UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

INGENIERÍA AMBIENTAL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, PARROQUIA SAN CARLOS, PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

AUTORES:

CASTILLO GRANDA KRISTIAN DAVID

SEIS LANDA JONATHAN GEOVANNY

DIRECTOR DEL TRABAJO:

DR. LUIS RAMÓN BRAVO SÁNCHEZ

PASTAZA – ECUADOR

2021-2021

DECLARATORIA DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Kristian David Castillo Granda con C.I. 2200083794 y Jonathan Geovanny Seis Landa con C.I. 2100683958, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, PARROQUIA SAN CARLOS, PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS”, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 19 días del mes de julio del 2021.



Kristian David Castillo Granda

CI:2200083794



Jonathan Geovanny Seis Landa

CI:2100683958

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, PARROQUIA SAN CARLOS, PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS".



Dr.C. Reinier Abreu Naranjo

Presidente del Tribunal



M.Sc Pedro Andres Peñafiel Arcos

Miembro del Tribunal



M.Sc Ruben Dario Ledesma Acosta

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Certificado No. 128-SAU-UEA-2021

Puyo, 16 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Kristian David Castillo Granda con C.I. 2200083794 y Jonathan Geovanny Seis Landa con C.I. 2100683958, con el Tema: **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POTABLE, PARROQUIA SAN CARLOS, PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.",** de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director de la investigación Dr.C. Luis Bravo, Phd., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 16 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Kristian David Castillo Granda y Jonathan Geovanny Seis Landa, declaramos que el presente Proyecto de Investigación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Proyecto de Investigación.



Kristian David Castillo Granda

CI:2200083794



Jonathan Geovanny Seis Landa

CI:2100683958

DEDICATORIA

Primero quiero dedicar este proyecto de investigación a mis padres, Carlos Castillo y Albita Granda, pilares fundamentales en mi vida, por darme ese apoyo incondicional formando en la persona que soy dándome la fuerza para cumplir mis sueños y metas donde el apoyo de toda mi familia fue fundamental en mi formación académica.

Mis amigos de estudio y mi entrenador de futbol Prof. Isidro Rodríguez, quienes siempre confiaron en mí y nunca sin esperar nada a cambio me apoyaron, con sus consejos, conocimientos y tristeza.

Kristian Castillo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por toda la confianza, dedicación y el apoyo brindado en esta etapa de mi vida, a mi hermano que me apoyo económica y moralmente para poder lograr uno de mis primeros objetivos.

A mis amistades que formé en el trascurso de la vida Universitaria, con quienes compartí momentos de alegría, tristeza y ansiedad, quienes con mucha voluntad fortalecieron y apoyaron en momentos críticos.

Jonathan Seis.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi Dios en primer lugar, a mis padres por darme su apoyo incondicional, donde he podido cumplir con mis metas planteadas, a mis docentes que me han acompañado durante los 5 años de formación académica, comprensión y palabras de inspiración donde siempre lograron motivarme para poder mi mejor rendimiento.

Así mismo, a mi tutor de tesis Dr. Luis Bravo por la paciencia y el apoyo incondicional para poder realizar el proyecto de titulación.

Kristian Castillo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por brindarme una vida llena de aprendizaje y sabiduría siendo parte de mi lucha para lograr alcanzar mi mayor objetivo. A mis padres por su apoyo incondicional y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación que con el tiempo se ha convirtiendo en pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto, de igual manera quiero agradecer a mi hermano por haberme brindado su apoyo incondicional durante todo el periodo académico. A mi compañero de tesis por la confianza

Le agradezco la confianza, soporte y dedicación prestada a los docentes de la Universidad Estatal Amazónica que formaron parte de mi preparación académica en el transcurso de todos estos años de estudio y por incentivarnos seguir adelante, de la misma manera agradezco a mi tutor de proyecto de tesis por la confianza, conocimiento y el apoyo prestado durante todo el tiempo de desarrollo del proyecto.

Jonathan Seis.

RESUMEN

Se realizó la evaluación de la calidad de agua potable de la Parroquia San Carlos ubicada en el Cantón La Joya de los Sachas. Se diagnosticó la calidad del agua potable a través de la evaluación física, química y microbiológica, y se realizó un análisis de los resultados con la finalidad de verificar si los valores se encuentran dentro de los parámetros permisibles para el consumo humano; se elaboró una propuesta de medidas correctivas y preventivas para el sistema de abastecimiento de agua potable de la Parroquia. La evaluación de la calidad del agua se realizó cronológicamente para los tres últimos años, teniendo en cuenta el comportamiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles, según el Texto Unificado de la Ley Ambiental Secundaria (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, tabla 1 y según los criterios establecidos en la NTE INEN 1108: 2020 sexta revisión, la cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para el consumo humano. Se concluyó que el agua distribuida en la parroquia es apta para el consumo de sus habitantes. Se elaboró una propuesta de repotenciación de la planta debido a que varios componentes del sistema de potabilización se encuentran en sus últimos años de vida útil. Cabe recalcar que esta problemática no ha venido afectando la calidad del agua, ya que, según los análisis realizados en los últimos tres años, los parámetros logran cumplir con los lineamientos establecidos por las normativas técnicas ecuatorianas vigentes.

PALABRAS CLAVES: agua potable, planta potabilizadora, calidad del agua, muestreo, límites permisibles.

ABSTRACT

The quality evaluation of drinking water from San Carlos Parish located in La Joya de los Sachas Canton was carried out. The quality of drinking water was diagnosed through physical, chemical and microbiological evaluation, and an analysis of the results was carried out in order to verify if the values are within the permissible parameters for human consumption; a corrective and preventive measures proposal for the drinking water supply system of the Parish was done. The water quality evaluation was carried out chronologically for the last three years, taking into account the physical, chemical and microbiological parameters behavior. The results obtained were compared with the Maximum Permissible Limits, according to the Unified Text of the Secondary Environmental Law (TULSMA) Book VI, Annex 1, table 1 and according to the criteria established in the NTE INEN 1108: 2020 sixth revision, which establishes the requirements that drinking water must meet for human consumption. It was concluded that the water distributed in the parish is suitable for the consumption of its inhabitants. A proposal for repowering the plant was prepared due to the fact that several components of the purification system are in their last years of useful life. It should be noted that this problem has not been affecting the quality of the water, since, according to the analyzes carried out in the last three years, the parameters manage to comply with the guidelines established by the current Ecuadorian technical regulations were fulfilled.

KEYWORDS: drinking water, water treatment plant, water quality, sampling, permissible limits

ACRÓNIMOS:

MAE: Ministerio del Ambiente

NTE: Normativa Técnica ecuatoriana

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo

TULSMA: Texto Unificado de legislación Secundaria de Medio Ambiente

EPA: Agencia de Protección Ambiental

WWF: Fondo Mundial para la naturaleza

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

GADPO: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana

GADMCJS: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Joya de los Sachas

GADPSC: Gobierno autónomo descentralizado Parroquial San Carlos

FIME: Filtración de Múltiples Etapas

CEIPA: Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbiedad

UFC: Unidad formadora de Colonias

SM: Métodos Estándares

TDS: Total de Sólidos Disueltos

pH: Potencial de Hidrógeno

LMP: Limite Máximos Permisibles

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
CAPÍTULO 1 ..... **19**
1. INTRODUCCIÓN **19**
1.1 Planteamiento del problema 20
1.2 Objetivos 21
1.2.1Objetivo General 21
1.2.2 Objetivo Especifico 21
1.3 Justificación 21
CAPÍTULO 2 ..... **23**
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA **23**
2.1 Conceptos Generales 23
2.1.1 Agua 23
2.1.2 Agua Potable 23
2.1.3 Agua Subterránea 23
2.1.4 Agua para consumo humano 23
2.1.5 Agua Cruda 24
2.1.6 Calidad del agua 24
2.1.7 Accesibilidad al agua 25
2.1.8 Enfermedades transmitidas por el agua 25
2.2 Sistemas de la Planta Potabilizadora 25
2.2.1 Sistema de abastecimiento 25
2.2.1.1 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable según la fuente 25
2.2.2 Sistemas de distribución 26
2.3 Parámetros Físicos y Químicos para el consumo humano. 26
2.3.1 Características físicas 27
2.3.1.1 Color 28
2.3.1.2 Turbiedad 28
2.3.1.3 Sólidos totales 29
2.3.1.4 Sólidos y residuos 29
2.3.1.5 Sólidos disueltos 29
2.3.1.6 Sólidos en suspensión 29
2.3.1.7 Sólidos volátiles y fijos 29

2.3.1.8 Conductividad eléctrica 30
2.3.1.9 Olor y sabor: 30
2.3.1.10 Temperatura: 30
2.3.1.11 pH: 30
2.3.1.12 Plomo 31
2.3.1.13 Cadmio 31
2.3.1.14 Níquel 31
2.3.1.15 Hierro 32
2.3.1.16 Aceites y grasas 32
2.3.1.17 Coliformes totales 32
2.3.1.18 Coliformes fecales 32
2.4 Tipos de muestras: 32
2.4.1 Muestras puntuales 32
2.4.2 Muestras compuestas 33
2.5 Tratamientos de la Planta Potabilizadora. 33
2.5.1 Tratamiento de ciclo completo 33
2.5.2 Coagulación 33
2.5.3 Floculación 34
2.5.4 Sedimentación 34
2.5.5. Filtración 34
2.5.6. Filtros de carbón 34
2.5.7 Aireador 35
2.5.8 Desinfección 35
2.5.9 Cloración 35
2.6 Tipos de Mantenimientos 36
2.6.1 Mantenimiento 36
2.6.2 Mantenimiento Preventivo 36
2.6.3 Mantenimiento correctivo 36
CAPÍTULO 3 37
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 37
3.1 Localización 37
3.2 Tipo o diseño de Investigación 38
3.3 Métodos de Investigación 38
3.3.1 Diagnóstico y análisis de la calidad del agua potable en la Parroquia "San Carlos" del Cantón la Joya De los Sachas. 38

3.3.2 Recolección de muestras 40
3.3.2.1. Envases para parámetros físicos y químicos 40
3.3.2.2 Envases para los parámetros biológicos 40
3.3.2.3 Rotulado o etiquetado de muestras 41
3.3.2.4 Refrigeración y congelación de las muestras 41
3.3.2.5 Transporte de las muestras 41
3.3.2.6 Recepción de las muestras en el laboratorio. 41
3.3.3 Análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en laboratorio ... 43
3.3.4 Propuesta de medidas correctivas o de mejora del proceso de potabilización. 44
CAPÍTULO 4 45
4. RESULTADOS 45
4.1 Diagnosticar la calidad del agua potable y analizar los parámetros físicos químicos y microbiológicos del año 2019, 2020 y 2021 45
4.1.1 Parámetros físicos y químicos 48
4.1.2 Parámetros Microbiológicos 53
CONCLUSIONES 56
RECOMENDACIONES 57
REFERENCIAS 58
ANEXOS 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Requisito físicos y químicos del agua para el consumo humano 26
Tabla 2-2: Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano 26
Tabla 3-2: Extracto de los Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico, en los Anexos se Encuentra la Tabla Completa 27
Tabla 4-3: Puntos de Muestreo con Coordenadas 39
Tabla 5-3: Descripción de las Normativas Vigentes de Técnicas y Manejo de Muestras 41
Tabla 6-3: Descripción de las Normativas Vigentes de Captación y Distribución para Consumo Humano 42
Tabla 7-3: Cadena de custodia realizada en la muestra 1 de la "Captación"..... 42
Tabla 8-3: Cadena de custodia realizada en la muestra 2 de la "Distribución"..... 42
Tabla 9-3: Cadena de custodia realizada en la muestra 3 de la "Domiciliaria"..... 43
Tabla 10-3: Los parámetros analizados son los siguientes: 43
Tabla 11-4: Resultados de la captación de consumo de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021 45
Tabla 12-4: Resultados del análisis de distribución de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021 46
Tabla 13-4: Resultados domiciliarios de los analisis de los parametros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021..... 47
Tabla 14-4: Presupuesto del nuevo sistema de potabilización 55
Tabla 15-4:Años de vida de cada uno de los componentes 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Área de estudio – Parroquia San Carlos 37
Figura 2-3: Ubicación de los puntos de muestreo en el sistema de abastecimiento de la Parroquia "San Carlos" 40
Figura 3-4: Grafico de barras de potencial de hidrogeno en los tres puntos de muestreo de los años 2019,2020 y 2021. 48
Figura 4-4: Resultado del análisis de conductividad en los tres puntos de muestreo del año 2019 y 2021.....48
Figura 5-4: Resultado de los análisis de Sólidos totales en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021.....49
Figura 6-4: Resultado de los análisis de Hierro (Total) en los tres puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021.....50
Figura 7-4: Resultado de los análisis de Turbidez en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021.....51
Figura 8-4: Análisis de los resultados de aceites y grasas en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021.....51
Figura 9-4: Análisis de los resultados del cloro libre residual de los años 2019,2020 y 2021 52
Figura 10-4: Análisis de los resultados de los coliformes totales en los dos puntos de muestreo del año 2019 53
Figura 11-4: Análisis de los resultados de los coliformes fecales en los dos puntos de muestreo del año 2019 54
Figura 12-4: Sistema de Filtración de múltiples Etapas (FIME).....54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: INFORME DE RESULTADOS DEL AÑO 2019 62

ANEXOS B: INFORMES DE RESULTADOS DEL AÑO 2020 POR EL GADPO .. 65

ANEXOS C: INFORME DE RESULTADOS DEL AÑO 2021 68

ANEXOS D: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO, QUE ÚNICAMENTE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL. 70

ANEXOS E: VISITA A LA PLANTA POTABILIZADORA 72

ANEXOS F: TOMA DE MUESTRAS 74

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más importante del mundo, definido como el centro del desarrollo sostenible y es esencial para el crecimiento económico, la producción de alimentos, las condiciones de la tierra y la vida humana; además, hay que recalcar que el acceso al agua en el mundo es restringido. El crecimiento de la población, el crecimiento industrial y el consumo está impulsando una demanda de agua limpia cada vez mayor. La dificultad mundial del agua es una crisis de gobierno, la competencia aumenta el riesgo de conflictos internos, bloquea las decisiones sobre la asignación de recursos y limita la expansión de sectores clave para el desarrollo sostenible (ONU, UNESCO, 2019).

Mientras crecen los habitantes del mundo se produce una necesidad creciente de conciliar la competencia en medio de las solicitudes comerciales de los recursos hídricos para que las sociedades tengan lo suficiente para satisfacer su escasez. La necesidad de adquirir un agua en las mejores condiciones obliga a implantar un tratamiento de purificación, las cuales son de gran vitalidad para disminuir el número de enfermedades (OMS, 2019).

