



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO  
DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA CAMPOZANO, PAJAN  
MANABI**

**TUTOR**

**Mgtr. PAREDES RAMOS PABLO MARIO**

**AUTORES**

**INDIO PLUA LETTY ANNABEL  
MACIAS JALCA KAREN THALIA**

**GUAYAQUIL**

**2024**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Estudio de prefactibilidad de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Pajan, Manabí.

**AUTOR/ES:**

Indio Plua Letty Annabel  
Macias Jalca Karen Thalia

**TUTOR:**

Mgtr. Paredes Ramos Pablo Mario

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

FACULTAD DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

130

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Abastecimiento de agua, Agua potable, Calidad de agua, Consumo de agua, Tratamiento de agua.

**RESUMEN:**

El presente estudio de prefactibilidad evalúa la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján, Manabí, utilizando un enfoque de investigación mixto. Se realizaron análisis cuantitativos del agua, evaluando parámetros como pH, turbidez, dureza, y la presencia de contaminantes y bacterias. Los resultados indican que la calidad del agua es mayormente aceptable para el consumo humano, aunque se identificó una dureza elevada de 359 mg/l, que podría afectar a largo plazo las instalaciones y la salud de los residentes.

Además, se realizaron encuestas entre los habitantes de la comuna Cuatro Cruces para recopilar sus percepciones sobre la calidad del agua y sus necesidades. Estas encuestas, combinadas con los datos técnicos, proporcionaron una visión integral de la situación actual del suministro de agua en la región.

La medición del caudal del pozo, utilizando el método volumétrico, mostró un flujo promedio de 0.0419 l/s, suficiente para abastecer a la comunidad. Sin embargo, se recomendó la implementación de medidas adicionales, como la instalación de filtros de arena y sistemas de almacenamiento de agua, para garantizar la estabilidad del suministro, especialmente durante las temporadas de lluvia.

Finalmente, se sugirió un programa de monitoreo continuo y la educación comunitaria sobre la conservación del agua, con el fin de asegurar la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Campozano.

**N. DE REGISTRO (en base de datos):****N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (Web):**

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Indio Plua Letty Annabel Macias Jalca Karen Thalia	<b>Teléfono:</b> +593 0968438331 +593 0961825510	<b>E-mail:</b> lindiop@ulvr.edu.ec kmaciasj@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ph.D Marcial Calero Amores <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mcaleroa@ulrv.edu.ec Mgtr. Jorge Torres R. <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> etorresr@ulvr.edu.ec	

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

### Tesis Indio y Macias pagio.pdf

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1

[dspace.uazuay.edu.ec](https://dspace.uazuay.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

2

[repositorio.utn.edu.ec](https://repositorio.utn.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

3

[www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.utc.edu.ec](https://repositorio.utc.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

5

[ciencialatina.org](https://ciencialatina.org)

Fuente de Internet

1%

6

[dspace.ups.edu.ec](https://dspace.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

7

M<sup>a</sup> Mercedes Almenar Muñoz. "La evaluación ambiental estratégica del planeamiento territorial y urbanístico. Factores ambientales, riesgos y afecciones legales (en especial en la Comunidad Valenciana)", Universitat Politecnica de Valencia, 2015

Publicación

1%

**8** Submitted to Instituto Superior de Artes,  
Ciencias y Comunicación IACC **1%**  
Trabajo del estudiante

---

**9** repositorio.uladech.edu.pe **1%**  
Fuente de Internet

---



Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Letty Annabel Indio Plua y Karen Thalia Macias Jalca, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA CAMPOZANO, PAJAN, MANABI” corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Firma:

INDIO PLUA LETTY ANNABEL

C.I. 0953302403



Firma:

MACIAS JALCA KAREN THALIA

C.I. 0929835437

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA CAMPOZANO, PAJAN, MANABÍ”, designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA CAMPOZANO, PAJAN, MANABI”, presentado por las estudiantes LETTY ANNABEL INDIO PLUA Y KAREN THALIA MACIAS JALCA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

Mgtr. PAREDES RAMOS, PABLO MARIO

C.C. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, único e incomparable, quien me ha dado la fuerza y sabiduría necesaria para seguir adelante con fe, sin su guía no estaría aquí hoy, su amor y gracia me ha permitido superar cada desafío, y por ello, le estoy eternamente agradecido. Asimismo, agradezco a Dios por brindarme una familiar hermosa que me ha apoyado en todas las dificultades.

A mi madre, Eugenia Oliva Jalca Tubay quiero agradecerle profundamente por su esfuerzo, dedicación y sus invaluable consejos. Su apoyo Incondicional tanto emocional y económico ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mi Padre Angel Diosdado Macias Casanova, le agradezco por ser un ejemplo de perseverancia y fortaleza, a pesar de las adversidades, siempre ha sabido ser un padre excepcional, apoyándome en todo momento y en todos los sentidos.

A mi hermana Jessica Margot Macias Jalca, Le expreso mi gratitud por su constante apoyo y por inculcarme la importancia de seguir adelante, incluso frente a los obstáculos más grandes, sus consejos y su presencia han sido una fuente de inspiración para mí.

A la universidad laica VICENTE ROCAFUERTE de guayaquil, agradezco por abrirme las puertas de su distinguida Institución, permitiéndome alcanzar mi título universitario, agradezco a los docente y directivos por sus enseñanzas para lograr mi formación profesional.

A mi compañera de tesis Letty Annabel Indio Plúa, por su amistad y confianza. Trabajar juntas en nuestro proyecto de titulación ha sido una experiencia enriquecedora, marcada por la armonía y el compañerismo.

Al Mgtr. Pablo Paredes, mi tutor, le expreso mi sincero agradecimiento por su atención y dedicación, Su apoyo profesional ha sido clave para la culminación exitosa de esta tesis.

Finalmente, agradezco a todos mis compañeros y amigos por estar ahí, por sus valiosos consejos y por ser una fuente constante de apoyo durante este viaje académico.

**MACIAS JALCA KAREN THALIA**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que todo, quiero agradecer a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este proceso. Sin Su luz y sabiduría, este logro no habría sido posible. A Él le debo la inspiración y el coraje que me han sostenido en los momentos más difíciles, permitiéndome llegar hasta aquí. Como dice Filipenses 4:13: "Todo lo puedo en Cristo que me fortalece", y esta tesis es una prueba de que, si he llegado hasta aquí, es porque Dios ha sido quien me ha permitido lograrlo.

A mi familia, que ha sido mi pilar inquebrantable, les agradezco de todo corazón por su amor incondicional y su fe en mí. A mi mamá, Aide Mariana Plua Burgos, gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la importancia de la perseverancia. Tu ejemplo ha sido mi mayor fuente de motivación.

A mis hermanos, Geoconda Choez y Yuri Hidalgo, gracias por ser mis choferes y por siempre estar ahí para apoyarme de una u otra manera en este camino que no ha sido fácil. Con su ayuda, hemos logrado superar cada obstáculo.

A mi novio, gracias por estar a mi lado, apoyándome no solo emocionalmente, sino también económicamente. Tu amor y apoyo han sido fundamentales para que pudiera llegar hasta aquí.

A mis pastores, por sus oraciones y constante apoyo espiritual, les agradezco de corazón. Su guía ha sido una bendición en este proceso.

A mi amiga y compañera de tesis, Karen Macías, juntas hemos enfrentado desafíos y celebrado victorias. Me has apoyado económicamente y de muchas otras maneras para que pudiera seguir mis estudios sin detenerme. Puedo decir que Dios te puso en mi camino como un ángel, y por eso te estaré eternamente agradecida.

A Mgtr. Pablo Paredes, mi tutor, le agradezco su orientación, paciencia y sabiduría a lo largo de este proceso. Su apoyo ha sido invaluable, y estoy profundamente agradecida por haber tenido la oportunidad de aprender y crecer bajo su tutela.

Finalmente, a cada uno de mis docentes que, de una manera u otra, contribuyeron al desarrollo de esta tesis, les extiendo mi gratitud más profunda. Su enseñanza y apoyo han sido clave para llegar a este momento.

**LETTY ANNABEL INDIO PLUA**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis, en primero lugar a Dios, cuya sabiduría y guía ha sido fundamental para la realización de este proyecto, A mi familia por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de este camino, A todas aquellas personas que buscan alcanzar sus sueños, decirle por este medio que no se rindan, que persistan con determinación, A mis amigos y compañeros, y a todos los docentes que han compartido sus enseñanzas, les expreso mis más sinceros agradecimientos.

**KAREN THALIA MACIAS JALCA**

Dedico esta tesis a Dios, en quien confío plenamente y a quien entrego cada uno de mis logros. Él es mi guía en la vida y mi fuente inagotable de fortaleza y esperanza.

A mi familia, que ha sido mi refugio y mi inspiración constante. A mi mamá Aide Plua Burgos, dedico cada página de este trabajo, pues es el reflejo de su amor y sacrificio. Me has enseñado que, con fe y determinación, no hay meta inalcanzable.

También dedico esta tesis a mis amigos más cercanos, cuya presencia y apoyo han sido fundamentales en mi vida. Gracias por compartir conmigo cada momento de este viaje.

Esta obra es un testimonio de la importancia de creer, de amar, y de nunca dejar de soñar.

**LETTY ANNABEL INDIO PLUA**

## RESUMEN

El presente estudio de prefactibilidad evalúa la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján, Manabí, utilizando un enfoque de investigación mixto. Se realizaron análisis cuantitativos del agua, evaluando parámetros como pH, turbidez, dureza, y la presencia de contaminantes y bacterias. Los resultados indican que la calidad del agua es mayormente aceptable para el consumo humano, aunque se identificó una dureza elevada de 359 mg/l, que podría afectar a largo plazo las instalaciones y la salud de los residentes.

Además, se realizaron encuestas entre los habitantes de la comuna Cuatro Cruces para recopilar sus percepciones sobre la calidad del agua y sus necesidades. Estas encuestas, combinadas con los datos técnicos, proporcionaron una visión integral de la situación actual del suministro de agua en la región.

La medición del caudal del pozo, utilizando el método volumétrico, mostró un flujo promedio de 0.0419 l/s, suficiente para abastecer a la comunidad. Sin embargo, se recomendó la implementación de medidas adicionales, como la instalación de filtros de arena y sistemas de almacenamiento de agua, para garantizar la estabilidad del suministro, especialmente durante las temporadas de lluvia.

Finalmente, se sugirió un programa de monitoreo continuo y la educación comunitaria sobre la conservación del agua, con el fin de asegurar la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Campozano.

**Palabras Claves** - Abastecimiento de agua, Agua potable, Calidad de agua, Consumo de agua, Tratamiento de agua.

## ABSTRACT

This pre-feasibility study evaluates the implementation of a drinking water treatment system in the parish of Campozano, Paján, Manabí, using a mixed research approach. Quantitative analyses of the water were performed, evaluating parameters such as pH, turbidity, hardness, and the presence of contaminants and bacteria. The results indicate that the water quality is mostly acceptable for human consumption, although a high hardness of 359 mg/l was identified, which could affect the facilities and the health of residents in the long term.

In addition, surveys were carried out among the inhabitants of the Cuatro Cruces commune to collect their perceptions of water quality and their needs. These surveys, combined with the technical data, provided a comprehensive view of the current water supply situation in the region.

The measurement of the flow of the well, using the volumetric method, showed an average flow of 0.0419 l/s, enough to supply the community. However, the implementation of additional measures, such as the installation of sand filters and water storage systems, was recommended to ensure the stability of the supply, especially during rainy seasons.

Finally, a program of continuous monitoring and community education on water conservation was suggested, in order to ensure sustainability and improve the quality of life of the inhabitants of Campozano.

**Keywords** - Water supply, Drinking water, Water quality, Water consumption, Water treatment.

## INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD.....	v
AGRADECIMIENTO .....	ix
AGRADECIMIENTO .....	x
DEDICATORIA .....	xii
RESUMEN .....	xiii
INDICE GENERAL .....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INDICE DE TABLA.....	xix
INDICE DE ANEXOS.....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del Problema .....	2
1.3. Formulación del Problema .....	3
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos .....	3
1.6. Hipótesis .....	3
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad. ....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO REFERENCIAL .....	5
2.1. Marco Teórico.....	5
2.2. Antecedentes.....	6
2.2.1 Referencias ULVR disponibles.....	9
2.3. Fundamento Teórico.....	10

2.3.1.	El agua.....	10
2.3.2.	El Agua Potable .....	11
2.3.3.	Abastecimiento de agua potable.....	12
2.3.4.	Fuentes de Agua Potable.....	12
2.3.5.	Procesos de Tratamiento de Agua Potable - PTAP .....	14
2.3.6.	Tipo de tratamiento convencional.....	16
	Sedimentación.....	17
	Filtración:.....	20
	Coagulación: .....	23
	Floculación: .....	25
	Desinfección:.....	27
2.3.7.	Calidad del agua .....	30
2.3.8.	Parámetros de calidad. ....	31
2.3.9.	Monitoreo y control de calidad de agua. ....	38
2.3.10.	Deterioro de la calidad del agua.....	39
2.3.11.	Período de diseño.....	40
	Método aritmético .....	41
	Método exponencial:.....	42
	Caudal medio diario (Qmd): .....	44
	Caudal máximo diario (QMD): .....	45
	Caudal máximo horario (QMH):.....	45
2.3.12.	Tecnología de bajo costo del agua. ....	48
2.3.13.	Filtro de arena.....	49
2.4.	Marco Legal: .....	52
2.4.1.	REGLAMENTO LEY RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	52
2.4.2.	Leyes orgánicas Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, Segundo Suplemento del Registro Oficial No.305, 6 de agosto 2014. ....	54
2.4.3.	Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas. ....	56
2.4.4.	LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	56
2.4.5.	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA RESOLUCIÓN Nro. ARCA-DE-002-2021.....	57
	CAPÍTULO III.....	58
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	58

3.1.	Enfoque de la investigación.....	58
3.2.	Alcance de la investigación. ....	58
3.3.	Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	59
3.3.1.	Elaboración de Encuestas.....	59
3.3.2.	Ensayo de calidad del agua.....	60
3.3.3.	Estimación del caudal del pozo Cuatro Cruce.....	61
3.3.4.	Población y muestra.....	61
CAPÍTULO IV .....		63
PROPUESTA O INFORME.....		63
4.1.	Generalidades .....	63
4.2.	Procedimiento del análisis de los objetivos .....	64
4.3.	Presentación y análisis de resultados. ....	66
4.3.1.	Análisis de las encuestas. ....	66
4.3.2.	Informe de Resultados de Análisis de Agua - Comuna Cuatro Cruces.....	73
4.3.3.	Cálculo del caudal del agua con el método Volumétrico.....	76
4.3.4.	Análisis Ambiental para la Protección y Sostenibilidad del Manantial.....	80
4.3.4.1.	Protección del Manantial: .....	81
4.3.5.	Análisis de Costos Directos e Indirectos para la Implementación del Sistema de Tratamiento de Agua.....	82
4.3.6.	Presupuesto Referencial.....	86
4.4.	Propuesta.....	90
4.4.1.	Proceso de tratamiento.....	90
CONCLUSIONES .....		94
RECOMENDACIONES.....		96
Bibliografía .....		98

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la Comuna Cuatro cruces.....	5
Figura 2	El agua .....	11
Figura 3	Tratamiento de agua potable .....	12
Figura 4	Esquema del nivel freático y la zona saturada e insaturada .....	14
Figura 5	Procesos de una planta de tratamiento de agua Potable -PTAP .....	15
Figura 6	Proceso de una Planta de Tratamiento de agua potable convencional .....	16
Figura 7	Proceso de tratamiento de aguas .....	17
Figura 8	Imagen del tratamiento del agua por la EPA es de dominio público .....	18
Figura 9	Imagen de COC REA está licenciada bajo CC BY .....	20
Figura 10	Filtración del agua.....	22
Figura 11	Tratamiento de agua .....	24
Figura 12	El proceso de coagulación-floculación.....	26
Figura 13	Floculación de partículas suspendidas .....	27
Figura 14	Desinfección.....	28
Figura 15	Luz Ultravioleta.....	30
Figura 16	Parámetros fundamentales para medir la calidad del agua .....	34
Figura 17	Clasificación de prestadores del servicio público de riego y drenaje.....	46
Figura 18	Clasificación de prestadores del servicio público de agua potable y saneamiento .....	47
Figura 19	Clasificación por tipo de aprovechamiento .....	47
Figura 20	Clasificación por caudal aprovechado.....	48
Figura 21	Filtro lento de arena.....	50
Figura 22	Filtro de arena .....	50
Figura 23	Ficha para encuesta a moradores de Cuatro Cruce.....	60
Figura 24	Gráfico de resultados a la pregunta 1 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	66
Figura 25	Gráfico de resultados a la pregunta 2 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	67
Figura 26	Gráfico de resultados a la pregunta 3 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	68
Figura 27	Gráfico de resultados a la pregunta 4 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	68
Figura 28	Gráfico de resultados a la pregunta 5 de la encuesta a los moradores de Cuatro .....	69

Figura 29 Gráfico de resultados a la pregunta 6 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	70
Figura 30 Gráfico de resultados a la pregunta 7 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	70
Figura 31 Gráfico de resultados a la pregunta 8 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	71
Figura 32 Gráfico de resultados a la pregunta 9 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	72
Figura 33 Gráfico de resultados a la pregunta 10 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.....	73
Figura 34 Pozo para recolectar agua del Riachuelo.....	81
Figura 35 Proceso de tratamiento .....	90

## INDICE DE TABLA

Tabla 1 Línea de investigación ULVR.....	4
Tabla 2 Principales Parámetro de la calidad del agua .....	31
Tabla 3 Parámetros de mayor relevancia y control de la calidad del agua.....	33
Tabla 4 Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la Salud Humana .....	34
Tabla 5 Periodo de diseño de las diferentes obras hidráulicas .....	40
Tabla 6 Tasa de crecimiento poblacional .....	42
Tabla 7 Dotación media futura de agua en niveles de servicios.....	44
Tabla 8 Parámetros Analizados y Resultados .....	74
Tabla 9 Tiempo de la toma de caudal de minutos a segundos .....	77
Tabla 10 Análisis del caudal del volumen en función del tiempo.....	78
Tabla 11 Presupuesto referencial del Sistema de Filtración de Arena para Agua Potable	87
Tabla 12 APU - Sistema de Filtración de Arena para Agua Potable .....	88
Tabla 13 APU Referencial - Sistema de Intercambio Iónico .....	89

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo1</b>	<b>Resultados de análisis de agua .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo2</b>	<b>Encuestando.....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo3</b>	<b>Cisterna.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 4</b>	<b>Toma de muestra.....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 5</b>	<b>Captación de Hormigón Armado .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 6</b>	<b>Pozo.....</b>	<b>110</b>

## INTRODUCCIÓN

Se considera que, a través de la historia, el sistema de tratamiento de agua potable es ideal para el consumo humano como su seguridad, alimentación y bienestar. El agua es el factor más importante en todo el mundo por lo que tiene la capacidad de dar vida, tener un hábitat seguro y saludable a través del tratamiento de agua para el buen uso humano en las diferentes actividades necesarias en sus hogares. (Llugsha, 2021)

El tratamiento de agua para filtrar cuyo objeto es eliminar y reducir la contaminación no deseable del agua. La captación se ha considerado como una fuente de abastecimiento desde la antigüedad, aprovechada por el hombre para su consumo. (Cornejo, 2022)

Campozano Las palmas, Manabí, la comunidad actualmente se abastece del agua de un Riachuelo, teniendo en cuenta que recolectan en una captación agua de un pozo mediante bombas, para distribuir por medio de mangueras a los moradores del sector.

