potable y el índice de riesgo de la calidad del agua mediante el IRCA. Se concluye que tanto la planta como el sistema de distribución reciben correcto mantenimiento y funcionamiento haciendo posible la entrega de agua potable en condiciones óptimas. Se recomienda según la normativa continuar con controles de la calidad de agua, además se propone la implementación de un reservorio para controlar la cantidad de cloro con referencia al caudal que ingresa a la planta e impedir los cortes de agua a la ciudadanía.

**Palabras clave:** <REDES INTRADOMICILIARIAS>, <PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS>, <TUBERÍAS>, <IRCA>, <PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS>, <AGUA POTABLE>.

0214-DBRA-UPT-2023

## **ABSTRACT**

The objective of the current study was to analyze the structure of the home networks to determine strategic points for sampling water evaluation in order to make a comparison of the quality of drinking water provided by the Santa Marianita treatment plant, located in Sucúa County with the conditions of the water consumed by the citizens after being transferred through the distribution system of the plant and the home networks. The results of the evaluation of the physicochemical and microbiological parameters were used to determine whether the water quality is within the maximum allowable limits for drinking water established by INEN 1108. Through the water analysis, it evaluated physicochemical parameters such as: turbidity, apparent color, pH, temperature, monochloramines, nitrites and nitrates as well as microbiological parameters called fecal coliforms. Three monitoring tests were carried out in the plant storage tank and in the Santa Marianita, Belén and Nuevo Israel neighborhoods taking into consideration two homes (meter and faucet) and determining that the characteristics of the drinking water is on the quality criteria of INEN 1108 and even has the optimal values set by the WHO. The data obtained were used to prepare the drinking water quality assessment map and the water quality risk index using the IRCA. Finally, it is concluded that both the plant and the distribution system are well maintained and functioning properly to deliver drinking water in optimal conditions. It is recommended that according to the regulations to continue with water quality controls, and purpose the implementation of a reservoir in order to control the amount of chlorine with reference to the flow that enters the plant and prevent water cuts to the citizens.

**Keywords:** INTRA-DOMICILIARY NETWORKS, PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS, PIPELINES, IRCA, MICROBIOLOGICAL PARAMETERS, DRINKING WATER.



**By:** Mauricio Martínez P

0602902504

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable es primordial para la salud humana, siendo fundamental implementar medidas para mejorar la calidad del agua de consumo humano. (OMS, 2011, p.1) A nivel mundial según la (OMS, 2020, p.2) 5800 millones de personas (74%) son beneficiarios de agua potable gestionada de forma segura y 2000 millones de personas no tienen acceso a servicios de agua gestionadas de forma segura, provocando enfermedades como diarrea, cólera, fiebre tifoidea, etc., causantes de millones de muertes. En el cantón Sucúa según un estudio realizado por (Rodríguez, 2020, p.10) el 44,48 % de las viviendas tienen el servicio de agua potable y el 55 % no son abastecidas de agua potable. En el Ecuador la EPMAPS - Agua de Quito es la única del país con Sello de Calidad INEN ya que cumple las normas del INEN 1108 para suministrar agua limpia (EPMAPS, 2018, p.2).

El sistema de distribución de agua potable es el conjunto de tubos, estructuras, accesorios que transportan el agua desde los tanques de distribución hasta la toma domiciliaria (CONAGUA, 2007, p.1), el cual según (Cárdenas y Patiño, 2010: p.10) debe poseer los elementos necesarios para la distribución eficiente del agua, que garantice la calidad del agua evitando así enfermedades o muertes de los consumidores y a su vez mejorando su calidad de vida. Las redes de distribución de la planta de tratamiento de agua de Santa Marianita abastecen agua potable al cantón Sucúa donde el material predominante en las tuberías es el PVC (Rodríguez, 2020, p.12).

La calidad del agua potable se puede ver afectada en el transcurso en las redes de distribución por varios factores, como puede ser el material de las tuberías que componen las redes de distribución (FlowGuard Mx, 2021, p.1), por el inadecuado manejo de fugas (Montoya y Montoya, 2012: p.79), por presión baja del agua permitiendo el ingreso de contaminantes externos (PAHO, 1999: p.3), por infiltraciones como consecuencia del deterioro de las redes (Durán y Torres, 2006: p.148). Además, el agua también se puede contaminar por la corrosión, incrustaciones (De Sousa et al, 2010: p.188), lo que termina generando un crecimiento de la población microbiana, por lo que es fundamental un correcto mantenimiento de las redes (Dufour et al. 2003: p.195) donde (Álvarez, 2017, p.24) menciona esto impide la formación de biopelículas, acumulación de materia orgánica y la generación de subproductos por la reacción de materia orgánica con agentes de desinfección.

En el presente trabajo técnico presentado se determinará si la calidad del agua potable del cantón Sucúa abastecida por la planta de tratamiento Santa Marianita se ve afectada en el transcurso de las redes de distribución y si estos valores se encuentran dentro de los límites

máximos permitidos por la INEN 1108, tanto del agua que llega a los medidores como también del agua que emerge por los grifos de los hogares de la ciudadanía, mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Este trabajo consta de cinco capítulos, el cual está distribuido por el diagnóstico del problema, marco teórico, metodología aplicada, la exposición de los resultados obtenidos, la elaboración de un mapa de la evaluación de la calidad del agua potable de los barrios suministrados por la planta Santa Marianita del cantón Sucúa y por último la, como también el diseño de propuestas de posibles alternativas de solución con el fin de evitar o disminuir la contaminación en las áreas afectadas.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

La planta de tratamiento de agua Santa Marianita es la que se encarga de suministrar agua potable a la zona rural de la ciudad de Sucúa, esta planta capta el agua de cuatro fuentes naturales: Río García Moreno, río Delgado Córdova, río Blanco y del río Miriumi., cuenta con una capacidad de 5000 m<sup>3</sup> (GAD-Sucúa, 2021, p.1). Cuenta con un tanque de almacenamiento de 300 m<sup>3</sup> y el material de las tuberías que se utilizan en las redes de distribución de agua son PVC, con diámetros de 110 mm, 160 mm y 220 mm (Rodríguez, 2020, p.12).

(OMS, 2019, pp.57-67) menciona que el abastecimiento intermitente y la baja presión de agua son factores que influyen directamente a la contaminación del agua de consumo humano en el sistema de distribución, ya que permite el ingreso de agua contaminada al sistema a través de roturas, grietas, juntas y pequeños agujeros, siendo fundamental la elaboración de mapeos para la identificación de factores de peligro y riesgos.

De acuerdo con el artículo de (De Sousa, et al, 2010: p. 195) la corrosión e incrustación están relacionadas con las características fisicoquímicas (pH, alcalinidad, residuos de desinfectantes) del agua, puesto que al entrar en contacto con las tuberías provocan reacciones que afectan a las redes de distribución causando deterioro (perforaciones y obstrucciones) en las mismas, lo que afecta directamente a la calidad del agua potable.

Además, un estudio realizado por (Botello, 2016, p.2) indica que la falta de mantenimiento del sistema de distribución genera consecuencias negativas, dado que las tuberías antiguas se debilitan, permitiendo la presencia de fugas presentando una pérdida económica y también dando lugar a fenómenos de sifonamiento posibilitando la entrada de agua del exterior, lo que altera las características organolépticas del agua y además presentando un riesgo para la salud humana.

#### 1.2 Planteamiento del problema

El agua en su estado natural no posee las condiciones correctas para el uso directo de la población humana, ya sea para su consumo o para la utilización del recurso en labores

domésticos, haciendo necesario darle un tratamiento previo al agua que permita mejorar sus características fisicoquímicas y microbiológicas. (González, 2018, p.21) Además dentro de los 17 objetivos planteados por la (ONU, 2018, p.35) se establece el objetivo 6 de Agua Limpia, Saneamiento e Higiene, en el cual se garantiza la disponibilidad al agua libre de impurezas, una gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.

En la norma técnica ecuatoriana (INEN 1108, 2014, pp.2-4) se presenta los límites máximos permitidos del agua potable que es para consumo humano, el cual tiene como fin salvaguardar la salud humana y proteger al medio ambiente, ya que si los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos exceden los límites máximos establecidos pueden llegar presentar consecuencias negativas ya sea con enfermedades como la diarrea, fiebre, entre otras., y en algunos casos extremos la muerte.

Una vez que el agua es tratada en la planta de tratamiento de agua potable Santa Marianita esta se procede a abastecer mediante el sistema de redes de distribución hacia algunos barrios del cantón Sucúa y según el sistema de distribución no consta con un correcto sistema de operación y mantenimiento, lo que puede producir alteración al índice de calidad del agua potable abastecida a las viviendas de la ciudadanía, por lo que mediante un análisis del agua potable en puntos estratégicos se podrá determinar el nivel de afectación a la calidad de agua.

Al realizar un inadecuada dosificación de compuestos en los diferentes procesos de potabilización pueden generar que los parámetros se encuentren fuera de los niveles máximos permitidos, perjudicando directamente a la salud humana y ayudando a la prolongación de enfermedades como la diarrea, mareos, etc. (SENA, 1999, p.42) menciona que aun así las plantas de tratamientos posean los recursos necesarios no abastecen agua de buena calidad, ya que se puede verse influenciada por otros factores como la corrosión, filtración, baja presión y el tipo de material de las tuberías del sistema de redes de distribución.

### **1.3 Justificación**

El agua es un recurso vital y su contaminación tiene un gran impacto tanto en la salud humana como al medio ambiente (Pérez, 2016, p.5). Por lo que mediante la potabilización se podrá tratar agua y mantener sus características dentro de límites máximos permitidos mejorando sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas, con el fin de ofrecer agua de calidad para el consumo del hombre, sin afectar su salud.

La calidad del agua potable que se abastece desde la planta de tratamiento hasta los domicilios de los ciudadanos de Sucúa puede depender del material que estén compuestas las redes de distribución, ya que, debido a fugas, corrosión o por mal mantenimiento de las mismas puede generar contaminación, disminuyendo el nivel de calidad y excediéndose los límites máximos permitidos para consumo humano expuestos en la INEN 1108, y a su vez presentar consecuencias en la salud de los ciudadanos.

Es de vital importancia el monitoreo del agua que es consumida por la población del cantón Sucúa para determinar si existe alguna contaminación del agua potable al ser conducida por las redes de distribución de la planta de tratamiento de Santa Marianita, donde mediante el muestreo y análisis se determinará si la calidad del agua potable se ve alterada por el sistema de distribución y considerando los resultados obtenidos se podrá medir el nivel de riesgo que presenta ante la salud humana mediante metodología del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA).

Los datos generados en el estudio de la evaluación de la calidad del agua potable transportada por las redes de distribución domiciliarias en el cantón Sucúa, servirán como base para que la Empresa Pública de Agua potable y Alcantarillado de Sucúa (EPMAPA-S) pueda implementar de nuevas metodologías para mejorar el sistema de distribución de agua potable y a su vez mejorar la calidad de vida de la ciudadanía.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

- Evaluar la calidad del agua potable de las redes de distribución domiciliarias de la planta de tratamiento Santa Marianita del cantón Sucúa, Ecuador.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Analizar la estructuración de la red de distribución de agua potable de la planta de tratamiento Santa Marianita.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos y biológicos en las muestras de agua potable de la planta de tratamiento y de diferentes domicilios de la ciudad de Sucúa.

- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos obtenidos con respecto a los valores establecidos en la norma INEN 1108 los límites máximos permitidos de los parámetros que debe cumplir el agua potable para consumo humano.
- Elaborar un mapa de la calidad del agua de los barrios del cantón Sucúa abastecidos por la planta de tratamiento Santa Marianita.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

La calidad del agua se puede perturbar por factores externos (causas naturales), de modo que el control, seguimiento y tratamiento se vuelve necesario tanto por intereses ambientales como también por razones sanitarias (Matas, 2000, p.196). Al pasar años de servicio las tuberías de conducción de agua pueden deteriorarse por diversos factores, presentando fisuras, disminución de transporte, contaminación en el agua, entre otros., por lo que es fundamental la implementación de planes de mantenimiento periódicamente de las tuberías para evitar el deterioro de la red (De la Cruz, 2014, p.1).

Según (Navarro, 2022, p.2) la falta de mantenimiento de la infraestructura, no considerar las amenazas hacia los componentes al momento del diseño, falta de capacidad del personal administrativo y técnico genera daños a la infraestructura sanitaria y además (Vásquez, 2016, p.26) menciona que el correcto funcionamiento de los componentes del sistema de abastecimiento (captación, línea de conducción, planta de tratamiento y reserva) influye en la calidad del agua potable puesto que altera el desempeño de una red de distribución.

(Baldeón, 2018, p.17) en su estudio expresa que la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Quito cumple los criterios de calidad con excelencia, no obstante (Idrobo, 2018, pp.20-21) menciona que aunque el agua tratada cumpla con las exigencias de higiene indispensables para consumo de la población, en ocasiones el agua puede sufrir modificaciones en su calidad durante el traslado a través del sistema de distribución, provocado por el desgaste de tuberías, ineficiente funcionamiento hidráulico o falta de mantenimiento de los sistemas, permitiendo la incorporación de contaminantes ajenos. Además, (Villafuerte, 2015, p.177) indica que un adecuado mantenimiento de las redes minimiza costos de reparaciones y operacionales, reducirá las fallas en el sistema y aumenta la vida útil.

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 Bases Conceptuales**

#### **2.2.2 Agua**

Es la sustancia más abundante en el planeta que se puede encontrar en diferentes estados (gaseoso, líquido y sólido) y se encuentra compuesta químicamente por un átomo de hidrógeno y dos átomos de hidrogeno. (Valdivielso, 2021, p.1)

#### **2.2.3 Calidad del agua**

Término que describe las características físicas, químicos y biológicas del agua, la cual puede decretase como de buena o mala calidad. (Samboni, et al. 2007, p.173)

#### **2.2.4 Índice de calidad de agua**

Es una herramienta que nos sirve para identificar la calidad de un cuerpo hídrico que, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, obtenidos los datos se aplica una ecuación matemática, lo cual ayuda a determinar el nivel de calidad de agua. (Caho y López 2017, p.37)

#### **2.2.5 Agua potable**

Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, que se manifiestan en (Decreto 475, 1998, p.1) puede ser consumida por la población humana sin originar efectos adversos a su salud.

#### **2.2.6 Plantas de tratamiento**

Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable (MSP, 1998, p.2).

#### **2.2.7 Redes de distribución de agua**

Es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento posee para trasladar el agua desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta el punto final de destino, suministrando

al cliente de en condiciones que satisfagan sus necesidades, hay que tener en cuenta que las redes se estructuran según el tipo de función que desempeñan y se tiene que ajustarse a la distribución de consumos, a la reducción de pérdidas de carga, hacer frente a situaciones imprevistas y a reducir el coste. (Moliá, 2017, p.3)

### ***2.2.8 Parámetros fisicoquímicos del agua***

Conjunto de parámetros del agua tanto físicos como químicos que sirven para determinar la calidad de un cuerpo de agua, donde sus estudios son más rápidos y son de fácil monitoreo facilitando su control, observación y análisis (Samboni et al., 2007: p.173). Los parámetros fisicoquímicos que se toma en cuenta para el análisis del agua potable según (Estupiñán y Avila 2010, p.211) son: color, pH, turbiedad, hierro, alcalinidad total, aluminio, dureza total, cloro residual libre. Pero a diferencia de (Amarilla et al., 2018: pp.5-6) menciona que los siguiente parámetros también se deben realizar los análisis: sólidos disueltos totales, conductividad, dureza de calcio y dureza de magnesio.

### ***2.2.9 Parámetros microbiológicos del agua***

El agua tiene el mayor riesgo de contaminación con relación al campo microbiana, ya que esta se puede dar por excrementos de humanos o animales, materia orgánica y otras fuentes de exposición, lo que presenta un riesgo para la salud al consumir agua contaminadas (Londoño, 2013, p.3), por lo que para los análisis de agua se tiene en cuenta los siguientes parámetros microbiológicos: recuento de aerobios, coliformes totales, E. Coli y Pseudomona.

### ***2.2.10 Parámetros de control de carácter obligatorio para el agua***

Para las instituciones proveedores de agua deben presentar el monitoreo de los siguientes parámetros de control obligatorio: coliformes totales, coliformes termo tolerantes, pH, color, turbiedad y residual del desinfectante. Ya que en base de una respuesta positiva de la prueba de coliformes termotolerantes se procederá a realizar el análisis de Escherichia coli. (Vicuña, 2019, p.37)

### ***2.2.11 Muestreo de agua potable***

(Severiche, et al., 2013: pp.7-8) manifiesta que, para realizar el muestreo para el análisis de parámetros fisicoquímicos en relación con las plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento, redes de distribución, bebederos de agua potable, etc., se debe seguir un número de pasos para poder

obtener una muestra representativa, tales como: selección de puntos de muestreo, drenaje del grifo, recolección de la muestra para el análisis de parámetros fisicoquímicos, conservación y almacenaje.