Así mismo enfrenta desafíos ya que 2 200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potables gestionados de forma segura. Del mismo modo, según la (UNICEF, 2019) “297 000 los niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas, fiebre tifoidea, la disentía, la hepatitis A, causadas por las malas condiciones sanitarias o agua no potable”.

De los 17.267.986 habitantes del Ecuador, solo 5.434.064 (31%) consumen agua de "Calidad Asegurada". Este número corresponde a la población de Guayaquil y Quito, los únicos cantones del Ecuador que cuentan con un sello de calidad emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización. Ecuador es considerado uno de los países que poseen la mayor reserva de aguas de América del Sur. Sin embargo, Ecuador es el país que consume más agua potable por habitante en América Latina, sobrepasando con un 40% el promedio de consumo de la región. Según la organización mundial de la salud en Latinoamérica el consumo promedio de agua es de 169 litros diarios por habitante, sin embargo, la población del Ecuador consume alrededor de 237 litros diarios superando el consumo a países súper poblados como Brasil que consume 202 litros diarios (iagua, 2017).

Si es necesario alcanzar los límites establecidos por la NTE INEN 1108-2020, sexta revisión para el agua potable, se deben tomar las medidas de tratamiento adecuadas para garantizar un funcionamiento y un suministro eficiente de agua para consumo humano (Libro VI Anexo 1 del TULSMA, 2015).

EL servicio de agua potable del cantón la Joya de los Sachas es suministrado por un sistema de siete pozos profundos, una red de distribución y un sistema conectado localmente con una capacidad mínima de suministro de 2125 unidades distribuidas en áreas urbanas (Barreno, 2015).

El agua subterránea es un recurso fundamental en sectores con carencia de cuencas hídricas, en la actualidad la Parroquia "San Carlos" (Morejon, 2021), afirma: "Se abastece a través de la captación de agua subterránea (pozo profundo de 30 m), el sistema de potabilización de la localidad fue construida en 1994". El presente proyecto tiene como finalidad intervenir de manera positiva en el sector realizando análisis físicos, químicos y microbiológico para determinar la calidad del agua.

1.1 Planteamiento del problema

En el planeta el agua es el líquido vital de los seres humanos, para el progreso de cualquier ser vivo. Sin embargo, la calidad es un tema que inquieta en los países de todo el mundo por diversos motivos como puede ser la salud de los habitantes, el progreso económico además de la calidad ambiental de los ecosistemas (Pillajo, 2017).

Las políticas centradas en proveer servicios de agua de calidad y saneamiento. Forman parte integral del desarrollo sostenible, así como de una amplia variedad de los derechos humanos, derechos a la vida, la salud y la alimentación (ONU, 2019).

Sin agua y saneamiento seguros, es probable que las poblaciones se enfrenten a múltiples desafíos, entre los que se incluyen malas condiciones de vida, salud, desnutrición y falta de oportunidades. El estrés hídrico, incluido el acceso insuficiente a los servicios de agua y saneamiento, se ha asociado con malestar social, conflicto y en última instancia el desplazamiento de personas y migración (ONU, 2019).

Dentro de la Parroquia San Carlos del Cantón Joya de los Sachas se llevan a cabo actividades antropogénicas de diferentes entornos y durante el desarrollo de las actividades petroleras se han generado puntos de contaminación, las cuales alteran el sistema ambiental

produciéndose en ciertos casos la contaminación de las fuentes hídricas que pueden afectar la calidad del agua (Parroquia San Carlos , 2020).

Los moradores por medio de la junta parroquial han dado conocimiento sobre el consumo diario del agua, para que cumplan con las normativas vigentes. Uno de los inconvenientes que existe es la falta de recursos para realizar la compra de insumos para el tratamiento respectivo y dado que su periodo de vida útil ya está llegando al límite, lo cual tiende hacer bastante deficiente.

1.2 Objetivos

1.2.1Objetivo General

Analizar la calidad del agua potable de la Parroquia San Carlos del Cantón Joya de los Sachas, mediante la evaluación de los parámetros: físicos, químicos y microbiológicos, con vistas a implementar medidas preventivas – correctivas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la calidad del agua potable a través de la evaluación física, química y microbiológica.
- Analizar los resultados obtenidos en el diagnóstico con la finalidad de verificar si se encuentra dentro de los parámetros permisibles para el consumo humano según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión 2020.
- Proponer medidas correctivas para el sistema de abastecimiento de agua potable de la Parroquia San Carlos del Cantón Joya de los Sachas.

1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación nace con la finalidad de analizar la calidad de agua para consumo humano en la Parroquia San Carlos, del Cantón Joya de los Sachas de la misma manera en conocimiento el agua es un líquido vital muy importante y necesaria para las actividades cotidiana.

El nivel de progreso y competitividad de un sector, se mide a través de la calidad de vida de sus habitantes. La salud, es uno de los indicadores de calidad de vida, la cual se ve afectada por el entorno donde se desarrolla la población, así mismo contar con un diseño de potabilización es fundamental e indispensable para una buena calidad de agua potable, el análisis y monitoreo juega un papel fundamental ya que es necesario conocer las condiciones

iniciales del agua desde su entrada hasta su salida de la planta potabilizadora de la parroquia (Pillajo, 2017).

En las últimas décadas las actividades antropogénicas han ocasionado el deterioro de las fuentes hídricas, reduciendo su disponibilidad para el consumo humano, además la potabilización de agua contiene una serie de procesos, en muchos de los casos se requiere la adición de productos químicos, que pueden generar impactos ambientales u ocasionar alteraciones a la salud humana, asimismo el análisis y monitoreo es muy importante ya que ayuda a tener el conocimiento inicial del agua, para así poder mejorar las técnicas y métodos empleados, con la finalidad de lograr satisfacer a la población con una agua de calidad (Pillajo, 2017).

En la actualidad, los recursos hídricos están sometidos a una presión cada vez mayor como consecuencia del crecimiento de la población, el aumento de la ganadería crecimiento de la población, el establecimiento de asentamientos humanos en zonas inadecuadas, lo que ha provocado una competencia por los limitados recursos de agua dulce. Una combinación de problemas económicos y socioculturales económicos y socioculturales, junto con la falta de programas de calidad del agua, ha contribuido a que las personas que viven en condiciones precarias sobreexploten los recursos naturales, afectando negativamente recursos naturales, lo que afecta negativamente a la calidad del recurso hídrico; la falta de control de la contaminación las medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible de este líquido vital (Mejía, 2015).

Esta investigación permitirá generar información referente a la calidad del agua que están utilizando los habitantes de la Parroquia San Carlos, conociendo así, la situación actual de esta población. Mediante toma de muestras en diferentes puntos y su respectivo análisis físico, químico y microbiológico, será posible determinar las condiciones de calidad del agua, y relacionar los resultados con las normativas nacionales correspondientes (López, 2019).

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Conceptos Generales

2.1.1 Agua

Esta molécula, formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, es un líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en su estado puro, que constituye los constituyentes más abundantes de la superficie terrestre y de casi todos los seres vivos con su fórmula H_20 (RAE, 2020).

2.1.2 Agua Potable

El término se refiere al agua que cumple con los estándares de calidad establecidos por las normas y autoridades locales y nacionales. El ser humano bebe agua durante toda su vida y esta se ajusta a los principios del consumo doméstico, incluida la higiene humana, por lo que no existe ningún riesgo, la solución más importante para evitar esta grave escasez de agua es el mercado para un uso posterior, el agua potable es esencial para la vida humana, pero a medida que aumenta la población, el agua se vuelve escasa y desafortunadamente desperdiciada por personas que carecen de comprensión, falta de sentido de responsabilidad y solidaridad humana. Después del aire, el agua es el elemento más importante de la existencia humana. Por lo tanto, existe la preocupación de que su adquisición y mantenimiento se haya convertido en un problema importante (Herrera, 2015).

2.1.3 Agua Subterránea

El agua subterránea es parte del ciclo hidrológico y constituye el 30% del agua dulce disponible en todo el mundo. Correspondiendo a la tercera parte del agua apta para el consumo humano. Del mismo modo, constituye un roll fundamental para algunos sectores que carecen con la presencian de agua superficial. Además, es realimentada atreves de la presencia de la infiltración del agua lluvia. En muchos países, especialmente en las regiones áridas, el agua subterránea es esencial para la vida y la salud de muchas personas y proporciona casi toda el agua necesaria para usos domésticos, agrícolas e industriales (Salazar, 2018).

2.1.4 Agua para consumo humano

Los componentes más indeseables del agua potable son aquellos que pueden dañar directamente la salud pública. Aunque la mayoría de los consumidores no tienen los medios para evaluar la seguridad del agua que consumen, sus actitudes hacia el agua potable y los proveedores de agua están fuertemente influenciadas por la calidad del agua que consumen.

propio sentido. El agua que se usa para beber, cocinar u otros fines domésticos de los alimentos, literalmente, a través de productos químicos y bacterias, garantiza la seguridad y la aceptación para el beneficio humano, independientemente de su origen o idoneidad. Además, los consumidores deben, por supuesto, tener cuidado con el agua que parece sucia, tiene un color inusual y tiene un olor o sabor desagradable, pero estas propiedades en sí mismas afectan directamente su salud. Proporcionar agua potable que no solo sea segura, sino que también tenga un aspecto, un sabor y un sabor aceptables debería ser una prioridad. El agua con propiedades estimulantes sensoriales inaceptables puede socavar la confianza del consumidor, causar insatisfacción y, lo que es más importante, provocar el consumo de agua de fuentes de agua insalubres (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

2.1.5 Agua Cruda

Es un tipo de agua natural y no ha sido tratada para modificar sus propiedades físicas, químicas o microorganismos. Esto incluye agua superficial y subterránea que se bombea desde estanques, lagos o pozos cerca de la superficie. Sin embargo, el agua de lluvia también forma parte del agua cruda por lo que es filtrada por el río, el agua cruda puede contener impurezas como partículas, minerales, fertilizantes, bacterias y patógenos. Por lo tanto, el agua cruda debe tratarse antes de que pueda usarse para el propósito previsto. (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

2.1.6 Calidad del agua

La calidad del agua se puede considerar como una medida de la idoneidad del agua para una aplicación particular, en función de sus propiedades físicas, químicas y biológicas particulares. Para determinar el valor del agua, los científicos miden y analizan las propiedades del agua, como la temperatura, el contenido de minerales disueltos y las bacterias, compare sus selecciones con las pautas numéricas y pautas para determinar si el agua es adecuada para su aplicación en particular. Los atributos físicos, químicos y microbiológicos como el pH (6,5-8), plomo (0,01), y coliformes fecales (1000 NMP) que presenta el agua (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020) afirma: “De manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad dentro de los límites permisibles de la norma INEN”.

Para garantizar un suministro seguro y conveniente y satisfacer las necesidades del consumo humano, para mantener la higiene personal, es necesario cumplir con estándares muy importantes para la salud humana y el bienestar social, y la fiabilidad del suministro.

2.1.7 Accesibilidad al agua

La gran mayoría de los 5.200 millones de personas con acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura, dependen de las redes de tuberías, junto con otros sistemas convencionales de abastecimiento y tratamiento de agua, centralizados y descentralizados. La mayoría de los residentes urbanos tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura y una fuente de agua ubicada in situ, disponible cuando sea necesaria y libre de contaminación (ONU, 2019).

El agua entubada es la técnica económica para llevar el agua a los hogares, en muchos casos, esta oportunidad no llega a los pobres, lo que agrava aún más la desigualdad, especialmente en las zonas urbanas y rurales. Al acceder a través de la red, las primeras personas dependen de pozos y agua pública, al mismo tiempo, generalmente pagan el precio más alto por litro de agua en comparación con las personas y comunidades donde funciona el agua entubada, lo que agrava aún más la desigualdad entre ricos y pobres.

2.1.8 Enfermedades transmitidas por el agua

En todo el mundo, el 80% de las infecciones gastrointestinales y parasitarias, y un tercio de todas las muertes, son causadas por el uso inseguro del agua. Los problemas de higiene y el desempleo o la salud deficiente son una de las razones por las que la diarrea sigue siendo un problema de salud importante en los países en desarrollo. Los alimentos y el agua contaminados se consideran vehículos pesados asociados con infecciones virales, o parasitarias. Los servicios de agua (OMS, 2017), afirma: “Saneamiento e higiene pueden evitar una amplia gama de enfermedades, entre ellas las debidas a la ingestión de agua contaminada por microorganismos y productos químicos, como la diarrea, la arsenicosis y la fluorosis”.

2.2 Sistemas de la Planta Potabilizadora

2.2.1 Sistema de abastecimiento

Es un sistema de estructuras interconectadas y puede proporcionar agua potable o, en general, cualquier líquido a los hogares de los residentes urbanos, pueblerinos o rurales. Sistema (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020), afirma: “Que incluye la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares, construido para el funcionamiento de la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución del agua para consumo humano”.

2.2.1.1 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable según la fuente.

- Agua de lluvia almacenada en tanques.

- Aguas provenientes de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie.
- Agua subterránea, captada a través de pozos.
- Agua superficial, proveniente de arroyos, ríos, embalses o lagos naturales.
- Agua de mar.

Dependiendo de la fuente del agua, la conversión a agua potable puede requerir una variedad de métodos de tratamiento, desde la simple desinfección hasta la desalinización.

2.2.2 Sistemas de distribución

El sistema de distribución de agua consta de una serie de tuberías, accesorios y estructuras que llevan los fluidos desde los tanques de agua tratada a los grifos domésticos y públicos. Comprenden la infraestructura hidráulica y trabajos auxiliares construidos desde el almacenamiento hasta la acometida domiciliaria (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

2.3 Parámetros Físicos y Químicos para el consumo humano.

Los parámetros físicos y químicos de agua para el consumo deben acatar con lo siguiente:

Tabla 1-2:

Requisito físicos y químicos del agua para el consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Arsénico	mg/L	0,01
Cadmio	mg/L	0,003
Cloro libre	mg/L	0,3 a 1,5
Cobre	mg/L	2,0
Color aparente	Pt-Co	15
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05
Fluoruro	mg/L	1,5
Mercurio	mg/L	0,006
Nitratos (como NO3-)	mg/L	50,0
Nitritos (como NO2-)	mg/L	3,0
Níquel	mg/L	0,07
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,0
Plomo	mg/L	0,01
Turbiedad	NTU	5

Tomado de: *(NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020)*

Parámetros microbiológicos de agua para consumo humano.