Las condiciones del lugar en las que almacenan el suministro de agua es necesario conocer el grado de contaminación del mismo, ya que el consumo del agua es de gran vitalidad y dado a cómo la están utilizando puede afectar a la salud y contraer enfermedades. Es de gran utilidad saber el agua que están consumiendo, dado a esta problemática un tratamiento de agua es necesario para los moradores de La parroquia Campozano, Las Palmas Manabí.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1. Tema

Estudio de prefactibilidad de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján Manabí.

### 1.2. Planteamiento del Problema

En la Comuna cuatro cruces de la parroquia Campozano Paján, Manabí, la captación de agua enfrenta desafíos significativos que comprometen la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, afectando directamente la salud y bienestar de la comunidad. La necesidad de una mejora surge de diversas problemáticas identificadas. (Paucar y González, 2023)

El sistema de tratamiento de agua es de gran importancia en el tema del uso de recursos hídricos, dado a que el sistema de tratamiento es esencial para su posterior uso, de forma natural filtrar en diferentes actividades en el hogar, así contribuyen satisfacer la demanda de la población. (Suárez, 2021)

Esta captación puede ocasionar muchos problemas, la calidad de agua depende de la naturaleza geológica de la cuenca de captación, ya que la población e industria retiene sustancias tóxicas, patógenos y sustancias no tóxicas que entran en el tiempo del agua. (Suárez, 2021)

Con el aumento de la localidad de Campozano Las Palma-Manabí y el cambio climático debemos de ser más conscientes con la cantidad de agua que se utiliza, hoy en día la población de Campozano, Manabí no cuenta con el recurso económico necesario para contar con un grifo de agua, por lo que depende de una captación de

agua superficial sin ningún tratamiento de agua potable. Ante esta situación, es necesario un estudio de prefactibilidad de un tratamiento de agua potable, con el objetivo de garantizar un suministro adecuado de recursos para la población.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo varía la eficiencia del sistema de tratamiento del agua en el lugar de implementación y cuáles son los factores clave que influyen en esta variación?

### **1.4. Objetivo General**

Evaluar la prefactibilidad técnica, financiera y ambiental de implementar un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján Manabí.

### **1.5. Objetivos Específicos**

- Estimar costo asociado y los beneficios potenciales del sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján Manabí.
- Evaluar la capacidad de la fuente en función del volumen de agua disponible.
- Analizar la calidad del agua en el sitio de captación con el fin de seleccionar el proceso de tratamiento más adecuado.

### **1.6. Hipótesis**

Si se evaluara la captación de agua de los moradores de Cuatro Cruces de la parroquia Campozano Paján Manabí, se podría reducir enfermedades que existen hoy en día por causa de no tener un tratamiento de agua potable, se aumentaría la cantidad de agua disponible para su uso y ayudara a mitigar los efectos de sequía.

## 1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.

**Tabla 1**

Línea de investigación ULVR

<b>Campo de conocimiento</b>	<b>Línea de investigación</b>	<b>Sub línea de Investigación</b>
Ingeniería Industria y Construcción.	Territorio	Habitad y Vivienda Recursos Hídrico

Fuente: ULVR, (2024)

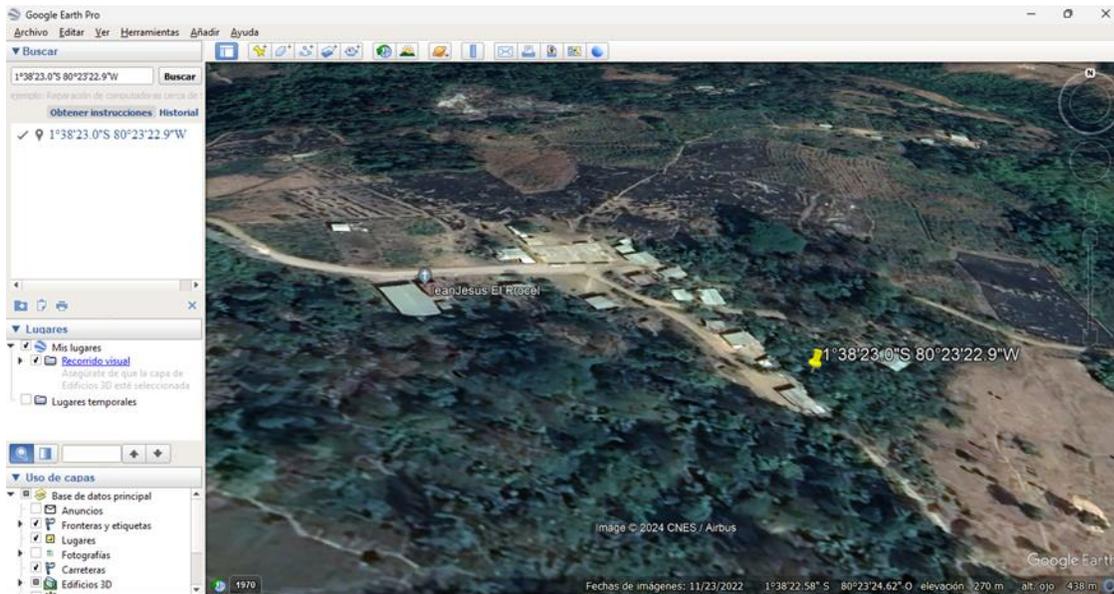
## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. Marco Teórico

La parroquia rural de Campozano, situada en el cantón Paján de la provincia de Manabí, fue oficialmente creada el 3 de agosto de 1938 según el Registro Oficial N° 571. Esta parroquia abarca una superficie de 247 km<sup>2</sup> y se encuentra a una altitud de 220 metros sobre el nivel del mar, con las coordenadas 1°38'51.0"S 80°23'29.6"W como se muestra en la figura 1. Al norte, limita con las parroquias Noboa y Sixto Durán Ballén del cantón 24 de Mayo; al sur, con la parroquia Cascol y el cantón Pedro Carbo; al este, con la parroquia Guale; y al oeste, con las parroquias Paján y Cascol. (Párraga, 2019)

**Figura 1**  
Ubicación de la Comuna Cuatro cruces



Fuente: Google Earth Pro, (2024)

Campozano ha sido una región históricamente dedicada a la agricultura y ganadería. Sus suelos fértiles y su clima favorable han permitido el cultivo de productos como maíz, café, plátano, y otros productos agrícolas. La economía de la parroquia se

basa principalmente en estas actividades, con una comunidad que ha mantenido tradiciones y costumbres a lo largo del tiempo.

Los habitantes se dedican a cultivar diversos productos y a la crianza de animales, lo que contribuye significativamente a la economía local. Tanto Campozano como la comuna Cuatro Cruces han visto un desarrollo gradual en infraestructura y servicios. Sin embargo, estas áreas rurales a menudo enfrentan dificultades para acceder a servicios básicos como salud, educación y transporte.

El consumo de agua es vital para esta comunidad, especialmente porque la agricultura y la ganadería dependen en gran medida de este recurso. Un suministro adecuado de agua potable no solo es crucial para la salud y el bienestar de los residentes, sino que también garantiza la productividad agrícola y la sustentabilidad económica. Iniciativas que aseguren el acceso a agua limpia y suficiente son, por tanto, esenciales para el desarrollo sostenible para la comuna Cuatro Cruces de la parroquia Campozano.

## **2.2. Antecedentes**

- La referencia inicial se refiere a un proyecto del Ing. Cornejo Timoteo, Edwer Nelsener presentando en 2022 con el tema “Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío Monte Sullon, distrito Catacaos, provincia de Piura, departamento de Piura, para su incidencia en la condición sanitaria de la población”

El presente proyecto de investigación busca evaluar y mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable en el Centro Poblado de Monte Sullón para mejorar la condición sanitaria de sus habitantes. Un diseño adecuado del sistema, con el diámetro correcto de tuberías, resulta en una mejora en los niveles de vida y bienestar de la población. Actualmente, Monte Sullón carece de un servicio múltiple de agua potable debido a la lejanía y profundidad de las fuentes de agua

superficial. Este estudio propone mejorar la distribución de tuberías domiciliarias y construir un cerco perimétrico para proteger el reservorio. La evaluación incluyó la línea de conducción en dos tramos: el primero de 320 m con tuberías de 1 pulgada, velocidad de 0.82 m/s y presión dinámica de 23.54 m/s; el segundo de 390 m con las mismas especificaciones, pero con una presión dinámica de 25.50 m/s. (Cornejo, 2022)

- El segundo documento corresponde a una tesis de la Ing. Llugsha Moreta, Nataly Marisol en el 2021 teniendo como título “Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua” La investigación en el Centro de Investigación Acuícola "El Descanso" en el Valle Quillán evaluó la calidad del agua utilizada en la acuicultura de trucha arcoíris durante 30 días. Se analizaron diversos parámetros del agua, revelando que la calidad en el punto de ingreso es media y no adecuada para la vida acuática, mientras que en el efluente es muy baja, aunque dentro de los límites permisibles para descarga. Se diseñó un sistema alternativo de tratamiento para optimizar niveles de coliformes fecales, nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto, que incluye cribado, adsorción, ozonización, oxigenación y fitorremediación. Este sistema busca reducir la contaminación del efluente de manera económica y ambientalmente viable, mejorando así el rendimiento de la acuicultura y preservando los recursos hídricos. (Llugsha, 2021)
- A continuación, el documento de la investigación dirigido por la Ing. Dulce Brigitte Ocampo-Rodríguez publicado en el 2022 con el título “ Desinfección del agua: una revisión a los tratamientos convencionales y avanzados con cloro y ácido peracético”  
Los métodos tradicionales de desinfección del agua, como el uso de cloro y sus derivados, han sido empleados para eliminar microorganismos patógenos, pero su utilización puede generar productos tóxicos. La contaminación derivada de la industrialización y la creciente resistencia bacteriana a los antibióticos han

impulsado la búsqueda de nuevos tratamientos que garanticen una buena calidad físicoquímica y microbiológica del agua, eliminen contaminantes emergentes y eviten la formación de subproductos. En esta revisión se compara la desinfección convencional con cloro y ácido peracético frente a métodos avanzados, destacando la desinfección simultánea UV/Cl como una alternativa eficaz para el tratamiento de aguas residuales. Este método ofrece una mejor calidad del recurso, alta eficiencia, tiempos reducidos y costos más bajos. (Rodríguez, 2022)

- En esta referencia la Ing. Suárez Rodríguez, Vanessa Katherine proporcionada en el 2021 realizó una investigación con el tema “Análisis y propuestas de mejora del sistema de captación y bombeo de agua cruda a la planta de agua potable, Aguapen. EP ubicada en Atahualpa provincia de Santa Elena.”

Los sistemas de agua potable son cruciales para la salud y el bienestar de la población. Este estudio analiza y mejora el sistema de captación, conducción y bombeo de agua cruda desde el embalse El Azúcar hasta la planta de tratamiento en Atahualpa, que abastece a la provincia de Santa Elena. Actualmente, la estación de bombeo en San Rafael enfrenta problemas de operación debido a niveles inadecuados de agua cruda. La empresa Aguapen E.P. se encarga de la producción y distribución de agua potable, así como de servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. El análisis técnico identificará mejoras para optimizar la operación del sistema de agua cruda. (Suárez, 2021)

- Por último, esta referencia fue elaborada por el Ing. Carlos Daniel Paucar Peñaranda publicada en el 2023 con el tema “Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río Jubones, Ecuador”

Esta investigación se enfoca en la calidad del agua es crucial para el ecosistema, la salud humana y el desarrollo sostenible. Esta investigación evaluó la calidad del agua del río Jubones en el cantón El Guabo usando el índice de calidad de agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF). Se establecieron cuatro puntos de muestreo y se analizaron nueve parámetros físicoquímicos

(temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, turbidez, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales). Los resultados indicaron que el ICA-NSF varió entre 51 y 70, clasificando el agua del río como de calidad media. Los coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno fueron los parámetros críticos que afectaron la calidad del agua, proporcionando una base importante para futuros planes de manejo sustentable del río Jubones. (Paucar y González, 2023)

### **2.2.1 Referencias ULVR disponibles.**

- En el repositorio de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, se han identificado los proyectos a Continuación, los cuales se han empleado como fuentes de referencia.
- Este caso de estudio fue desarrollado por el Ing. Miguel Angel Verdugo Ortiz publicado en 2023 con título “Método de instalación para el almacenamiento de agua potable en una parroquia de la Provincia del Guayas”  
En esta investigación se destaca sobre El suministro de agua potable es crucial para las áreas rurales en crecimiento, que a menudo carecen de nuevas tecnologías constructivas y enfrentan problemas de escasez de agua. Existe una conexión directa entre la falta de servicios públicos y la expansión desorganizada de asentamientos, junto con la forma tradicional de organización social para superar estas carencias. Las políticas de infraestructura suelen tratar a los barrios y organizaciones como simples receptores de modernidad. Este estudio de caso se enfoca en la parroquia rural de Posorja en Guayaquil, Ecuador, una región costera con una población que requiere recursos esenciales para su vida diaria, siendo el agua potable uno de los más importantes para asegurar la salud y el bienestar de sus habitantes. (Verdugo, 2023)

## **2.3. Fundamento Teórico**

Los conceptos que se describen a continuación son pilares fundamentales para el diseño y la operación de plantas de tratamiento de agua eficientes y efectivas. Estos conceptos forman parte del marco teórico de una investigación orientada a la comprensión profunda y la aplicación práctica de los mismos

### **2.3.1. El agua**

El agua es un recurso vital para el crecimiento de la vida en la Tierra, como se muestra en la figura 2. Ejerce un papel crucial como en los organismos animales y en los vegetales, ya que su composición contiene alrededor de un 70% de agua. Dicho importante líquido actúa en un medio esencial para la dilución como para el transporte de nutrientes y otros componentes, lo cual es fundamental para el aumento y desarrollo de los organismos. (Castro y Zabala, 2024)

Se considera el funcionamiento de los ecosistemas y la satisfacción de las necesidades humanas básicas. Sin embargo, la creciente contaminación del agua en muchas partes del mundo plantea una grave amenaza para la salud y el equilibrio biológico. El agua contiene sustancia cuya molécula está formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Es inodoro -sin olor-, es insípido -sin sabor- e incoloro -no tiene color-. (Aquaes ODS, 2021)

Aunque su definición aplica para cualquiera de sus formas, cabe recalcar que existen tipos de agua en función de sus propiedades químicas, físicas biológicas como el Agua Potable, Dulce, Salada, Salobre, Dura, Blanda, Destilada, Residuales, Negras, Grises. Pero la que se destaca en este proyecto es el agua potable que sirve para el consumo humano. (Aquaes ODS, 2021)

El agua mantiene un flujo constante en el ciclo del agua, incluidos procesos como la evaporación, la condensación, la precipitación y la escorrentía, que afectan el clima y

el medio ambiente. También se puede decir que el agua es un disolvente universal en la naturaleza. Por sus propiedades químicas y físicas, puede disolver diversos compuestos como sales, azúcares y otras biomoléculas. Sin embargo, no puede disolver la grasa. (Enciclopedia Significados, 2024)

**Figura 2**  
El agua



Fuente: WeAreWater Fundation, (2019)

### **2.3.2. El Agua Potable**

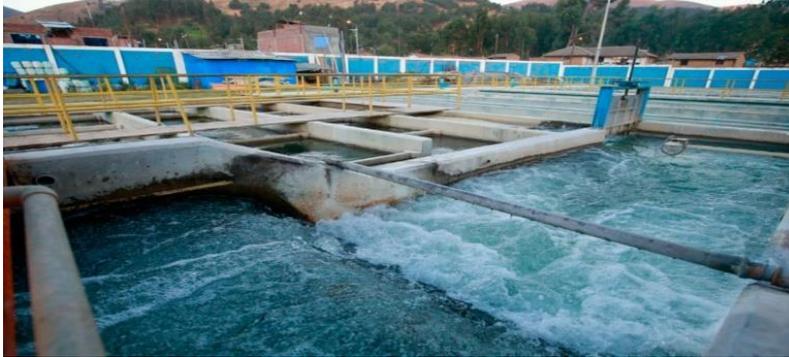
Por tanto, como recurso insustituible, el agua potable no debe tener un riesgo significativo para la salud de los bebedores cotidianos. Este suministro debe estar libre de contaminantes, es importante para prevenir enfermedades, especialmente para las comunidades vulnerables como los bebés y los niños de escuela. Por esa razón es importante que el agua utilizada para su adquisición e higiene personal efectúe con la legislación vigente. (Barcena y Calderon, 2022)

En esta forma de pensar, un suministro de agua adecuado, accesible y seguro es esencial para la salud de la población. Dado que interactúa con diversos elementos y organismos en la superficie de la Tierra, garantizar su seguridad es un compromiso profundo. La interacción del agua con la naturaleza produce en ocasiones altas concentraciones de carbonatos, especialmente en las aguas subterráneas de zonas calcáreas, que requieren un tratamiento especial para potabilizar el agua. Por lo tanto, es importante mantener la calidad del agua como se muestra en la figura 3 para

estar de acuerdo con los estándares nacionales y garantizar su uso adecuado. (Herrera y Quisaguano, 2019)

**Figura 3**

Tratamiento de agua potable



Fuente: Peruvian Services, (2020)

### **2.3.3. Abastecimiento de agua potable.**

Más de mil millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a agua de calidad, mientras que se estima que 2.400 millones de personas carecen de servicios sanitarios básicos en sus hogares. Pese a ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que cada año se registran 500 millones de casos de la enfermedad.