### 2.2.12 Norma INEN 1108

Es una norma ecuatoriana vigente sobre los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, el cual se aplica para organizaciones privadas y públicas de sistemas de abastecimiento de agua potable que abastezcan a través de tanqueros o redes de distribución (INEN 1108, 2014, p.2). En la siguiente tabla se expone los límites máximos permitidos de las características del agua.

**Tabla 1-2:** Criterios de calidad de agua potable para consumo humano INEN 1108

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Turbiedad	NTU	5
Color aparente	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Cloro residual	mg/l	0,3 a 1,5
Mono cloraminas	mg/l	3
Nitratos	mg/l	50
Nitritos	mg/l	3,0
Coliformes	-	< 1,1

Fuente: INEN 1108, 2014

### 2.2.13 IRCA

En el 2007 se publicó el Decreto 1575, definiendo al IRCA como un indicador del Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo, el cual asigna un valor máximo para cada parámetro, se relaciona con la incidencia de enfermedades provocadas por el incumplimiento de los límites máximos permitidos de las características fisicoquímicos y microbiológicas del agua (González, 2018, pp.43-44).

Para el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) se debe tomar en cuenta la ponderación de que el IRCA establece para posteriormente utilizar las siguientes ecuaciones:

IRCA por muestra:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

IRCA mensual:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas al mes}}$$

Con el resultado calculado se da una ponderación total de cada muestra para dar una calificación como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 1-2:** Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual

Calificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80,1 – 100 %	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades de orden nacional.
35,1 – 80 %	ALTO	Informar a la persona prestadora y al COVE, alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14,1 – 35 %	MEDIO	Informar a la persona prestadora y al COVE, alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5,1 – 14 %	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5 %	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia

Fuente: Resolución 2115, 2007

#### **2.2.14 Bases teóricas**

#### **2.2.15 Contaminación del agua**

(Calderón, 2016, p.11) manifiesta que la contaminación del agua se debe principalmente a las actividades antropogénicas. Los bajos niveles de calidad del agua presenta un grave problema para salud pública, ya que por la contaminación del agua no se cumple con los límites máximos permisibles, ocasionando enfermedades de origen hídrico (SENAGUA, 2016, p.45).

#### **2.2.16 División de una red de distribución**

La red de distribución se encuentra dividida en dos partes: la red primaria que conduce el agua por medio de líneas principales y alimentar a las redes secundarias y la red secundaria se encarga de distribuir hasta la toma domiciliaria, que pueden ser de tres tipos: red secundaria convencional, red secundaria en dos planos y red secundaria en bloques (CONAGUA, 2007, p.4-5).

#### **2.2.17 Componentes de una red de distribución**

Una red de distribución consta de los siguientes elementos, como lo indica, (CONAGUA, 2007, p.2-3):

- a) Tubería: es un sistema de unión y ensamblaje que está formado por un conjunto de tubos.
- b) Piezas especiales: son todos los elementos que se utilizan para llevar a cabo intersecciones, ramificaciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías, entre otros.
- c) Válvulas: sirven para disminuir o evitar el flujo de la tubería, en ciertos casos para aislar o seccionar y para dar un control.
- d) Hidratantes: son instalaciones especiales en puntos de la red con el fin de abastecer agua a varios lugares.
- e) Tanques de distribución: Deposito ubicado entre la captación y red de distribución que cumpla la función de almacenar agua para regular la distribución.
- f) Tomas domiciliarias: conjuntos de tubos que permiten abastecer agua de la red de distribución al predio del usuario y así mismo la instalación al medidor.
- g) Rebombes: Instalaciones de bombeo que elevan la carga hidráulica en su punto de ubicación manteniendo la circulación del agua.
- h) Cajas rompedoras de presión: son depósitos de volumen pequeño que ayudan a disminuir la presión hidrostática permitiendo que se descargue flujos de la tubería.

### **2.2.18 Tipos de redes de distribución de agua potable**

Según (Pérez, 2005, p.80) las redes de distribución de agua potable se subdividen en:

Arborescentes: solo puede circular en solo sentido

Malladas: el agua tiene como mínimo dos trayectos distintos para llegar a su punto de consumo (con circuitos cerrados).

### **2.2.19 Tomas domiciliarias**

Es la encargada de abastecer el agua desde la red de distribución hasta la instalación hidráulica intradomiciliaria, la cual consta de dos partes: ramal (acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro) y cuadro (conjunto de tubos y codos en forma de triangulo hasta el medidor), esta extensión puede asumir un diámetro entre 13 a 19 mm (CONAGUA, 2007, p.62).

### **2.2.20 Tipos de tuberías**

#### **2.2.20.1 Tuberías flexibles**

Son aquellas que se flexionan por lo menos un 2% sin sufrir ningún daño, compuestos de materiales como: acero, aluminio, PVC, polietileno, polipropileno y poliéster reforzado con fibra de vidrio (CONAGUA, 2012, p.12).

#### **2.2.20.2 Tubería rígida**

Se considera tubería rígida aquella que no admite deflexión sin sufrir daño en su estructura. Materiales de las tuberías rígidas: concreto, fibrocemento, hierro fundido y barro (CONAGUA, 2012, p.12).

### **2.2.21 Turbiedad**

Define a la turbiedad como una propiedad visual de una suspensión que hace que la luz se disperse, reduciendo la intensidad de un rayo de luz a  $\frac{1}{2.718}$  de su valor incidente, la cual se lee en NTU o unidades de turbidez de nefélométrica (Deloya, 2006, p. 31-32).

### **2.2.22 Color aparente**

La coloración del agua se puede dar por la presencia de iones metálicos naturales (Iones de hierro, cobre, cromo y magnesio) en suspensión o disueltos, además el humus, microalgas o materia de origen vegetal o industrial también consiguen generar un cambio en la coloración del agua. Existe el color aparente que se encuentra en su estado original sin ningún proceso de purificación, a diferencia del color real el cual es sometido a procesos de filtración, purificación y potabilización con el fin de eliminar el color para que sea agradable a la vista del consumidor (Flores, 2017, p.19). En (INEN 1108, 2014, p.2) se establece el límite máximo permitido se encuentra entre 15 unidades de color aparente (Pt-Co).

### **2.2.23 pH**

(Clavijo y Granja, 2016, p.13) indica que el pH es la concentración de iones de hidrógeno en el agua indicando su acidez o alcalinidad, según (Pradillo, 2016, p.3) manifiesta en su artículo que el pH influye en la corrosión e incrustaciones que pueden existir en las tuberías.

### **2.2.24 Temperatura**

La temperatura influye sobre las propiedades físicas, afectando la velocidad las reacciones químicas (acción desinfectante del cloro residual) y la solubilidad de los gases, determina el desarrollo de los organismos presentes y amplía sabores y olores del agua. Este parámetro debe ser registrada en el campo, para su medición se sumerge un termómetro en el agua una profundidad adecuada, manteniendo un tiempo hasta que se estabilice (3 a 5 min) para obtener una lectura lo más exacta posible (SENA, 1999, p.34-188).

### **2.2.25 Cloro residual**

Según la norma legislativa ecuatoriana los proveedores públicos de agua potable tienen la obligación de realizar una desinfección con alguna forma de cloro para matar todos tipos de bacterias y otros patógenos, pero al abastecer por medio del sistema de distribución el cloro residual tiene que encontrarse bajo de los límites permisibles antes de llegar a los domicilios. Además, hay que tener cuidado con el uso excesivo de cloro en el tratamiento ya que puede presentar olores y sabores desagradables (Swistock, 2021, p.3).

### **2.2.26 Nitratos**

Los nitratos son compuestos que se encuentran en la naturaleza y forman parte del ciclo del nitrógeno, generalmente sus concentraciones en las aguas subterráneas y superficiales son bajas, pero pueden llegar a ser altas como resultado de la infiltración o la escorrentía de las tierras agrícolas o de los desechos humanos o animales contaminados por la oxidación del amoníaco... y de fuentes similares (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012, p.12). Además, (CAWTS, 2013, p.251-252) menciona que una exposición aguda a altos niveles de nitrato puede ocasionar serios problemas de salud provocando enfermedades como metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul, que afecta a niños alimentados con fórmula preparada a partir de agua potable.

### **2.2.27 Nitritos**

Así como los nitratos los nitritos también se encuentran en el medio ambiente, pero al ser ingerido este provoca afectaciones al cuerpo alterando la capacidad de la sangre para transportar oxígeno lo cual hace altamente peligroso para la salud humana (MDHHS, 2020, p.2).

### **2.2.28 Coliformes**

Esta especie abarca diferentes tipos de bacterias que se pueden encontrar en el suelo, en el agua, desechos humanos o animales, aunque la mayoría son inofensivas para el ser humano existen algunas que pueden generar enfermedades leves y graves con síntomas como: malestar gastrointestinal, gripe, fiebre, diarrea, entre otros., los cuales son transmitidas por el agua, las más representativas son coliformes fecales y *Escherichia coli* (Swistock y Sharpe. 2020, p.1). Por lo que se caracterizan como indicadores de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (González, 2018, p.11).

## **CAPÍTULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Naturaleza del estudio**

Este estudio tiene un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), ya que mediante el análisis de la estructura de las redes de distribución (redes principales y redes secundarias) se estableció los grupos muestreo que a partir de esto se determinó los puntos de muestro, como también se evaluó cualitativamente la calidad del agua considerando la técnica de observación de los parámetros físicos como el color aparente y la turbidez, lo cual será de nuestro criterio y de los ciudadanos que la consumen y además se le califica el nivel de riesgo que presenta cada punto de muestreo. Y se considera cuantitativo puesto que al analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se obtuvo valores con los que se determinó la calidad del agua potable de los diferentes puntos de muestreo.

#### **3.2 Tipo y método del estudio**

El tipo de estudio es técnico y a su vez descriptivo - comparativo ya que a partir de los análisis de la calidad del agua potable se realizó una comparación de los valores obtenidos de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento Santa Marianita y los resultados de los análisis realizados en los domicilios seleccionados, con el fin de verificar si existen cambios en los parámetros del agua abastecida por las redes de distribución hacia los domicilios, además se comparó con los límites máximos permitidos de agua potable indicados en la norma INEN 1108.

Para llevar a cabo el trabajo se aplicó técnicas de observación para determinar los puntos de muestreo y en la evaluación cualitativa de parámetros físicos (color, turbidez), como también se empleó un análisis de laboratorio para la evaluación de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos considerados para la evaluación de la calidad del agua potable.

#### **3.3 Localización del estudio**

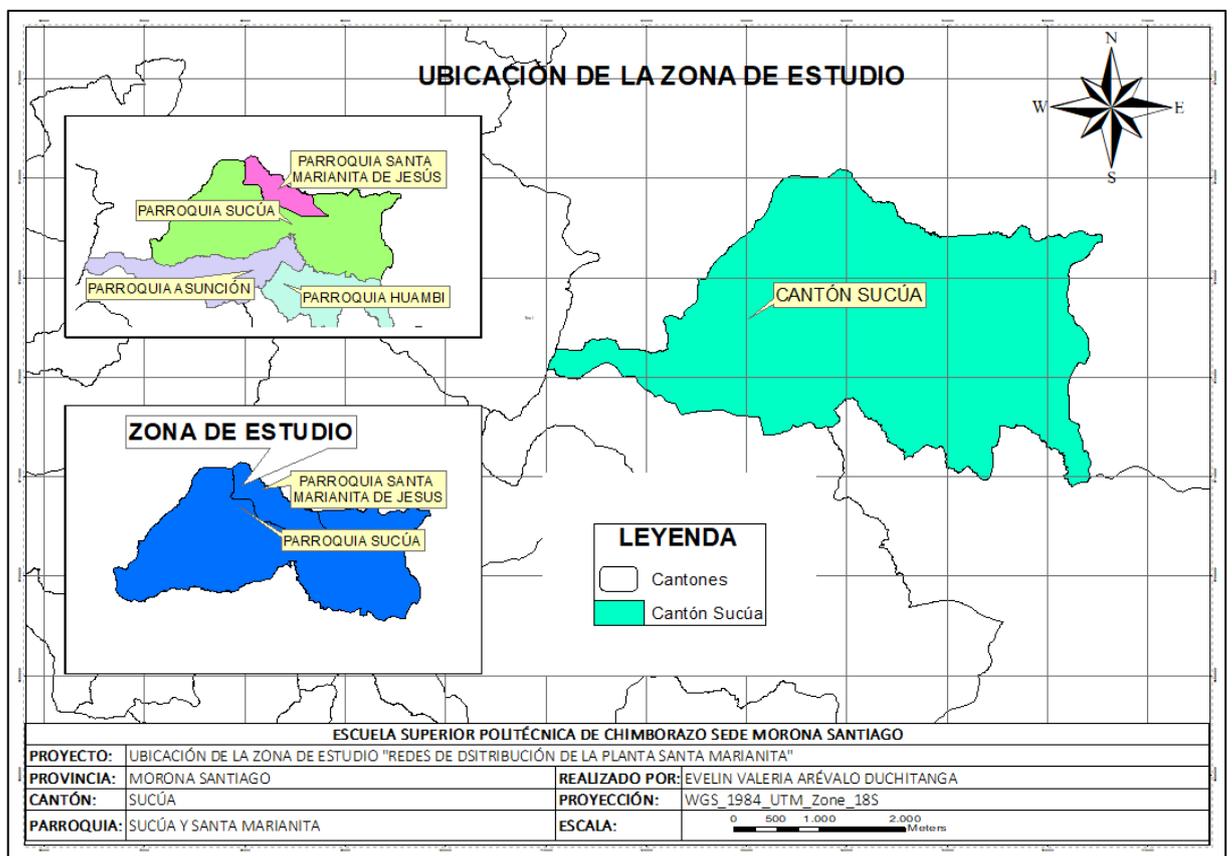
El presente estudio se desarrolló en el sistema de redes de distribución de la planta de tratamiento de agua potable de Santa Marianita comprendido entre el tanque de almacenamiento de agua potable y los barrios Belén, Nuevo Israel y Santa Marianita (Centro).

### 3.4 Descripción de la zona de estudio

#### 3.4.1 Descripción física

El proyecto técnico se llevó a cabo en la provincia de Morona Santiago, cantón Sucúa, parroquias Sucúa y Santa Marianita. La planta de tratamiento de agua potable Santa Marinita es encargada de abastecer agua potable a la parroquia Santa Marinita de Jesús y algunos barrios de la parroquia de Sucúa.

El cantón Sucúa posee una extensión de 1310.8812 km<sup>2</sup>, conformado por las parroquias Sucúa, Huambi, Santa Marianita de Jesús y Asunción (GAD Municipal del Cantón Sucúa, 2014, p.27).



**Ilustración 1-3:** Ubicación del área de estudio

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

#### 3.4.2 Descripción geográfica y ambiental

El área de estudio se encuentra ubicado dentro del cantón Sucúa, siendo limitado de la siguiente manera: por el Norte con límites de las provincias Chimborazo y Cañar, hasta los nacimientos del

río Arapicos, continuando hasta la desembocadura del río Upano, por el Este se limita por las cumbres de la Cordillera del Cutucú hasta el nacimiento del río Chapiza, al Oeste Con la provincia del Cañar y al Sur por el cantón Logroño y Santiago (GAD Municipal del Cantón Sucúa, 2014, p. 27).