Los parámetros microbiológicos de agua para el consumo humano deben acatar lo siguiente:

Tabla 2-2:

Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia
Cryptosporidium	Numero de quistes/L	Ausencia
Giardia	Numero de quistes /L	Ausencia

Tomado de: *(NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020)*

Tabla 3-2:

Extracto de los Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico, en los anexos se encuentra la tabla completa.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Arsénico As mg/l 0,1	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0, 006
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de p	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO4 2	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Tomado de: *(Libro VI Anexo 1 del TULSMA, 2015)*

2.3.1 Características físicas

Las principales características son habituales; sin embargo, como todos sabemos, el agua potable resultar muy particular debido al consumo humano que se hace de ella y sus implicaciones en la salud. Así mismo, de tener en cuenta la calidad del agua para medirla, para considerar que cierta agua es potable se deben evaluar una serie de características concretas, debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable, es apta para la alimentación y su uso doméstico; no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico que vaya en contra de la salud. Las características físicas del agua, (Idrovo, 2016), afirma: "Llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua".

Los parámetros considerados en el análisis son:

- Color
- Turbiedad
- Sólidos totales

- Sólidos suspendidos
- Conductividad eléctrica.
- pH
- Plomo
- Cadmio
- Níquel
- Hierro
- Aceites y grasas
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

2.3.1.1 Color

Idealmente, el agua potable no debe tener un color perceptible. En general, el color del agua potable se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente humus y ácido fúlvico) asociada al humus en el suelo. Esta característica (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020), afirma: "Del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella".

Asimismo, la presencia de hierro y otros metales debido a las impurezas naturales y la corrosión tiene un efecto significativo en el color del agua. También puede haber contaminación del agua por derrames industriales, que pueden ser una señal temprana de una situación peligrosa, si el agua de un sistema de abastecimiento posee color, debe investigar su origen si hay algún cambio significativo.

2.3.1.2 Turbiedad

Las sustancias responsables (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020) ,afirma: "De la turbiedad del agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica, bacterias y otros microorganismos, para su remoción se requiere usar coagulantes, acondicionadores de pH, ayudantes de coagulación, etcétera".

La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. El control de la turbidez del agua está estrechamente relacionado con la eficacia de los procesos de desinfección, tanto químicos (cloro u otros biocidas) como físicos (radiaciones UV).

2.3.1.3 Sólidos totales

Cuando las sustancias orgánicas e inorgánicas no han pasado por un filtro de 2 micras o se han suspendido o disuelto indefinidamente, se denominan SST (sólidos totalmente suspendidos o sólidos totales suspendidos). Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua, equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido, el residuo total del agua se determina a 103–105 ºC (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

2.3.1.4 Sólidos y residuos

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada. Se deben aclarar las pruebas analíticas para la determinación de la forma de los desechos que no identifican sustancias químicas específicas, sino que solo clasifican sustancias con propiedades físicas similares y comportamiento similar en diferentes condiciones ambientales (Idrovo, 2016).

2.3.1.5 Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos son sales que existen en el agua y no se pueden separar de los líquidos por medios físicos como precipitación, filtración, etc. Dado que la presencia de estos sólidos no se puede detectar a simple vista, se puede obtener agua completamente cristalina que contiene muchos sólidos disueltos. Son materiales suspendidos y disueltos en una muestra de agua, tiene un tamaño de al menos 2 micrones y no se puede eliminar fácilmente con filtros convencionales, los sólidos disueltos totales es la fuente de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. En muchas de las ocasiones las personas que beben agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal. Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada (Bauder, s.f.).

2.3.1.6 Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión son sustancias que existen como sólidos en el agua como coloides y partículas microscópicas y causan turbidez, cuanto mayor sea el contenido de sólidos en suspensión, mayor será la turbidez, corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal (Idrovo, 2016).

2.3.1.7 Sólidos volátiles y fijos

Este método es prácticamente útil para los procesos de tratamiento de aguas residuales porque estima la cantidad de materia orgánica presente en la fracción sólida de aguas residuales y lodos activados, pero es aplicable a todo tipo de aguas, debido a la pérdida de volátiles durante

el secado, pueden ocurrir errores acústicos de sólidos volátiles. Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 ºC, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos (Idrovo, 2016).

2.3.1.8 Conductividad eléctrica

La conductividad es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. La conductividad está relacionada con un parámetro llamado fuerza iónica, que está determinada por la concentración y carga de cada ion presente en el agua. Se mide por la conductividad eléctrica entre dos electrodos paralelos con un área de 1 cm^2 y una distancia de 1cm y se expresa en Siemens / cm. El agua potable de mayor calidad tiene una conductividad de 50 a 500 mmhos / cm, pero algunas tienen valores de hasta 1000 - 1500 mmhos / cm. El agua blanda no tiene un valor de conductividad específico superior a 1500 mmhos / cm (Claude E. Boyd, 2017).

2.3.1.9 Olor y sabor:

Son dos características que nos delimitan, con otros parámetros, la calidad del agua, frecuentemente, las quejas más habituales de los consumidores, se refieren al "olor y sabor del agua", que puede considerarse como una mezcla de los sentidos del olfato y gusto. El sabor y olor en el agua de consumo, pueden ser originados por distintas causas que pueden encontrarse ya sean en su origen, en su tratamiento o en la propia red de distribución, generalmente las causas están en el origen (Cabrera, 2017).

El agua potable debe tener un sabor débil y agradable, las aguas muy puras tienen un sabor poco agradable, debido a que contienen una cantidad mínima de sales minerales. El sabor y el olor (Idrovo, 2016), afirma: "Están estrechamente relacionados; por eso es común decir que "A lo que huele, sabe el agua"

2.3.1.10 Temperatura:

Es uno de los parámetros físicos, más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. (Idrovo, 2016)

2.3.1.11 pH:

El pH es considerado como uno de los parámetros más comunes para determinar la calidad del agua. Las mediciones de pH se establecen a través de una escala de 0 a 14, con 7.0

considerando neutro, un pH inferior a 7.0 se consideran ácido y por encima de 7.0 se considera bases o alcalinos. El agua superficial es considerada de tener un pH entre 6 a 8.5. Sin embargo, las aguas subterráneas llegan a tener un pH ente 6.5 y 8, y en pocas ocasiones entre 5.5 y 8.5. El pH (Idrovo, 2016), afirma: "Influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua. Aunque no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección".

2.3.1.12 Plomo

El plomo es un elemento metálico pesado, su símbolo es Pb con un peso atómico de 207.2 g/mol, y su número atómico de 82. La concentración de plomo en el agua natural varia ente 0.4 y 0.8 mg/L, en aguas superficiales y aguas crudas tiene una concentración de 0.4 y 0.01 mg/L. Sin embargo, la presencia del Plomo a altas concentraciones puede afectar a la salud ocasionando efectos neurotóxicos (carbotecnia, 2021).

2.3.1.13 Cadmio

El cambio es un elemento químico relativamente raro, se encuentra en el grupo 12 de la tabla periódica al igual que el mercurio y Zinc, su símbolo es Cd, llegando a tener un número atómico de 48 y una masa atómica de 112,40 g/mol. En su estado puro es blando, dúctil y maleable, de color plateado claro. Sin embargo, la presencia del cambio en un rango de 0.4 mg/L en el agua potable por hasta 10 días no causa efectos adversos en la salud. En muchos de los casos la presencia de Cadmio en altas concentraciones puede ocasionar problemas a la salud humana, afectando a los riñones, pulmones, esqueleto, testículos y sistema nervioso central y cáncer (Mariuxi Mero, 2019).

2.3.1.14 Níquel

El níquel es una sustancia química que causa dermatitis alérgica por contacto, daño pulmonar y hepático, náuseas, vómitos, diarrea, edema renal, cianosis y debilidad severa. Este metal tiene efectos cancerígenos y teratogénicos. Así mismo, las altas concentraciones de níquel bloquean la actividad enzimática, la replicación del ADN, la transcripción de proteínas y ácidos nucleicos, y presentan efectos adversos. Se necesitan pequeñas cantidades de níquel, pero una ingesta elevada puede ser peligrosa para la salud humana. También a lo largo de los años el consumo del agua potable en concentraciones altas de níquel puede ocasionar reacciones alérgicas como defectos de nacimiento, asma, bronquitis crónica, enfermedades cardíacas y erupciones cutáneas. Además, la contaminación por níquel se ha relacionado con varios tipos de cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata (Heredia, 2017).

2.3.1.15 Hierro

La presencia de hierro en el agua procedentes del subsuelo en zonas rurales es muy frecuente. Sin embargo, en mucho de los casos la cantidad de hierro que presenta el agua es afectada por la disolución de rocas ferrosas. Los niveles de concentración van entre rangos de 0 a 50 mg/L, mientras que la Organización Mundial de la Salud(OMS) recomienda que los niveles de hierro presente en el agua deben ser de <0.3mg/L (Alvarez, 2020).

2.3.1.16 Aceites y grasas

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal o vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. La presencia de Aceites y grasas es denominada como un iniciador del grado de contaminación del agua por usos industriales y humanos (Quiñonez, 2019).

2.3.1.17 Coliformes totales

Son bacterias que se encuentran en los suelos, aguas contaminadas en la superficie por actividades antropogénicas. La presencia de este tipo de bacterias demuestra una posible vía de contaminación en el agua potable. Habitualmente, las bacterias coliformes se usan como un indicador de la presencia de otros organismos que pueden ser dañinos, como bacterias y virus. La presencia de estas bacterias puede causar problema gastrointestinal, disentería y virus que causan polio y hepatitis (Carbonatecnia, 2021).

2.3.1.18 Coliformes fecales

Son los coliformes más contaminados y tienen todas las propiedades designadas para los coliformes totales. Se definen (Microlab, 2019), afirma "Como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44-45 °C. Incluyen bacterias del género Escherichia y también especies de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter". La composición genética de este grupo incluye cepas de los géneros Klebsiella y Escherichia que se sabe que están asociadas con contaminantes animales de sangre caliente. E. coli es el indicador más útil de la calidad del agua y el tipo más específico de contaminación perturbadora de todos los grupos involucrados.

2.4 Tipos de muestras:

2.4.1 Muestras puntuales

Una muestra que representa la composición de la masa de agua original en un lugar, momento y situación específicos recolectada, se puede considerar que una muestra exhibe un tiempo o volumen más largo si la composición de la fuente es relativamente constante durante

un largo período de tiempo o en una distancia significativa en todas las direcciones, en estos casos, es posible indicar con precisión la cantidad de agua con una simple muestra, como en algunas fuentes de agua, aguas superficiales y, raramente, aguas residuales. Las muestras se recolectan en un lugar y momento específicos, teniendo en cuenta las condiciones de los materiales recolectados, las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo (NTE INEN 2176, 2013).

2.4.2 Muestras compuestas

En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras únicas o puntuales tomadas del mismo sitio en diferentes momentos. El término "combinación de tiempo" se utiliza a veces para distinguir un tipo de muestra de otro, con el tiempo, la mayoría de las muestras compuestas se utilizan para observar concentraciones promedio y calcular la eficiencia de cada carga o planta de tratamiento de agua. Así mismo, reducen significativamente los costos y el esfuerzo de laboratorio en comparación con el análisis de una gran cantidad de muestras individuales y el promedio de los resultados. Además, se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo (dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización). Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas (NTE INEN 2176, 2013).

Para el presente trabajo se utilizó como base la normativa ambiental en la que se muestra los límites máximos permisibles para el uso del agua potable, como es el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 1108 sexta revisión 2020. Así mismo se siguieron las especificaciones que se dictan en la tabla 1 y tabla 2 del INEN 1108 sexta revisión 2020 (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

2.5 Tratamientos de la Planta Potabilizadora.

2.5.1 Tratamiento de ciclo completo

Tecnología que incluye los procesos unitarios de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración rápida, independientemente del tipo de entrada a cada proceso. Este es el tratamiento de ciclo completo más utilizada en la planta de agua (INEN 2655, 2012).

2.5.2 Coagulación

La coagulación se realiza en su totalidad mediante la adición de sal de aluminio y hierro, este proceso es el resultado de reacciones químicas y fenómenos físicos, además este es un

proceso rápido que toma de 10 a aproximadamente 100 segundos, dependiendo de algunas propiedades del agua. La mezcla se realiza en los denominados grupos de mezcla de alta velocidad, desde entonces, la tensión debería reducirse ligeramente. Esto se hace en un floculador donde las partículas chocan entre sí y se agregan para formar grandes grupos llamados flóculos. Así mismo esto se puede eliminar de manera adecuada (Calle, 2017).

2.5.3 Floculación

La floculación es la aglomeración de partículas inestables, durante la agitación moderada del agua, formando otras partículas de mayor tamaño y densidad. El propósito principal de la floculación es recolectar micropartículas para formar partículas más densas que el agua y compactar flóculos para reducir la concentración y el volumen de hidratación, esto permite una alta eficiencia en los procesos como sedimentación y la filtración. Con el fin de mejorar la unión molecular y producir una gran cantidad de moléculas que se pueden eliminar de manera eficiente en etapas posteriores, para aplicar una agregación efectiva (Calle, 2017).

2.5.4 Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual los sólidos suspendidos en el agua caen al fondo de un recipiente de agua. La sedimentación es un proceso natural que ocurre bajo la influencia de la gravedad, aunque ocurre en ríos y lagos, los humanos se han aprovechado del fenómeno para lograr un agua más limpia y segura. El proceso de sedimentación se basa en la ley de Stokes, donde las partículas más grandes o más pesadas que el agua tienen una mayor capacidad de sedimentación. También afecta la viscosidad del líquido, cuanto menor es la viscosidad, mayor es la capacidad y velocidad de sedimentación (Ariadna García-Astillero, 2018).

2.5.5. Filtración

Se denomina filtración al proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro. Sin embargo, para el tratamiento de agua potable la filtración es el paso de agua contaminada a través de un lecho de materiales granulares (como la arena), con el objetivo de conservar la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El proceso usa el principio de limpieza natural del suelo que retira y retiene los contaminantes. Este tipo de tratamiento elimina la mayoría de protozoos, bacterias y virus (spenagroup, 2016).

2.5.6. Filtros de carbón

El carbón es muy eficaz para eliminar un poco de sabor, olor y color. El carbón activado es más efectivo y más caro, pero puede usar el popular carbón disponible localmente. Sin

embargo, si el carbón no se cambia con frecuencia o si se deja de usar el filtro por un tiempo, se ha visto que se puede volver un criadero de bacterias nocivas. Los minerales contenidos en rocas pequeñas deben mezclarse con carbón pulverizado y cuando se filtran con agua deben estar en completo contacto con todas las sustancias para que el proceso sea efectivo (Jiménez, 2017).