Trastornos gastrointestinales en niños menores de cinco años en América Latina, Asia y África. Se ha observado que los hogares con recursos financieros limitados se benefician significativamente de las mejoras en los sistemas de distribución de agua potable. Sin embargo, la falta de tratamiento o de acceso adecuado a estos servicios aumenta su vulnerabilidad a diversos riesgos para la salud. (Romero, 2022)

### **2.3.4. Fuentes de Agua Potable**

Es un depósito o curso de agua, ya sea superficial o subterráneo, natural o artificial, que se utiliza en un sistema de suministro de agua. (Tuesca y Ávila, 2015)

#### **2.3.4.1. Agua Superficiales.**

Las aguas superficiales son aguas continentales, excluidas las aguas subterráneas; Las aguas de transición y las aguas costeras también incluyen las aguas territoriales según su estado químico. (Zarza, 2024)

- **Tipos de Agua Superficiales.**

Agua superficial continental: Toda el agua estancada o corriente en la Tierra. Agua que fluye: Siempre se mueven en una dirección, como ríos, manantiales, arroyos. (Zarza, 2024)

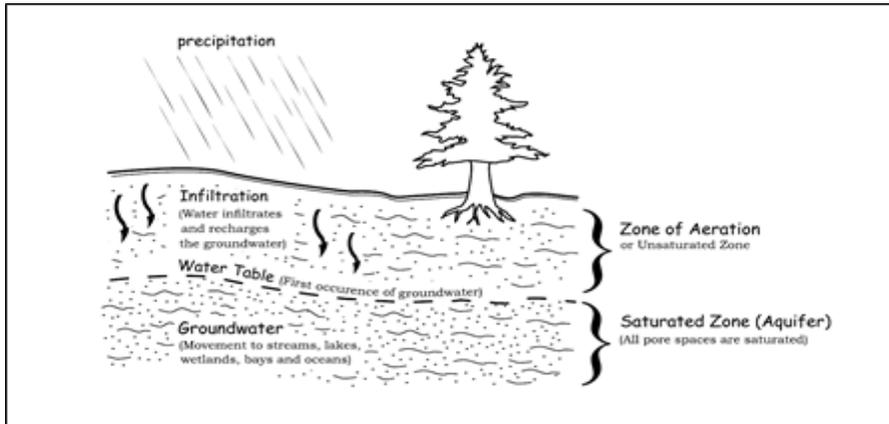
Agua de transición: Una gran masa de agua superficial cerca de un estuario que es semi salina debido a su proximidad a las aguas costeras, pero que se ve significativamente afectada por las corrientes de agua dulce. (Zarza, 2024)

Aguas costeras: Extender hacia tierra desde una línea todos los puntos dentro de una milla náutica del punto más cercano a la línea de base utilizada para medir la anchura de las aguas territoriales y, en su caso, hasta los límites de las aguas exteriores de transición. (Zarza, 2024)

#### **2.3.4.2. Agua Subterráneas**

El agua subterránea se encuentra en grietas y huecos en el suelo, arena y rocas. Esta agua puede mantenerse en acuíferos (rocas y/o sedimentos permeables que contienen agua), extraída a través de pozos, burbujeando naturalmente a través de un manantial o descargando en lagos o arroyos. Aunque está bajo tierra, el agua subterránea ayuda a reponer y mantener los niveles superficiales de agua, como ríos, lagos o arroyos, cuando burbujea. El agua subterránea también permite que nuestros ríos fluyan libremente. (Hermann y Prunes, 2022)

**Figura 4**  
Esquema del nivel freático y la zona saturada e insaturada



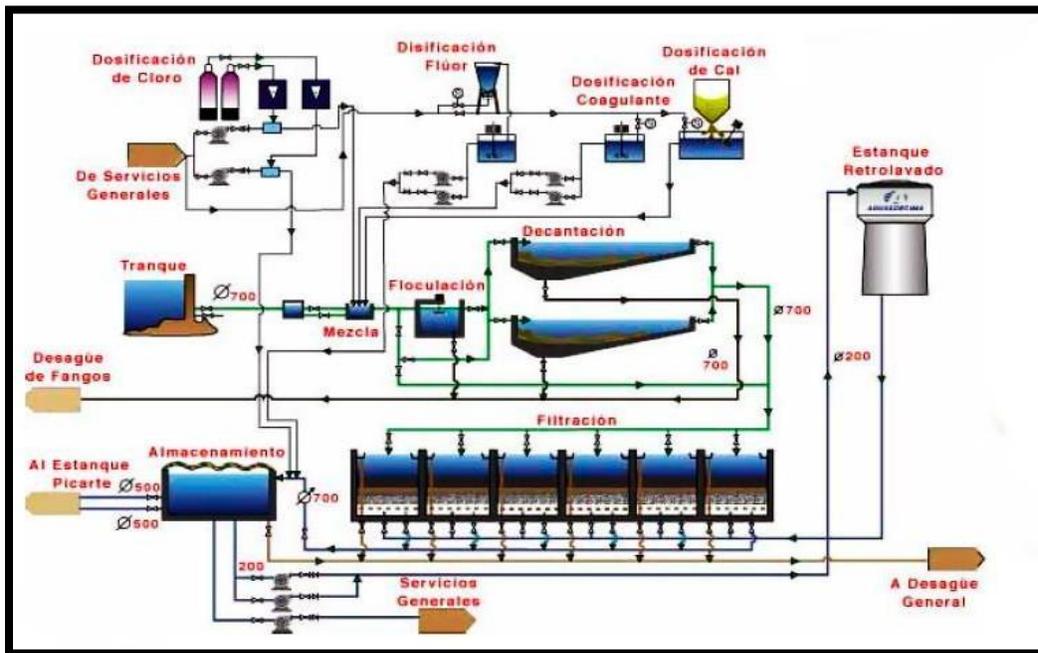
Fuente: Igrac, (2018)

Proteger las aguas subterráneas presenta desafíos significativos debido a su ubicación bajo tierra. Estas aguas no son visibles a simple vista, lo que dificulta controlar sus niveles y asegurar su pureza como lo muestra en la Figura 4. Es posible que se contaminen sin que seamos conscientes, por ejemplo, por vertederos, tanques sépticos, o fugas de tanques de gas subterráneos. Además, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas también puede comprometer su calidad. Otro problema es la sobreexplotación, cuando extraemos más agua de la que el acuífero puede recargar de forma sostenible. (Hermann y Prunes, 2022)

### **2.3.5. Procesos de Tratamiento de Agua Potable – PTAP**

Una estación de tratamiento de agua potable consiste en una infraestructura y un sistema de Ingeniería como se indica en la figura 5 se puede observar el procedimiento de la distribución de agua potable.

**Figura 5**  
Procesos de una planta de tratamiento de agua Potable -PTAP



Fuente: Instituto del Agua, (s.f)

Aunque existen varias técnicas de potabilizar el agua, todas siguen los mismos principios básicos, como la introducción de múltiples barreras (usando diferentes etapas del proceso de tratamiento) para conseguir estado de riesgo reducido y el uso de un enfoque de tratamiento integrado para reducir los riesgos. Anticipar impactos y aplicar métodos de tratamiento basados en objetivos específicos, donde cada paso del proceso tenga objetivos claramente definidos relacionados con la eliminación de un tipo específico de contaminante. (LibreTexts, 2022)

Evalúe la efectividad de su planta de tratamiento de agua realizando mediciones integrales de turbidez del efluente mientras monitorea de cerca la efectividad de cada filtro. Aunque este aspecto se explorará en profundidad en el capítulo dedicado al filtrado, una comprensión básica del concepto es esencial en esta etapa del proceso. (LibreTexts, 2022)

El tratamiento del agua potable es esencial para la salud humana. Este, debe ser apto para el consumo humano. Esto significa que el agua cruda debe ser sometida a una cadena de desarrollo físicos y químicos interrelacionados para suprimir minerales, materias orgánicas y contaminantes biológicos. Finalmente, estos métodos deberían producir una solución de incoloro, inodoro e insípido. (Riofrio, 2021)

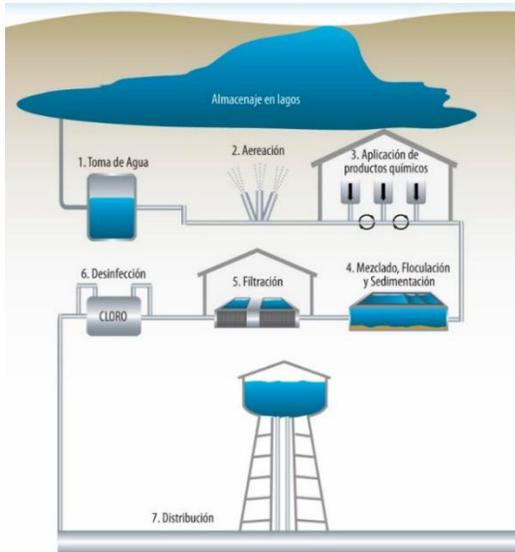
Cada vez se necesitan más estándares de salud a las empresas que se especializan en comprender posibles desarrollo y conocimiento para garantizar el más alto nivel de seguridad del agua para los consumidores. (Riofrio, 2021)

### **2.3.6. Tipo de tratamiento convencional.**

Como indica la figura 6, este tratamiento utilizado para potabilizar el agua se puede clasificar en: Ingredientes o impurezas a suprimir.

Estos logran incluir: partículas en suspensión, materia orgánica, sólidos en suspensión, amoníaco, bacterias patógenas, metales innecesarios, sólidos disueltos, etc. (Escuela de Postgrado Industrial, 2021)

**Figura 6**  
Proceso de una Planta de Tratamiento de agua potable convencional



Fuente: Spina Group, (2016)

### 2.3.6.1. Procesos Físicos en el Tratamiento de Agua

**Sedimentación.** La sedimentación es el tercer paso en el proceso de tratamiento convencional. Como se refleja en la figura 7, este ocurre después de la coagulación y floculación y antes de la filtración. La sedimentación elimina los sólidos suspendidos mediante el uso de la gravedad para ralentizar el flujo de agua para que el material se asiente. Los sólidos sedimentados caen al fondo del tanque de sedimentación, lo que reduce la tensión en el proceso de filtración. (LibreTexts, 2022)

La cuenca de sedimentación actúa como un lago, permitiendo que las partículas se sedimenten de forma natural. La calidad del agua que ingresa a las plantas de tratamiento desde lagos más profundos es mucho mayor porque el agua puede "reposar" más tiempo. Las plantas de tratamiento que utilizan agua importada de fuentes de mayor turbidez pueden necesitar utilizar métodos tradicionales de tratamiento de sedimentación para un tratamiento eficaz. (LibreTexts, 2022)

**Figura 7**  
Proceso de tratamiento de aguas



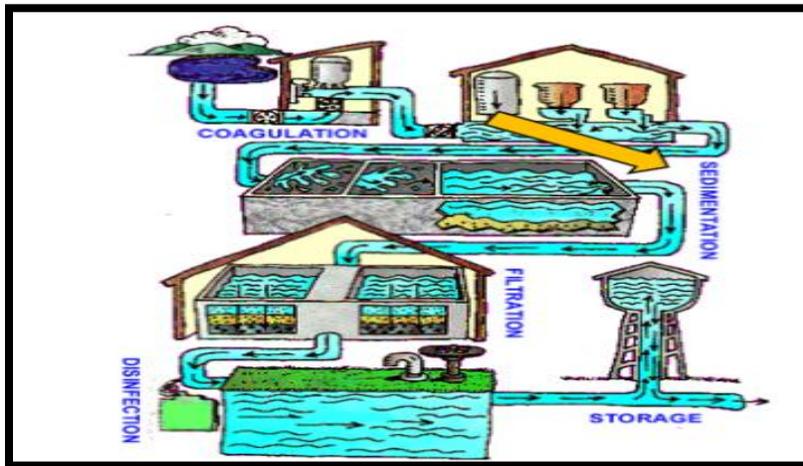
Fuente: BossTech, (2022)

En la Figura 8 se muestra un tratamiento de agua, Existen Varios factores que afectan a la sedimentación condiciones físicas y ambientales: Si ocurren condiciones

adversas, es posible que se requiera un tratamiento previo adicional. Los factores que influyen en el proceso de sedimentación incluyen la forma y el tamaño de las partículas, la densidad de las partículas, la temperatura del agua, la carga de partículas, los materiales disueltos en el agua, las influencias ambientales y las características de la cuenca. (LibreTexts, 2022)

**Figura 8**

Imagen del tratamiento del agua por la EPA es de dominio público



Fuente: Epa, (s.f)

Las partículas más pequeñas se sedimentan fácilmente y es necesario aumentar su tamaño mediante coagulación y floculación. Las partículas más grandes y densas que se producen se llaman Flóculos. Las partículas de más de 0,01 mm se asentarán. También se debe considerar la forma de las partículas. Las partículas con bordes dentados más suaves se asientan más rápido y más fácilmente. (LibreTexts, 2022)

A medida que disminuye la temperatura, disminuye la velocidad de sedimentación. Cuando la temperatura del agua es más baja, la tasa o velocidad de sedimentación disminuye. La dosificación de químicos debe ajustarse durante los meses más fríos del año, de lo contrario se requiere un menor caudal en el tanque de floculación.

Existen tres tipos de corrientes en las cuencas de sedimentación: corriente superficial, corriente densidad y corrientes remolino. (LibreTexts, 2022)

La corriente superficial es causada por el viento, mientras que la corriente densidad es causada por diferencias de temperatura y concentración de sólidos. Las corrientes remolino son causadas por el flujo de agua que entra y sale del tanque de sedimentación. Las corrientes de agua son beneficiosas porque pueden promover la formación de flóculos, pero también pueden provocar una distribución desigual de los sólidos en el tanque de sedimentación, lo que reduce la eficiencia. (LibreTexts, 2022)

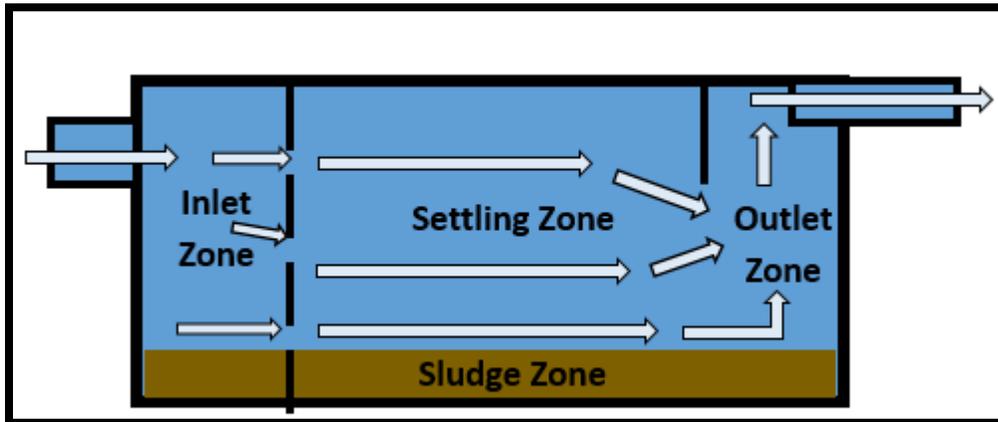
**Zonas de sedimentación:** Existen cuatro cuencas de sedimentación tales como lo indica en la figura 9:

1. **Zona de entrada:** La zona por donde el agua ingresa suavemente desde el tanque de floculación. El agua se distribuye uniformemente en el tanque de sedimentación para evitar cortocircuitos. El cortocircuito ocurre cuando el agua que ingresa a un tanque o depósito de proceso de tratamiento se mueve rápidamente desde la entrada a la salida, lo que reduce el tiempo de residencia del agua en un proceso determinado. (LibreTexts, 2022)
2. **Zona Sedimentaria:** Es la mayor parte de la cuenca sedimentaria. El agua permanecerá allí durante tres o más años mientras las partículas se depositan en el fondo. (LibreTexts, 2022)
3. **Zona de lodos:** Ubicada en el fondo de la zona de sedimentación. Aquí las partículas sedimentadas se recogen en forma de lodo. La velocidad en el fondo de la zona de lodos debe reducirse para evitar la Re suspensión de sólidos. (LibreTexts, 2022)

4. **Zona de Salida:** El punto por donde ingresa el agua a un canal o tubería. Un clarificador también se llama alcantarilla y se utiliza para recoger agua clarificada o agua sedimentada. (LibreTexts, 2022)

**Figura 9**

Imagen de COC REA está licenciada bajo CC B



Fuente: CC BY, (s.f)

**Filtración:** La filtración de agua es un proceso químico y físico que se utiliza para separar las impurezas sólidas del agua. Funciona filtrando el líquido a través de una "barrera" o filtro, que puede ser arena, grava o cualquier otro material poroso.