### 3.4.3 Topología general

El presente trabajo técnico se lleva a cabo en los barrios Santa Marianita, Belén y Nuevo Israel, estos se encuentran diferenciados por la altitud representativa de cada una, teniendo una altitud alta, media y baja, tal como se puede observar en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Identificación y caracterización de puntos de muestreo de la zona de estudio

Lugar de muestreo	Punto de muestreo	Código de muestra	Propietario	Zona	Latitud	Longitud	Altitud	
Planta	Depósito	P0	-	Alta	-2,4046118	-78,1636532	938,2080672	
Barrio Santa Marianita	Medidor	PSA1	Carlos Ortega	Alta	-2,4069691	-78,1562678	884,8290032	
	Domicilio	PSA2						
Barrio Santa Marianita	Medidor	PSB1	Marco Zambrano		-2,4154324	-78,1541166	882,2554715	
	Domicilio	PSB2						
Barrio Belén	Medidor	PBA1	Rosa Lituma		Media	-2,4332377	-78,1574844	867,0335727
	Domicilio	PBA2						
Barrio Belén	Medidor	PBB1	Juan Cabrera			-2,4317637	-78,1568912	870,2660222
	Domicilio	PBB2						
Barrio Nuevo Israel	Medidor	PNA1	Rosa Zapatanga	Baja		-2,4431732	-78,1442496	829,625081
	Domicilio	PNA2						
Barrio Nuevo Israel	Medidor	PNB1	Félix Morocho		-2,4490388	-78,147942	814,5897165	
	Domicilio	PNB2						

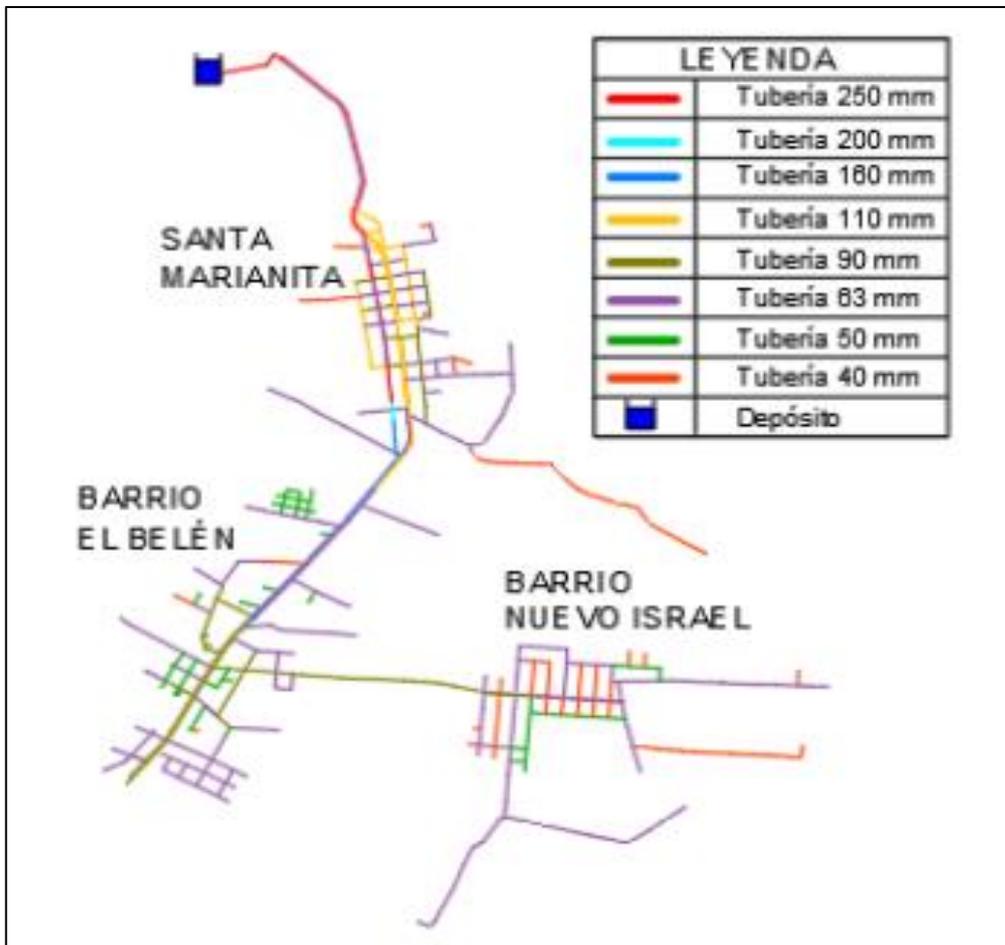
**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

### 3.5 Análisis de las redes de distribución domiciliarias de agua de la planta de Santa Marianita del cantón Sucúa

La planta de Santa Marianita es una organización pública encargada de abastecer agua potable mediante sus redes de distribución a 1442 habitantes. La extensión de tuberías es de 963 mm, las cuales todas son de material tipo PVC.

La EPMAPA-S indica que el sistema de distribución con la que se maneja la planta de tratamiento Santa Marianita y los diámetros de las tuberías que se utilizan para la distribución de agua para la parroquia de Santa Marianita, barrio Belén y Nuevo Israel, mediante el mapa se evidencia el

sistema de redes de cada barrio de muestreo y los diferentes diámetros de cada tubería que conforman las ramificaciones, como podemos observar en la siguiente ilustración.



**Ilustración 2-3:** Mapa de las redes de distribución del agua potable de Santa Marianita

Fuente: EPMAPA-S, 2022

### 3.6 Población y muestra

#### 3.6.1 Métodos de recolección de la información

Para la recolección de datos sobre la calidad del agua potable del sistema de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita se realizará una socialización con los propietarios de las viviendas que se tomó en cuenta como puntos de muestro mediante encuestas, al igual que con las autoridades competentes con el fin de conocer la su opinión sobre la calidad de agua que llega a sus hogares y las posibles causas que puedan ocasionar contaminación en el agua potable. Posteriormente mediante los monitoreos se aplicó la técnica de observación directa y análisis de laboratorio para ejecutar un registro de los valores obtenidos de los parámetros analizados y descripción de las plantas de tratamiento de agua potable y sus redes de

distribución, adjuntando información primordial para la determinación de la calidad del agua potable de los barrios que son abastecidos por la planta de tratamiento Santa Marinita.

Por otra parte, los datos obtenidos, se registraron en hojas de Excel para su posterior interpretación y análisis en el software estadístico.

### **3.6.2 Metodología de trabajo**

En el desarrollo del trabajo haciendo referencia a la toma de muestra se estableció un lapso de 30 días para cada muestreo con el fin de evidenciar si existe algún cambio en los resultados de los parámetros de la calidad del agua potable teniendo como variable el paso del tiempo, para lo cual se realizó tres monitoreos de cada punto seleccionado.

La planta de tratamiento Santa Marianita se encarga de abastecer a la parroquia Santa Marianita de Jesús y Sucúa, pero solo se encarga de la distribución del agua potable de algunos barrios los cuales fueron considerados para realizar los análisis, tales como: Santa Marianita con las siguientes coordenadas, Belén y Nuevo Israel que sirvieron como grupos de muestreo.

Realizado el análisis de la estructura de las redes de distribución de agua potable de la planta de tratamiento para la definición de puntos de muestreo donde se tuvo en cuenta las redes principales y secundarias del sistema, la altitud, es decir, zona alta, zona media y zona baja. A partir de los barrios seleccionados se aplicó el método de muestreo aleatorio estratificada para obtener dos domicilios por de cada grupo para el muestreo, cabe recalcar que se sacó una muestra fuera del residencia tomando en cuenta que la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento solo se hace responsable de la calidad del agua que llega hasta el medidor y para verificar si existe o no algún cambio se recolectó otra muestra dentro del domicilio para con el fin de determinar si el índice de calidad se ve afecta por las conexiones domiciliarias.

Se realizó el análisis de la calidad del agua potable de los puntos de muestreo basándose en el Manual de Técnicas de Muestreo de la Norma INEN 2176:2013. Para le muestreo se siguió en orden las siguientes actividades:

- Determinación de puntos: se obtuvo una muestra del medidor, ya que representa el agua de la tubería que es alimentada directamente de la red de distribución y la otra muestra se recolectó de los domicilios de los grifos que se encontraban más cerca del medidor.

- Drenaje de grifo: antes de recolectar la muestra se procedió a abrir completamente el grifo y dejar correr el agua de 1 a 5 min, con el fin de obtener una muestra que sea respectivamente del sistema de la red.
- Recolección de muestra para análisis fisicoquímicos: con anterioridad se lavó la botella 2 a 3 veces con el agua a muestrear y posterior se llena y tapa la muestra de agua. Cabe recalcar que se utilizó frascos de vidrio y de plásticos previamente esterilizados, con un volumen de 1000ml siendo una base determinada para el análisis de todos los parámetros considerados.
- Etiquetación de las muestras: se procedió a llenar con datos como; número de muestra, nombre del propietario del domicilio, fecha y hora de la recolección y cualquier dato adicional de la muestra que considere importante.
- Conservación y almacenaje: las muestras recolectadas fueron trasladadas en una nevera portátil hacia el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable Santa Marianita, ubicada en el cantón Sucúa, para posterior continuar con sus análisis fisicoquímicos y microbiológicos como: turbiedad, color aparente, temperatura, pH, cloro residual, monoclóraminas, nitratos, nitritos y coliformes fecales.

Basándonos en el tiempo de conservación de los parámetros fisicoquímicas y biológicos indicados en la norma se ejecutó un análisis in situ del cloro residual y de la temperatura, para evitar el cambio de estado original, a diferencia de los demás parámetros que presentan un tiempo de conservación alto, lo cual permitió el traslado de las muestras para su análisis de manera ex situ en el laboratorio de la planta de tratamiento Santa Marianita.

### ***3.6.3 Procedimiento para la recolección de información***

Para la recolección de la información necesario para realizar el muestreo se procedió a establecer los lugares de muestro que sean representativos para obtener un análisis más próximo a la realidad, se ejecutó 3 monitoreos cada 30 días como recomienda la legislación ecuatoriana. En la siguiente tabla se especifica cada punto de muestro.

**Tabla 2-3:** Registro de datos significativos de los puntos de muestreo del estudio.

Lugar de muestreo	Códigos de puntos de muestreo	Número de muestreos	Días de muestreo	Puntos de muestreo	Total de muestras
Planta	P0	3	30 días	1	3
Barrio Santa Marianita	PSA1	3	30 días	1	3
	PSA2	3	30 días	1	3
Barrio Santa Marianita	PSB1	3	30 días	1	3
	PSB2	3	30 días	1	3
Barrio Belén	PBA1	3	30 días	1	3
	PBA2	3	30 días	1	3
Barrio Belén	PBB1	3	30 días	1	3
	PBB2	3	30 días	1	3
Barrio Nuevo Israel	PNA1	3	30 días	1	3
	PNA2	3	30 días	1	3
Barrio Nuevo Israel	PNB1	3	30 días	1	3
	PNB2	3	30 días	1	3

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

#### 3.6.4 Tratamiento de las muestras

Los parámetros para el análisis de la calidad del agua potable de las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita se determinaron en base a la actualización de la norma INEN 1108 del año 2015, en el cual se excluyeron algunos parámetros anteriormente estimados, los considerados fueron: turbiedad, color aparente, temperatura, pH, cloro residual libre, monoclóraminas, nitritos, nitratos y coliformes totales.

La conservación de las muestras es fundamental para evitar que el estado natural del agua no se vea alterada, por tal motivo el análisis de algunos parámetros se realizó de manera in situ y otros ex situ. Las muestras de los parámetros como el cloro residual y temperatura se deben realizar en el campo dentro de un rango máximo de 5 min de la recogida de la muestra, al igual que las cloraminas, pero si hablamos de la turbiedad se debe mantener almacenadas en la oscuridad y a una temperatura entre 1 °C Y 5 °C, los nitratos, nitritos, pH y color se debe enfriar hasta 1 °C y 5 °C y se tiene que realizar el análisis dentro de 24H (INEN 2169, 2013, p. 9-16). Cabe recalcar que los recipientes deben ser de plástico o vidrio y previamente esterilizados.

### 3.7 Equipos, materiales y reactivos

En el desarrollo del estudio se dio dos etapas: el muestreo de los puntos (campo) y análisis de los parámetros en el laboratorio. Tanto para el muestreo como para los análisis de la calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el laboratorio se utilizaron los materiales, reactivos y equipos los cuales se presentan en la tabla.

**Tabla 3-3:** Materiales, reactivos y equipos utilizados en el muestreo y análisis de laboratorio

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Multiparamétrico	Vaso de precipitados	Fenolftaleína
Conductímetro	Embudo	Aluver
Peachímetro	Guantes	Phos Ver
	Mandil	Nitra Ver 5
	Mascarilla	Nitra Ver 3
	Bureta	Bleaching
	Frascos Enlermeyer	Buffer
	Agua destilada	Bromcresol
	Tubos de ensayo	Monoclor
	Probeta	Sulfa Ver
	Soporte con pinzas	
	Cuenta gotas	
	Cuaderno de laboratorio	
	Calculadora	
	Cinta	
	Frascos de prueba de orina	
	Zapatos cerrados o botas de goma	
	Botellas de plástico o de vidrio	

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

### 3.8 Métodos y técnicas

#### 3.8.1 Métodos

Para el análisis de los parámetros seleccionados se destinó diferentes métodos, nefelométrico para la determinación de la turbiedad, en cuanto al cloro residual, monoclaminas, nitratos y nitritos se utilizó el método espectrofotométrico, para la temperatura y pH se empleó el método electrométrico, para el análisis del color se realizó un método comparativo y en los coliformes se

aplicó el sembrado, los análisis se basaron en la metodología sugerida en el manual de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater con sus adaptaciones, los cuales se presentan en la tabla.

**Tabla 4-3:** Métodos de evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>
Turbiedad	Nefelométrico
Color aparente	Espectrofotometría
Temperatura	Electrométrico
pH	Electrométrico
Cloro residual	Espectrofotometría
Monocloraminas	Espectrofotometría
Nitratos	Espectrofotometría
Nitritos	Espectrofotometría
Coliformes	Sembrado

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

### 3.8.2 Técnicas

En la evaluación de la calidad de agua potable se aplicó las siguientes técnicas para la obtención de los resultados de cada uno de los parámetros del agua: turbiedad, color aparente, pH, cloro residual, monocloraminas, nitratos y nitritos, como se puede observar en la tabla 7-3.

**Tabla 5-3:** Técnicas de evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

<b>Parámetro</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Cálculos</b>
Turbiedad	2100p Turbidímetro HACH Chemical Company Celda Piseta	Agua problema (blanco)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar la celda con el blanco en el turbidímetro.</li> <li>Ubicar la celda con la muestra recolectada en el turbidímetro.</li> <li>Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0.10, 0, 100 NTU)</li> </ul>	Lectura directa
Color aparente	Espectrofotómetro HACH	NA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sacar la muestra en un vaso precipitado y colocar en la celda</li> <li>Limpiar y ubicar en el espectrofotómetro.</li> <li>Leer directamente el valor del equipo.</li> </ul>	Lectura directa

pH	Peachímetro digital Vaso de precipitación de 250 ml	Soluciones buffer pH y pH 7 y pH 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que el peachímetro este calibrado utilizando soluciones buffer (De 4,7 a 10 pH) lo que realiza cambios de su potencial de estado y mantener a este.</li> <li>• Colocar el electrodo dentro del vaso</li> <li>• Leer directamente el valor del equipo</li> </ul>	Lectura directa
Cloro residual	HACH 2004 Pipeta de 1mL Vaso precipitado de 250ml	Reactivo Cloro R	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10mL de muestra de agua potable con el reactivo Cloro R en la celda HACH 2004.</li> <li>• Colocar la celda en el HACH 2004.</li> <li>• Leer el valor directamente</li> </ul>	Leer directamente el valor
Monocloraminas	HACH 2004 Pipeta de 1mL Vaso precipitado de 250ml	Reactivo Monoclor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10mL de muestra de agua potable con el reactivo Nitra Ver 5 en la celda HACH 2004.</li> <li>• Colocar la celda en el HACH 2004.</li> <li>• Leer el valor directamente.</li> </ul>	Leer directamente el valor
Nitratos	HACH 2004 Pipeta de 1mL Vaso precipitado de 250ml	Reactivo Nitra Ver 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10mL de muestra de agua potable con el reactivo Nitra Ver 5 en la celda HACH 2004.</li> <li>• Colocar la celda en el HACH 2004.</li> <li>• Leer el valor directamente.</li> </ul>	Leer directamente el valor
Nitritos	HACH 2004 Pipeta de 1mL Vaso precipitado de 250ml	Reactivo Nitra Ver 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar 10mL de muestra de agua potable con el reactivo Nitra Ver 5 en la celda HACH 2004.</li> <li>• Colocar la celda en el HACH 2004.</li> <li>• Leer el valor directamente</li> </ul>	Leer directamente el valor

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

### 3.8.3 Determinación del Índice de riesgo de la calidad del agua-IRCA

A partir de los resultados obtenidos en los tres muestreos realizados se calculó el índice de riesgo de la calidad de agua mediante las siguientes ecuaciones:

IRCA por muestra:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{puntajes de riesgo asignados a las características no aceptables}}{\Sigma \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