2.5.7 Aireador

La aireación es un proceso de tratamiento en el que el agua entra en contacto con el aire con el propósito primordial de incrementar su contenido de oxígeno. El agua al contener una mayor cantidad de oxigene logra eliminar sustancias volátiles como el sulfuro de hidrógeno y el metano que afectan el sabor y el olor, el tratamiento por aireación reduce el contenido de dióxido de carbono del agua, y se oxidan los minerales disueltos, como el hierro y el manganeso para que formen precipitados que se pueden retirar por decantación y filtración. La aireación es un paso importante en el tratamiento del agua, incluida la eliminación de aguas residuales, los agentes antibacterianos de las plantas de tratamiento de agua potable destruyen constantemente las bacterias y los microorganismos. Ante todo, un elemento o equipo que permite transferir aire desde la atmosfera al agua (INEN 2655, 2012).

2.5.8 Desinfección

El agua potable debe estar libre de plagas, almacenar, sedimentar y filtrar el agua reduce el nivel de bacterias dañinas, pero ninguna de ellas puede garantizar la eliminación completa de las bacterias. La desinfección es un proceso que mantiene el agua potable libre de plagas y patógenos. Es aconsejable que este sea el paso final del proceso, ya que muchos procesos de desinfección son difíciles porque las partículas sólidas y los orgánicos están suspendidos en el agua. Hay muchas formas de desinfectar su hogar (Jiménez, 2017).

2.5.9 Cloración

El cloro es el producto químico más utilizado para desinfectar el agua potable debido a su facilidad de uso, efectividad medible, disponibilidad y costo relativamente bajo, cuando se usan correctamente, el cloro mata todos los virus y bacterias, pero algunos protozoos y parásitos son resistentes a ellos, hay varias fuentes de cloro disponibles en forma de líquidos, polvos y tabletas, la cloración es un tratamiento fácil y eficiente para desinfectar el agua y hacerla potable. Radica en introducir productos clorados (pastillas de cloro, lejía, etc.) en el agua para matar los microorganismos en ella contenidos. Habitualmente, tras un tiempo de

actuación de unos 30 minutos, el agua pasa a ser potable. Según (INEN 2655, 2012), "Aplicación de cloro al agua al final del proceso de tratamiento para la desinfección".

2.6 Tipos de Mantenimientos

2.6.1 Mantenimiento

El mantenimiento de la planta de tratamiento de agua incluye el control de calidad de los procesos que forman parte del sistema, tales como captación, bombeo, filtración, separación de sólidos, procesos biológicos aeróbicos o anaeróbicos, mediante lodos activados, sedimentación y descarga entre otros. (INEN 2655, 2012), afirma: "En las instalaciones y/o equipos para evitar daños o reparaciones durante periodos climáticos".

2.6.2 Mantenimiento Preventivo

Es necesario inspeccionar el equipo y realizar verificaciones periódicas por posibles averías, cada tratamiento se realiza para determinar las propiedades físicas, químicas y microbianas del agua cruda y tratada. Del mismo modo, pruebe la efectividad y utilidad de cada proceso. Además, en el proceso de tratamiento de agua, las sustancias que saturan o interfieren con el funcionamiento normal de cada proceso deben ser removidas y reemplazadas, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas (INEN 2655, 2012).

2.6.3 Mantenimiento correctivo

Consiste en la atención inmediata y pertinente de cualquier deterioro que se produzca en las instalaciones de la planta y sus diferentes equipos. A demás, este tipo de mantenimiento no puede programarse, por lo cual es preciso dispones de los elementos humanos y físicos requeridos para atender cualquier situación de emergencia que se presente a cualquier hora ya que el sistema de acueducto debe funcionar las 24 horas del día. Una lista de acciones a tomar (INEN 2655, 2012), afirma: "En caso de un cierre inesperado o forzado de una organización, dispositivo o proceso".

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

En la Figura 1 se representa la Parroquia de San Carlos está ubicada al sur del Cantón la Joya De los Sachas, Provincia de Orellana, se encuentra en las coordenadas X= 290461 Y= 9958006, se encuentra ubicada aproximadamente a 11Km, de la cabecera cantonal de La Joya de los Sachas, al centro poblado de San Carlos (GADP San Carlos, 2015).



Figura 1-3: *Área de estudio – Parroquia San Carlos*
Adaptado de: *Realizado por: Castillo K, Seis J. Programa (ARC GIS)*

Datos Generales de la Parroquia.

- **Provincia:** Orellana
- **Cantón:** La Joya de los Sachas
- **Parroquia:** San Carlos
- **Población:** 2846 habitantes, según el censo del INEC del 2010.
- **Población actual:** 4513 aprox. Habitantes (Análisis estadístico)

- **Temperatura:** La temperatura mínima es de 18°C, la normal es de 25.6° y máxima de 42°C.
- **Altitud:** Es de 240 a 320 metros sobre el nivel del mar.
- **Superficie:** 133,7 km^2 (13.347 ha)

El actual sistema de agua potable su fuente de abastecimiento es por agua subterránea existente en la cabecera parroquial de "San Carlos", del Cantón La Joya de los Sachas; se suministra mediante un pozo profundo perforado que se encuentra ubicada a 26.50 m de la planta potabilizadora; cubierto con un tubo de acero galvanizado de 6 pulgadas, con una profundidad total de 32 m; el agua se halla a 10 m de profundidad medidos desde el nivel natural del suelo (Guerrero, 2021).

3.2 Tipo o diseño de Investigación

Se realizará una investigación bibliográfica y exploratoria con el propósito de describir el conjunto de parámetros de calidad de las aguas potables y para potabilización, así como los métodos de tratamiento y control de la calidad de las aguas. Por otra parte, se realizará un estudio experimental con vistas a diagnosticar la calidad del agua, sobre la base de la toma y el análisis de laboratorio de muestras representativas de agua antes y después del proceso de potabilización.

3.3 Métodos de Investigación

3.3.1 Diagnóstico y análisis de la calidad del agua potable en la Parroquia "San Carlos" del Cantón la Joya De los Sachas.

En primer lugar, se realizó una búsqueda bibliográfica en artículos científicos publicados en bases de datos internacionales como Science Direct, Google Scholar, Scielo, Dialnet, etc. Con el propósito de conocer los parámetros de calidad del agua potable recomendados por las normativas nacionales e internacionales y que puedan ser factibles de aplicar en las condiciones concretas del sitio de experimentación.

Se realizó un diagnóstico de los análisis de calidad de agua realizados en los años 2019 y 2020, documentación que fue obtenida a través de la administración de la junta de agua de la Parroquia "San Carlos", de igual forma se pudo observar que varios componentes de la planta ya están llegando a la etapa final de funcionamiento y otros componentes ya debieron ser repotenciados, donde los procesos están desempeñando un funcionamiento poco eficaz. Sin embargo, a pesar de esto los parámetros se han venido manteniendo dentro de los límites establecidos por la NTE INEN 1108-2020, sexta revisión.

Los parámetros a estudiar se estipulan bajo la normativa técnica ecuatoriana "INEN 1108 sexta revisión 2020-04"; para parámetros como: pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales, Plomo, Cadmio, Níquel, Hierro, Aceites y Grasas, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Cloro libre residual. De la misma manera, se efectuó una exploración documental encaminada a obtener y analizar los procedimientos y métodos de control que se aplican actualmente en la planta potabilizadora, así como las características de tratamiento de potabilización empleado (NTE INEN 1108 sexta revisión , 2020).

Se realizó un monitoreo *in situ*, mediante el acompañamiento del técnico de la planta siguiendo el lineamiento de la guía rápida para la vigilancia del agua establecido por la Organización Panamericana de la Salud. Para los análisis de calidad de agua se utilizaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos como indicadores para determinar si existen o no cambios perceptibles en el agua. Para las conexiones de los tres puntos de muestreo se establece lo siguiente:

- Un punto de muestreo en la captación del pozo de la junta del agua (P1)
- Un punto de muestreo en la distribución dentro de la planta de tratamiento (P2)
- Un punto de muestreo en los ingresos del agua a la vivienda de la Sra. Marlith Guerrero (P3) (Ver figura 2).

Se realizaron tres salidas de campo, la primera para conocer y valorar el sistema de abastastecimiento de agua, la segunda para obtener documentos procesados en años anteriores (2019 y 2020) y la tercera salida fue para la toma de muestras para análisis, con vistas a tener una idea del comportamiento en el año 2021, ya que no fue posible obtener el documento del laboratorio certificado.

Las coordenadas de la estación de muestreo son las siguientes: Sistema de posicionamiento global (GPS) como se describe en la (Tabla 4-3).

Tabla 4-3:

Puntos de muestreo con coordenadas.

Puntos de muestreo	Coordenada X	Coordenada Y
P1. Captación	290575	9957795
P2. Distribución	290586	9957787
P3. Domiciliaria	290456	9957920

Adaptado de: Sistema de posicionamiento global (GPS)



Figura 2-3: *Ubicación de los puntos de muestreo en el sistema de abastecimiento de la Parroquia "San Carlos"*
Adaptado de: La parroquia "San Carlos"

3.3.2 Recolección de muestras

Se procedió a un único muestreo en el mes de junio del 2021 correspondiente a la época caliente y humedad de la región amazónica del Ecuador.

3.3.2.1. Envases para parámetros físicos y químicos

En la muestra utilizada para definir los parámetros físicos y químicos, se procedió a llenar completamente el frasco ámbar y cerrar la tapa de tal modo que no exista aire sobre la muestra, ya que esto limita las interacciones con la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

3.3.2.2 Envases para los parámetros biológicos

Los frascos ámbar se esterilizaron, para que no aporten contaminantes a las muestras, para esto se utilizó guantes plásticos, se tapó la muestra cuidadosamente de forma tal que los bordes del frasco no se contaminen con las manos.

3.3.2.3 Rotulado o etiquetado de muestras

Se marcaron los recipientes de las muestras de forma clara, con el fin que se puedan identificar en el laboratorio y no existan confusiones ni errores; colocó una etiqueta en cada uno de los tres frascos de las tres muestras.

Se utilizó la NTE INEN 2169, 2013 Muestreo: Manejo y Conservación de Muestras. Se anotaron detalles que contribuyeron a la interpretación precisa de los resultados como la fecha y hora del muestreo, quién tomó las muestras, coordenadas, detalles del punto de toma, etc.

3.3.2.4 Refrigeración y congelación de las muestras

Se refrigeró inmediatamente después del muestreo, para ello se llevó una caja de enfriamiento térmico o *cooler* al lugar de muestreo. Se preparó un baño de hielo como modo de enfriamiento simple a temperaturas de 2° y 5°C, se embaló para almacenar la muestra y llevarlo al laboratorio.

3.3.2.5 Transporte de las muestras

Los recipientes de las muestras se protegieron y se sellaron para evitar daños y se garantizó la preservación de las mismas durante el transporte. De la misma manera, se conservaron en ambiente frío y protegidas de la luz, y cada muestra se colocó de forma individual tanto para captación, distribución como domiciliaria, respetando el tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis y después de la conservación, para garantizar la confiabilidad de los resultados que se obtuvieron.

3.3.2.6 Recepción de las muestras en el laboratorio.

Las muestras arribaron al laboratorio para analizarse de forma inmediata, para evitar la contaminación externa y de tal manera que evite la alteración de su contenido. En la tabla 5 se describen las normativas técnicas ecuatorianas que se utilizaron para realizar las técnicas de muestreo y el manejo de conservación de muestra que rige en el país.

Tabla 5-3:

Descripción de Normativas Vigentes de Técnicas y Manejo de Muestras

DESCRIPCIÓN DE GUÍAS METODOLÓGICAS	NORMATIVAS VIGENTES
Técnicas de muestreo	NTE INEN 2176:2013
Manejo y conservación de muestra	NTE INEN 2169:2013

Adaptado de: Normativas Técnicas Ecuatorianas.

En la tabla 6-3 se detallan las normativas vigentes que se utilizaron para medir los límites máximos permisibles tanto para la captación como para la distribución para la calidad de agua.

Tabla 6-3:

Descripción de las Normativas Vigentes de Captación y Distribución para Consumo Humano.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS	NORMATIVAS VIGENTES
Captación	Libro VI del TULSMA, Tabla N°1 Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico
Distribución	NTE INEN 1108 en la Tabla 1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano y la Tabla 2: Requisitos microbiológicos.

Adaptado de: TULMA y INEN 1108.

En las tablas 7-3, 8-3 y 9-3 se representa la cadena de custodia realizada, en el trabajo de campo para la toma de muestras.

Tabla 7-3:

Cadena de custodia realizada en la muestra 1 de la "Captación"

	HORA	FECHA	NOMBRE DE LA MUESTRA	TIPO DE RECIPIENTE
Muestreo:	8:37	10/06/2021	Captación "Muestra 1"	Frasco oscuro "Ámbar"
Transporte:	12:45	10/06/2021	Captación "Muestra 1"	Frasco oscuro "Ámbar"
Recepción	20:00	10/06/2021	Captación "Muestra 1"	Frasco oscuro "Ámbar"

Adaptado de: Organización Panamericana de la Salud

Tabla 8-3:

Cadena de custodia realizada en la muestra 2 "Distribución"

	HORA	FECHA	NOMBRE DE LA MUESTRA	TIPO DE RECIPIENTE
Muestreo:	8:41	10/06/2021	Distribución "Muestra 2"	Frasco oscuro "Ámbar"
Transporte:	12:45	10/06/2021	Distribución "Muestra 2"	Frasco oscuro "Ámbar"
Recepción	20:00	10/06/2021	Distribución "Muestra 2"	Frasco oscuro "Ámbar"

Adaptado de: Organización Panamericana de la Salud

Tabla 9-3:

Cadena de custodia realizada en la muestra 3 "Domiciliaria"

	HORA	FECHA	NOMBRE DE LA MUESTRA	TIPO DE RECIPIENTE
Muestreo:	8:53	10/06/2021	Domiciliaria "Muestra 3"	Frasco oscuro "Ámbar"
Transporte:	12:45	10/06/2021	Domiciliaria "Muestra 3"	Frasco oscuro "Ámbar"
Recepción	20:00	10/06/2021	Domiciliaria "Muestra 3"	Frasco oscuro "Ámbar"

Adaptado de: Organización Panamericana de la Salud

3.3.3 Análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en laboratorio

Para la realización de los análisis de las muestras enviadas al laboratorio del CEIPA de la Universidad Estatal Amazónica, después de haber cumplido con la cadena de custodia, se utilizaron los métodos que se encuentran en la tabla 10-3.