Hay muchas formas diferentes de filtrar el agua, según sus necesidades específicas y la calidad del agua que desee lograr. Los más comunes son la filtración con arena, la filtración con carbón activado y la filtración cerámica. (Henry, 2020)

La filtración de agua como se observa en la figura 10, es una forma de combatir los microorganismos. Los sistemas de filtración de agua solo se ocupan de las bacterias que pasan a través del filtro y deben considerarse una barrera protectora. (Grundfos México, 2022)

La ultra filtración se utiliza para filtrar el agua entrante de los suministros de agua. Los filtros de ultra filtración o de membrana eliminan eficazmente bacterias, virus, partículas en suspensión y otros elementos no deseados del agua. Las pérdidas de presión en los ultra filtros son muy elevadas. En muchos casos, es necesario instalar un

sistema de aumento de presión de agua para mantener la presión de agua correcta en los grifos de los consumidores. (Grundfos México, 2022)

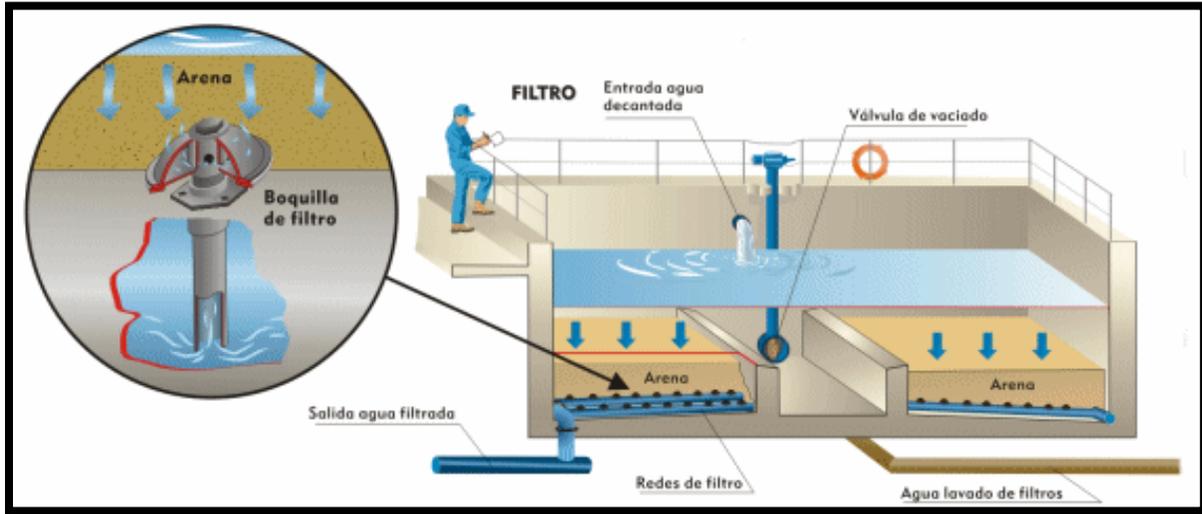
**Principales aspectos de filtración de agua:** El primer aspecto a destacar en la filtración de agua es el tipo de impureza a eliminar. Consiguen ser partículas en suspensión, como sedimentos y suelo, como bacterias y protozoos, e incluso elementos químicos como el plomo y el mercurio. (Aqua ODS, 2021)

El segundo aspecto es el material filtrante utilizado. Esto es esencial para los tipos de impurezas separables. Por ejemplo, la arena es muy eficaz para eliminar sedimentos, mientras que el carbón activado retiene sustancias químicas y mejora el sabor del agua. (Aqua ODS, 2021)

Existen muchos tipos de sistemas de filtración de agua en el mercado. Estos incluyen sistemas de filtración de carbón activado para eliminar cloro, sedimentos y compuestos orgánicos volátiles del agua. Luego están los sistemas de ósmosis inversa que filtran eficazmente los contaminantes disueltos en el agua. (Aqua ODS, 2021)

Los sistemas de filtración UV utilizan luz ultravioleta para matar bacterias, virus y otros microorganismos en el agua. Finalmente, los sistemas de intercambio iónico ayudan a ablandar el agua eliminando minerales como el calcio y el magnesio. (Aqua ODS, 2021)

**Figura 10**  
Filtración del agua



Fuente: El Agua Potable, (s.f)

**Proceso de filtrado:** Hacer pasar un líquido a través de materiales porosos o materiales granulares se llama filtración. A continuación, explicaremos los diferentes pasos del proceso y aclararemos algunas preguntas frecuentes sobre las propiedades del agua purificada. (Aquaes ODS, 2021)

Medios Granulados: La arena es un fundamental agente granular para el tratamiento del agua. De hecho, la inspección histórica muestra que las primeras unidades se construyeron utilizando filtros lentos de arena. (Aquaes ODS, 2021)

La arena y varios filtros de tratamiento de agua de tamaño mediano a grande incluyen grava, arena de sílice, resina de intercambio iónico, calcita o crossex. La función de estos medios granulares es descomponer los sólidos suspendidos en el agua, que luego se acumulan en el material arenoso y se separan como desechos. El resultado es agua más limpia. (Aquaes ODS, 2021)

Carbón activado: El carbón activado granular ayuda a absorber compuestos orgánicos que pueden causar olor, sabor o color en el agua. (Aquaes ODS, 2021)

Función: Trozos pequeños y duros se pegan a las brasas. Este método se puede realizar antes o después de filtrar el agua. (Aquaes ODS, 2021)

Normalmente, esta filtración se utiliza para purificar el agua del subsuelo. También se utiliza para el tratamiento de agua purificada y funciona bien en el tratamiento de agua en el periodo final del tratamiento del agua potable. Este método también se emplea para depurar el agua de piscinas. De manera similar, el carbón activado en polvo se usa para construir filtros caseros para crear agua purificada en casa. (Aquaes ODS, 2021)

Desinfección con compuestos clorado: Los compuestos clorados se utilizan a menudo para evaluar la calidad del agua. Su principal finalidad es para esterilizar el agua y eliminar bacterias, microorganismos, moho y virus. Una fase importante para la obtención de agua filtrada idónea para el consumo humano. Aunque la cloración ayuda a reducir la amenaza de difteria, cólera y fiebre tiroidea, los diestros están convencidos de que los compuestos clorados por sí solos no pueden purificar completamente el agua. Para una mejor purificación del agua, si es posible, pásela por medios granulares, carbón activado o ambos. Estas son las tres etapas básicas de la filtración de agua. Sin embargo, si el tratamiento está acorde al proyecto de salud colectivo, el curso requiere de varios pasos para lograr un tratamiento del agua más riguroso. (Aquaes ODS, 2021)

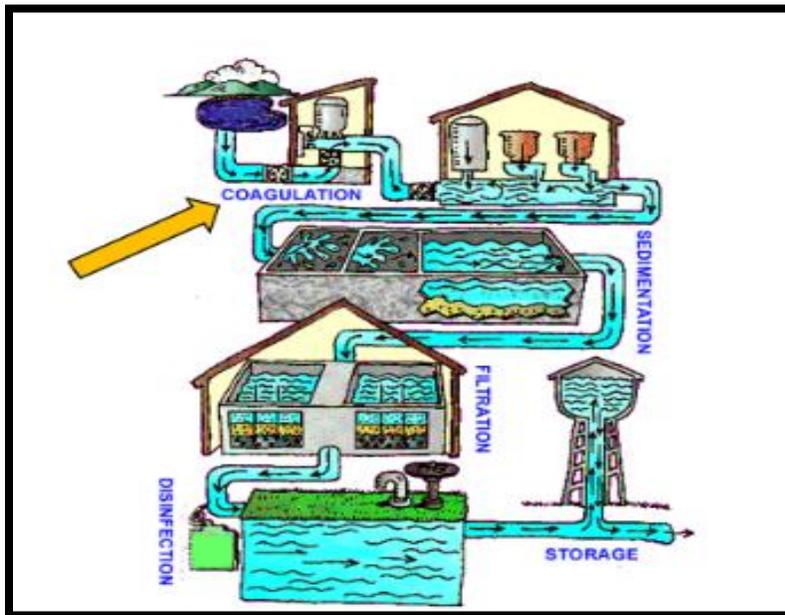
#### **2.3.6.2. Procesos Químicos en el Tratamiento de Agua.**

**Coagulación:** Es un proceso en el que los sólidos en suspensión y las partículas coloidales se solidifican o precipitan por factores físicos o químicos añadiendo un coagulante al agua partículas inestables como indica en la figura 11. (Alanya, 2024)

Este es un proceso en el que se inyectan sustancias químicas llamadas coagulantes para formar un gel. Este resultado se logra controlando la adición de químicos que actúan como polímeros, como el cloruro de aluminio o el ácido cítrico. Estos coagulantes se combinan con los sólidos suspendidos para formar flóculos más grandes que luego se depositan en el fondo de la solución. (Estrella y Espinoza, 2024)

**Figura 11**

Tratamiento de agua



Fuente: Epa, (s.f)

**Tipos de coagulante:** Durante el proceso de mezcla rápida se utilizan dos coagulantes tanto el coagulante primario como el coadyuvante coagulante. La superficie coloidal está cargada negativamente, por lo que se utilizan sales metálicas cargadas positivamente como coagulante primario. El procedimiento del coagulante es disolver el agua e ioniza. Este ioniza se refiere a que una molécula puede ganar o perder un electrón para así formar un ion. En el tratamiento del agua los coagulantes más conocidos son el cloruro férrico, sulfato férrico y el sulfato de aluminio (alum), pero el coagulante más utilizado es el alumbre dado que tiene una amplia disponibilidad y asequibilidad. (LibreTexts, 2022)

Unos de los parámetros más conocidos que se usa para coagulante y auxiliares de filtración son los polímeros sintéticos, aunque también son los coagulantes primarios, tanto como los atiónicos (positivos), aniónicos (negativos) y no iónicos (sin grupos ionizables) son conocidos como diferente grupo de polímeros y son de gran utilidad para los operadores. (LibreTexts, 2022)

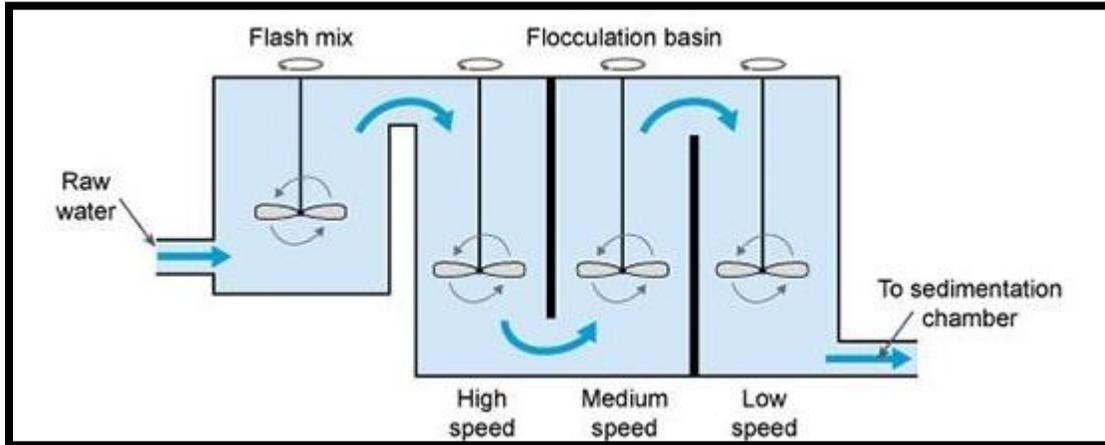
Para elegir un polímero es muy importante tener los siguientes factores:

- El exceso de polímero puede reducir la eficiencia del proceso de coagulación y provocar que el filtro se pegue y una mayor pérdida de cabeza del filtro.
- No todos los suministros de agua son iguales. Cada fuente de agua tiene una química diferente y se deben realizar pruebas de jarra para determinar qué polímero es mejor para una fuente de agua en particular.
- No existen criterios universales para elegir polímeros.
- Los diferentes países tienen diferentes estándares de aprobación de productos químicos.
- La adición de cloro afecta la eficacia del polímero.
- Como ocurre con cualquier producto químico, existen límites de dosis.

(LibreTexts, 2022)

**Floculación:** La floculación es el proceso de separar partículas sólidas o coloides suspendidas en una solución o líquido como se observa en la figura 12. Estos coloides suelen presentarse en forma de escamas. En los procesos industriales, la floculación es importante porque elimina las partículas en suspensión en líquidos como el agua, facilitando así tareas básicas como el tratamiento del agua en las fábricas o el tratamiento del agua para el consumo. Para lograr la floculación, a menudo se utilizan agentes externos o floculantes para separar eficazmente los sólidos suspendidos en el líquido. En este artículo describiremos el proceso de floculación para el tratamiento de agua y cómo funciona. (Bulmaro, 2022)

**Figura 12**  
El proceso de coagulación-floculación



Fuente: BY-NC-SA, (s.f)

Es un proceso de mezcla lento que promueve la coalescencia de partículas más pequeñas en unidades más grandes y, por tanto, su posterior sedimentación. Estas partículas aglomeradas se eliminan de forma más eficaz durante la sedimentación y la filtración. La floculación se logra ajustando la frecuencia de colisiones entre partículas a medida que aumenta el tamaño de. El tamaño del rebaño producido depende del método de tratamiento específico utilizado en el establecimiento en particular. (Lenntech, 2023)

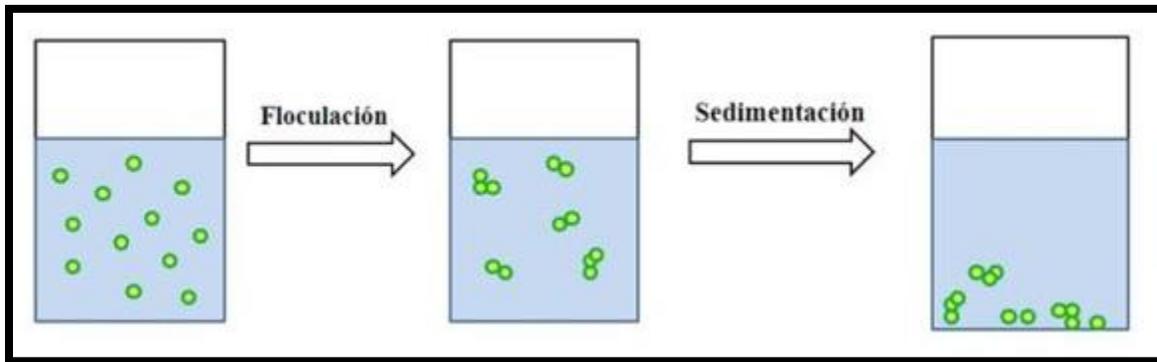
Por el contrario, la floculación es el proceso de agregar sustancias químicas como polímeros para formar partículas más grandes. Esto se logra controlando la dosificación de productos químicos como el cloruro de aluminio o el ácido cítrico, que se combinan con sólidos en suspensión para formar flóculos más grandes. Estas familias se asientan en el fondo de la solución. (Lenntech, 2023)

Los floculadores mecánicos se pueden instalar horizontalmente o verticalmente. Los mezcladores horizontales utilizan agitadores de paletas y los mezcladores verticales pueden incluir agitadores de paletas, turbinas y hélices. La forma y el tamaño del tanque de floculación están determinados por el las partículas. 0,1 mm y 3 mm tipo de mezcla utilizada y la estructura circundante (por ejemplo, tanque de sedimentación).

Estos tanques suelen estar divididos en tres compartimentos, disminuyendo gradualmente la velocidad de agitación en cada compartimento para evitar que las partículas se rompan a medida que crecen.

La rotura de partículas durante el proceso de floculación puede causar más tensión en el filtro durante la etapa de filtración, acortando la vida útil del filtro como se observa en la figura 13. (Lenntech, 2023)

**Figura 13**  
Floculación de partículas suspendidas



Fuente: Lifeder, (2020)

**Desinfección:** La desinfección del agua implica la eliminación, inactivación o extracción de los microorganismos patógenos presentes en el agua. La destrucción o inactivación de estos microorganismos detiene su capacidad de reproducirse y crecer. Si no se eliminan, el agua no será potable y puede transmitir enfermedades. El agua potable debe estar libre de estos microorganismos. (Lenntech, 2023)

La capacidad de desinfección depende del efecto efectivo del desinfectante, expresado como valor Ct. Es un parámetro operativo que regula la inactivación microbiana. Ct es el producto de concentraciones. El desinfectante como se refleja en la figura 14, permanece en contacto con el agua y permite describir la cinética de desinfección. Se han propuesto mesas CT para el desarrollo de procesos de desinfección química, incluyendo Cada desinfectante tiene una tasa de inactivación

del 99% (2 log) y 99,99% (4 log) de bacterias y virus. Idealmente, los desinfectantes deberían lograr esta reducción con un tiempo de contacto de 15 a 30 sin embargo, esta reducción también se ve afectada por los cambios diarios de flujo, el clima y otros factores relacionados. Operación de plantas de tratamiento de aguas residuales (Manoli et al., 2019). Además, la inactivación de microorganismos también depende del microbioma. La taxonomía a la que pertenecen y el tipo de desinfectante. La eficiencia de eliminación microbiana se puede expresar como Expresado por la ecuación 1. (Rodríguez, 2022)

**Ecuación 1: SEQ**

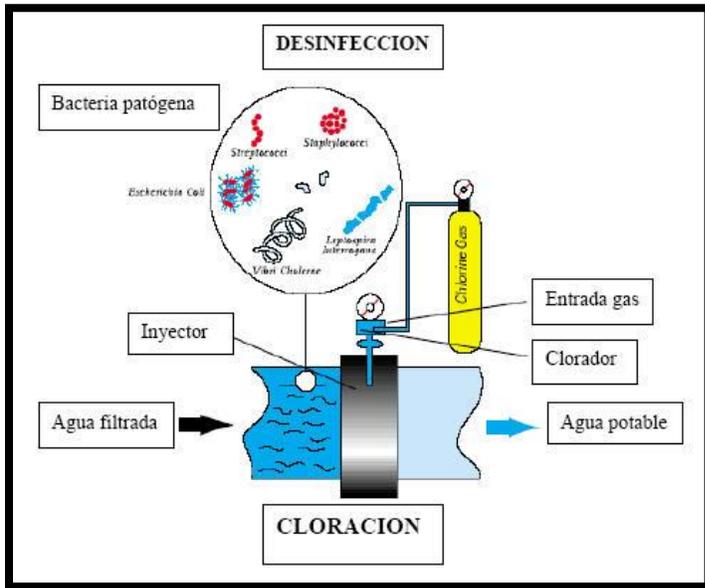
$$- \log(N_t/N_0) = K \int_0^t T C dt$$

Donde:

k es la constante de la tasa de inactivación del desinfectante.

C es la concentración de desinfectante en el tiempo t y Nt.

**Figura 14**  
Desinfección



Fuente: WaterTechnologiesdeMéxico, (2024)

**Cloro:** El cloro se ha utilizado como desinfectante eficaz durante décadas. Destruye bacterias, virus y otros microorganismos patógenos en el agua. Su efecto desinfectante se basa en la formación de ácido hipocloroso, que ataca y destruye la estructura celular de los organismos nocivos. Aunque son eficaces, se deben utilizar cantidades precisas para evitar efectos adversos y garantizar que no se formen subproductos nocivos. Las principales ventajas del cloro son: su precio muy competitivo, alta eficiencia y equilibrio garantizado antes del consumo final. (WaterTechnologiesdeMéxico, 2024)

**Ozono:** El ozono es un poderoso oxidante natural que ha demostrado ser muy eficaz contra una variedad de patógenos. Su capacidad para desinfectar el agua se debe a su capacidad para romper las paredes celulares de bacterias y virus, dejándolos inactivos. Además, el ozono no deja subproductos nocivos, lo que lo convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente. Su uso está aumentando debido a su eficacia y capacidad para mejorar la calidad general del agua. (WaterTechnologiesdeMéxico, 2024)

Aunque es el más fuerte de los tres oxidantes, sigue siendo caro y no deja residuos, por lo que la desinfección es inmediata.