IRCA mensual:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas al mes}}$$

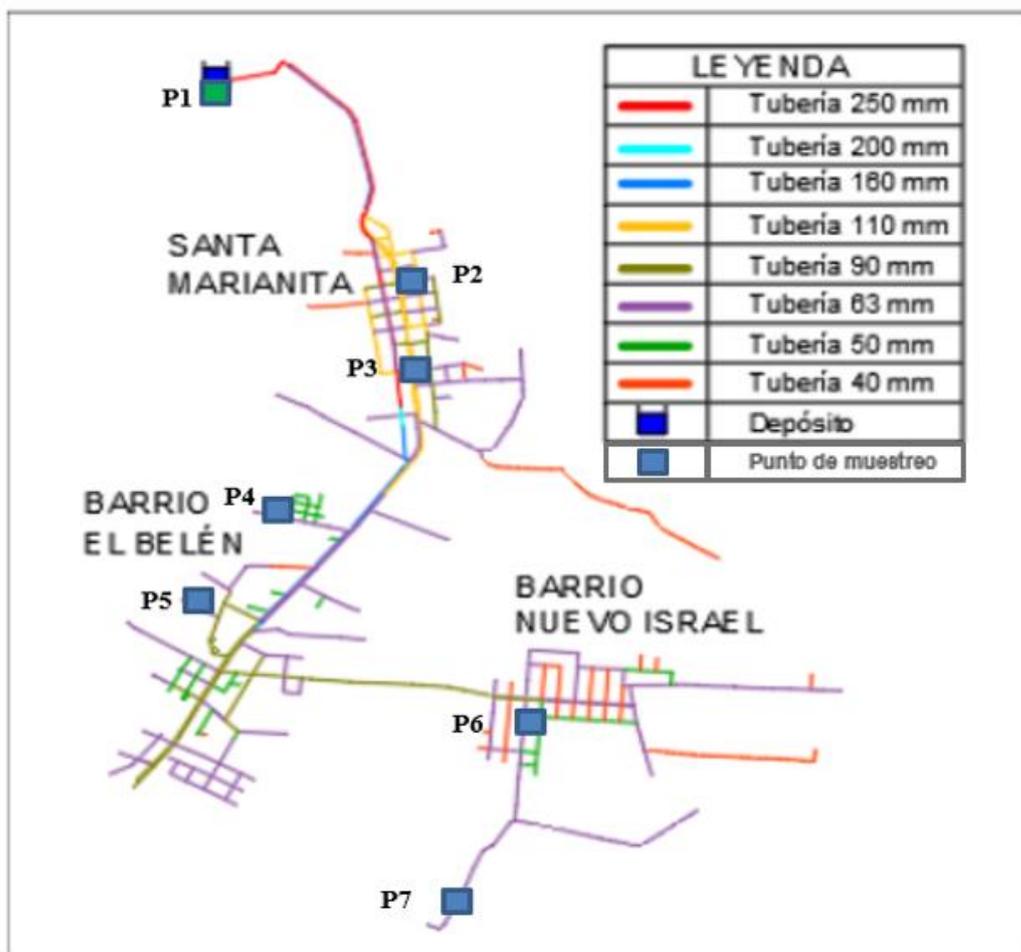
Se procedió a realizar el cálculo de cada punto de muestreo, obteniendo un porcentaje de índice de riesgo de la planta (tanque de almacenamiento), de las redes de distribución mediante el análisis del medidor de dos domicilios de cada barrio (Santa Marianita, Belén y Nuevo Israel) y el nivel de riesgo de las redes intradomiciliarias por la evaluación del agua de los grifos de dos domicilios por barrio.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de la red de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita

Mediante el análisis de la red se pudo seleccionar de los barrios de muestreo, fijando puntos estratégicos para obtener una muestra total por barrio significativa de la calidad del agua. En la figura 1-4 se identificó los puntos de muestreo de cada barrio como se puede observar a continuación.



**Ilustración 1-4:** Red de distribución de la planta de tratamiento de agua potable Santa Marianita

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

La planta de tratamiento de Santa Marianita lleva 7 años de servicio para la ciudadanía de Santa Marianita, Barrio Belén y Nuevo Israel, abasteciendo de agua de buena calidad según monitoreos realizados por la EPMAPA-S cada mes durante todos los años de servicio, como se ha mencionado anteriormente el tiempo de vida de uso de las tuberías son de 100 años dando como

resultado el buen estado de las tuberías, añadiendo que por parte de los operadores de la planta de tratamiento se han estado realizando mantenimientos y limpieza de las redes de distribución, lo que ayuda a controlar las rupturas y evitar que las tuberías presenten fugas y por consecuencia la contaminación del agua, lo que se puede comprobar con los resultados obtenidos en los análisis realizados, demostrando que la calidad del agua no se ve afectada por las redes primarias, secundarias, domiciliarias e intradomiciliarias.

El sistema de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita se constituye por redes primarias, secundarias y domiciliarias con tuberías de diferentes diámetros que oscilan entre 40 mm hasta 250 mm, siendo las más predominantes de 63 mm y 90 mm. Dentro del sistema existen 2 válvulas reductores de presión y 29 válvulas de corte, esta red cubre un área de 520 ha que abastecen agua potable a la parroquia Santa Marianita y a los barrios Belén y Nuevo Israel (Rodríguez, 2020, p. 25-27). Según (SSC, 2017, p.41-42) depende del material la vida útil de las tuberías, en nuestro caso la red de distribución consta de tuberías de material PVC teniendo una vida útil de 100 años. La EPMAPA-S no se han realizado renovaciones de tuberías a grandes niveles debido a que la planta de tratamiento lleva poco tiempo operando, pero se han ejecutado pequeñas reparaciones de tuberías. Cabe recalcar que la red debido al crecimiento poblacional se ha modificado con algunas ampliaciones para poder abastecer a la ciudadanía.

#### **4.2 Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento y de los domicilios del cantón Sucúa.**

Para identificar la calidad del agua potable de las redes de distribución de la planta Santa Marianita se procedió a realizar tres muestreos con el fin de obtener un resultado más exacto, según lo recomendado por la norma INEN 1108 el monitoreo de los parámetros de la calidad del agua potable como mínimo de debe realizar uno al mes por lo que se desarrolló una muestra cada 30 días durante tres meses (mayo, junio y julio), de estos resultados se obtuvo un promedio final que sirvió para comparar la calidad que abastece la planta que se encuentra en excelentes condiciones y la que llega a los medidores y por último que calidad tiene el agua al pasar por las redes domiciliarias donde se pudo observar que existió cambios mínimos los cuales no afecta la calidad del agua porque está dentro de los límites máximos permitidos.

#### **4.3 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos**

Haciendo referencia a los parámetros fisicoquímicos se evaluó la turbiedad, color aparente, pH, temperatura, cloro residual, monoclaminas, nitratos y nitritos y para los parámetros microbiológicos se analizaron los coliformes totales, resultados que se compararon con los límites

máximos permitidos en la INEN 1108 y la alteración de la calidad de agua entre la planta y los barrios de muestreo.

**Tabla 1-4:** Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua potable

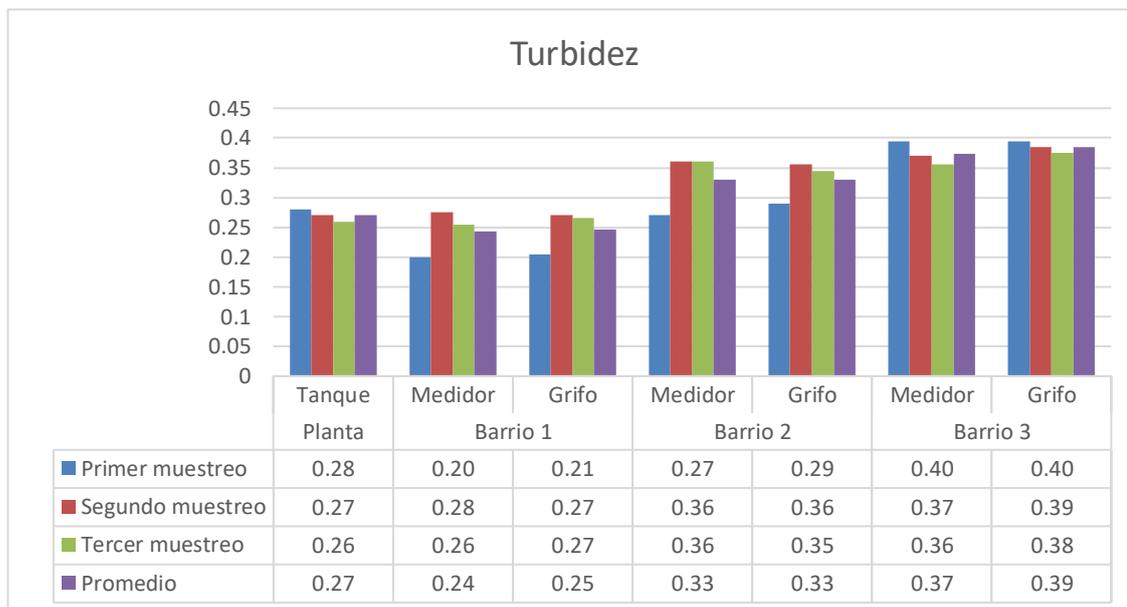
Muestra	Unidades	Planta	Barrio 1		Barrio 2		Barrio 3		INEN 1108
		Tanque	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Límite máximo permitido
<b>Turbiedad</b>	NTU	0,27	0,24	0,25	0,33	0,33	0,37	0,39	≤ 5
<b>Color aparente</b>	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≤ 15
<b>pH</b>	-	7,81	8,12	8,12	8,12	8,11	8,13	8,15	6,5 - 8,5
<b>Temperatura</b>	°C	20,17	19,90	19,85	19,58	19,83	19,78	19,72	15 - 25
<b>Cloro residual</b>	mg/l	0,66	0,63	0,64	0,61	0,63	0,66	0,59	0,3 - 1,5
<b>Monocloraminas</b>	mg/l	0,59	0,27	0,25	0,28	0,29	0,23	0,19	≤ 3
<b>Nitratos</b>	mg/l	0,30	0,23	0,48	0,17	0,15	0,18	0,35	≤ 50
<b>Nitritos</b>	mg/l	0,038	0,027	0,028	0,030	0,030	0,022	0,02	≤ 3,0
<b>Coliformes</b>	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	< 1,1

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Según los resultados obtenidos se puede demostrar que la calidad del agua que desaloja la planta de tratamiento se encuentra en excelentes condiciones cumpliendo los valores máximos permitidos de cada uno de los parámetros analizados, además no se ve alterada al ser transportada por el sistema de redes de distribución domiciliarias como se había planteado en la hipótesis.

A los alrededores de la captación, planta de tratamiento y redes de distribución se encuentran pobladores que ejercen la ganadería lo que con el tiempo podría generar contaminación al agua porque según el estudio realizado por (Blanco, 2018, p.38) identificó que en Perú en la provincia San Román la calidad del agua se ve afectada debido a actividades ganaderas y a la falta de mantenimiento de la planta de tratamiento y de las redes de distribución domiciliarias y teniendo en cuenta que en los análisis se arrojó un pequeño aumento de nitratos puede llegar a ser significativo al pasar el tiempo por lo que es fundamental seguir con controles mediante monitoreos mensuales y constante mantenimiento de los sistemas de distribución de la planta de tratamiento de agua potable de Santa Marianita.

### 4.3.1 Turbiedad



**Ilustración 2-4: Comportamiento de la turbiedad de cada barrio en los tres muestreos**

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

La turbiedad es un parámetro muy importante del agua potable puesto que si supera sus límites causa rechazo de los consumidores por razones estéticas, lo que ayuda a prevenir a que instituciones públicas negligentes proporcione agua de mala calidad a la población (Marcó et al. 2004: pp.77).

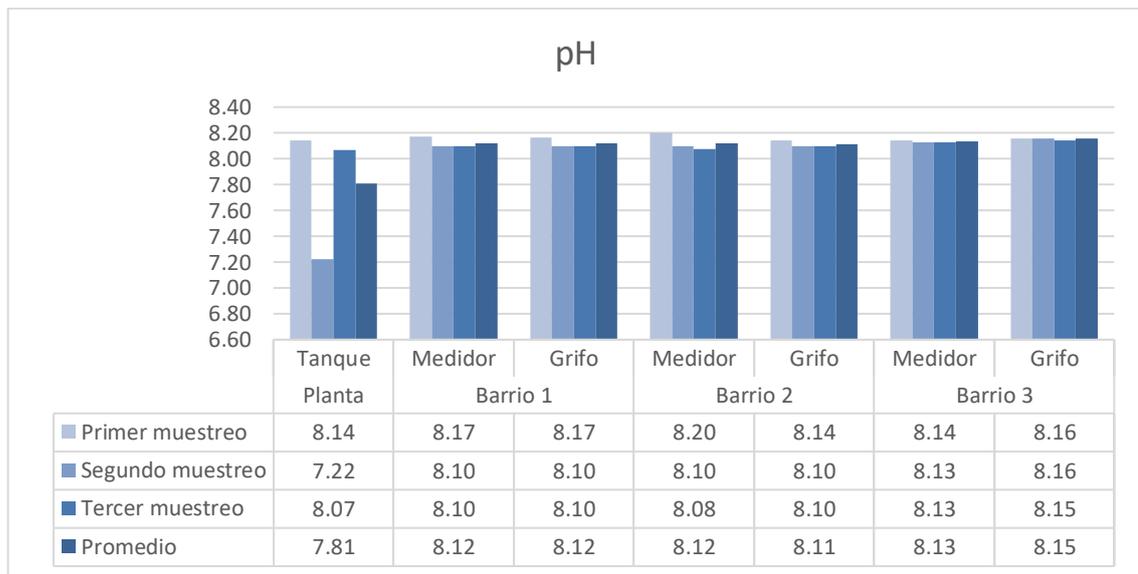
Este parámetro en el punto inicial (planta) se muestra un valor promedio de 0,27 NTU pero al ser transportada por el sistema de redes hasta el barrio 1 (Santa Marianita) existe una disminución mínima de 0,24 a 0,25 A diferencia del barrio 2 (Belén) con 0,33 y barrio 3 (Nuevo Israel) de 0,37 a 0,39 que va aumentando relativamente su valor probablemente por causa de que el sedimento se ha quedado suspendido en las redes de distribución, cabe recalcar que el cambio de datos no es significativo porque no sobrepasa de los valores máximos permitidos. El rango de promedios de los tres muestreos es de 0,24 a 0,39 se encuentra dentro del valor máximo permitido del INEN 1108, además los valores obtenidos se establecen entre el valor óptimo de turbiedad de < 1 NTU en agua potable como lo establece la OMS, puesto que los niveles altos de turbiedad pueden proteger a microorganismos en la etapa de desinfección (Martínez-Orjuela et al. 2020: pp.16).

### 4.3.2 Color aparente

En este parámetro analizado en todas estaciones que se consideró para el muestreo nos dio un resultado de 0, lo cual representa una calidad de agua potable buena, es decir que, no representa

ningún riesgo para salud humana, además que estéticamente visible se puede decir que se observa de excelente calidad, ya que posee un color transparente (cristalino). Además, (Tarqui-Mamani et al. 2016: pp. 4) manifiestan en su artículo la presencia de color es un indicador de mala calidad.

### 4.3.3 pH

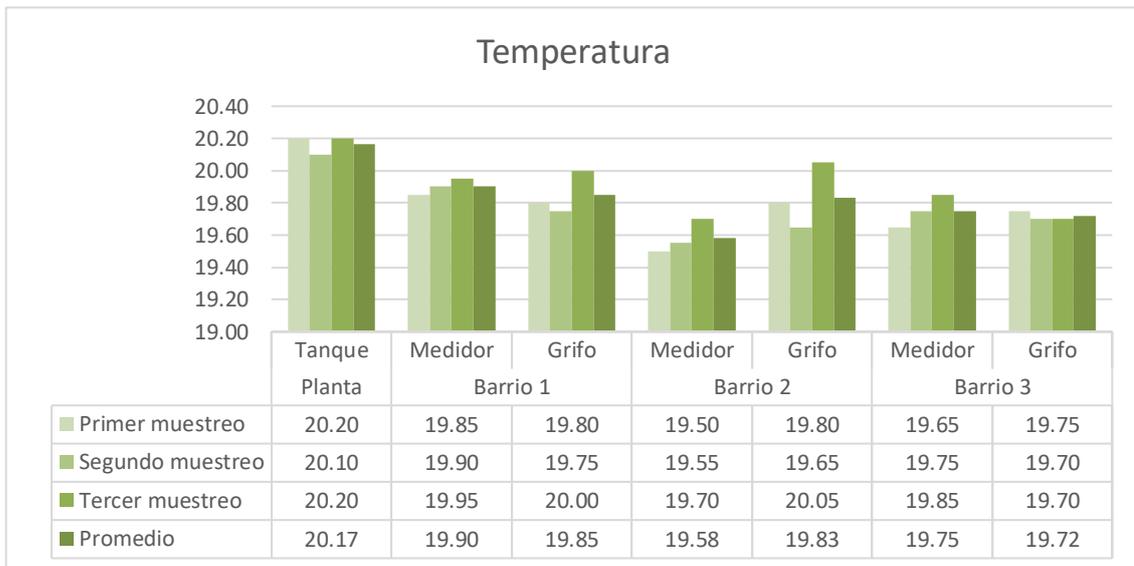


**Ilustración 3-4:** Comportamiento del pH de cada barrio en los tres muestreos

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

La evaluación del pH posee una tendencia de un grado de acidez y alcalinidad, que se determina por su valor de 1 a 14, la INEN 1108 no presenta criterios de calidad para este parámetro por lo que se tomó en cuenta los límites permitidos del agua potable establecidos por la (INEN 5, 2012, p.31) que son 6,5 a 8,5 lo que quiere decir que el pH de los muestreos realizados cumplen porque poseen un promedio de 7,81 como mínimo y 8,15 de punto más alto, puesto que si fuera más ácido puede aumentar la corrosión en los tanques de almacenamiento de acero además (INEN 5, 2012, p.31) que los rangos recomendable son de 7 a 8,5 por lo que se puede decir que se encuentran en condiciones óptimas para obtener una calidad excelente.