Tabla 10-3*:*

Parámetros analizados en el CEIPA

PARÁMETROS	MÉTODO DE ENSAYO
pH	SM 4500-H + B, 23rd Ed./PT-01
Conductividad	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-02
Sólidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-02
Turbiedad	SM 2130 B, 23rd Ed
Plomo	SM 3125 B,23rd Ed./PT-05
Cadmio	SM 3120 B,23rd Ed./PT-05
Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05
Hierro	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05
Aceites y Grasas	Gravimetría[1] / PT - 09
Coliformes Totales	SM 9222 B, 23rd Ed
Coliformes Fecales	SM 9222 D 23rd Ed
Cloro Libre Residual	MÉTODO HACH 8021

Adaptado de: Laboratorio del CEIPA de la Universidad Estatal amazónica

Los parámetros que se analizaron fueron los establecidos en la tabla 10-3, así mismo se utilizaron los diferentes métodos de ensayo para la determinación de cada uno de los parámetros con sus diferentes equipos y materiales utilizados por el laboratorista del CEIPA de la Universidad Estatal Amazónica.

3.3.4 Propuesta de medidas correctivas o de mejora del proceso de potabilización.

De acuerdo a una verificación documentaria y entrevistas al técnico de la planta en conjunto con el Ing. Fernando Aguirre, encargado del laboratorio de GADPO, fue necesario considerar varios factores para evaluar adecuadamente el desempeño del sistema de suministro de agua y la condición actual de la planta potabilizadora en la parroquia. Muchos países que han desarrollado estrategias nacionales para monitorear y controlar la calidad de los sistemas de suministro de agua potable las han adoptado a nivel nacional en comunidades, regiones y en todos los niveles. Es una práctica común ingresar parámetros básicos de calidad microbiológica (generalmente coliformes fecales, cloro, turbiedad y pH) para verificar que cumplan con los parámetros permisibles. Los métodos utilizados para estos análisis están sujetos a estandarización y aprobación. De la misma manera, cada componente debe ser reemplazado cumpliendo sus años de vida útil.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la calidad del agua potable y análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos del año 2019, 2020 y 2021

De acuerdo a la información disponible por la administración de la junta de agua y por la entrevista al técnico de la planta, se logró identificar a simple vista que la planta potabilizadora necesita una repotenciación o la construcción de una nueva planta de agua potable para la parroquia. A continuación, en la Tabla 11-4, se observan los resultados obtenidos en la captación en los años 2019, 2020 y 2021. Así mismo, en la Tabla 12-4, se indican los resultados obtenidos en la distribución de los tres últimos años, y por último en la Tabla 13-4, están los resultados obtenidos para el agua domiciliaria de los años mencionados anteriormente.

Tabla 11-4:

Resultados de la captación de consumo de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021.

Parámetro	**Norma de Referencia/Procedimiento Interno**	**Unidad**	**Resultado** 16/04/2019 **M1** Código de laboratorio **a19-024**	**Resultado** 14/07/2020 **M1** Código de laboratorio **a20-011**	**Resultado** 11/06/2021 **M1** Código de laboratorio **a21-023**	Libro VI TULSMA Tabla Nº1 Tabla Nº2 **Captación**	**Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza**	**CRITERIOS DE RESULTADOS**
Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H^+ B, 23rd Ed./PT-01	~	**7,17**	**7,29**	**6,57**	**6-9**	3	CUMPLE
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-02	µS/cm	**179,2**	**178,0**	**248**	**1500**	~	CUMPLE
Sólidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-03	mg/L	**239,47**	**No aplica**	**240**	**500(EPA)**	66	CUMPLE
Plomo	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**0**	**0,05**	15	CUMPLE
Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**0**	**0,01**	21	CUMPLE
Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**0**	**0,025**	11	CUMPLE
Hierro	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0,023**	**< 0,20**	**<LD**	**1,0**	22	CUMPLE
Turbiedad*	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	**No aplica**	**< 0,05**	**0,30**	**100**		CUMPLE
Aceites y Grasas	Gravimetría /PT-09	mg/L	**0**	**< 0,10**	**< 0,10**	**0.3**	~	CUMPLE
Coliformes Totales	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**1000**	**20**	**23**	**3000**	~	CUMPLE

Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**10**	**10**	**10**	**600**	~	CUMPLE
Cloro libre residual	METODO HACH 8021	mg/ L	**7,17**	**7,29**	**6,57**	**6-9**	~	CUMPLE

Adaptado de: *Laboratorio LABGADPO y Laboratorio CIPCA*

Tabla 12-4:

Resultados del análisis de distribución de consumo de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021.

Parámetro	**Norma de Referencia/Procedimiento Interno**	**Unidad**	**Resultado** 16/04/2019 **M2** Código de laboratorio **a19-025**	**Resultado** 14/07/2020 **M2** Código de laboratorio **a20-012**	**Resultado 11/06/2021 M2** Código de laboratorio **a21-024**	**NTE INEN 1108 Tabla Nº1 Tabla Nº2 Límites permisibles**	**Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza**	**CRITERIOS DE RESULTADOS**
Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H^+ B, 23rd Ed./PT-01	~	**8,04**	**7,91**	**7,38**	**6,5-8**	3	NO CUMPLE (Año 2019)
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-02	µS/cm	**186,8**	**179,6**	**236**	1500	~	CUMPLE
Solidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-03	mg/L	**235,43**	**No aplica**	**235**	500 (EPA)	66	CUMPLE
Plomo	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,01	15	CUMPLE
Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,003	21	CUMPLE
Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,07	11	CUMPLE
Hierro	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0,003**	**< 0,20**	**< LD**	0.3	22	CUMPLE
Turbidez*	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	---	**< 0,05**	**< 0,75**	5		CUMPLE
Aceites y Grasas	Gravimetría /PT-09	mg/L	**0**	**< 0,10**	**< 0,10**	0,3	~	CUMPLE
Coliformes Totales	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**0**	**0**	**Ausencia**	Ausencia	~	CUMPLE
Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**0**	**0**	**Ausencia**	Ausencia	~	CUMPLE
Cloro libre residual	METODO HACH 8021	mg/ L	**0,08**	**0,05**	**0.06**	0,3 a 1,5		CUMPLE

Adaptado de: *Laboratorio LABGADPO y Laboratorio CIPCA*

Tabla 13-4:

Resultados domiciliarios de los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del año 2019,2020 y 2021.

Parámetro	**Norma de Referencia/Procedimiento Interno**	**Unidad**	**Resultado** 16/04/2019 **M3**	**Resultado** 14/07/2020 **M3**	**Resultado** 11/06/2021 **M3**	**NTE INEN 1108 Tabla Nº1 Tabla Nº2 Límites permisibles**	**Incertidumbre %U K=2, 95% de confianza**	**CRITERIOS DE CALIDAD**
			Código de laboratorio **a19-026**	Código de laboratorio **a20-013**	Código de laboratorio **a20-024**			
Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H^+ B, 23rd Ed./PT-01	~	**8,05**	**7,95**	**7,56**	**6,5-8**	3	NO CUMPLE (Año 2019)
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-02	µS/cm	**186,8**	**182,4**	**237,4**	**1500**	~	CUMPLE
Solidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-03	mg/L	**235,43**	**No aplica**	**232**	500 (EPA)	66	CUMPLE
Plomo	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,01	15	CUMPLE
Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,003	21	CUMPLE
Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0**	**No aplica**	**<LD**	0,07	11	CUMPLE
Hierro	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	**0,003**	**< 0,20**	**<LD**	0,3	22	CUMPLE
Turbidez*	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	**No aplica**	**< 0,05**	**< 1,34**	5		CUMPLE
Aceites y Grasas	Gravimetría /PT-09	mg/L	**0**	**< 0,10**	**< 0,10**	0,3	~	CUMPLE
Coliformes Totales	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**0**	**0**	**0**	Ausencia	~	CUMPLE
Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	**0**	**0**	**0**	Ausencia	~	CUMPLE
Cloro libre residual	METODO HACH 8021	mg/ L	**0,08**	**0,18**	**0,06**	0,3 a 1,5		CUMPLE

Adaptado de: *Laboratorio LABGADPO y Laboratorio CIPCA*

4.1.1 Parámetros físicos y químicos

Análisis cuantitativo

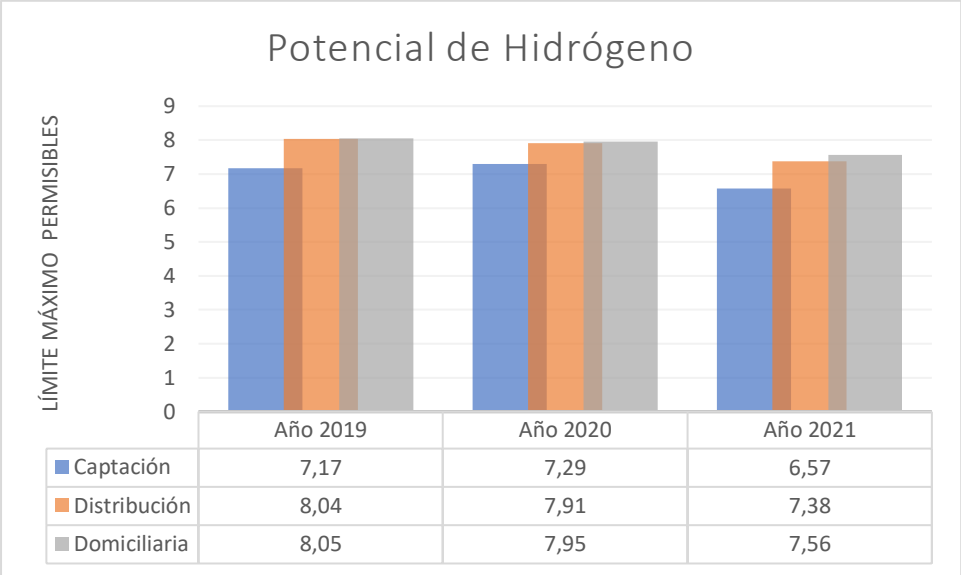

Figura 3-4: *Grafico de barras de potencial de hidrogeno en los tres puntos de muestreo de los años 2019,2020 y 2021.*

A pesar de que los valores analizados en los años 2020 y 2021 no exceden los límites establecidos, se observa una variación notable en los resultados del año 2019 donde los puntos Distribución y Domiciliario demuestran pH de 8,04 a 8,05, encontrándose ligeramente por encima de los límites máximos permisibles (8,00) estipulado por la NTE INEN 1108 sexta revisión. Sin embargo, debido a esto se comparó con el límite máximo permisible (9,00) que se encuentra en el Libro VI, TULSMA, Anexo 1, tabla 1.

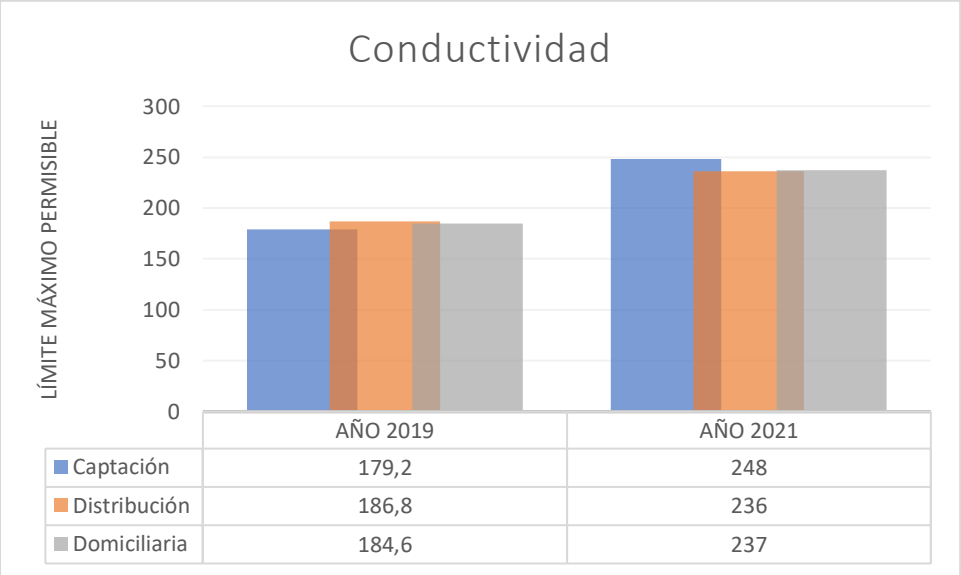

Figura 4-4: *Resultado del análisis de conductividad en los tres puntos de muestreo del año 2019 y 2021.*

En la normativa ecuatoriana INEN 1108, no está regulado el parámetro de la conductividad eléctrica, debido a esto se comparó con el límite máximo permisible que se encuentra en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2.

Los resultados de los puntos muestreados señalan que cumplen con el límite máximo permisible establecido de 1500 µS/cm. Esto se debe a que el agua se almacena dentro del tanque de la planta y fluye a través de la tubería de PVC, por lo que evita el contacto con la geología de la zona, es decir, rocas y suelo, y afecta la liberación de iones del agua para evitar los efectos de las caídas. La conductividad está directamente relacionada con la concentración de los sólidos disueltos en agua, y el valor obtenido de la conductividad permite una estimación rápida de la concentración de los sólidos totales disueltos.