**Luz ultravioleta:** La luz ultravioleta (UV) es una tecnología de desinfección avanzada y segura. Emiten luz con longitudes de onda específicas que dañan el ADN de los microorganismos, impidiéndoles multiplicarse y dejándolos inactivos. El proceso no requiere productos químicos, lo que lo convierte en una solución respetuosa con el medio ambiente. Pero tenga en cuenta que la luz ultravioleta no elimina los microorganismos muertos, por lo que debe combinarse con otras tecnologías para obtener mejores resultados. La elección entre estas tecnologías depende de factores como el tipo de contaminación, la cantidad de agua a tratar y los requisitos de calidad. Muchas plantas de tratamiento utilizan una combinación de estas tecnologías para aumentar la eficiencia

y garantizar la seguridad del agua que ingresa a nuestros hogares e industrias como se observa en la siguiente figura 15. (WaterTechnologiesdeMéxico, 2024)

**Figura 15**  
Luz Ultravioleta



Fuente: WaterTechnologiesdeMéxico, (2024)

### **2.3.7. Calidad del agua**

Una adecuada gestión del agua es fundamental para garantizar su calidad y disponibilidad para el consumo humano. La presencia de microorganismos patógenos, sustancias químicas nocivas o metales pesados en el agua puede provocar enfermedades que afectan a comunidades enteras. Por lo tanto, es necesario promover la gestión sostenible de los recursos hídricos para evitar su uso excesivo y su contaminación, que afecta negativamente el suministro y la calidad de los recursos hídricos del mundo. (Salazar, 2020)

Para que se califique el agua y sea consumible se tiene que verificar los parámetros y sus límites que puede contener, para ello se deben tener en cuenta estas características: (Salazar, 2020)

#### **2.3.7.1. Proceso de análisis de la calidad del agua.**

Del agua se debe considerar todo el proceso. Proviene de embalses, ríos y pozos, luego es purificada en ETAP (plantas potabilizadoras de agua potable) y finalmente llega a través de los consumidores a la red de distribución adecuada.

Las muestras siempre deben analizarse en un laboratorio para determinar si el agua es segura para el consumo humano. Los principales parámetros que se tienen en cuenta los podemos apreciar en la tabla 2. (Salazar, 2020)

**Tabla 2**  
Principales Parámetro de la calidad del agua

<b>Características físicas</b>	<b>Características químicas</b>	<b>Características biológicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Olor</li> <li>● Sabor</li> <li>● Color</li> <li>● Temperatura</li> <li>● pH</li> <li>● Turbidez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mercurio</li> <li>● Plomo</li> <li>● Hierro</li> <li>● Fluoruro</li> <li>● Cobre</li> <li>● Cloruro</li> <li>● Sulfatos</li> <li>● Nitratos</li> <li>● Aluminio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Algas</li> <li>● Bacterias</li> <li>● Hongos</li> <li>● Mohos</li> <li>● Levaduras</li> </ul>

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

### **2.3.8. Parámetros de calidad.**

El agua describe o brindan información sobre el estado del agua que se está estudiando; estos pueden variar según los cambios en el medio ambiente y las acciones humanas. Los parámetros del agua pueden ser utilizados de manera regional o nacional y pueden proporcionar comparaciones internacionales. (Escuela de Postgrado Industrial, 2021)

En la Tabla 3 y 4 a continuación se muestran los principales parámetros en el monitoreo de la calidad del agua y el grado máximo de control, cada uno con su propio valor máximo permisible según la resolución 2115 de 2007.

El agua destinada al consumo humano se clasifica según el grado de tratamiento que debe recibir antes de poder ser utilizada. Hay 3 grupos: (Escuela de Postgrado Industrial, 2021)

- Tratamiento físico sencillo y desinfección. (Escuela de Postgrado Industrial, 2021) Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección. (Escuela de Postgrado Industrial, 2021)
- Fortalecer el tratamiento físico y químico y la desinfección refinada. (Escuela de Postgrado Industrial, 2021)

#### **2.3.8.1. Parámetros físicos para calidad de agua.**

La calidad del agua es fundamental dados los desafíos de la contaminación industrial, la escorrentía de cultivos y el envejecimiento de la infraestructura de suministro. Además, el riego artificial y el agua industrial pueden contener sustancias químicas que afectan la salud humana y animal. La calidad del agua también es fundamental para los ecosistemas acuáticos y las industrias que dependen de vías fluviales saludables. (Aconsa, 2023)

- **Color y Olor:** puede indicar la presencia de materia orgánica o mineral. Un cambio en el color del agua puede indicar contaminación. Estos parámetros pueden ser percibidos por nuestros sentidos y pueden indicar la presencia de contaminantes. Aunque algunas sustancias incoloras e inodoras también pueden resultar nocivas. El gusto y el olfato pueden verse afectados por contaminantes químicos, biológicos o físicos. (Tito, 2020)

- **La temperatura:** tiene un efecto significativo sobre los organismos acuáticos, así como sobre los procesos químicos y biológicos. Las temperaturas más altas pueden afectar la calidad del agua al aumentar la solubilidad de ciertos compuestos. Es fundamental debido a que tiene un impacto en la saturación y reactividad de diversos compuestos químicos en el agua. Asimismo, la temperatura

puede tener un impacto en la vida acuática y las actividades humanas como la pesca y la nadar. (Tito, 2020)

- **La turbidez:** se vincula a la presencia de partículas que se encuentran suspendidas en el agua. La turbidez es elevada, mientras que los niveles elevados de sólidos disueltos totales (TDS) señalan una elevada concentración de iones disueltos en el agua, lo cual a su vez pueden afectar la idoneidad del agua para ciertos usos. Descubra la brillantez del agua. La turbidez elevada suele deberse a partículas que se depositan en el agua, tales como arcilla, limo, plancton, algas y microorganismos, a continuación, se observa la tabla 3 de los parámetros de mayor relevancia y control de la calidad del agua. (Tito, 2020)

**Tabla 3**  
Parámetros de mayor relevancia y control de la calidad del agua

Características	Valor máximo aceptable
Color aparente	15
Olor y Sabor	Aceptable
Turbiedad	2
Ph	6.5 a 9.0
Cloro Residencial	0.3 a 2.0
Carbono Orgánico Total	0.3 a 2.0
Nitritos	5.0
Nitratos	0.1
Alcalinidad total	10
Cloruros	200
Aluminio	250
Dureza Total	0.2
Hierro Total	300
Sulfatos	250
Manganeso	0.1

Fuente: Lozano y Palacio, (2007)  
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

### 2.3.8.2. Parámetro Químico para Calidad de agua.

Los parámetros tanto químicos como los físicos son de gran importancia, pero por otra parte los químicos determinamos de mejor manera la calidad del agua, destinada a diferentes usos de la misma, a continuación, se refleja la tabla 4 de

característica químicas y en la figura 16 se observa los parámetros fundamentales para una medición de de calidad del agua. (Tito, 2020)

**Tabla 4**

Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la Salud Humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0.02
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.7
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN	0.05
Cobre	Cu	1.0
Cromo total	Cr	0.05
Mercurio	Hg	0.001
Níquel	Ni	0.02
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Trihalometanos Totales	THMs	0.2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	Hap	0.01

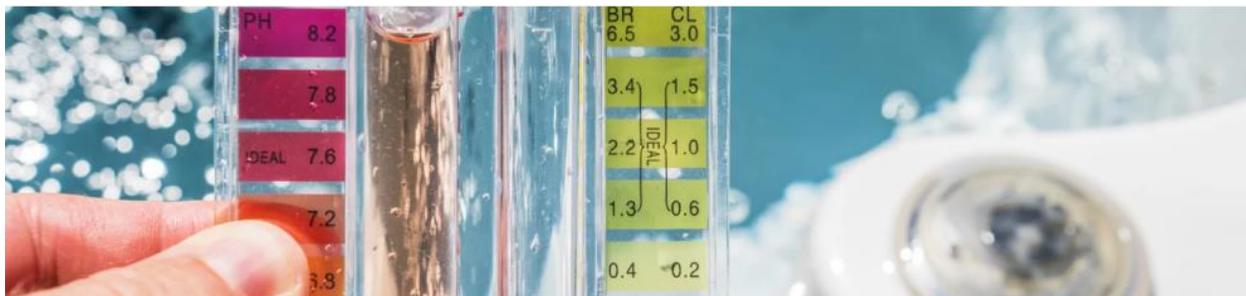
Nota: Si los compuestos de trihalometanos totales o los de hidrocarburos policíclicos aromáticos, exceden los valores máximos aceptables, es necesario identificarlos y evaluarlos, de acuerdo al mapa de riesgo y a lo señalado por la autoridad sanitaria.

Fuente: Lozano y Palacio, (2007)

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

**Figura 16**

Parámetros fundamentales para medir la calidad del agua



Fuente: ABM, (2023)

**pH:** Es un químico sumamente importante para las aguas naturales y residuales, tiene un impacto en diversas reacciones químicas y biológicas. El rango del potencial hidrógeno (pH) oscila entre 1 y 14, siendo de 1 a 7 ácido y de 7 a 14 básico, entre 5 y 9 es el rango adecuado para la vida piscícola. (Tito, 2020)

**Material orgánico:** La materia orgánica es cualquier cosa que tenga carbono como base estructural. Esta materia orgánica, que se encuentra en el agua, está disuelta y en forma de partículas. Lo identifica el parámetro carbono orgánico total. La biodegradabilidad de los compuestos orgánicos en el medio acuático significa que los microorganismos pueden usarlos como alimento. (Tito, 2020)

**Demanda química de oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar las sustancias del agua sin la participación de los organismos vivos. (Tito, 2020)

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** El DBO, otro parámetro químico del agua, indica la cantidad de oxígeno necesario para descomponer los materiales orgánicos biodegradables. El tiempo que ocurrir es más de 20 días para una degradación biológica, por lo que se ha reconocido normalmente efectuar una incubación a lo largo de 5 días a 20 °C, con oscuridad y sin contacto con el aire, con un pH de 7-7,5. Esto se conoce como DBO5. (Tito, 2020)

**Nitrógeno y derivados:** Los derivados del nitrógeno incluyen amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), nitrógeno amínico o amídico, nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). El amoníaco es tóxico para los peces dado que es un gas incoloro que se disuelve en agua para formar iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Los nitratos son fundamental para el análisis de parámetro de agua dado a que se producen por la disolución de rocas y minerales, la descomposición de materias vegetales y animales y los efluentes industriales. (Tito, 2020)

**Fósforo y derivados:** Se cree que el fósforo es un macronutriente y el principal responsable del fenómeno de la eutrofización. Los fosfatos orgánicamente unidos, como

ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos, se encuentran tanto en aguas naturales como en aguas residuales. (Tito, 2020)

**Aceites y grasas:** La mayoría de los aceites y grasas son inseparable en agua, pero pueden estar presentes en forma de emulsión o saponificación. Estos pueden ser minerales, vegetales o animales. Los hidrocarburos y los aceites son considerados diferentes parámetros químicos del agua. (Tito, 2020)

**Hidrocarburos:** Los átomos de carbono y nitrógeno son los componentes estructurales de los hidrocarburos. Los hidrocarburos se dividen en dos grupos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los hidrocarburos derivados del petróleo pueden ser cancerígenos. (Tito, 2020)

**Detergentes:** Los detergentes son compuestos minerales (como carbonatos, fosfatos, polifosfatos y perboratos), que a menudo están relacionados con materias orgánicas mejorantes, enzimas y secuestrantes. Porque reducen la tensión superficial del agua y otros líquidos, estos productos químicos orgánicos deben analizarse para determinar los parámetros químicos del agua. (Tito, 2020)

**Cloro y cloruros:** La mayoría de los iones cloruro en el ambiente son cloruro sódico, potásico o cálcico. Son propensos a corroer las canalizaciones y los depósitos. El cloro es un gas amarillo-verdoso que se puede resolver en agua. Forma cloraminas al disolverse en presencia de materia orgánica nitrogenada. (Tito, 2020)

Sin embargo, en ausencia de sustancias nitrogenadas u otros productos que puedan obstaculizar la disolución, el cloro se hidroliza rápidamente a ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). El ácido hipocloroso, que es un ácido débil, se disocia parcialmente en iones hidrógeno e hipoclorito, mientras que el ácido clorhídrico se disocia fácilmente a iones cloruro e hidrógeno. (Tito, 2020)

**Fluoruros:** Por lo general, los fluoruros se asocian con cationes monovalentes, que son solubles en agua; sin embargo, aquellos formados con cationes divalentes suelen ser insolubles. (Tito, 2020)

**Sulfatos:** En condiciones anaeróbicas, los sulfatos se transforman en sulfuro de hidrógeno para proporcionar oxígeno a las bacterias. En agua, el ión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) es muy soluble, pero los sulfatos de plomo, bario y estroncio son insolubles. (Tito, 2020)

Los sulfatos disueltos pueden convertirse en sulfito y liberarse a la atmósfera en forma de  $\text{H}_2\text{S}$ , que precipita en forma de sales insolubles o se incorpora a los organismos vivos. (Tito, 2020)

**Fenoles:** Debido a su alta demanda de oxígeno, los compuestos fenólicos afectan principalmente a los peces y otros organismos que les sirven como alimento, así como a la disminución de oxígeno. (Tito, 2020)

**Cianuro:** Los cianuros son una variedad de compuestos orgánicos que contienen  $-\text{C}\equiv\text{N}$ , los microorganismos aerobios que actúan como depuradores y los peces son susceptibles a la presencia de 0,1 mg/L de HCN. (Tito, 2020)

**Haloformos:** Los compuestos halogenados como Cl, F, Br e I se conocen como haloformos. Los trihalometanos, el tetracloruro de carbono y el dicloroetano son los compuestos que se han encontrado con más frecuencia en agua. (Tito, 2020)

**Metales:** Se pueden dividir en mercurio y cadmio. El mercurio tiene la capacidad de formar especies solubles e insolubles. El mercurio tiene un alto potencial de toxicidad debido a los procesos de bioacumulación. Los compuestos del cadmio pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos. La solubilidad en agua de los carbonatos, sulfuros e hidróxidos de cadmio es baja. (Tito, 2020)

Debido a que el pH aumenta, la solubilidad del ión cadmio disminuye. El cadmio es altamente tóxico y tiene un efecto acumulativo. Por lo tanto, es otro de los componentes cruciales para determinar los rasgos químicos del agua. (Tito, 2020)

**Pesticidas:** La toxicidad de los pesticidas varía según la naturaleza de los pesticidas, las especies y el estado de desarrollo. Los pesticidas se clasifican en insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, nematocidas y rodenticidas, entre otros, según su uso. (Tito, 2020)

**Oxígeno disuelto (OD):** Dependiendo de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica, el oxígeno es moderadamente soluble en agua. Al aumentar cualquiera de estas condiciones, la cantidad de oxígeno en el agua disminuye. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar oscila entre 15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C. El oxígeno es esencial para la vida acuática. (Tito, 2020)

### ***2.3.9. Monitoreo y control de calidad de agua.***

Como una fase inicial del sistema de alerta, el monitoreo del agua es beneficioso en la administración de desastres. El monitoreo de aguas es un servicio que con frecuencia enfrenta muchos desafíos, ya que se enfrentará a un escenario en tiempo real desde las perspectivas de un consumidor. Dado que en la actualidad los sistemas basados en análisis de laboratorio son demasiado lentos para mejorar la respuesta efectiva y no brindan el nivel de protección pública en tiempo real, se requieren sistemas de monitoreo de aguas en línea. (Kamaruidzama, 2020)

**Por qué es importante monitorear la calidad del agua.** El monitoreo de la calidad del agua proporciona información sobre diversas variables físicas, químicas y biológicas en un sistema hídrico determinado. Los programas de seguimiento recopilan

grandes cantidades de datos comparables en el espacio y el tiempo. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)

Por lo tanto, permiten registrar variables útiles para deducir la calidad del agua y evaluar si el agua se ve afectada por el uso y/o manejo continuo de la cuenca y el sistema mismo, y para desarrollar recomendaciones de manejo dirigidas a mejorar el bienestar de la salud pública y proteger los ecosistemas. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)

**Algunos objetivos que permiten abordar los monitoreos de calidad de agua son:**

- Caracterizar la calidad del agua e identificar cambios o tendencias a lo largo del tiempo. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)
- Identificar problemas específicos de calidad del agua existente o emergente. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)
- Recopilar información para desarrollar planes específicos de prevención o remediación de la contaminación. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)
- Determinar si los objetivos del programa de reducción de la contaminación (como el cumplimiento de las regulaciones o la implementación de medidas efectivas de control de la contaminación) se están cumpliendo o están siendo efectivos. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)
- Responder a emergencias como derrames e inundaciones. (Espacio Interdisciplinario, Udelar., 2018)

**2.3.10. *Deterioro de la calidad del agua.***

La demanda de más agua puede provocar problemas de calidad del agua. La contaminación es la principal causa de cambios en la composición física, química o biológica del agua, provocados por la introducción de sustancias o microorganismos innecesarios, que pueden suponer un riesgo para la salud humana a corto o largo plazo. (Aquae, 2021)

Las fuentes de contaminación del agua provienen de la industria, la ganadería, la agricultura, las ciudades e incluso los recursos naturales y pueden degradar la calidad del agua en la fuente, la captación, el agua subterránea o en cualquier otro lugar del área de suministro de agua. Una manipulación inadecuada no sólo provoca una disminución de la calidad, sino también un peligro para la salud. (Aqua, 2021)

### **2.3.11. Período de diseño**

El período de diseño se dedica a determinar cuándo el sistema se considera funcional y se deben evaluar varias variables para lograr un diseño económicamente viable. (Quijano, 2022)

Los códigos de construcción ecuatorianos especifican diferentes períodos para cada elemento que conforma un sistema de abastecimiento de agua, ya sea un sistema de plomería o un sistema de tratamiento. Según la vida útil de las distintas unidades que componen el sistema. Se recomienda el siguiente ciclo de diseño de la tabla 5: (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Tabla 5**  
Período de diseño de las diferentes obras hidráulicas

Componentes	Vida útil
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de almacenamiento	20 – 30 años
Tanques de almacenamiento	30 – 40 años
Tubería principal de la red	20 – 25 años
Tubería secundaria de la red	15 – 20 años

Fuente: Código Práctico Ecuatoriano, (2019)  
Elaborado por: Indio y Macías, (2024)

### 2.3.11.1. Población.

Los factores demográficos determinan la demanda de agua. Se determinará que toda la gente utilizará el sistema de agua potable propuesto, por lo que será necesario registrar a todos los residentes, determinar la distribución de los lugares públicos y el número de casas en cada calle. (Quijano, 2022)

### 2.3.11.2. Población futura.

El crecimiento puede ser producido por una población de un determinado número de habitantes, siempre y cuando el diseño esté claramente cronometrado y logre los resultados deseados. (Quijano, 2022)

Para conocer la población futura se realizarán cuatro censos de años anteriores, así como un censo, que actualmente se realiza de manera presencial, junto con la ayuda de los gobiernos locales o el INEI obtendremos el promedio de la población. 5 censos que obtendremos. y luego se debe usar la fórmula para encontrar el factor de crecimiento. (Quijano, 2022)