#### 4.3.4 Temperatura

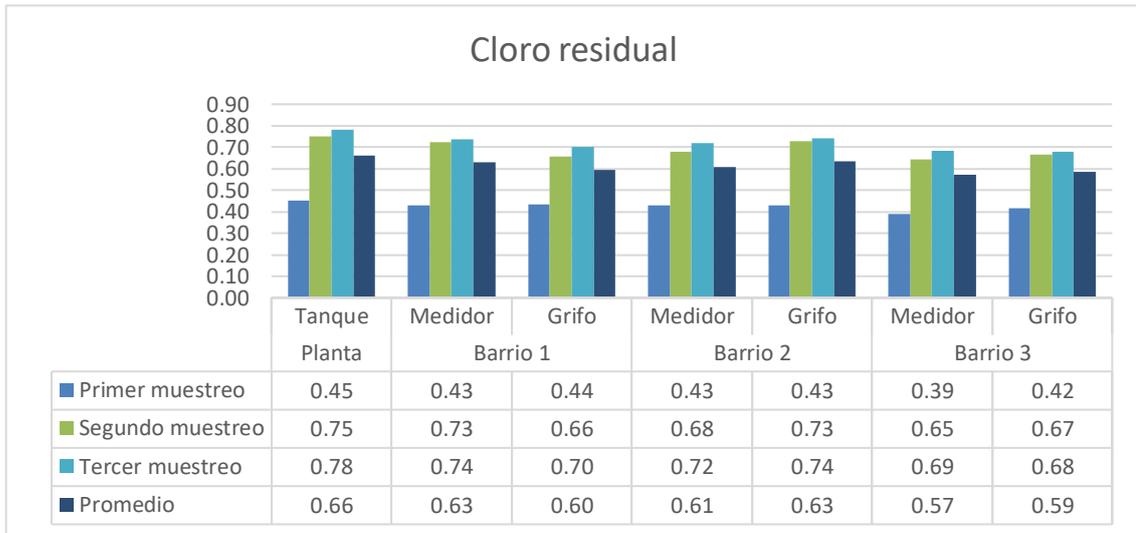


**Ilustración 4-4:** Comportamiento de la temperatura de cada barrio en los tres muestreos.

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

La temperatura es uno de los parámetros más influyentes en la calidad del agua, puede llegar a alterar la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua, en la velocidad metabólica, reproducción, migración y estivación de los organismos, es decir, puede beneficiar o perjudicar la supervivencia de organismos contaminantes. En este caso la temperatura se encuentra dentro de los límites máximos permitidos teniendo un promedio de 19,58 (mínimo) a 20,17 °C (valor máximo) logrando una temperatura en la que no pueda afectar de manera negativa en la calidad del agua.

### 4.3.5 Cloro residual

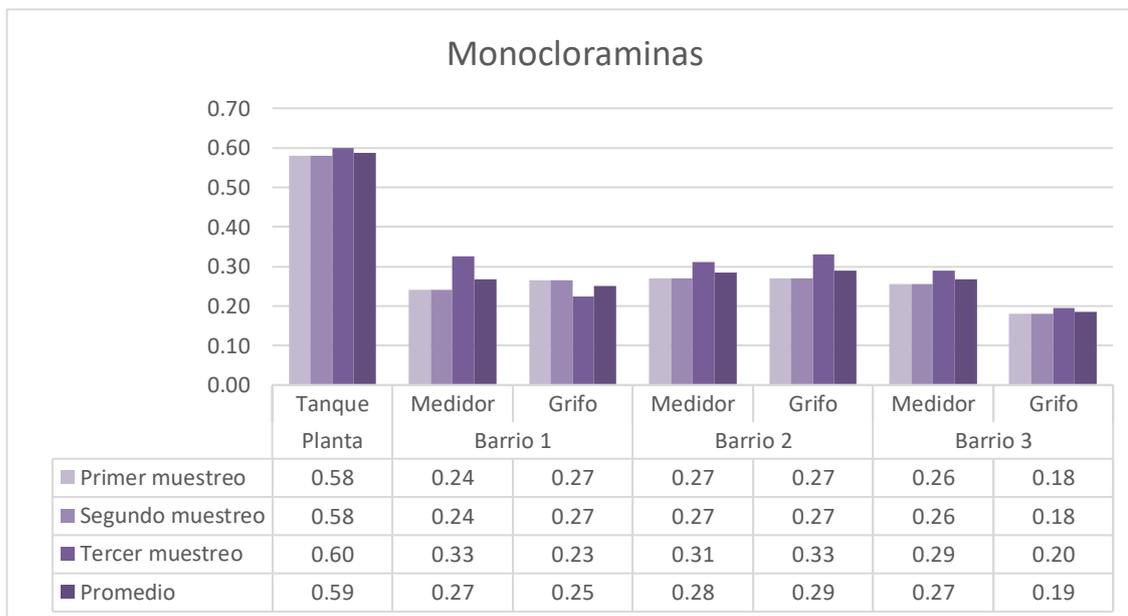


**Ilustración 5-4:** Comportamiento del cloro residual de cada barrio en los tres muestreos

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Al realizar la comparación de los resultados del cloro residual en los tres muestreos realizados se pudo observar que su dosificación en el primer análisis varía de un rango de 0,42 a 0,78 mg/L, pero si se encuentra dentro de los límites mínimos permitidos expresados en la INEN 1108, lo cual es provocado por la época de lluvia generando un descontrol en la etapa de desinfección del agua, ya que el caudal impreciso imposibilita una dosificación correcta. Sin embargo (Gachamá, 2011, p.53) menciona que los valores óptimos para prevenir la proliferación de algas en las redes de distribución están entre 0,3mg/L a 2 mg/L dejando a los valores obtenidos dentro del rango de valores óptimos para una buena calidad, al igual que el promedio en general que se manifiesta oscilando de 0,61 a 0,63 mg/L.

### 4.3.6 Monocloraminas

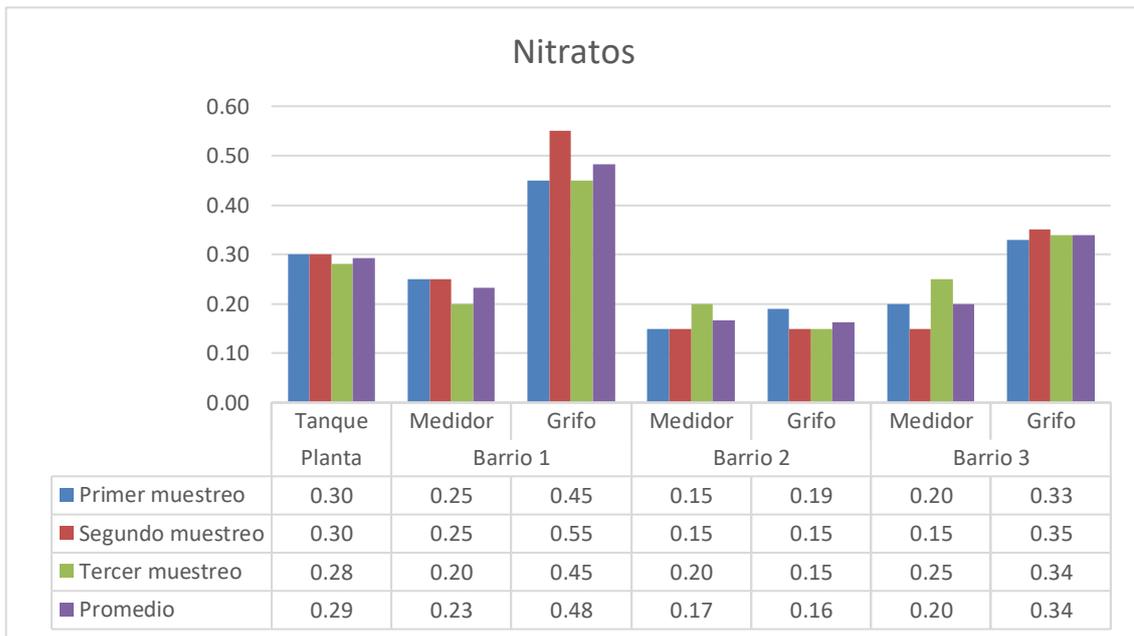


**Ilustración 6-4:** Comportamiento de las monocloraminas de cada barrio en los tres muestreos

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Según la gráfica en el tanque de almacenamiento se encuentra el valor más alto durante los tres muestreos realizados que se encuentra entre 0,59 lo cual se debe a que después de la adición del cloro gas va directo a los tanques y debido al tiempo de reposo y al relieve que tiene ante los demás puntos se mantiene la concentración de las monocloraminas, pero al circular por las redes de distribución tiende a disminuir, como lo observamos en los barrios de Santa Marianita bajo a un rango de 0,25 en el grifo y 0,27 en el medidor, Belén se mantiene en el medidor un 0,28 y el grifo 0,29 y Nuevo Israel con 0,19 en el grifo siendo el punto mínimo con relación a todos los puntos de muestreo y 0,27 en el medidor. Cabe recalcar que, aunque existe una variación en el tanque de reserva todos los valores se encuentran dentro de los criterios de calidad de agua potables de la INEN 1108 que posee un límite máximo de 3 mg/L. Además teniendo en cuenta los puntos máximos y mínimos se encuentran en condiciones correctas para evitar que estos presentes efectos organolépticos en el agua potable, porque la (OMS, 2011, p.262) indica que si sobre pasa las concentraciones de 0,5 a 1,5 ml/L puede alterar el olor y sabor del mismo.

### 4.3.7 Nitratos

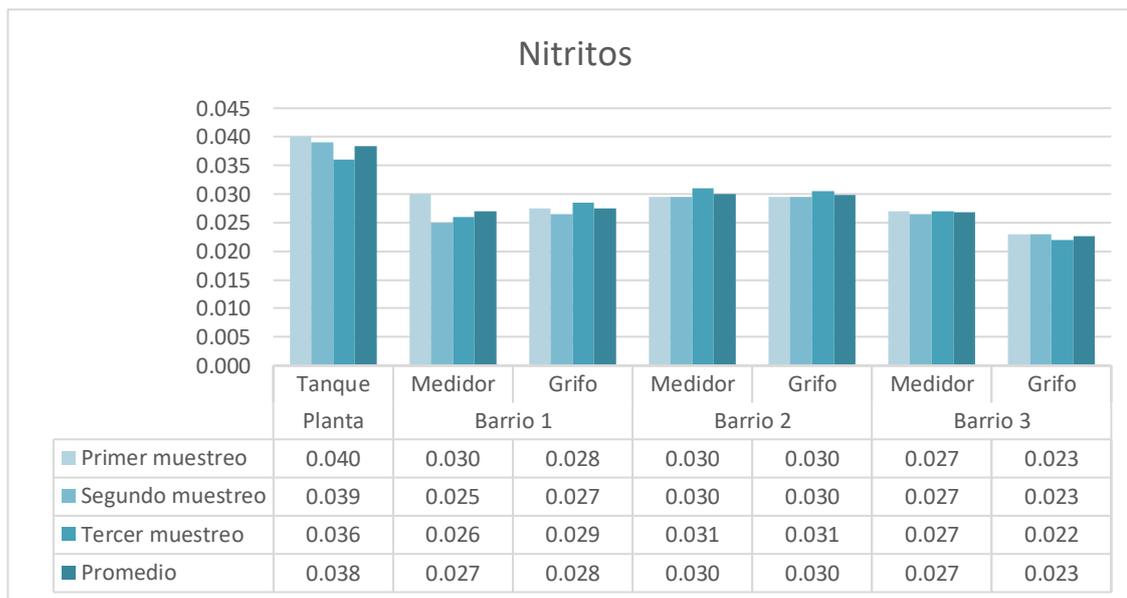


**Ilustración 7-4:** Comportamiento de los nitratos de cada barrio en los tres muestreos

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Al referirnos a los nitratos estos se pueden presentar en el agua debido a alguna pequeña ruptura de la tubería de la red domiciliaria del barrio Santa Marianita la cual este permitiendo el paso de compuestos químicos inorgánicos, ya que estos se encuentran de forma natural en el suelo o por actividades antropogénicas como el uso de fertilizantes (OMS, 1998, p.125) lo que genera que se presenta un valor máximo en el segundo muestreo de 0,55 a diferencia de los otros barrios que estos manifiestan como valor mínimo de 0,15. Aunque este parámetro muestre una alteración en la calidad del agua no es muy significativa ya que se encuentra dentro de los valores máximos permitidos de la INEN 1108.

### 4.3.8 Nitritos



**Ilustración 8-4:** Comportamiento de los nitritos de cada barrio en los tres muestreos

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

La (OMS, 2011, p.468) manifiesta que el nitrito puede estar presente en el sistema de distribución en concentraciones más altas cuando se usa cloramina, pero la ocurrencia es casi siempre intermitente, pero según los resultados la concentración de monocloramias es mínima lo cual no va a afectar a la presencia de los nitritos. Su límite máximo permitido es de 3 ml por lo que los valores resultantes del muestreo no muestran algún riesgo contra la salud humana ya que valor máximo obtenido es de 0,040ml el cual se presenta en el primer muestreo del tanque de reserva de la planta, es decir, que el sistema de distribución no altera este parámetro y el punto mínimo es de 0,022ml que es el punto final y de más baja altitud. Haciendo referencia al promedio de los tres muestreos de cada punto el que presenta el valor máximo es el grifo del domicilio del barrio 3 (Nuevo Israel), resaltando que las redes intradomiciliarias no presentan.

### 4.3.9 Coliformes

**Tabla 2-4:** Comportamiento de los coliformes fecales de cada barrio en los tres muestreos

Coliformes fecales								
Muestra	Planta	Barrio 1		Barrio 2		Barrio 3		INEN 1108
Parámetro	Tanque	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Límite máximo permitido
Primer muestreo	0	0	0	0	0	0	0	< 1,1
Segundo muestreo	0	0	0	0	0	0	0	
Tercer muestreo	0	0	0	0	0	0	0	

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Los coliformes es uno de los parámetros más fundamentales al realizar un análisis de calidad de agua debido a que su presencia puede provocar enfermedades hídricas, teniendo en cuenta lo mencionada se considera al agua de buena calidad debido a que los valores no solo se encuentran dentro de los límites máximos permitidos formulados por el INEN 1108, sino no hay presencia de este tipo de organismos. Por lo que mediante el análisis realizado se observa que todos presentan un valor de 0 lo que significa que existe la presencia de coliformes totales lo que demuestra que tanto la planta de tratamiento como el sistema de redes de distribución se encuentran funcionando correctamente, proporcionando agua de calidad excelente y sin riesgo para la salud.

**Tabla 3-4:** Comportamiento de los coliformes fecales de cada barrio en los tres muestreos

Color aparente								
Muestra	Planta	Barrio 1		Barrio 2		Barrio 3		INEN 1108
Parámetro	Tanque	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Límite máximo permitido
Primer muestreo	0	0	0	0	0	0	0	≤ 15
Segundo muestreo	0	0	0	0	0	0	0	
Tercer muestreo	0	0	0	0	0	0	0	

Realizado por: Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

## 4.4 Resultados del índice de riesgo de la calidad del agua-IRCA

Se realizó la sumatoria de los características fisicoquímicos y microbiológicos que tomamos en cuenta para el análisis de la calidad del agua para obtener la ponderación actual del muestreo y de la misma forma la sumatoria de los parámetros con la ponderación de riesgo asignado para obtener la clasificación de riesgo del IRCA.

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua se realizó de cada uno de los puntos de muestreo: planta de tratamiento (tanque de almacenamiento), barrio Santa Marianita (Medidor y Grifo), barrio Belén (Medidor y Grifo) y por último el barrio Nuevo Israel (Medidor y Grifo).