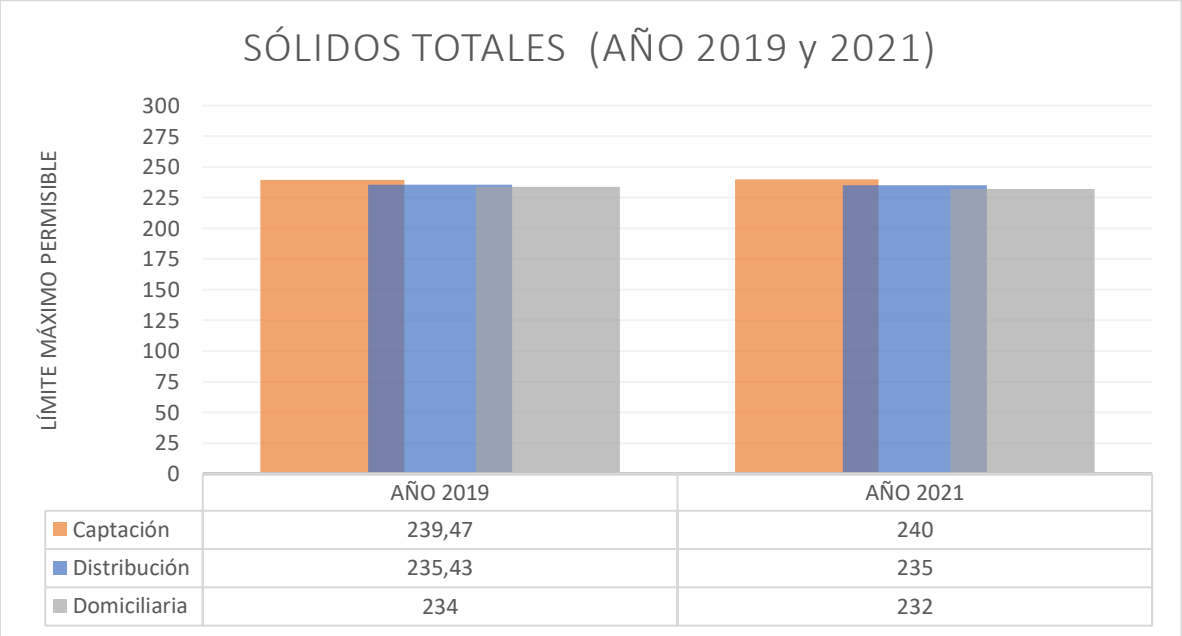

Figura 5-4*: Resultado de los análisis de Sólidos totales en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021*

En la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión, no está estipulado el parámetro de Sólidos Totales, debido a esto se comparó con el límite máximo permisible que se encuentra estipulado por la Agencia de Protección Ambiental, que establece un valor de 500 mg/L.

Como se logra evidenciar los análisis de sólidos totales en el año 2020 no fueron tomados en consideración. Sin embargo, se observa que los resultados adquiridos en el año 2019 y 2021 no varían significativamente, los valores se encuentran entre 234 mg/L a 240 mg/L encontrándose dentro de los límites máximos permisibles.

Resultados de los análisis de plomo, cadmio y níquel en los tres puntos de muestreo del año 2019 y 2021

A través de una revisión bibliográfica y los análisis realizados en el laboratorio del CEIPA, se puede decir que los parámetros de Plomo, Cadmio y Níquel se encuentran por debajo de los límites de detección del método analítico y de los estipulados por la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108 – 2020, sexta revisión (Ver Tabla 11-4, 12-4 y 13-4).

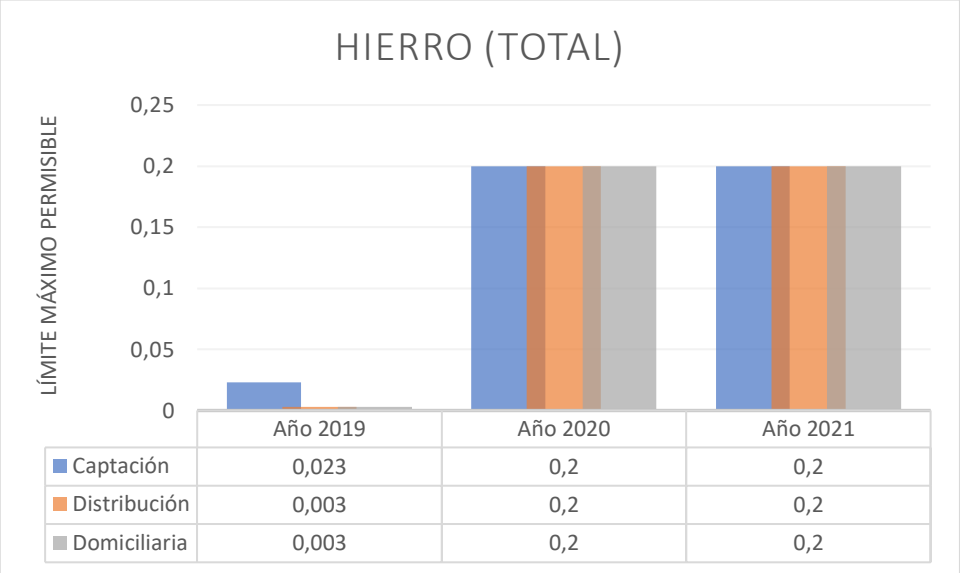

Figura 6-4*: Resultado de los análisis de Hierro (Total) en los tres puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021*

En la normativa ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión, no está regulado el parámetro de Hierro, debido a esto se comprobó con el límite máximo permisible estipulado por el Libro VI del TULSMA, Tabla N°1. A pesar de que los niveles de hierro no exceden los límites establecidos, se puede identificar una variación en los análisis del 2019 y 2020 encontrándose en un rango de 0,023 a 0,2, de igual manera los resultados establecidos del análisis del año 2021 se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

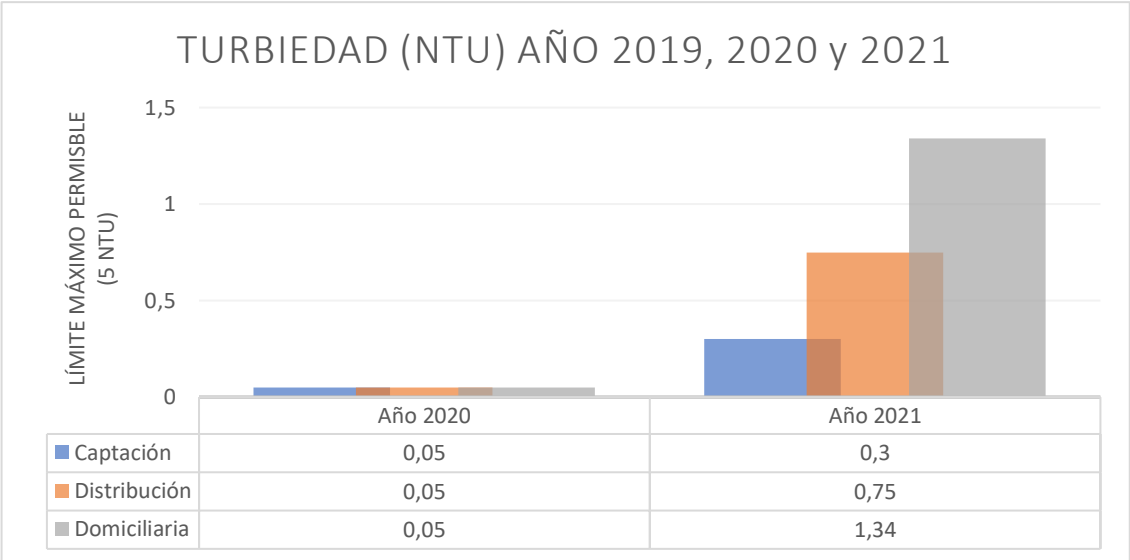

Figura 7-4: *Resultado de los análisis de Turbidez en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021.*

Se logró identificar que los análisis de turbiedad en el año 2019 no fueron tomados en consideración. Sin embargo, se observa que los resultados adquiridos en el año 2020 y 2021 tiene una variación de 0,05 a 1,34 NTU, logrando mantenerse dentro de los límites máximos permisibles de 5 NTU estipulados por la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión.

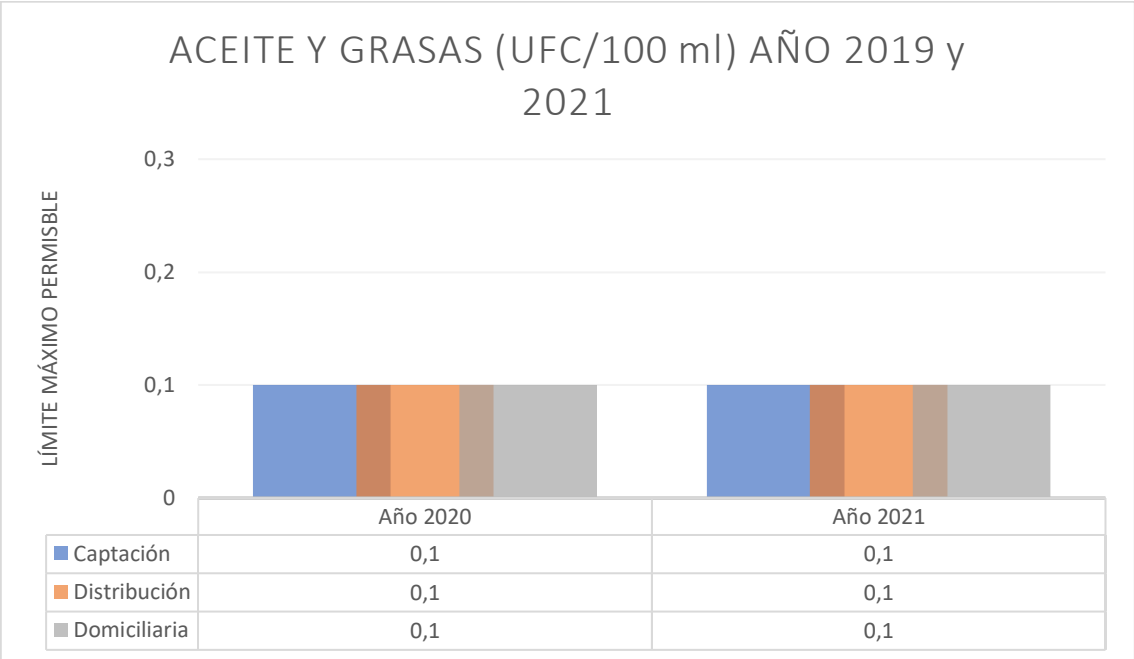

Figura 8-4*:* *Análisis de los resultados de aceites y grasas en los 3 puntos de muestreo del año 2019,2020 y 2021*

En la normativa ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión, no está regulado el parámetro de Aceites y Grasas, debido a esto se comprobó con el límite máximo permisible estipulado por el Libro VI del TULSMA, Tabla N°1.

El análisis de aceites y grasas en el año 2019 no fue tomado en consideración. Los resultados adquiridos en el año 2020 y 2021 no varían significativamente de 0,1 mg/L, logrando mantenerse dentro del rango establecido de 0,3 mg/L.

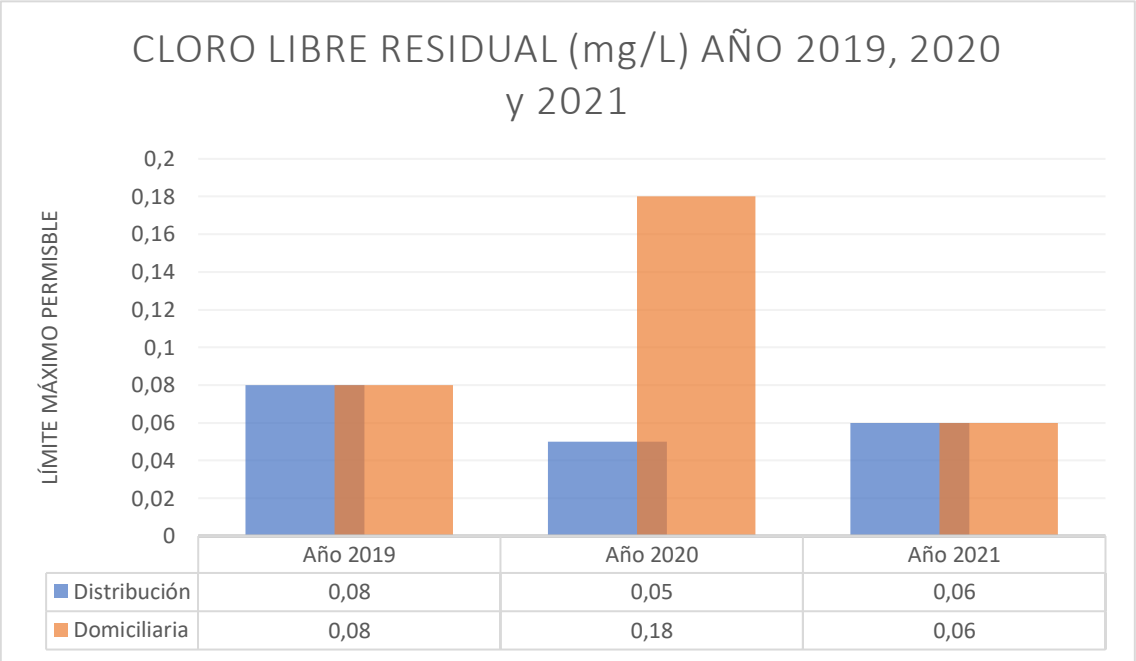

Figura 9-4: *Análisis de los resultados del cloro libre residual de los años 2019,2020 y 2021*

En el muestreo domiciliaria del año 2020 se puede identificar una ligera elevación de Cloro libre residual de 0,18 a diferencia de los otros puntos analizados que se mantuvieron en un rango de 0,06 y 0,08 mg/L.

Como se puede evidenciar en la tabla de los análisis distribución y análisis domiciliaria del parámetro de Cloro libre residual de los respetivos años de estudio (2019, 2020 y 2021), se encuentra dentro de los límites máximos permisibles dispuesto por la NTE INEN 1108, Sexta revisión, manteniéndose en los rangos establecidos de 0,3 a 1,5 mg/L de Cloro libre residual.

4.1.2 Parámetros Microbiológicos

Análisis Cuantitativos

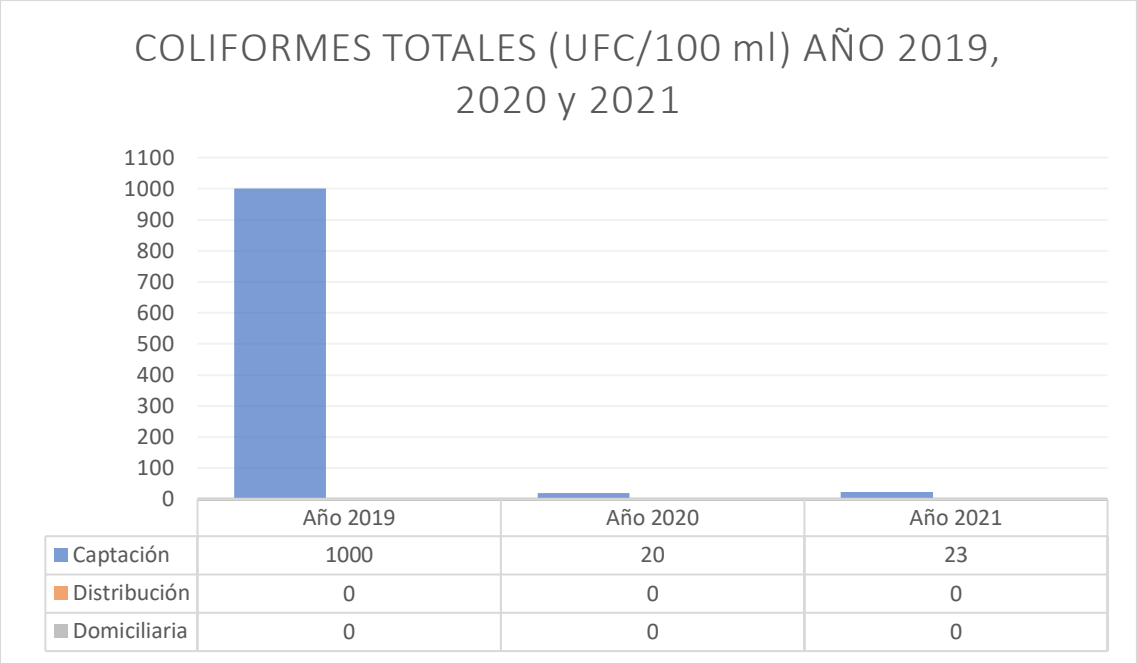

Figura 10-4*: Análisis de los resultados de los coliformes totales en los dos puntos de muestreo del año 2019*

Los análisis realizados en los años 2019 del parámetro de coliformes totales en la captación tiene una elevada presencia 1000 UFC/100 ml, en donde al final del tratamiento en su distribución se encuentra en ausencia 0 UFC/100 ml, los resultados de los años 2020 y 2021 arrojaron resultados semejantes, lo cuales fueron tratados con el fin de que cumplan con los lineamientos estipulado por la NTE INEN 1108 Sexta revisión 2020.