**Método aritmético.** Esto implica considerar el crecimiento de la población como constante, lo cual es un método. Esta es una predicción completamente teórica y es una situación en la que muy pocas personas se encuentran. Este tipo de crecimiento al calcular la población de diseño utilizando este método, Todo lo que se necesita es la población en dos momentos diferentes. (Macias, 2024)

Formula para del método aritmético en la ecuación 2.

$$Pf = Po * (1 + r * t)$$

**Ecuación 2** Población Futura (método aritmético)

Donde

$Pf$  = Población futura

$Po$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$t$  = Periodo de diseño (Macias, 2024)

**Método exponencial:** En el método exponencial, al igual que en el método de cálculo de la ecuación 2, se debe tener en cuenta la población actual del asentamiento y el número esperado de años de diseño, excepto que se debe calcular el crecimiento de la población con la ecuación 3. (Macias, 2024)

$$Pf = Po * e^{k(Tf - To)}$$

### **Ecuación 3** Población futura (método exponencial)

Donde:

$Pf$  = Población futura

$Po$  = Población actual

$k$  = Tasa de crecimiento calculada

$Tf$  = Tiempo futuro

$To$  = Tiempo actual

$n$  = Periodo de diseño (Macias, 2024)

**Tasa de Crecimiento:** La tasa de crecimiento está determinada por la brecha de crecimiento existente. Para crear un índice se deben tener en cuenta varios periodos entre un censo y en la tabla 6 se refleja, tasa de crecimiento si el estándar de diseño subsecretaría de saneamiento ambiental (SSA) tuviera esta información, Se recomiendan tasas de crecimiento anual del 1,5% para las zonas costeras Instrucciones de geometría. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Tabla 6**

Tasa de crecimiento poblacional

Región geográfica	$r$ (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: Código Práctico Ecuatoriano, (2019)

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Donde:

Pcp= Población del censo posterior (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

Pca= Población del censo anterior (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

Tcp= Año correspondiente al censo posterior (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

Tca= Año correspondiente al censo anterior. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

### 2.3.11.3. Demanda y consumo de agua:

**Determinación de dotaciones:** La demanda de agua está influenciada por el número de residentes locales durante el período de implementación del proyecto. Es necesario conocer la población actual a través de datos estadísticos obtenidos o encuestas realizadas por el diseñador, educación, cultura, clima, eliminación de excrementos, hábitos de bebida de la población, finalidad del consumo de agua, etc. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

La demanda se refiere a la cantidad de agua potable que se consume cada día para satisfacer la demanda. Necesidades de la población, incluido el consumo: hogares, empresas, industrias, La sociedad está consumida por los residuos y las fugas, expresados en litros/persona/día a efectos de diseño. (Macias, 2024)

La demanda poblacional final se calcula multiplicando la población futura por la demanda de población rural que establece el Código Ecuatoriano de la Construcción, en función del nivel de servicios o la importancia del proyecto, y dividiendo por años. Esta demanda incluye diversas actividades que los residentes realizan en sus hogares, así como actividades que los residentes realizan personalmente con fines de consumo e higiene. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Variaciones de la demanda:** Hay dos cambios en el consumo público de agua, Uno es el mayor consumo de agua por día en días festivos y otros momentos. Las horas

de mayor demanda y otras horas son las que más suelen ser en días normales cuando los residentes registran un mayor consumo durante la actividad. (Macias, 2024)

Se debe considerar la demanda máxima de la comunidad al dimensionar y evaluar el sistema. El diseño y dimensiones de los elementos de suministro de agua se basan en los cambios máximos de consumo diario y horario, los cuales se ven afectados por los coeficientes. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Dotación media actual:** Consumo medio diario de agua potable por habitante al inicio del periodo de diseño. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Dotación media futura:** Consumo medio diario de agua potable por habitante al final del periodo de diseño. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Determinación de la dotación media futura.** Las normas INEN determinan las reglas básicas para consumo interno de la población y los correspondientes niveles de oferta y servicios rurales como se observa en la tabla 7. (Macias, 2024)

**Tabla 7**  
Dotación media futura de agua en niveles de servicios

Nivel de Servicio	Clima Frio (L/hab. Día)	Clima Cálido (L/hab. Día)
la	25	30
lb	50	65
lia	60	85
lib	75	100

Nota: Descripción de la dotación de acuerdo el tipo de clima y nivel de servicio para las comunidades rurales.

Fuente: Código Práctico Ecuatoriano, (2019)

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

**Caudal medio diario (Qmd):** El caudal diario se calcula mediante la ecuación 4: (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

$$Q_{md} = f * \frac{(P * D)}{86400}$$

#### **Ecuación 4 Caudal Medio**

Donde:

Q<sub>m</sub> = Caudal medio (l/s) (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

f = Factor de fugas (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

P = Población al final del período de diseño (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

D = Dotación futura (l/hab x día) (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Caudal máximo diario (QMD):** El caudal máximo diario se refiere al consumo máximo registrado durante las 24 horas del año, el cual se obtiene multiplicando el caudal medio diario por el factor de consumo punta diario k<sub>1</sub>. La ecuación 5 de cálculo es la siguiente: (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

$$QMD = KMD * Qm$$

#### **Ecuación 5 Caudal Máximo**

En donde:

QMD= Caudal máximo diario (l/s) (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

KMD= Factor de mayoración máximo diario (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

**Caudal máximo horario (QMH):** El caudal máximo horario es el consumo máximo registrado en una hora al año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el factor de consumo máximo horario k<sub>2</sub> de la ecuación 6. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

$$QMD = KMH * Qm$$

### Ecuación 6 Caudal Máximo Horario

En donde:

QMH= Caudal máximo horario (l/s) (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

KMH= Factor de mayoración máximo horario (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio. (Código Práctico Ecuatoriano, 2019)

#### 2.3.11.4. Clasificación de los Usuarios Por Uso del Agua Prestadores del Servicio Público de Riego y Drenaje

Los prestadores del servicio público de riego y drenaje se clasifican de acuerdo a las siguientes Figuras 17 y 18:

**Figura 17**

Clasificación de prestadores del servicio público de riego y drenaje

Clasificación	Caudal autorizado (l/s)	Modelo de gestión
<b>Primer grupo: Prestadores públicos del servicio de riego y drenaje</b>	Mayor o igual a 1.000 l/s	Gestión realizada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial o Empresa Pública del Agua EP
<b>Segundo grupo: Prestadores públicos del servicio de riego y drenaje</b>	Menor a 1.000 l/s	Independientemente de quien realice la gestión
<b>Tercer grupo: Prestadores comunitarios del servicio de riego y drenaje</b>	Mayor o igual a 1.000 l/s	Independientemente de quien realice la gestión
<b>Cuarto grupo: Prestadores comunitarios del servicio de riego y drenaje</b>	Menor a 1.000 l/s	Independientemente de quien realice la gestión

Nota: Propuesta para la implementación de medidores de caudales en riego, Los proveedores públicos de agua potable y saneamiento se clasifican según el siguiente principio.

Fuente: Arca, (2019)

**Figura 18**

Clasificación de prestadores del servicio público de agua potable y saneamiento

Clasificación	Caudal autorizado
<b>Primer grupo: Prestadores públicos del servicio de agua potable y saneamiento</b>	Mayor a 300 l/s
<b>Segundo grupo: Prestadores públicos del servicio de agua potable y saneamiento</b>	Menor o igual a 300 l/s y mayor a 30 l/s
<b>Tercer grupo: Prestadores públicos del servicio de agua potable y saneamiento</b>	Menor o igual a 30 l/s
<b>Cuarto grupo: Prestadores comunitarios del servicio de agua potable y saneamiento</b>	Mayor a 30 l/s
<b>Quinto grupo: Prestadores comunitarios del servicio de agua potable y saneamiento</b>	Menor o igual a 30 l/s

Nota: Informe de resultados de encuesta para la instalación de aparatos y/o sistemas de medición de agua.  
Fuente: Arca, (2019)

### 2.3.11.5. Clasificación De Los Usuarios Por Aprovechamiento Productivo Del Agua

Los usuarios de agua de producción se clasifican según como se observa en las Figuras 19 y 20.

- a) Tipo Uso
- b) tráfico utilizado según la siguiente Figura

**Figura 19**

Clasificación por tipo de aprovechamiento

Tipo de aprovechamiento
Generación de hidroelectricidad.
Envasado de agua
Minería (a gran escala y otras mineras)
Riego para producción agropecuaria y agro industria de exportación
Turístico
Termal
Acuicultura
Industrial
Actividad hidrocarburífera
Otras actividades productivas

Nota: Banco Nacional de Autorizaciones.  
Fuente: Arca, (2019)

**Figura 20**  
Clasificación por caudal aprovechado

Tipo	Detalle
Extra grande	Con caudales mayores a 1800 l/s.
Grande	Con caudales mayores a 300 l/s y menores o iguales a 1800 l/s
Mediano	Con caudales mayores a 30 l/s y menores o iguales a 300 l/s.
Pequeño	Con caudales mayores a 5 l/s y menores o iguales a 30 l/s

Nota: Informe de clasificación de usuarios por caudal autorizado, Ex SENAGUA.  
Fuente: Arca, (2019)

### **2.3.12. Tecnología de bajo costo del agua.**

El ahorro de agua: el uso de la tecnología hidráulica y los sistemas de riego más adecuados en el medio rural. El agua es un recurso vital importante en la Tierra, sin agua no podemos sobrevivir. Por tanto, la contaminación y la escasez de agua son problemas que se buscan a nivel global.

La innovación hídrica debe ser una prioridad y tiene como objetivo conservar el agua y otros recursos naturales vitales. Afortunadamente, hoy contamos con los recursos tecnológicos para sugerir que la conservación del agua es posible. Además, la gente también consideró formas de ahorrar agua en la producción y el consumo doméstico.

#### **2.3.12.1. Economía Circular en el Manejo del Agua**

El agua juega un papel vital en la economía circular, aunque no suele estar representada en la mayoría de esquemas conceptuales. La economía del ciclo del agua y su importancia y en cómo aplicar los cambios necesarios para optimizar la gestión del agua.

**¿Qué papel juega el agua en la economía circular?** Básicamente, la economía circular es un modelo económico relacionado con la sostenibilidad, que tiene como objetivo preservar el valor de los recursos, materiales y productos usados durante el mayor tiempo posible y minimizar la generación de residuos. Uno de los objetivos de la estrategia de economía circular es aumentar la eficiencia en el uso del agua en un 10%. En este campo, el término economía circular se refiere a la capacidad de reutilizar el agua tal como ocurre en los ciclos naturales. (Telwesa, 2022)

A través del reciclaje del agua es posible reducir el consumo, darle una nueva vida al agua y reutilizarla para diferentes fines, como el riego o la limpieza. Existen muchos tipos de tecnologías de reciclaje de agua, como la ultrafiltración, la nana filtración o la filtración por membrana de ósmosis inversa. (Telwesa, 2022)

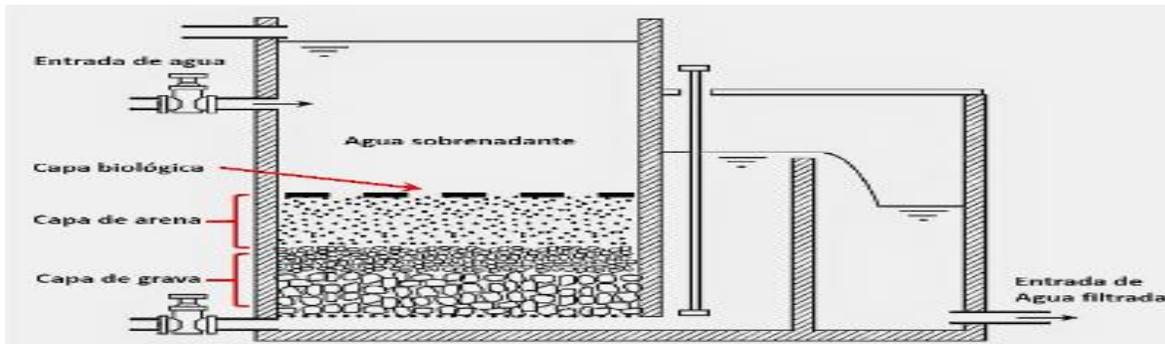
**Utilizar el agua de forma más sostenible.** No hay duda de que para implementar un modelo de economía circular y una gestión óptima de los recursos hídricos es necesario cambiar nuestra forma de pensar. El potencial de la economía circular del agua a escala descentralizada y urbana es muy fuerte. De hecho, muchas ciudades de España ya han implementado modelos circulares. Se están llevando a cabo muchos proyectos en todo el mundo para encontrar modelos sostenibles y preparados para el futuro. (Telwesa, 2022)

Sin embargo, en muchas áreas todavía se necesitan acciones más concretas para implementar esto. Lograr una gestión integrada de los recursos hídricos utilizando los principios de la economía circular requiere de la implicación de todos los actores, desde las administraciones públicas, empresas y organizaciones hasta los propios ciudadanos. En este sentido, es igualmente importante desarrollar un diálogo social y participativo basado en estrategias comunicativas y educativas adaptadas a los diferentes tipos de sociedad que conviven en nuestra sociedad. (Telwesa, 2022)

### **2.3.13. Filtro de arena**

Un filtro de arena es una parte importante de cualquier sistema de filtración de agua porque es la forma más eficaz de eliminar los sólidos suspendidos del agua y hacerla más limpia y pura como se observa en la Figura 21. (Oficina Tecnica Buigas , 2023)

**Figura 21**  
Filtro lento de arena.



Fuente: World Health Organization , (2000)

**Qué es un filtro de arena y para qué sirve:** Un filtro de arena consta de un tanque lleno de arena y otras partículas muy finas de carbón y vidrio y actúa como medio de filtración de líquidos se puedes apreciar en la figura 22.

El agua ingresa al filtro y pasa a través de la capa de arena, donde se capturan las partículas en suspensión. (Oficina Tecnica Buigas , 2023)

**Figura 22**  
Filtro de arena



Fuente: Guia de purificadores de agua , (2015)

Al mismo tiempo, el agua limpia fluye por el otro lado del filtro, regresa al circuito de tratamiento de agua y, finalmente, regresa a la fuente de agua a la que está conectado el sistema de filtración. Los filtros de arena son muy eficaces a la hora de capturar partículas muy pequeñas como algas, polvo y suciedad, por lo que son muy utilizados en la industria y en los hogares para mejorar la seguridad del agua. Esto mejora la calidad del agua, haciendo que nadar y observar sea más seguro y agradable. Hay disponible una amplia gama de filtros de arena para su uso en fuentes decorativas y piscinas, agua potable, aguas residuales y tratamiento de estanques y acuarios. (Carlos Buigas, 2023)

#### **2.3.13.1. Principales características de los filtros de arena.**

Los filtros de arena tienen varias propiedades que los hacen ideales para instalar en fuentes recreativas y decorativas se lo menciona a continuación:

- Son muy eficaces para capturar partículas pequeñas.
- Son fáciles de usar y mantener.
- Tienen una larga vida útil.
- Tienen válvula de retención.
- Son muy económicos en comparación con otro tipo de filtros.
- Retiene partículas contaminantes y elimina depósitos.
- Ajuste el flujo de agua. (Oficina Técnica Buigas , 2023)

#### **2.3.13.2. Como funciona un filtro de arena.**

El agua destinada a ser purificada entra al filtro a través de una tubería principal. Dentro del filtro, hay una capa de arena cuidadosamente seleccionada con un tamaño de grano específico para capturar partículas mientras permite que el agua fluya. Durante el proceso de filtración, el agua se mueve a través de la arena, donde las partículas y contaminantes presentes en el agua quedan atrapados entre los granos de arena. Esto permite que el agua limpia continúe su paso a través del filtro. Finalmente, el agua

purificada sale del sistema a través de una tubería secundaria, lista para el siguiente paso del proceso, como puede ser su uso en una piscina o su consumo directo. Con el tiempo, las partículas atrapadas en la arena pueden obstruir el flujo de agua, disminuyendo la eficiencia del filtro. Para mantener el sistema en funcionamiento, se realiza un procedimiento conocido como "lavado de arena", que consiste en renovar la arena del filtro. (Oficina Técnica Buigas , 2023)

### **2.3.13.3. Tipos de Filtro de arena.**

Existen varios tipos de filtros de este tipo disponibles en el mercado. Algunos de ellos incluyen:

- **Filtro de arena laminado:** Este filtro está construido con materiales duraderos, como poliéster reforzado con fibra de vidrio, lo que le proporciona una alta resistencia a la corrosión y una larga vida útil (Oficina Técnica Buigas , 2023)
- **Filtro de arena soplado:** Fabricado mediante un proceso de soplado de plástico, estos filtros son más económicos que los laminados, aunque ofrecen menor resistencia y durabilidad. (Oficina Técnica Buigas , 2023)
- **Filtro de cartucho:** En lugar de arena, este filtro utiliza cartuchos como medio de filtración. Aunque es más sencillo de mantener que los filtros de arena, su capacidad para retener partículas pequeñas es inferior. (Oficina Técnica Buigas , 2023)

## **2.4. Marco Legal:**

### **2.4.1. REGLAMENTO LEY RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA**

**Art. 1.- Composición del Sistema Nacional Estratégico del Agua.-** De acuerdo con lo previsto en el artículo 15 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua, el Sistema Nacional Estratégico del Agua está compuesto por:

1. La Autoridad Única del Agua, quién lo dirige;
2. El Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua;
3. Los Ministerios de Agricultura, Salud y Ambiente, y los demás que se dispongan por Decreto Ejecutivo;
4. La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), adscrita a la Autoridad Única del Agua;
5. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados; y,
6. Los Consejos de Cuenca.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el ámbito del agua y de los servicios públicos, ejercerán las competencias que les otorga el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y la Ley. Su relación con la Secretaría el Agua estará basada en los principios de autonomía, coordinación y complementariedad. (Delgado, 2015)

**Art. 41.- Funciones de las Juntas Administradoras de Agua Potable. -**  
Corresponde a las Juntas Administradoras de Agua Potable:

- a) Conservar, mantener, rehabilitar y operar las infraestructuras para la prestación de los correspondientes servicios;
- b) Construir y financiar nuevas infraestructuras, pudiendo recabar para ello las ayudas económicas procedentes, contando con el respectivo informe de viabilidad técnica que será emitido por la Subsecretaría de Agua Potable;
- c) Participar con la Secretaría del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable evitando su contaminación;
- d) Establecer las tarifas por la prestación del servicio, dentro de los criterios generales regulados en la Ley, este Reglamento y las regulaciones que para el efecto emita la ARCA, recaudadas y administrar el producto de la recaudación para el cumplimiento de los servicios que tengan encomendados;
- e) Aprobar los presupuestos para el funcionamiento de los servicios
- f) Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En el caso de que el conflicto no se pueda resolver internamente, se acudirá ante la Autoridad de

Demarcación Hidrográfica o al Responsable del Centro de Atención al Ciudadano, quien decidirá sobre el mismo cuando se corra traslado y en el ámbito de sus competencias; y,

g) Participar en los Consejos de Cuenca de la forma indicada en este Reglamento. (Delgado, 2015)

**2.4.2. Leyes orgánicas Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, Segundo Suplemento del Registro Oficial No.305, 6 de agosto 2014.**

**Art. 8.- Gestión integrada de los recursos hídricos.** - La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia. (Barrezueta, 2014)

**Art. 11.- Infraestructura hidráulica.** - Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

Las obras o infraestructura hidráulica podrán ser de titularidad pública, privada o comunitaria, según quien las haya construido y financiado, aunque su uso es de interés público y se rigen por esta Ley. En caso de estado de excepción o declaratoria de emergencia, en el cual el Estado requiera del agua para garantizar su provisión, a la

población afectada, la administración, el mantenimiento y uso de toda infraestructura hidráulica podrá ser realizada por el Estado, con independencia de su titularidad. (Barrezueta, 2014)

**Art. 35.- Principios de la gestión de los recursos hídricos.** - La gestión de los recursos hídricos en todo el territorio nacional se realizará de conformidad con los siguientes principios:

a) La cuenca hidrográfica constituirá la unidad de planificación y gestión integrada de los recursos hídricos;

b) La planificación para la gestión de los recursos hídricos deberá ser considerada en los planes de ordenamiento territorial de los territorios comprendidos dentro de la cuenca hidrográfica, la gestión ambiental y los conocimientos colectivos y saberes ancestrales;

c) La gestión del agua y la prestación del servicio público de saneamiento, agua potable, riego y drenaje son exclusivamente públicas o comunitarias;

d) La prestación de los servicios de agua potable, riego y drenaje deberá regirse por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad; y,

e) La participación social se realizará en los espacios establecidos en la presente Ley y los demás cuerpos legales expedidos para el efecto. (Barrezueta, 2014)

**Art. 21.- Agencia de Regulación y Control del Agua.** - La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), es un organismo de derecho público, de carácter técnico administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional. La Agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. La gestión de regulación y

control de la Agencia serán evaluados periódicamente por la Autoridad Única del Agua. (Barrezueta, 2014).