**Tabla 4-4:** Índice de riesgo de la calidad de agua de la planta de tratamiento Santa Marianita

Muestra		Grupo de parámetros	Ponderación actual	Ponderación de riesgo asignado	% IRC A	Calificación de IRCA	Calificación de Riesgo
Planta	Tanque	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,27	64,00	1,98 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
	Medidor	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,13	64,00	1,77 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
Barrio 1	Grifo	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,39	64,00	2,17 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
	Medidor	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,14	64,00	1,78 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
Barrio 2	Grifo	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,14	64,00	1,78 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
	Medidor	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,23	64,00	1,92 %	0 – 5 %	Sin Riesgo
Barrio 3	Grifo	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	1,34	64,00	2,09 %	0 – 5 %	Sin Riesgo

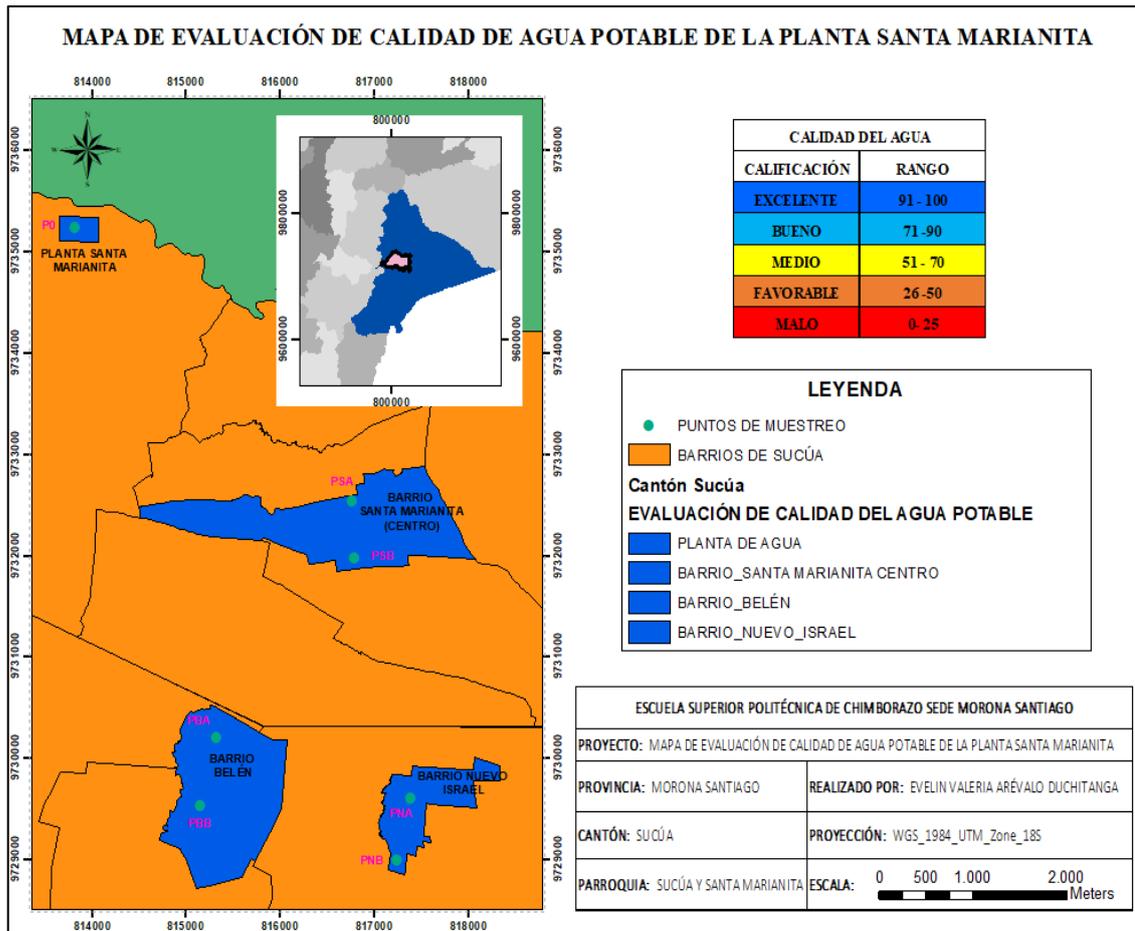
Realizado por: Arévalo, Evelin, 2022

Dependiendo el resultado obtenido se establece los niveles de riesgo, si resulta entre 0 a 5 % se califica con un nivel bajo de riesgo, es decir apta para el consumo humano. Si esta entre 5,1 a 14 % se considera no apta para consumo humano y con un nivel de riesgo bajo, cuando obtiene entre 14,1 a 35 % no es apto para consumo humano y posee un riesgo medio, entre 35,1 a 80 % presenta un riesgo alto y si se encuentra entre 80,1 a 100 % se considera agua inviable sanitariamente (Resolución 2115, 2007, p.9).

Según los resultados obtenidos la calidad del agua potable se clasifica sin riesgo por lo que es considerada apta para el consumo humano. Debido a que las puntuaciones oscilan entre el 1,77 a 2,17 % se encuentra dentro de los rangos de 0 a 5 %, pero a pesar de la inexistencia de riesgo se recomienda continuar con la vigilancia mediante monitoreos. Cabe recalcar que el porcentaje más alto y que presenta una alteración en la calidad es la muestra del grifo de un domicilio del barrio 1 (Santa Marianita) con 2,17%, donde según la evaluación realizada de los parámetros fisicoquímicos presentan un aumento mínimo de nitratos provocando aquella alteración.

#### 4.5 Elaboración de un mapa de evaluación de calidad del agua de las redes de distribución de la planta de tratamiento Santa Marianita.

Mediante los resultados de cada punto de muestreo se ha logrado establecer la calidad del agua potable y el riesgo que puede generar a la salud humana. Las estaciones de muestreo se dividen por barrios: Santa Marianita, Belén y Nuevo Israel. Se estableció por cada punto de muestreo los valores de parámetros evaluados indicando si cumple o no cumple con la norma establecida.



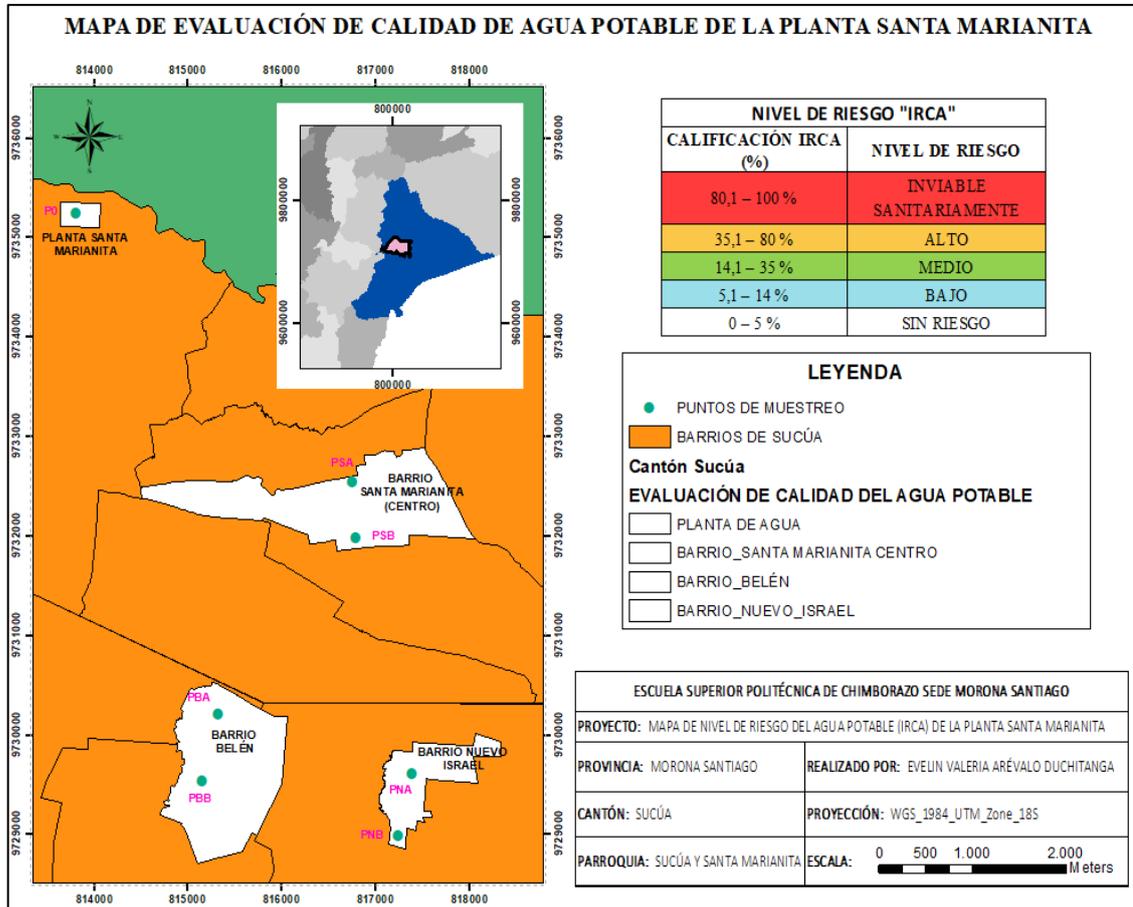
**Ilustración 9-4:** Mapa de evaluación de calidad de agua potable de la planta Santa Marianita

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

En el mapa se subdividió por barrios para establecer la calidad de cada uno, donde se reconoce de color azul a de excelente calidad, celeste de buena calidad, amarillo de regular, naranja mala y rojo muy mala. Como se puede observar desde el punto inicial hasta el último punto se consiguió resultados favorables para la salud ya que se encuentran dentro del rango de 91 a 100% dándole una cualidad al agua potable de excelente, demostrando un excelente funcionamiento de cada etapa de la planta de tratamiento de Santa Marianita, así como también la correcta operatividad del sistema de distribución (redes principales y redes secundarias) de la planta. Además, se

determinó que las instalaciones de agua potable de los domicilios del cantón Sucúa se encuentran en buen estado sin ninguna fisura o fuga.

Además, se incluyó la evaluación del índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano mediante el IRCA.



**Ilustración 10-4:** Mapa de evaluación de calidad de agua potable de la planta Santa Marianita

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Para el reconocimiento del nivel del índice de riesgo de calidad del agua se estableció por los porcentajes, si se encuentra dentro del rango de 0 a 5% es de color blanco, si esta de 5,1 a 14 % es de color celeste, en el rango de 14,1 a 35 % posee un color verde, dentro de 35,1 a 80 % de color naranja y si esta entre 80,1 a 100 % de color rojo.

Los resultados de los parámetros analizados del agua que abastece la planta Santa Marianita nos permitieron establecer la calidad del agua de planta y del sistema de abastecimiento, mediante el mapa se puede observar que punto inicial (tanque de almacenamiento) obtuvo una calidad excelente y se encuentra dentro de los rangos de 0 a 5 % de la calificación del IRCA, indicando

que no existe riesgo para la salud humana, al igual que las muestras analizadas de los domicilios de la parroquia Santa Marianita, barrio Belén y Nuevo Israel demostraron que los parámetros del agua se encuentran dentro de los límites máximos permitidos y adicionalmente se establecen en el rango de los valores óptimos de calidad de agua potable que indica la OMS.

#### **4.6 Propuesta**

Teniendo en cuenta los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se pudo observar la variación en las concentraciones de cloro en el primer muestreo el cual se realizó en época de lluvia, afectando el control del caudal que ingresa a la planta debido a la disminución por un estancamiento en la captación por piedras, ramas, entre otros, generando problemas en la dosificación de cloro. Otro problema que se puede observar durante los análisis es que por rupturas de algunas tuberías existen cortes de agua a la población, puesto que la planta de Santa Marianita no posee un reservorio el cual almacene agua y sirva en caso de que no llegue agua a la planta y pueda seguir abasteciendo de agua potable a la ciudadanía.

##### ***4.6.1 Implementación de un reservorio al diseño de la planta de tratamiento de agua potable de Santa Marianita***

Mediante la observación en la etapa de muestreo y enfocándonos en las entrevistas realizadas a los trabajadores de la planta se estableció que la implementación de un reservorio es una necesidad debido a que solventará la problemática de cortes de agua en la ciudadanía, por lo que se considera el diseño del reservorio para adicionar al sistema de la planta de tratamiento Santa Marianita. La consumación del reservorio en la planta ayudará a abastecer agua de manera constante a los barrios Santa Marianita, Belén y Nuevo Israel. Además, se podrá llevar un control del caudal que ingresa a la planta lo que ayudará a la correcta dosificación del cloro gas en la etapa de desinfección, logrando impedir la contaminación del agua potable.

##### ***4.6.2 Diseño del reservorio***

(Lopez et al. 2021, p.39) señalan que para el diseño del reservorio se debe considerar la tasa de crecimiento de la población y la población actual que recibe agua potable de la planta de tratamiento Santa Marianita.

Cada sistema tiene ciertos años de vida útil, al referirnos al sistema de un reservorio se observa que el periodo es de 20 años según la tabla a continuación.

**Tabla 5-4:** Periodo de diseños para sistemas de abastecimientos de agua para consumo humano y alcantarillado

<b>Sistemas/componentes</b>	<b>Periodo (Años)</b>
Fuente de abastecimiento	20
Obras de captación	20
Pozos	20
Planta de tratamiento de agua para consumo humano	20
Reservorios	20
Tuberías de Conducción, Impulsión y distribución	20
Estación de bombeo de agua	20
Equipo de bombeo	10
Estación de bombeo de aguas residuales	20
Colectores, emisores e interceptores	20
Plantas de tratamiento de aguas residuales	20

Fuente: (Resolución Ministerial N.º 153, 2019, p.5)

#### **4.6.3 Población de diseño**

Para determinar las dimensiones del reservorio se debe establecer la población a la que se abastece de agua potable y población futura. Según último censo realizado por el (GAD Municipal del Cantón Sucúa, 2019, p.1-2) indica la proyección poblacional del año 2020 donde la parroquia Santa Marianita cuenta con una población de 1181 hab, barrio Belén con 944 hab y Nuevo Israel 352 hab. Lo que sirvió como base para realizar la proyección poblacional de 20 años del año 2022 al 2041.

**Tabla 6-4:** Proyección de la población de estudio del año 2022 al 2041

<b>Proyección poblacional del 2022 al 2041</b>		
<b>t</b>	<b>Año</b>	<b>Población</b>
1	2022	3595
2	2023	3689
3	2024	3784
4	2025	3878
5	2026	3973
6	2027	4067
7	2028	4162
8	2029	4256
9	2030	4351
10	2031	4445
11	2032	4540
12	2033	4634
13	2034	4729
14	2035	4823
15	2036	4918
16	2037	5012
17	2038	5107
18	2039	5201
19	2040	5296
20	2041	5390

**Realizado por:** Arévalo Duchitanga, Evelin, 2022

Se desarrollo la proyección poblacional teniendo en cuenta la ciudadanía que consume el agua potable de la planta de tratamiento Santa Marianita con una población a futura para el año 2041 de 5390 hab.

#### **4.6.4 Dotación del diseño**

(Lopez et al. 2021, p.44) señalan que la dotación del diseño se expresa en litros/habitante /día y sirve para el cálculo de estimación del consumo promedio diario anual, consumo máximo diario y el consumo horario. Para realizar este análisis nos regimos en las recomendaciones de la legislación ecuatoriana, donde para la estimación media futura teniendo en cuenta la población y los escenarios climáticos, teniendo en cuenta que el clima de la zona de estudio es cálido y la

población a futuro es menor a 5000 hab se estima una dotación de 170 a 200 l/hab/día como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 7-4:** Dotación media futura

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: (INEN 5, 2012, p.42)

#### 4.6.5 Consumo del diseño

Determinado la dotación del diseño se procede a calcular el caudal medio diario y el caudal máximo diario para obtener el caudal del diseño, mediante las ecuaciones que nos presenta la (INEN 5, 2012, p.42-43)

##### 4.6.5.1 Consumo medio diario anual: $Q_{med}$

$$Q_{med} = \left( \frac{P * D}{86.400} \right)$$

Donde:

P = Número de habitantes

D = Dotación, en l/hab/día

86.400 = Segundos/día (s/d)

$$Q_{med} = \left( \frac{5390 * 230}{86.400} \right) \frac{l}{s}$$

$$Q_{med} = 14,35 \frac{l}{s}$$

#### 4.6.5.2 Consumo máximo diario: $Q_{max}$

$$Q_{max} = K1 * Q_{med}$$

Donde:

$K1$  = Coeficiente de variación de consumo (diaria)

$Q_m$  = Consumo medio diario anual, en l/s

$$Q_{max} = 1,5 * 14,35 \frac{l}{s}$$

$$Q_{max} = 21,53 \frac{l}{s}$$

#### 4.6.5.3 Consumo máximo horario = $Q_{maxh}$

$$Q_{maxh} = K2 * Q_{med}$$

Donde:

$K2$  = coeficiente de variaciones de consumo (horaria)

$Q_{med}$  = consumo medio diario anual

$$Q_{maxh} = 1,80 * 14,35 \frac{l}{s}$$

$$Q_{maxh} = 25,83 \frac{l}{s}$$

El caudal del diseño del reservorio para la planta de tratamiento de agua potable Santa Marianita con un periodo de diseño de 20 años posee un consumo medio anual de 14,35 l/s, consumo máximo diario de 21,53 l/s y un consumo máximo horario de 25,83 l/s.