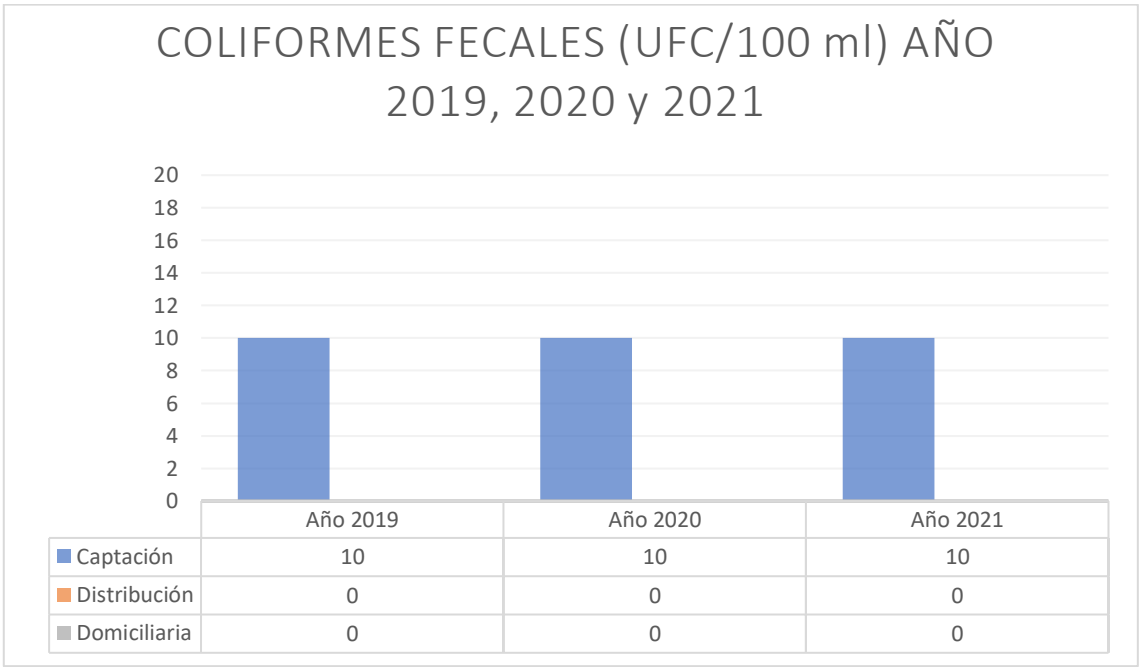

Figura 11-4: *Análisis de los resultados de los coliformes fecales en los dos puntos de muestreo del año 2019*

Los valores registrados en el parámetro de Coliformes Fecales de los tres últimos años de estudio, señalan que los puntos de muestreo (captación) se encuentra dentro de los límites máximos permisibles manteniendo un rango de 10 UFC/100 mL estipulado por el Libro VI del TULSMA. Sin embargo, hay que mencionar que los análisis de coliformes fecales en los puntos de Distribución y Domiciliario se encuentran por debajo de los límites de detección (Ausencia), considerando un agua apta para el consumo humano, según lo dispuesto por la NTE INEN 1108 Sexta revisión.

4.2 Propuesta de medidas correctivas o de mejora del proceso de potabilización.

En la visita a la planta de tratamiento se constató que la misma se encuentra en su etapa final de vida útil teniendo en cuenta los años de funcionamiento y el estado de muchos de sus componentes, no lográndose garantizar un funcionamiento óptimo en el tratamiento del agua potable, independientemente de que los resultados analíticos arrojan valores que cumplen con las normativas vigentes.

El esquema que se muestra en la figura 13-4 tiene la finalidad de representar un diseño para repotenciar el sistema de tratamiento del agua potable ya que de su construcción ya cuenta con 27 años de funcionamiento, por lo cual es necesario implementar un nuevo diseño FIME (filtración de múltiples etapas), donde el filtro grueso actuará como con un pre filtro, luego pasaría a un filtro lento de dos sedimentos de placas paralelas de flujo ascendente, y posteriormente pasaría a la desinfección, para garantizar la inocuidad del agua distribuida, así mismo se realizaría la desinfección empleando gas cloro. De la misma forma este tipo de plantas son sistemas factibles para comunidades o parroquias con presupuestos limitados.

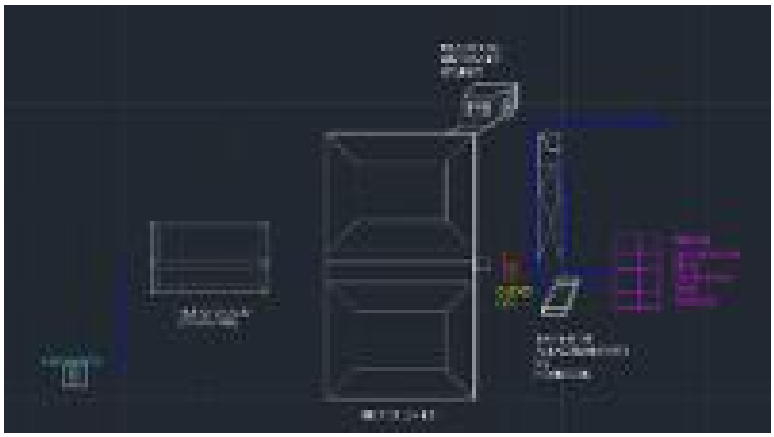

Figura 12-4**:** *Sistema de Filtración de múltiples Etapas (FIME)*

A continuación (Tabla 11-4) se dan a conocer los precios aproximados de la construcción o remodelación de dicho sistema.

Tabla 14-4:

Presupuesto de Repotenciación del Sistema de Potabilización.

PRESUPUESTO O INVESIRCIÓN DEL NUEVO SISTEMA	
COMPONENTES	VALOR ($)
Captación – Pozo profundo	3500
Conducción – Línea de impulsión	4800
Planta de tratamiento- Estructura de las múltiples etapas	50000
Sistema de cloración – Cuarto del sistema de bombeo	4000
Red de distribución de agua potable	90000
TOTAL	149.300

Adaptado: Cálculos de presupuesto por cada mecanismo

En la Tabla 12-4, se presentan los años de vida útil de cada uno de los mecanismos de la actual planta de tratamiento.

Tabla 15-4:

Años de vida de cada uno de los componentes

COMPONENTES	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías en la red de distribución	20 a 25

Tomado de*:* Abastecimiento de aguas para comunidades rurales

Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad la planta de tratamiento tiene una vida útil de 27 años de funcionamiento, en la (Tabla 12-4) se puede evidenciar la vida útil de los componentes de un sistema de agua potable. De igual forma se puede identificar que la captación del agua de la parroquia es a través de un pozo profundo, la cual dentro de la guía de abastecimiento de agua los años de vida útil son de 10 a 25 años. De la misma manera las tuberías en la red de distribución han cumplido su vida útil. Por esa razón es importante la creación de un nuevo pozo y la red de distribución de la planta. Además, es fundamental efectuar mantenimientos continuos a los equipos del sistema de potabilización, con el fin de prevenir afectaciones en el sistema de captación, almacenamiento y distribución, para asegurar que no exista anomalías en la calidad del agua.

CONCLUSIONES

- El actual sistema de agua potable existente en la cabecera parroquial de San Carlos fue construido hace más de veinte y siete años y su periodo de vida útil está por concluir, por esta razón algunos equipos que componen el sistema muestran algún tipo de deterioro a simple vista. Sin embargo, esta problemática no afecta la calidad del agua, ya que, según los análisis realizados en los últimos tres años, los parámetros logran cumplir con los lineamientos establecidos por las normativas técnicas ecuatorianas vigentes.

- A través de un análisis evolutivo se logró identificar el comportamiento del agua en los tres puntos de muestreos de los tres últimos años de estudio, y se apreció que los análisis realizados en el año 2019 para determinar la calidad del agua, en los puntos de distribución y domiciliaria arrojaron resultados de pH que van desde los 8.04 a 8.05, valores que se encuentran ligeramente por encima de los límites máximos permisibles estipulados por la NTE INEN 1108 Sexta revisión; de la misma manera se observó que en el transcurso del tiempo este parámetro ha venido mejorando, encontrándose en la actualidad en un intervalo permitido. Una de las principales causas para que se genere el aumento del pH, es la mala aplicación en el sistema de cloración.

- Es necesario repotenciar el sistema de tratamiento de agua potable debido a que ha cumplido su vida útil, por lo que se propone implementar un nuevo diseño de filtración de múltiples etapas, con posterior desinfección para garantizar la inocuidad del agua distribuida. De la misma manera las tuberías en la red de distribución han cumplido su vida útil; por esa razón es importante la creación de un nuevo pozo y la red de distribución de la planta.

RECOMENDACIONES

- Considerar este estudio como una visión general de la calidad de agua de la parroquia, hacer estudios para la repotenciación del sistema tradicional al sistema Filtración de Múltiples Etapas (FIME).

- Realizar análisis trimestralmente de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los tres puntos de muestreo (Captación, distribución y domiciliario), para de esa manera corregir alguna alteración en el agua, logrando generar medidas preventivas y correctivas con el fin de garantizar un agua de mejor calidad.

- Ejecutar los procesos correspondientes en la aplicación de productos químicos en el agua a tratar, con la finalidad de mantener estándares de calidad que cumplan con los límites permisibles estipulado por la normativa vigente.

- Es necesario una pronta ejecución en los componentes de la planta ya que en su mayoría está cumpliendo su vida útil, por lo que puede poner en riesgo la salud de los habitantes por el consumo del agua por no ser tratada adecuadamente.

REFERENCIAS

Alvarez, C. d. (21 de Julio de 2020). *Iagua.* Obtenido de https://www.iagua.es/noticias/filtralite/eliminacion-fe-y-mn-agua-potable-empleando-filtraliter-alta-eficiencia-y-coste

Ariadna García-Astillero. (17 de Septiembre de 2018). *Ecologia Verde*. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-sedimentacion-del-agua-potable-1507.html#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20es%20el%20proceso,donde%20el%20agua%20est%C3%A9%20contenida.&text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20basa%20en,una%20mayor%20capacidad%20de%20se

Barreno, K. (2015). *Universidad Nacional De Chimborazo*. Obtenido de http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/570/1/UNACH-EC-IC-2015-0007.pdf

Bauder, W. A. (s.f.). *Universidad Estatal de Montana*. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

Cabrera, F. E. (2017). *Universidad de Cuenca* . Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf

Calle, R. F. (2017). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26414/1/Tesis%20pdf.pdf

Carbonatecnia. (9 de Febrero de 2021). *Carbonatecnia*. Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/

carbotecnia. (17 de Febrero de 2021). *carbotecnia*. Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/plomo-en-el-agua-potable/

Claude E. Boyd, P. (16 de 0ctubre de 2017). *Global Aquaculture*. Obtenido de https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/#:~:text=Las%20aguas%20potables%20de%20mejor,de%20los%201.500%20mmhos%2Fcm.

GADP San Carlos. (Agosto de 2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial.* Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/2260002320001_PDOT_SAN%20CARLOS_FINALjimi_30-10-2015_18-05-30.pdf

Gallegos, G. (16 de Febrero de 2020). *INEN*. Obtenido de https://www.eluniverso.com/noticias/2020/02/14/nota/7739547/agua-potable-estadisticas-ecuador-uso-contaminacion/

Guerrero, W. (15 de Enero de 2021). Planta Potabilizadora Parroquia "San Carlos". (K. Castillo, & J. Seis, Entrevistadores)

Heredia, M. D. (Diciembre de 2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan, 21*(12).

Herrera, V. (10 de Noviembre de 2015). *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3117/1/TESIS%20FINAL%20VALERIA%20HERRERA.pdf

iagua. (24 de Marzo de 2017). *Encuentro digital*. Obtenido de https://www.iagua.es/noticias/ecuador/iaguatv/17/03/24/ecuador-pais-que-consume-mas-agua-potable-habitante-america-latina

Idrovo, C. (2016). *Universidad de Cuenca* . Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf

INEN 2655. (Agosto de 2012). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de https://isa.ec/wp-content/uploads/2019/05/ec_nte_2655_2012.pdf

Jiménez, D. F. (2017). *Universitaria los Libertadores*. Obtenido de https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1160/olayadavid2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Libro VI Anexo 1 del TULSMA. (04 de Noviembre de 2015). *Acuerdo Ministerial 097, Registro Oficial*. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

López, M. P. (Septiembre de 2019). *Univerdidad de Guayaquil.* Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44967

Mariuxi Mero, B. P.-P. (21 de Agosto de 2019). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000300623

Mejía, M. (2015). *Programa de Educación para el desarrollo y la Conservación*. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4434/Analisis_de_la_calidad_del_agua_para_consumo_humano.pdf;jsessionid=D4F5AA154D295C62D314178278C042FE?sequence=1

Microlab. (Marzo de 2019). *Análisis de coliformes fecales*. Obtenido de https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes-fecales#:~:text=Los%20coliformes%20fecales%20se%20definen,de%20Klebsiella%2C%20Enterobacter%20y%20Citrobacter.