### **2.4.3. Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas.**

Art. 150.- Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente. (Delgado E. R., 2008)

Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente. (Delgado E. R., 2008).

### **2.4.4. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS.**

**Art. 37.- Servicios públicos básicos.** Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades: 1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y, 2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de

aguas lluvia. El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística. (Barrezueta, LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y, 2014)

#### ***2.4.5. AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL AGUA RESOLUCIÓN Nro. ARCA-DE-002-2021***

Agencia de Regulación y Control, en la forma establecida en esta Ley y en su Reglamento”; Que, el Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua dispone en el tercer inciso del artículo 90 que: “El titular de una autorización de uso de agua deberá instalar a su costo los aparatos de medición de flujo de agua en los términos que establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, debiendo estar en funcionamiento en el mismo momento del inicio del uso; y declarándose la reversión de dicha autorización si se comprueba que el aparato no ha sido instalado”;

Se realizó una revisión de marco legal con el fin de aplicar las constituciones legales al proyecto, sabiendo que todo lo que este escrito en la constitución se debe cumplir a pies de la letra, Por lo tanto, estas leyes que se adjuntaron ayudan a tener un mejor enfoque y conocimiento sobre lo que se va a implementar en el proyecto.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de la investigación.

En este proyecto, se utiliza un enfoque de investigación mixto para evaluar la calidad del tratamiento del agua potable en la comuna Cuatro Cruce, en la Parroquia Campozano del cantón Paján, en la provincia de Manabí. Realizamos un análisis del agua mediante métodos cuantitativos, midiendo parámetros como el pH, los niveles de contaminantes, la turbidez y la presencia de bacterias. Estos datos dieron una base objetiva y precisa sobre la calidad del agua.

Además, se llevó a cabo encuestas entre los residentes para recopilar información sobre sus percepciones y experiencias con el agua potable. Las encuestas ayudaron a entender cómo los habitantes perciben la calidad del agua, sus preocupaciones sobre la salud y cómo usan el agua en su vida diaria. También se recogieron sus sugerencias para posibles mejoras.

Con este enfoque mixto, se combinaron los datos objetivos del análisis del agua con las percepción y experiencias de los residentes, lo que dio una visión integral de la situación. Esto permite identificar con mayor precisión los problemas y desarrollar propuestas efectivas para mejorar el tratamiento del agua en la comuna Cuatro Cruce.

#### 3.2. Alcance de la investigación.

En este proyecto, se utiliza un enfoque de investigación exploratoria, ya que se requiere estudiar la prefactibilidad de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, en la comuna Cuatro Cruce. La región enfrenta una necesidad urgente de acceso a agua potable, por lo que es crucial investigar a fondo las posibles soluciones. Este tipo de investigación nos permite explorar diferentes aspectos del problema y las posibles alternativas para mejorar el suministro de agua. Continuar con

esta exploración ayudará a encontrar soluciones adecuadas y efectivas, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la parroquia.

### **3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos**

Realizar un estudio de prefactibilidad para el tratamiento de agua potable en la comuna Cuatro Cruce, implica recoger datos precisos sobre la calidad del agua, para ello se consideran los siguientes instrumentos como:

- Encuestas: Ayudan a obtener una visión clara de lo que la comunidad necesita y espera del agua potable. Esta información es fundamental para diseñar un sistema de tratamiento de agua que realmente responda a sus necesidades y mejore su calidad de vida.
- Ensayos: Los ensayos de laboratorio permiten identificar y medir la presencia de contaminantes en el agua, como bacterias, productos químicos y metales pesados. Esto es crucial para asegurarnos de que el agua sea segura para beber.

#### **3.3.1. Elaboración de Encuestas**

Se llevo a cabo encuesta utilizando la técnica de entrevista estructurada. Para ello, se emplearon cuestionarios diseñados específicamente, los cuales fueron administrados de manera presencial. Esta metodología permite recopilar datos detallados y consistentes sobre la percepción y uso del agua potable por parte de los habitantes.

Esta encuesta consta de diez preguntas cerradas, es decir sí o no, con el fin de favorecer y estar en acuerdo con la comunidad frente a esta propuesta, estas preguntas estarán relacionadas tanto económica, sociales, ambientales y habrá un estudio estadístico del número de respuestas a favor y en contra, el cual se podrá determinar el Coeficiente numérico Porcentaje favorable como se observa en la Figura 23.

**Figura 23**

Ficha para encuesta a moradores de Cuatro Cruce

N	Preguntas	SI	NO
1	¿Considera usted que el agua que llega a su casa es la adecuada para el consumo humano?	SI	NO
2	¿En este año ha notado usted cambio en la calidad de agua (color, sabor, olor)?	SI	NO
3	¿Considera que en el agua se están captando puede llegar a contaminarse?	SI	NO
4	¿Los miembros de su hogar utilizan alguna otra fuente de agua para su consumo?	SI	NO
5	Confía en que el sistema actual elimina bien los contaminantes y garantiza seguridad en el agua	SI	NO
6	¿Cree usted que implementando un sistema de tratamiento mejoraría la calidad de agua?	SI	NO
7	¿Estaría dispuesta(o) a pagar más por mejorar la calidad del agua y que se distribuya hasta su hogar?	SI	NO
8	¿Experimenta cortes en el suministro de agua de su domicilio?	SI	NO
9	Dado que la calidad del agua que consume la comunidad es esencial para la salud y bienestar, ¿le gustaría participar en iniciativas para proteger el medio ambiente y mejorar la calidad del agua en esta zona?	SI	NO
10	¿Está usted de acuerdo que las autoridades inviertan más en el tratamiento de agua?	SI	NO

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

### 3.3.2. Ensayo de calidad del agua

Los ensayos de calidad del agua son esenciales para asegurar que el agua que se consume y se usa en nuestra vida diaria sea segura y saludable. Gracias a estas pruebas, podemos identificar y solucionar problemas antes de que afecten nuestra salud y bienestar. El ensayo permite evaluar la Calidad del Agua, mediante diferentes pruebas y poder identificar aspectos como la turbidez (claridad), el pH (nivel de acidez), la dureza (minerales presentes) y la presencia de sustancias orgánicas.

### **3.3.3. Estimación del caudal del pozo Cuatro Cruce**

Se llevó a cabo la medición del caudal del agua utilizando el método volumétrico, el cual consiste en recoger un volumen conocido de agua durante un intervalo de tiempo específico y luego calcular el caudal dividiendo el volumen recogido entre el tiempo transcurrido. Este método proporciona una medida directa y precisa del caudal del agua.

### **3.3.4. Población y muestra**

#### **3.3.4.1. Población**

La Comuna Cuatro Cruce con una población de 130 habitantes con un aproximado de 26 vivienda, de 5 integrantes por familia que viven en casas distantes entre sí, creando una comunidad dispersa. La mayoría de las viviendas son modestas, construidas con materiales tradicionales, aunque también hay algunas más modernas. La separación entre las casas hace que el acceso a servicios básicos sea un desafío.

#### **3.3.4.2. Muestra**

Para determinar la cantidad de encuestados necesarios en la Comuna Cuatro Cruce, que cuenta con 130 habitantes, se utiliza una fórmula de cálculo de tamaño de muestra. Esta fórmula considera el tamaño total de la población, el nivel de confianza deseado y el margen de error aceptable. Suponiendo que se desea un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, podemos usar la siguiente ecuación 7:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

#### **Ecuación 7 Muestra**

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtendremos el tamaño de muestra requerido.

$$N = \frac{130 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{(130 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)} = 97$$

Por lo tanto, para una población de 130 habitantes, el tamaño de la muestra resultante sería aproximadamente 97 personas.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

#### 4.1. Generalidades

El proyecto que se presenta tiene como objetivo principal evaluar la calidad del agua y su capacidad de abastecimiento en la comunidad de la comuna Cuatro Cruces. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo la medición de caudal y se analizaron ocho parámetros clave de la calidad del agua, abarcando aspectos físicos, químicos y biológicos. Además, se realizó una encuesta dirigida a los residentes para recopilar su percepción sobre el suministro y uso del agua, aportando así una valiosa perspectiva comunitaria.

En cuanto a la medición del caudal, se empleó el método volumétrico, que consistió en medir el tiempo requerido para llenar un volumen conocido de agua en tres ocasiones distintas. Los resultados obtenidos se promediaron para calcular el caudal en litros por segundo, permitiendo evaluar la capacidad de la fuente de agua para satisfacer las necesidades de la comunidad.

Las muestras de agua fueron recolectadas cuidadosamente y enviadas al Laboratorio Ingestudios S.A. para su análisis, bajo la supervisión del Ingeniero Mario Márquez. Es necesario indicar que, este laboratorio se encuentra acreditado por la SAE (Servicio de acreditación ecuatoriano), en el laboratorio se examinó los ocho parámetros esenciales para determinar la calidad del agua: pH, DBO5, alcalinidad, turbidez, dureza, color, arsénico y coliformes fecales.

La participación de la comunidad fue fundamental en este estudio. Se realizaron encuestas a los moradores de la comuna Cuatro Cruces para obtener información sobre el uso del agua, su percepción sobre la calidad de la misma y los problemas relacionados

con su abastecimiento. Las respuestas de los residentes proporcionaron datos valiosos que complementaron los resultados técnicos.

Finalmente, el proyecto incluyó una evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján, Manabí. Se analizaron los costos de instalación, operación y mantenimiento del sistema, así como los beneficios esperados, que incluyen mejoras en la salud pública, la calidad de vida y la conservación del medio ambiente. La evaluación económica realizada permitió determinar la viabilidad del proyecto mediante un análisis costo-beneficio, asegurando que los recursos invertidos generarían un impacto positivo en la comunidad.

#### **4.2. Procedimiento del análisis de los objetivos**

Se detalla el proceso seguido para alcanzar los objetivos propuestos en el Estudio de prefactibilidad del sistema de tratamiento de agua potable en la Parroquia Campozano de la provincia de Manabí en la comuna Cuatro Cruce. A continuación, se describe cómo se llevaron a cabo las actividades correspondientes a cada uno de los objetivos específicos.

##### **Objetivo 1: Estimación de costos y beneficios del sistema de tratamiento de agua potable en Campozano, Paján, Manabí**

El primer paso fue la recopilación de datos preliminares. Se realizó visitas de campo en la comuna Cuatro Cruces para evaluar las condiciones actuales del suministro de agua. Durante estas visitas, se recopilaron datos sobre el número de habitantes, el consumo promedio de agua y las condiciones socioeconómicas de la comunidad. Con esta información, se pasó al análisis de costos, donde se identificaron los componentes necesarios para el sistema de tratamiento de agua, incluyendo equipos, materiales y mano de obra. Se obtuvieron cotizaciones de proveedores locales y regionales para calcular los costos totales de instalación, operación y mantenimiento del sistema.

Finalmente, se realizó una evaluación de beneficios, identificando tanto los directos como los indirectos, como la mejora en la calidad del agua y la reducción de enfermedades. Se aplicaron técnicas de análisis costo-beneficio para comparar los costos del proyecto con los beneficios esperados a lo largo del tiempo.

### **Objetivo 2: Evaluación de la capacidad de la fuente en función del volumen de agua disponible**

Para evaluar la capacidad de la fuente de agua, se procedió con la medición del caudal utilizando el método volumétrico. Se realizaron pruebas que consistieron en registrar tres mediciones de tiempo para llenar un volumen de 4 litros de agua, realizadas en intervalos de 20 minutos. Los tiempos fueron convertidos a segundos para calcular el caudal promedio en litros por segundo. A partir de estos resultados, se llevó a cabo un análisis de sostenibilidad, evaluando si la fuente de agua era capaz de abastecer a una población de 130 personas. Se comparó el caudal disponible con el consumo diario estimado de agua y se identificaron posibles medidas para aumentar la capacidad de la fuente o complementar el suministro si fuera necesario.

### **Objetivo 3: Análisis de la calidad del agua en el sitio de captación**

Para determinar el proceso de tratamiento de agua más adecuado, se comenzó con la recolección de muestras de agua en diferentes puntos y momentos del día en el sitio de captación. Estas muestras fueron transportadas al Laboratorio IngeeEstudios siguiendo estrictos protocolos de manejo y conservación. En el laboratorio, se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, evaluando parámetros clave como pH, turbidez, concentración de metales pesados y presencia de microorganismos patógenos. Con los resultados de estos análisis, se comparó la calidad del agua con los estándares de potabilidad establecidos. Esto permitió identificar los contaminantes presentes y su concentración, y así seleccionar el proceso de tratamiento más adecuado, que podría incluir filtración, desinfección, o coagulación-floculación, entre otros.

Este procedimiento integral permitió cumplir con los objetivos específicos de la tesis, proporcionando una evaluación exhaustiva de los costos y beneficios del sistema de tratamiento de agua, la capacidad de la fuente de agua, y la calidad del agua. Además, facilitó la selección del proceso de tratamiento más adecuado para asegurar un suministro de agua potable de calidad para la parroquia Campozano, Paján, Manabí.

### 4.3. Presentación y análisis de resultados.

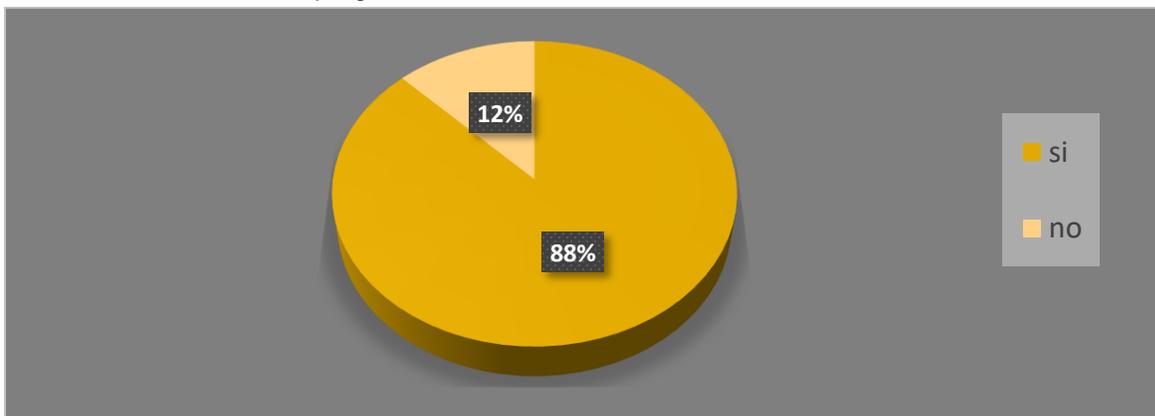
#### 4.3.1. Análisis de las encuestas.

Para evaluar la percepción y experiencia de los habitantes, seleccionamos una muestra de 97 personas para asegurar que los resultados sean representativos. Visitamos a los residentes en sus hogares, donde les hicimos preguntas detalladas y aclaramos cualquier duda que pudieran tener. Los datos que se recopilamos ayudaron a entender mejor las preocupaciones y necesidades de la comunidad.

**Pregunta 1:** ¿Considera usted que el agua que llega a su casa es la adecuada para el consumo humano?

**Figura 24**

Gráfico de resultados a la pregunta 1 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



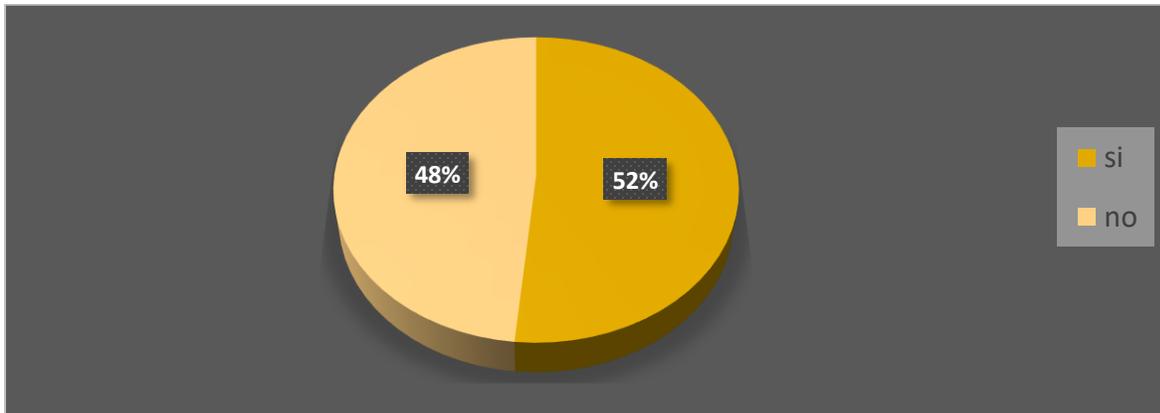
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si consideran que el agua que llega a sus casas es adecuada para el consumo humano, el 88% respondió que sí, mientras que el 12% dijo que no, como se muestra en la figura 24. Esto indica que, aunque la mayoría confía en la calidad del agua, todavía existe una preocupación significativa entre una parte de la comunidad sobre su seguridad para el consumo.