#### 4.6.6 Volumen del reservorio

(Lopez et al. 2021, p,46) indican que para calcular el volumen del reservorio se debe tener en cuenta el cálculo de tres tipos de volúmenes: volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva, cantidad que debe satisfacer el consumo promedio diario de la población.

#### 4.6.6.1 Volumen de regulación

El cálculo del volumen de regulación se obtiene mediante el diagrama masa correspondiente a las modificaciones horarias de la demanda y si no hay disponibilidad de esta información se debe adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación, con la condición de que el suministro de la fuente de abastecimiento siempre sea calculado para 24 horas de funcionamiento ( DECRETO SUPREMO N.º 011, 2006, p.51). Según (Lopez et al. 2021, p.47) la ecuación para determinar el volumen de regulación es la siguiente:

$$V_{reg} = 0,25 * (QP) * (Hserv)$$

Donde:

QP = Consumo Promedio Anual

Hserv = Horas de servicio (24H)

$$V_{reg} = 0,25 * \left(14,35 \frac{l}{s}\right) * (86400s)$$

$$V_{reg} = 309.960 l$$

$$V_{reg} = 310 m^3$$

#### 4.6.6.2 Volumen contra incendio

(Lárraga, 2016, p.117) en su estudio menciona que para determinar el volumen de reserva contra incendios al considerar poblaciones menos de 10.000 hab se debe optar por un caudal de 5l/s con un tiempo de protección de 2 horas que se debe suministrar por bocas de fuego. Para determinar el volumen contra incendios es necesario la siguiente formula:

$$V_i = Q * t * 0,001 \frac{m^3}{l} * 3600 \frac{s}{H}$$

Donde:

Q = caudal

t = tiempo

0,001 m<sup>3</sup>/l y 3600 s/H (Datos de transformación)

$$V_i = 5 \frac{l}{s} * 2 H * 0,001 \frac{m^3}{l} * 3600 \frac{s}{H}$$

$$V_i = 36 m^3$$

#### 4.6.6.3 *Volumen de reserva*

El en (DECRETO SUPREMO N.º 011, 2006, p.52) se menciona que el volumen de reserva depende si es continuo o discontinuo, en nuestra caso la planta es discontinua por lo que la SEPAL recomienda un porcentaje de 7% para la cálculo del volumen de reserva.

$$\begin{aligned}V_{res} &= T * Q_{med} \\V_{res} &= 0,07 * 21,53 \frac{l}{s} \\V_{res} &= 130213,44l \\V_{res} &= 130m^3\end{aligned}$$

#### 4.6.6.4 *Volumen total del reservorio de almacenamiento*

Realizado los anteriores cálculos finalmente se obtuvo un volumen de almacenamiento total de reservorio de 476 m<sup>3</sup>.

#### 4.6.7 *Dimensionamiento del reservorio*

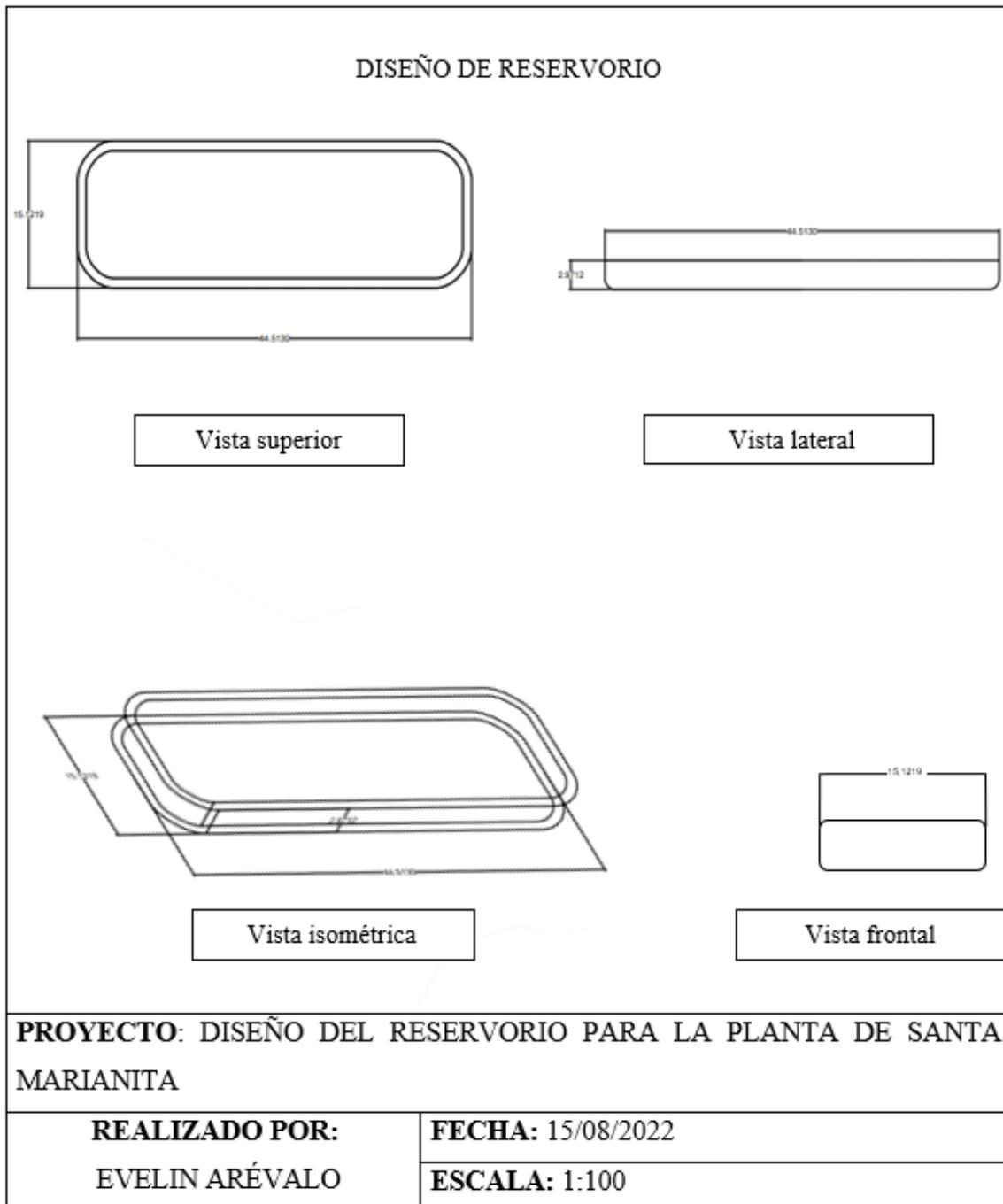
Para la alimentación de la planta de tratamiento es necesario un caudal de 14,35 l/s y el volumen del reservorio es de 478 m<sup>3</sup>, siendo base para el cálculo de las dimensiones del reservorio: 15,1219 m de ancho, 44,5130 m de largo, 2,9712 m de alto.

El diseño contempla:

- Se ubicará en la parte alta de la planta, enterrado e impermeabilizado las paredes con geomembrana de 500 micras.
- Cumplirá la función de decantador (tiempo de reposo).
- Válvulas reguladoras de flujos estableciendo control del caudal en el ingreso de la planta y en la etapa de desinfección.

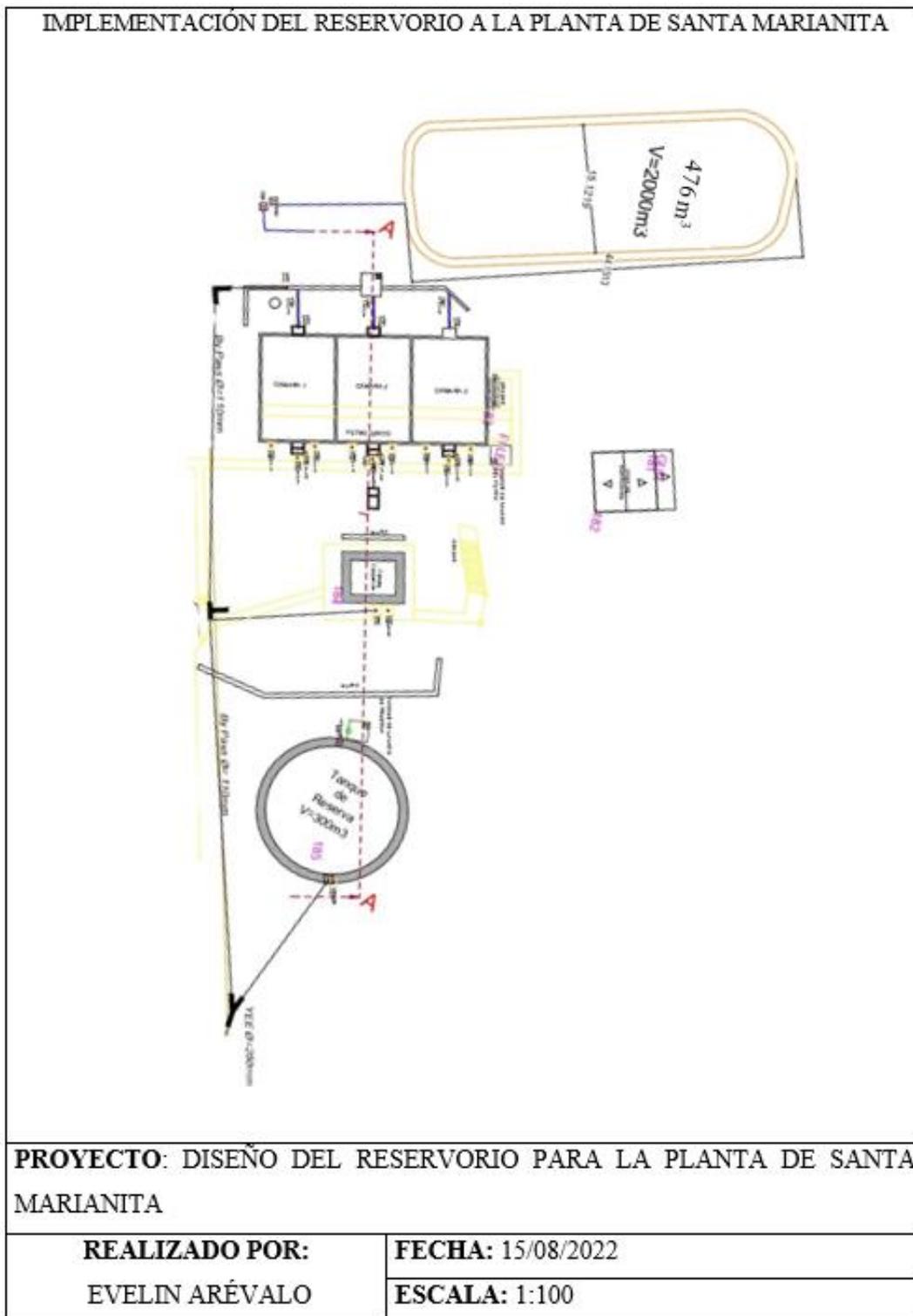
#### 4.6.8 *Esquema del diseño del reservorio*

Teniendo en cuenta los cálculos realizados se obtuvo las dimensiones del reservorio, el cual se observará en la siguiente ilustración.



**Ilustración 11-4:** Vistas del diseño del reservorio para la planta de tratamiento Santa Marianita de agua potable

**Realizado por:** Arévalo, Evelin, 2022



**Ilustración 12-4:** Incorporación del reservorio al diseño de planta de tratamiento de Santa Marianita

**Realizado por:** Arévalo, Evelin, 2022

En la ilustración 12-4 se procedió a implementar el bosquejo del reservorio en el diseño de la planta de tratamiento de Santa Marianita, el cual se coloca al inicio del sistema con el fin de resolver los problemas anteriormente mencionados y mejorar el funcionamiento de la planta.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

Debido a que la todo el sistema de la planta de tratamiento de Santa Marianita lleva funcionando solo 5 años, las redes de distribución consta de tuberías que no sobrepasan los años de uso por lo que no altera la calidad del agua potable, además que el material de las tuberías es PVC evitando la presencia de contaminación en el traslado del agua hasta los medidores y haciendo referencia a las redes intradomiciliarias se puede decir que existe una fugas de categoría 1 la cual perturba la concentración de los nitratos en escenarios mínimos.

Mediante los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua potable de las redes de distribución domiciliarias de la planta de Santa Marianita se determinó que el agua que se abastece la planta está en excelentes condiciones ya que las características del agua se encuentran dentro de los límites máximos permitidos de la INEN 1108 y parámetros como se encuentran dentro de los valores óptimos de la OMS.

En la evaluación del índice de riesgo de la calidad del agua se comprobó las excelentes condiciones del agua ya que se estableció que todos los puntos de muestreo se encuentran en el rango de 0 a 5 %, identificándose como agua sin riesgo alguno para el consumo humano.

De acuerdo con los resultados de los puntos de muestreo se elaboró un mapa de evaluación de la calidad de agua potable que abastece la planta de Santa Marianita, se pudo observar que el agua se encuentra en óptimas condiciones y además obtener datos fundamentales para los planes de mejora del sistema de distribución de la planta.

Tomando en consideración las fechas de muestreo que una se contempló en época de lluvia permitió observar una falencia de la planta de tratamiento, al no poseer un reservorio se generan cortes de agua a la ciudadanía e inexactitud en la dosificación de cloro gas.

## **RECOMENDACIONES**

Desarrollar un proyecto de revisión de conexiones domiciliarias para identificar y eliminar cruces de agua, evitando así la contaminación del agua potable por fugas, corrosión o filtración en el sistema de las redes de distribución.

Ejecutar un estudio de presiones para determinar para detectar presiones negativas e implementar programas de limpieza en las áreas afectadas para evitar las alteraciones a futuro de la calidad del agua.

Continuar con controles como mínimo 1 vez al mes como lo indica la legislación ecuatoriana mediante monitoreos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, logrando así poder mantener el índice de calidad en buena y seguir abasteciendo a la ciudadanía agua de excelencia.

Implementar el reservorio en la planta de tratamiento de Santa Marianita como componente inicial para almacenar agua cruda de reserva en caso de emergencia, logrando solventar el problema de abastecimiento de agua discontinuo a la población e impidiendo el crecimiento de microorganismos contaminantes en el agua potable por la mala aplicación de cloro gas.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ ARROYO, Rocio.** Contaminación en redes de distribución de agua potabilizada mediante membranas de ultrafiltración [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Granada, Granada, España, 2017. pp.24-25 [Consulta: 2022-05-02]. Disponible en: <http://digibug.ugr.es/handle/10481/47937>.

**AMARILLA ESPÍNOLA, José Ariel; et al.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Cuyo, Minga Guazú, Paraguay. 2018. pp. 5-6. [Consulta: 10 mayo 2022]. Disponible en: <http://bdigital.uncu.edu.ar/12867>

**BALDEÓN CAJO, José Enrique.** Control de la calidad del agua para consumo humano a través de parámetros físicoquímicos y microbiológicos en la parroquia san andrés, chimborazo, para una gestión sanitaria eficiente [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2018. pp. 17-18. [Consulta: 2022-05-10]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3166>

**BLANCO COAQUIRA, Maritza.** Estudio de la calidad de agua potable para consumo humano en el distrito de Cabanillas, provincia de San Román, departamento de Puno [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Altiplano, Puno, Perú. 2018. pp. 38-39. [Consulta: 2022-05-13] Disponible en: <https://1library.co/document/q2no036q-estudio-calidad-potable-consumo-distrito-cabanillas-provincia-departamento.html>

**BOTELLO SANTOS, Lourdes.** *Falta de mantenimiento en la red de distribución de agua para consumo humano* [blog]. España, 2016. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lourdes-botello-santos/falta-mantenimiento-red-distribucion-agua-consumo-humano>.