Morejon, M. (5 de Mayo de 2021). Planta de Agua. (C. &. Seis, Entrevistador)

NTE INEN 1108 sexta revisión . (Abril de 2020). *Servicio Ecuatoriano de Normalización.* Quito. Obtenido de https://es.scribd.com/document/468762493/nte-inen-1108

NTE INEN 2176. (Junio de 2013). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de https://eva.uea.edu.ec/eva2020/web/pluginfile.php/89767/mod_resource/content/0/NTE-INEN-2176-Agua.-Calidad-del-Agua.-Muestreo.-T%C3%89cnicas-de-Muestro.pdf

OMS. (Febrero de 2017). Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/

OMS. (2019). *Naciones Unidas* . Obtenido de https://www.un.org/es/global-issues/water

ONU. (2019). *Organizacion Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Obtenido de https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf

ONU. (2019). *UNESCO*. Obtenido de https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf

Parroquia San Carlos . (2020). *Ecuador ama la vida*. Obtenido de https://sancarlos.gob.ec/index.php/la-parroquia/datos-generales

Pillajo, M. (Octubre de 2017). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/UPS%20-%20ST003277.pdf

Quiñonez, N. Q. (13 de Septiembre de 2019). Obtenido de https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/09/13_09_art-1_3C-TECNO-ED.-31_VOL.-8_N%C2%BA-3-1.pdf

RAE. (2020). *Diccionario de la legua española.* Obtenido de https://dle.rae.es/agua

Salazar, A. R. (20 de Julio de 2018). *Universitarios Potosinos*. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2020/10/227-04.pdf

spenagroup. (11 de Diciembre de 2016). *spenagroup*. Obtenido de https://spenagroup.com/tratamiento-primario-aguas-residuales-sistemas-filtracion/

UNICEF. (14 de Junio de 2019). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation

Unidas, N. (17 de Junio de 2020). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/

ANEXOS

ANEXO A: *INFORME DE RESULTADOS DEL AÑO 2019*



INFORME DE RESULTADOS

IA-024

Por de Ordinario [illegible] del 2019

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra:	16/04/2019	08:50
Fecha hora ingreso al Laboratorio:	16/04/2019	11:50
Fecha del Análisis:	03/04/2019	
Descripción de la muestra:	Agua, M1, Parroquia San Carlos, captación de agua de consumo de la Junta Parroquial San Carlos, x:290571, y:5957796	
Código de LABAQPO:	a19024	

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre NO ENE 95% de confianza
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500 H, 23rd Ed./PT-03	-	7,57	9
2	Conductividad Eléctrica	SM 2500 B, 23rd Ed./PT-03	uS/cm	179,2	-
4	Sólidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-06	mg/L	206,67	66
4	Plomo	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0	15
5	Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0	21
6	Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-06	mg/L	0	11
7	Hierro	SM 3040 B, 23rd Ed./PT-06	mg/L	0,024	27
8	Arañas y Cristales*	Cristalmetría*/PT-03	mg/L	0	-
9	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	1000	-
10	Coliformes Fecales*	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	10	-

*[illegible] LABAQPO.

* [illegible]

ANEXO A. CONTINUACIÓN.



INFORME DE RESULTADOS
IA-025

Fco. de Orellana, 30 de Abril del 2019

Dirección: Av. 9 de Octubre y Dayuma, Pto. Francisco de Orellana, Fco. de Orellana, Orellana

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra:	16/04/2019	08:45
Fecha hora ingreso al Laboratorio:	16/04/2019	13:50
Fecha del Análisis:	30/04/2019	
Descripción de la muestra:	Agua, Mz. Parroquia San Carlos, distribución de agua de consumo de la Junta Parroquial San Carlos, x:290588, y:9557786	
Código de LABAROPO:	a19-025	

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre NO Ex2 VPN de confianza
1	Aceites y Grasas	SM 4500 H, 24th Ed./PT-09	-	0,00	4
2	Conductividad Eléctrica	SM 2500 B, 23rd Ed./PT-02	uS/cm	186,8	-
3	Sólidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./PT-06	mg/L	246,44	46
4	Plomo	SM 3040 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0	15
5	Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0	21
6	Níquel	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0	11
7	Hierro	SM 4040 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	0,004	22
8	Aceites y Grasas*	Gravimetría*/PT-09	mg/L	0	-
9	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	0	-
10	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	0	-
11	Cloro libre residual*	METODO HACH 8021	mg/L	0,00	

*[illegible]

* [illegible]

*Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

ANEXO A. CONTINUACIÓN.



INFORME DE RESULTADOS
IA-026

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra: 16/04/2019 10:30
Fecha hora ingreso al Laboratorio: 16/04/2019 12:03
Fecha del Análisis: 30/04/2019
Descripción de la muestra: Agua; Alt Quebrada de la Sra. Nayda Mauricio, Finca San Carlos, e1206030, n9827930
Codigo de LABGADPO: a19-016

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre (%) o ± a, Rango de confianza
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500 H+ B, 22° Ed./PT-01	-	6,9	4
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 22° Ed./PT-02	µS/cm	186,0	-
3	Sólidos Totales	SM 2540 B, 22° Ed./PT-03	mg/L	256,45	44
4	Plomo	SM 3500-Pb B, 22° Ed./PT-04	mg/L	0	32
5	Cadmio	SM 3500-Cd B, 22° Ed./PT-05	mg/L	0	21
6	Níquel	SM 3500-Ni B, 22° Ed./PT-06	mg/L	0	11
7	Hierro (total)	SM 3500-Fe B, 22° Ed./PT-07	mg/L	0,004	27
8	Aceites y Grasas*	Gravimetría/PT-08	mg/L	0	-
9	Coliformes totales*	SM 9222 B, 22° Ed.	UFC/100 ml	0	-
10	Coliformes fecales*	SM 9222 D, 22° Ed.	UFC/100 ml	0	-
11	Cloro libre residual*	Método HACH 8021	mg/L	0,08	-

*La muestra ensayada corresponde a la misma que el cliente suministró y declaró, dentro de criterios de aceptación del laboratorio (ver punto)

Página 1 de 1

El informe solo ofrece a los muestras ensayadas.
Los ensayos marcados con (*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

ANEXOS B: INFORMES DE RESULTADOS DEL AÑO 2020 POR EL GADPO



INFORME DE RESULTADOS
IA-011

El Coca, 17 de Julio del 2020

II

Dirección: Av. 9 de Octubre y Bayuma, El Coca, Fco. de Orellana, Orellana

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra:	14/01/2020	10:18
Fecha hora ingreso al Laboratorio:	14/01/2020	12:52
Fecha del Análisis:	16/01/2020	
Descripción de la muestra:	Agua natural, Mt. Pozo de agua, Mapa, San Carlos, x:206575, y: 9857795	
Código de LABGADPO:	a10-011	

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre Nu R. a. 95% de confianza
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500 H$^+$ B, 23rd Ed./PT-01	-	7,26	4
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-03	µS/cm	170,0	-
3	Hierro total	SM 3030 B, 23rd Ed./PT-05	mg/L	< 0,20	22
4	Sulfato V*	SM 2540 B, 24rd Ed.	NOD	< 0,06	-
5	Aceites y Grasas*	Gravimetría /PT-09	mg/L	< 0,10	-
6	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 25rd Ed.	UFC/100 ml	20	-
7	Coliformes Fecales*	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	10	-

*Resultado [illegible] LABGADPO.

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Los ensayos marcados con (*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

ANEXO B. CONTINUACIÓN.



INFORME DE RESULTADOS
IA-012

[illegible] del 2020

Datos de la muestra

Toma de muestra realizada por:
Fecha hora de toma de muestra: [illegible] [illegible]
Fecha hora ingreso al Laboratorio: [illegible] [illegible]
Fecha del Análisis: [illegible]
Descripción de la muestra: Agua, M2 Distribución de agua, Piquia, San Carlos, x:200886, y:[illegible]
Código de LABRADOR: [illegible]

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre Nivel 8x2, 95% de confianza
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500 [illegible], 23rd Ed./PT-01	-	7,81	1
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23rd Ed./PT-02	µS/cm	179,6	-
3	[illegible]	SM [illegible], 23rd Ed./PT-[illegible]	mg/L	< 0,20	[illegible]
4	Turbidez*	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	< 0,05	-
5	Aceites y Grasas*	Gravimetría /PT-09	mg/L	< 0,10	-
6	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 23rd Ed.	UFC/100 ml	0	-
7	Coliformes Fecales*	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	0	-
8	Cloro libre residual*	Método HACH 8021	mg/L	0,05	-

[illegible]

ANEXO B. CONTINUACIÓN.



INFORME DE RESULTADOS
IA-013

El Cerca, 17 de julio del 2020

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra:	14/07/2020	10:30
Fecha hora ingreso al Laboratorio:	14/07/2020	12:02
Fecha del Análisis:	16/07/2020	
Descripción de la muestra:	Agua, MB Domicilio de la Sra. Mayda Huandes, Pipaja, San Carlos, x:0290450, y:9957920	
Código de LABGADPO:	a20-013	

Resultados

Item	Parámetro	Norma de Referencia/Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre Nº R-A, Nº de confianza
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500 H⁺ B, 24ª Ed./PT-01	-	7,96	4
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23ª Ed./PT-02	µS/cm	182,4	-
3	Hierro total	SM 3030 B, 23ª Ed./PT-05	mg/L	< 0,20	22
4	Turbidez*	SM 2130 B, 23ª Ed.	NTU	< 0,06	-
5	Aceites y Grasas*	Gravimetría /PT-03	mg/L	< 0,10	-
6	Coliformes Totales*	SM 9222 B, 23ª Ed.	UFC/100 ml	0	-
7	Coliformes Fecales*	SM 9222 D, 24ª Ed.	UFC/100 ml	0	-
8	Cloro libre residual*	Método HACH 8021	mg/L	0,10	-

*[illegible]

El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Los ensayos marcados con (*) corresponden a ensayos subcontratados a laboratorios acreditados.
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del Laboratorio.

ANEXOS C: INFORME DE RESULTADOS DEL AÑO 2021

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CENTRO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN AMAZÓNICA-CEIPA

INFORME DE RESULTADOS

CEIPA, 11 de junio de 2021.

Dirección: CEIPA, Carrera Arosemena Tola, km 44, sector San Vicente, Provincia Napo

Datos de la muestra

Fecha hora de toma de muestra: 10/06/2021

Fecha hora de ingreso al laboratorio: 11/06/2021 7:30

Fecha de Análisis: 11/06/2021

Descripción de la muestra 1: Agua de planta de potabilización

No.	Parámetro	Resultado	Unidad	Norma de Referencia / Procedimiento interno
1	pH	6,57	-	Standard Methods 4500-H+ B
2	Conductividad	248	µs/cm	Standard Methods 2510 B
3	Sólidos totales	240	mg/L	Standard Methods 2540B
4	Turbiedad	0,30	NTU	Standard Methods 2130B
5	Plomo	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Pb
6	Cadmio	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Cd
7	Níquel	<LD	mg/L	Standard Methods 3500B; 3111B-Ni
8	Hierro	<LD	mg/L	Standard Methods 3500 B-Fe
9	Aceites y grasas	0,1	mg/L	Standard Methods 5520D
10	Coliformes totales	22	UFC/100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H
11	Coliformes fecales	10	UFC/100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H

Descripción de la muestra 2: Distribución de agua potable

No.	Parámetro	Resultado	Unidad	Norma de Referencia / Procedimiento interno
1	pH	7,38	-	Standard Methods 4500-H+ B
2	Conductividad	236	µs/cm	Standard Methods 2510 B
3	Sólidos totales	235	mg/L	Standard Methods 2540B
4	Turbiedad	0,75	NTU	Standard Methods 2130B
5	Plomo	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Pb
6	Cadmio	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Cd
7	Níquel	<LD	mg/L	Standard Methods 3500B; 3111B-Ni
8	Hierro	<LD	mg/L	Standard Methods 3500 B-Fe
9	Aceites y grasas	0,1	mg/L	Standard Methods 5520D
10	Cloro residual	0,06	mg/L	Standard Methods 4500 Cl-G
11	Coliformes fecales	0	UFC/100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H
12	Coliformes totales	0	UFC/100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H

ANEXO C: CONTINUACIÓN

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CENTRO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN AMAZÓNICA-CEIPA

Descripción de la muestra 3: Agua de domicilio

No.	Parámetro	Resultado	Unidad	Norma de Referencia / Procedimiento Interno
1	pH	7,56	-	Standard Methods 4500-H+ B
2	Conductividad	267	µs/cm	Standard Methods 2510 B
3	Sólidos totales	232	mg/L	Standard Methods 2540C
4	Turbiedad	1,34	NTU	Standard Methods 2130B
5	Plomo	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Pb
6	Cadmio	<LD	mg/L	Standard Methods 3111 B-Cd
7	Níquel	<LD	mg/L	Standard Methods 3500B; 3111B-Ni
8	Hierro	<LD	mg/L	Standard Methods 3500-Fe B
9	Aceites y grasas	0,1	mg/L	Standard Methods 5520D
10	Cloro residual	0,06	mg/L	Standard Methods 4500-Cl-G
11	Coliformes totales	0	UFC/ 100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H
12	Coliformes fecales	0	UFC/ 100 mL	Standard Methods 9222 B y 9222H

Ing. Dixon Andi
Laboratorista
Laboratorio de Estudios Ambientales y Suelos
Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica-CEIPA

ANEXOS D: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO, QUE ÚNICAMENTE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL.

TABLA 1. *Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.*

Parámetro	**Expresado como**	**Unidad**	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH4	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml	mg/l	3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml	mg/l	600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2,0
Dureza	CaCO3	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante		mg/l	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO4 =	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C6H6	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000
Xilenos (totales)		µg/l	10 000

Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorado s totales	mg/	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosfora dos totales	µg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2- trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

ANEXOS E: *VISITA A LA PLANTA POTABILIZADORA*



1. Planta Potabilizadora de “San Carlos”



2. Captación del sistema actual de la planta.



3. Aireación del sistema actual



4. Tanque elevado almacenamiento de agua (35 m^3)



5. Tablero de control



6. Cuarto de Bombas

	
7. Bomba dosificadora de Cloro	8. Tanque de almacenamiento
	
9. Entrevista con el técnico de la planta	

ANEXOS F: *TOMA DE MUESTRAS*

<table>
<tr><td>  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>1. Punto de captación</td><td colspan="3">2. Punto de distribución</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>3. Punto domiciliario</td><td colspan="3">4. Etiqueta de los tres puntos de muestreo.</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
<tr><td colspan="4">5. Conservación de las muestras</td></tr>
</table>