**CAHO RODRÍGUEZ, A.; & LOPÉZ BARRERA, E.** “Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI”. *Producción + Limpia* [En línea], 2017, (Bogota) 12 (2), pp. 37-38. [Consulta: 01 junio 2022]. ISSN 19090455. Disponible en: <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>

**CALDERÓN VALDIVIEZO, María Dolores.** Determinación de la influencia de lechuguín (*eichhornia crassipes* (mart.) Solms) y lenteja de agua (*lemna* spp.) En la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa flores del cotopaxi S.A [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2015. pp. 11-12. [Consulta: 2022-05-13]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12981/1/BQ.%2076.pdf>

**CÁRDENAS JARAMILLO, Daniel Leonidas, & PATIÑO GUARACA, Franklin Eduardo.** Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutucán, cantón

Paute, provincia del Azuay [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador. 2010. pp. 10-11. [Consulta: 2022-04-27]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12981/1/BQ.%2076.pdf>

**CAWST.** *Introducción al análisis de la calidad del agua de consumo* [en línea]. Calgary-Canadá: Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento, 2013. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en:

[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst\\_introduccion\\_al\\_analisis\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_de\\_consumo\\_2013.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduccion_al_analisis_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_2013.pdf)

**CLAVIJO MORENO, Andrea Alejandra, & GRANJA ESCOLA, Karla Isabel.** Análisis del estado de conservación ambiental de la microcuenca del Río Chamachán en la parroquia Mariano Acosta, provincia de Imbabura , a través de indicadores físicos, bióticos, socioeconómicos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2016. pp. 13-14. [Consulta: 2022-05-31]. Disponible en: Disponible en:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15225>

**CONAGUA.** *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable* [en línea]. 4ª ed. Ciudad de México-México: Limusa, 2007. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en:

<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>

**CONAGUA.** *Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario* [en línea]. Ciudad de México-México: Limusa, 2012. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-44-12.pdf>

**DE LA CRUZ ORTEGA, M.** *Reparación, rehabilitación y renovación de redes* [blog]. España, 2014. [Consulta: 04 julio 2022]. Disponible en:

<https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/121692-Reparacion-rehabilitacion-y-renovacion-de-redes.html>

**DE SOUSA, C; et al.** Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable. *Bol Mal Salud Amb* [en línea], 2010, (Venezuela) 50(2), pp. 188-195. [Consulta: 17 julio 2022]. ISSN 1690-4648. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482010000200003&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200003&lng=es&nrm=iso)

**DECRETO 0475.** *Normas técnicas de calidad del agua potable.*

**DECRETO SUPREMO N.º 011.** *Vivienda.*

**DELOYA MARTÍNEZ, A.** “Métodos de análisis físicos y espectrofotométricos para el análisis de aguas residuales”. *Tecnología en Marcha* [en línea], 2006, (Costa Rica) 19(2), pp. 31-32. [Consulta: 28 mayo 2022]. ISSN 0379-3962. Disponible en:

[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/30/29](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/30/29)

**DUFOUR, A; et al.** *Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods* [en línea]. Londres-Reino Unido: IWA Publishing. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en:

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42790/9241546301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**DURÁN JUÁREZ, Juan Manuel, & TORRES RODRÍGUEZ, Alicia.** “Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media”. *Espiral* [en línea], 2006, (México) 12(36), pp. 148-149. [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN 1665-0565. Disponible en:

<https://www.scielo.org.mx/pdf/espical/v12n36/v12n36a5.pdf>

**ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.** *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco* [en línea]. Lima-Perú, 2012. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en:

<https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

**EPMAPS.** *Agua de Quito cuenta con Sello de Calidad INEN 1108* [blog]. Ecuador, 2018. [Consulta: 06 mayo 2022]. Disponible en:

<https://www.aguaquito.gob.ec/agua-de-quito-agua-de-calidad/>

**ESTUPIÑÁN TORRES, S.; & AVILA DE NAVIA, S.** “Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca”. *Nova* [en línea], 2010, (Colombia) 8(14), pp. 211-212. [Consulta: 01 junio 2022]. ISSN 2462-9448. Disponible en:

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/451/1102>

**FLORES GOMEZCOELLO, Erick Mateo.** Evaluación de la calidad de agua tratada de los sectores general Vintimilla y Señor De Flores, de la Parroquia Bayas Del Cantón Azogues [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 17-18. [Consulta: 2022-07-17]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27100/1/TESIS.pdf>

**FLOWGUARD MX.** *Tuberías para agua potable: ¿qué material garantiza la calidad del agua?* [blog]. México, 2021. [Consulta: 19 marzo 2022] Disponible en:

<https://www.flowguard.com/blog-sp/tuberia-para-agua-potable-materiales-calidad-del-agua>

**GACHARNÁ DÍAS, Sara Catalina.** Factores que favorecen la generación y crecimiento de algas en redes de distribución de agua potable [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2011. pp. 53.54. [Consulta: 2022-08-09]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/1992/11547>

**GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCÚA.** *Territorio y población* [en línea], Sucúa-Ecuador, 2019. [Consulta: 10 agosto 2022]. Disponible en: <https://sucua.gob.ec/sucua/territorio-y-poblacion/>

**GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCÚA.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Sucúa* [en línea], Sucúa-Ecuador, 2014. [Consulta: 07 julio 2022]. Disponible en:

[https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1460000880001\\_Diagnostico\\_Componentes\\_PDyOT\\_Sucua\\_2015\\_10-03-2015\\_10-38-29.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1460000880001_Diagnostico_Componentes_PDyOT_Sucua_2015_10-03-2015_10-38-29.pdf)

**GONZÁLEZ SÁENZ, Ana Milena.** Determinación estadística de la influencia de los parámetros del control de calidad del agua potable de los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2018. pp. 21-44. [Consulta: 2022-07-06]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/3bb441de-c38b-486f-bcb5-90c813123788/content>

**IDROBO OLEAS, Patricio Alejandro.** Desarrollo de un modelo de simulación mediante el software epanet de la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Guano, provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 20-21. [Consulta: 2022-08-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9664/1/15T00690.pdf>

**INEN 1108.** *Instituto Ecuatoriano de Normalización. Agua Potable. Requisitos*

**INEN 2169.** *Instituto Ecuatoriano De Normalización. Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras.*

**INEN 5.** *Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*

**LÁRRAGA JURADO, Bolívar Patricio.** Diseño del sistema de agua potable para Augusto Valencia, cantón Vinces, provincia de los Ríos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. pp. 117-118. [Consulta: 2022-08-30]. Disponible en:

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%c3%8dVAR%20PATRICIO%20L%c3%81RRAGA%20JURADO\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%c3%8dVAR%20PATRICIO%20L%c3%81RRAGA%20JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**LONDOÑO GAITAN, Olga Patricia.** Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo II, en una industria cosmética Ríos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Especialización) Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. 2013. pp. 3-4. [Consulta: 2022-06-01]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/10961/CARACTERI...pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**LOPEZ BAUTISTA, Michael Jhonatan; et al.** Proyecto de diseño de un reservorio para el abastecimiento con agua potable al sector de Nueva Rinconada del distrito de San Juan de Miraflores – Lima [en línea]. (Trabajo de titulación). (Bachiller) Universidad San Ignacio de

Loyola, Lima, Perú. 2021. pp. 39-44. [Consulta: 2022-08-12]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/11594>

**MARCÓ, L; et al.** “La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina)”. *Higiene y Sanidad Ambiental* [en línea], 2004, (Uruguay) 4, pp. 72-82. [Consulta: 2022-08-09]. Disponible en: [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c\\_Hig.Sanid\\_Ambient.4.72-82%282004%29.pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_Ambient.4.72-82%282004%29.pdf)

**MARTÍNEZ-ORJUELA, M; et al.** “Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal”. *Revista UIS Ingenierías* [en línea], 2019, (Colombia) 19(1), pp. 15-24. [Consulta: 2022-08-09]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020001>

**MATAS, J.** *Libro Blanco del Agua en España* [En línea]. Madrid-España: Jacaryan, S.A., 2000. [Consulta: 02 agosto 2022]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>

**MDHHS.** *Nitrato y Nitrito en el agua potable para propietarios de pozos* [blog]. Estados Unidos, 2020. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: [https://www.michigan.gov/mdhhs/-/media/Project/Websites/mdhhs/Safety-and-Injury-Prevention/Environmental-Health/Care-for-MiWell/Documents/Nitrate\\_Nitrite\\_in\\_Drinking\\_Water\\_02-07-2020\\_FINAL\\_SPANISH.pdf?rev=03982e60bc1248be8999bb1ea7db901c&hash=A6FF13B6B0A8537A74FD3E1016A00B8](https://www.michigan.gov/mdhhs/-/media/Project/Websites/mdhhs/Safety-and-Injury-Prevention/Environmental-Health/Care-for-MiWell/Documents/Nitrate_Nitrite_in_Drinking_Water_02-07-2020_FINAL_SPANISH.pdf?rev=03982e60bc1248be8999bb1ea7db901c&hash=A6FF13B6B0A8537A74FD3E1016A00B8)

**MOLIÁ, Rafael.** Abastecimiento y saneamiento urbanos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela de Negocios, Madrid, España. 2007. pp. 3-4. [Consulta: 2022-03-12]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/file/18403/download?token=rZj2k6Hy>

**MONTOYA, L.; & MONTOYA, R.** “Efecto de la presión sobre las fugas de agua en un sistema de tubería simple”. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], 2012, (Colombia) 11(20), pp. 77-86. [Consulta: 27 abril 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a07.pdf>

**NAVARRO, J.** *La contaminación con aguas servidas en las redes de distribución de agua potable de Venezuela* [blog]. Venezuela, 2022. [Consulta: 30 julio 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/javier-navarro/lineas-generales-sistemas-agua-potable>

**OMS.** *Agua para consumo humano* [blog]. 2022. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

**OMS.** *Guías para la calidad del agua de consumo humano* [en línea]. Ginebra-Suiza: Malta, 2011. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**OMS.** *Guías para la calidad del agua potable: Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad* [en línea]. 2ª ed. Ginebra-Suiza: Malta, 1998. [Consulta: 10 agosto 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41985/9243545035-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**ONU.** *La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe* [en línea]. Santiago de Chile-Chile: Cepal, 2011. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1801141\\_es.pdf?sequence=24&isAllowed=yen](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1801141_es.pdf?sequence=24&isAllowed=yen):

**PAHO.** *Fugas y medidores* [en línea], Washington-USA: OPS, 1999. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/48220/LksnMtrS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PÉREZ FOGUET, A.** “Abastecimiento de agua y saneamiento”. *Ingeniería Aplicada a la Cooperación para el Desarrollo* [en línea], 2005, (España) 9(1), pp. 80-81. [Consulta: 12 marzo 2022]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/25169/M9\\_Abastecimiento+de+agua+y+saneamiento.pdf?sequence=10](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/25169/M9_Abastecimiento+de+agua+y+saneamiento.pdf?sequence=10)

**PÉREZ LÓPEZ, E.** “Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica”. *Tecnología en Marcha* [en línea], 2016, (Costa Rica) 29(3), pp. 3-14. [Consulta: 17 julio 2022]. ISSN 0379-3982. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2884/pdf](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2884/pdf)

**PRADILLO, Beatriz.** *Parámetros de control del agua potable* [blog]. España, 2016. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

**RESOLUCIÓN 2115.** *Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.*

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 153.** *Vivienda. Simbología Saneamiento.*

**RODRÍGUEZ PACHECO, Daniel Abdalá.** Modelo matemático de la red de distribución de agua potable del cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago, Ecuador: Análisis, diagnóstico y propuestas de mejora [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 2020. pp. 10-27 [Consulta: 2022-03-09]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/138751>

**SAMBONI RUIZ, N.; et al.** “Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua”. *Revista ingeniería e investigación* [en línea], 2007, (Colombia) 27(3), pp. 172-181. [Consulta: 08 marzo 2022]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>

**SENA.** *Calidad del agua* [en línea]. Bogotá-Colombia: Sena. [Consulta: 17 julio 2022]. Disponible en: [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/pdf/Calidad\\_del\\_agua.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/pdf/Calidad_del_agua.pdf)

**SENAGUA.** *Estrategia Nacional de Calidad del Agua* [en línea]. Quito-Ecuador: SENAGUA, 2016. [Consulta: 12 marzo 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/1klc>

**SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; et al.** *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas* [en línea]. Cartagena de Indias-Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>

**SSC.** *Análisis del ciclo de vida de las tuberías de agua y alcantarillado de PVC y análisis comparativo de la sustentabilidad de los materiales de las tuberías* [en línea]. Pensilvania-Estados Unidos: Sustainable Solutions Corporation, 2017. [Consulta: 09 agosto 2022]. Disponible en: [https://www.uni-bell.org/portals/0/resourcefile/Analisis del Ciclo de Vida de las Tuberias de Agua y Alcantarillado de PVC y Analisis Comparativo de la Sustentabilidad de los Materiales de las Tuberias.pdf](https://www.uni-bell.org/portals/0/resourcefile/Analisis_del_Ciclo_de_Vida_de_las_Tuberias_de_Agua_y_Alcantarillado_de_PVC_y_Analisis_Comparativo_de_la_Sustentabilidad_de_los_Materiales_de_las_Tuberias.pdf)

**SWISTOCK, Bryan.** *Pruebas de agua para hogares que utilizan suministros públicos de agua.* *PennStateExtension* [blog]. 2021. [Consulta: 01 junio 2022]. Disponible en: <https://extension.psu.edu/pruebas-de-agua-para-hogares-que-utilizan-suministros-publicos-de-agua>

**SWISTOCK, Bryan; & SHARPE, William.** *Bacterias Coliformes* [blog]. 2020. [Consulta: 01 junio 2022]. Disponible en: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>

**TARQUI MAMANI, C.; et al.** “Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú”. *Revista de Salud Publica* [en línea]. 2016, (Perú) 18(6), pp. 904-912. [Consulta: 09 agosto 2022]. ISSN 01240064. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>

**VÁSQUEZ YÁNEZ, Carlos Xavier.** Determinación de niveles de consumo y propuesta de sectorización de la red de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Sucúa, cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil, Quito, Ecuador. 2018. pp. 26-27. [Consulta: 2022-08-12]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15438>

**VICUÑA PEREZ, Formila Violeta.** Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros Huaraz, periodo 2015-2016 [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. 2019. pp. 37-38. [Consulta: 2022-06-07]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2900>

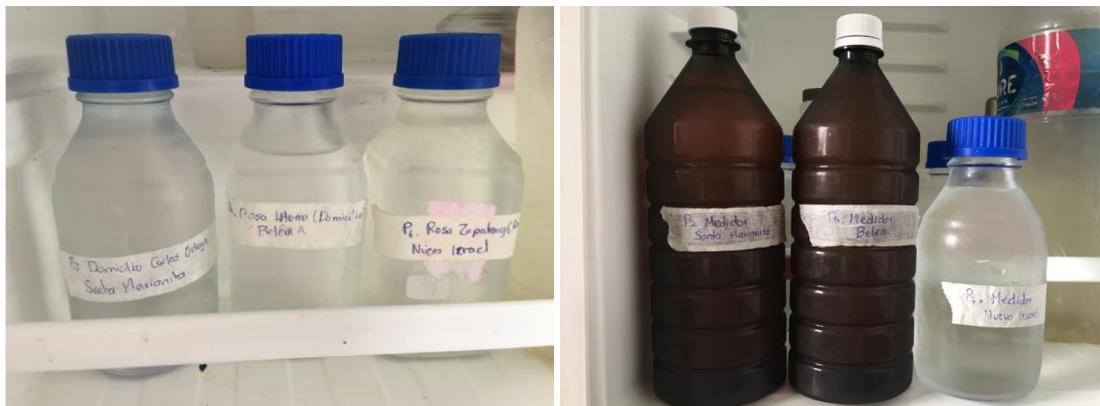
**VILLAFUERTE MORA, Sandra.** Diseño De Captación , Conducción Principal , Proyecto De Riego Cariacu - Romerillos [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Escuela de Civil, Quito, Ecuador. 2010. pp. 177-178. [Consulta: 2022-08-12]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2666>



**ANEXO C. TERCER ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS DE MUESTRO**

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del tercer muestreo								
Muestra	PLANTA	Barrio 1		Barrio 2		Barrio 3		INEN 1108
Parámetro	Tanque	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Medidor	Grifo	Límite máximo permitido
Turbiedad	0,26	0,26	0,27	0,36	0,35	0,36	0,38	5
Color aparente	0	0	0	0	0	0	0	15
pH	8,07	8,1	8,095	8,075	8,095	8,13	8,145	6,5 - 8,5
Temperatura	20.2	19,95	20	19,7	20,05	19,85	19,7	20 - 27
Cloro residual	0,78	0,735	0,7	0,72	0,74	0,685	0,68	0,3 - 1,5
Mono cloraminas	0,6	0,325	0,225	0,31	0,33	0,29	0,195	3
Nitratos	0,3	0,2	0,45	0,2	0,15	0,25	0,35	50
Nitritos	0,036	0,026	0,0285	0,031	0,0305	0,027	0,022	3,0
Coliformes	0	0	0	0	0	0	0	< 1,1

**ANEXO D. MUESTRAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO**



**ANEXO E. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO SANTA MARIANITA (GRIFO)**



**ANEXO F. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO SANTA MARIANITA (MEDIDOR)**



**ANEXO G. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE BARRIO BELÉN (MEDIDOR)**



**ANEXO H. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO BELÉN (GRIFO)**



**ANEXO I. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO NUEVO ISRAEL (GRIFO)**



**ANEXO J. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL BARRIO NUEVO ISRAEL (MEDIDOR)**



**ANEXO K. RECOLECCIÓN DE MUESTRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA DE SANTA MARIANITA**





**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 03 / 02 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Evelin Valeria Arévalo Duchitanga
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0214-DBRA-UPT-2023