**Pregunta 2:** ¿En este año ha notado usted cambio en la calidad de agua (color, sabor, olor)?

**Figura 25**

Gráfico de resultados a la pregunta 2 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



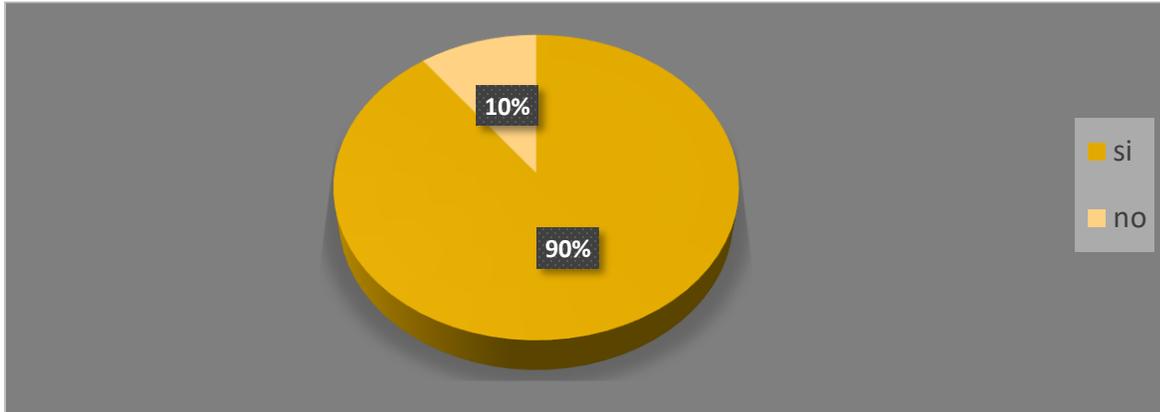
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si han notado algún cambio en la calidad del agua (color, sabor, olor) durante este año, el 48% respondió que sí, mientras que el 52% dijo que no, como se muestra en la Figura 25. Esto muestra que casi la mitad de la comunidad ha percibido variaciones en la calidad del agua, lo cual podría indicar problemas intermitentes o en el suministro.

**Pregunta 3:** ¿Considera que en el agua se están captando puede llegar a contaminarse?

**Figura 26**

Gráfico de resultados a la pregunta 3 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



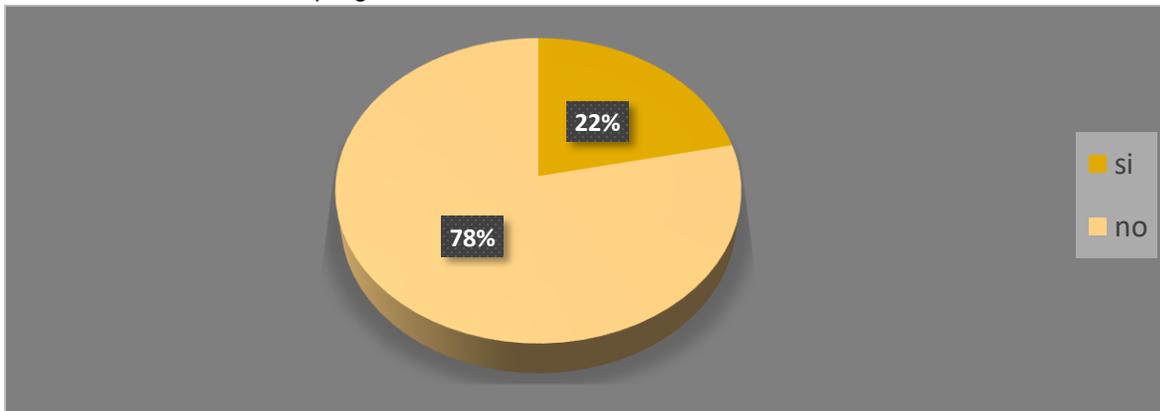
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si consideran que el agua que se está captando puede llegar a contaminarse, el 90% respondió que sí, mientras que el 10% dijo que no, como se muestra en la figura 26. Esto revela una gran preocupación entre la comunidad sobre la posibilidad de contaminación del agua, lo cual subraya la necesidad de mejorar y asegurar la calidad del suministro.

**Pregunta 4:** ¿Los miembros de su hogar utilizan alguna otra fuente de agua para su consumo?

**Figura 27**

Gráfico de resultados a la pregunta 4 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



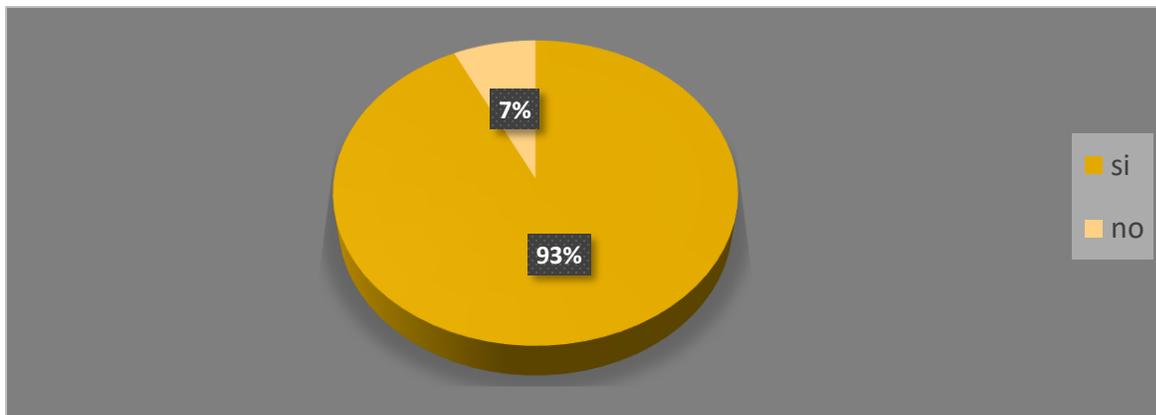
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si los miembros de su hogar utilizan alguna otra fuente de agua para su consumo, el 22% respondió que sí, mientras que el 78% dijo que no, como se muestra en la figura 27. Esto sugiere que la mayoría de los encuestados confía en el suministro principal de agua para sus necesidades diarias.

**Pregunta 5:** ¿Confía en que el sistema actual elimina bien los contaminantes y garantiza seguridad en el agua?

**Figura 28**

Gráfico de resultados a la pregunta 5 de la encuesta a los moradores de Cuatro



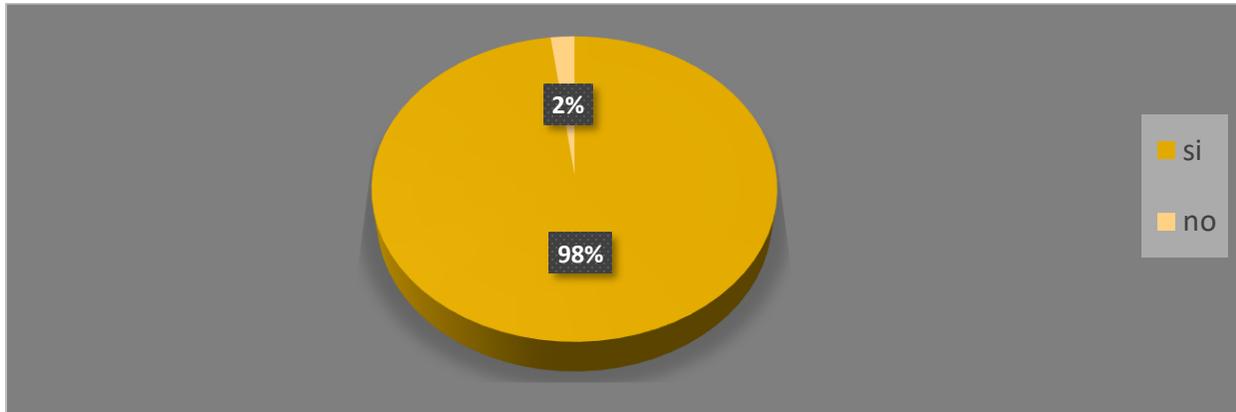
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si confían en que el sistema actual elimina bien los contaminantes y garantiza la seguridad del agua, el 93% respondió que sí, mientras que el 7% dijo que no, como se muestra en la figura 28. Esto indica que una gran mayoría de los encuestados tiene confianza en la manera que tratan el agua, aunque aún existe una pequeña parte de la comunidad que expresa dudas sobre su eficacia.

**Pregunta 6:** ¿Cree usted que implementando un sistema de tratamiento mejoraría

**Figura 29**

Gráfico de resultados a la pregunta 6 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



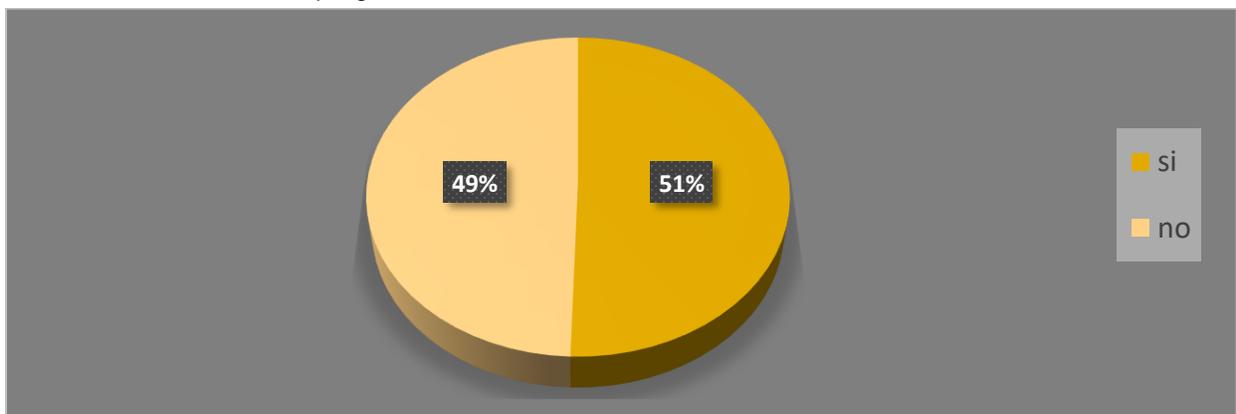
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si creen que la implementación de un sistema de tratamiento mejoraría la calidad del agua, el 98% respondió que sí, mientras que el 2% dijo que no, como se muestra en la figura 29. Esto demuestra que casi todos los encuestados creen que un mejor sistema de tratamiento podría mejorar significativamente la calidad del agua, subrayando una fuerte demanda por mejorar las condiciones actuales.

**Pregunta 7:** ¿Estaría dispuesta(o) a pagar más por mejorar la calidad del agua y que se distribuya hasta su hogar?

**Figura 30**

Gráfico de resultados a la pregunta 7 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



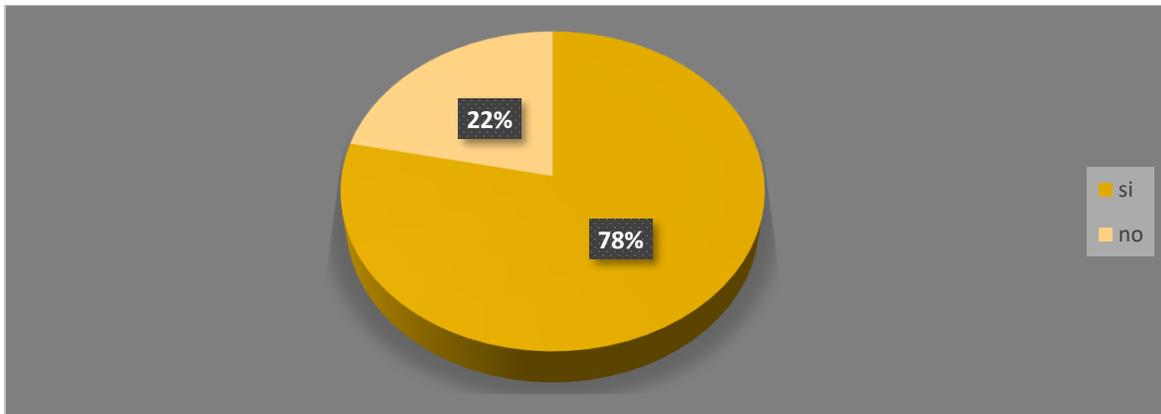
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si estarían dispuestos a pagar más para mejorar la calidad del agua y asegurar que se distribuya hasta su hogar, el 51% respondió que sí, mientras que el 49% dijo que no, como se muestra en la figura 30. Esto indica que una ligera mayoría está dispuesta a asumir un costo adicional para mejorar el suministro de agua, mientras que casi la mitad prefiere no incrementar sus gastos para lograr estas mejoras.

**Pregunta 8:** ¿Experimenta cortes en el suministro de agua de su domicilio?

**Figura 31**

Gráfico de resultados a la pregunta 8 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



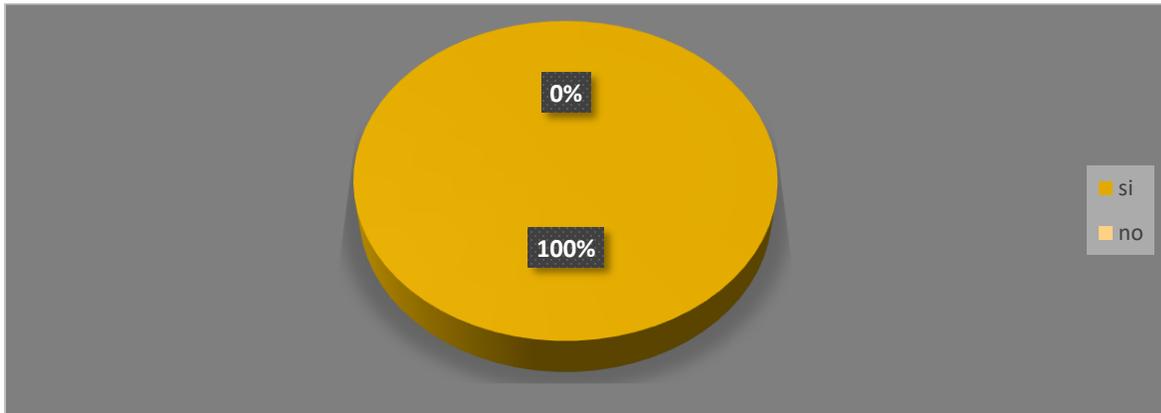
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si experimentan cortes en el suministro de agua de su domicilio, el 78% respondió que sí, mientras que el 22% dijo que no, como se muestra en la figura 31. . Esto indica que una gran mayoría de los encuestados enfrenta problemas frecuentes con la interrupción del suministro de agua, lo que sugiere una necesidad urgente de mejorar la consistencia del servicio.

**Pregunta 9:** Dado que la calidad del agua que consume la comunidad es esencial para la salud y bienestar, ¿le gustaría participar en iniciativas para proteger el medio ambiente y mejorar la calidad del agua en esta zona?

**Figura 32**

Gráfico de resultados a la pregunta 9 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



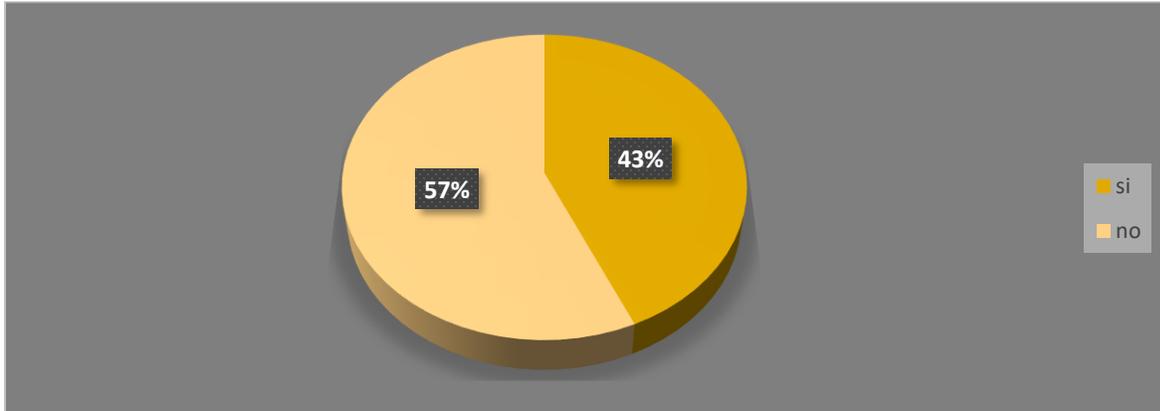
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Dado que la calidad del agua que consume la comunidad es esencial para la salud y el bienestar, preguntamos a los habitantes si les gustaría participar en iniciativas para proteger el medio ambiente y mejorar la calidad del agua en esta zona. Sorprendentemente, el 100% de los encuestados respondió que sí, como se muestra en la figura 32. Esto demuestra un fuerte compromiso y disposición de la comunidad para involucrarse activamente en esfuerzos que aseguren un suministro de agua más limpio y seguro. Los residentes reconocen la importancia de proteger el medio ambiente y están dispuestos a colaborar en proyectos que beneficien tanto a su salud como al ecosistema local. Esta respuesta unánime subraya la urgencia de implementar programas de participación comunitaria y educación ambiental que puedan canalizar este entusiasmo hacia acciones concretas y efectivas.

**Pregunta 10:** ¿Está usted de acuerdo que las autoridades inviertan más en el tratamiento de agua?

**Figura 33**

Gráfico de resultados a la pregunta 10 de la encuesta a los moradores de Cuatro Cruce.



Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Al preguntar a los habitantes si están de acuerdo en que las autoridades inviertan más en el tratamiento de agua, el 43% respondió que sí, mientras que el 57% dijo que no, como se muestra en la figura 33. Esto muestra que una minoría significativa de la comunidad apoya un aumento en la inversión para mejorar el tratamiento del agua, mientras que la mayoría no está a favor, posiblemente debido a preocupaciones sobre el costo o la efectividad de tales inversiones.

#### **4.3.2. Informe de Resultados de Análisis de Agua - Comuna Cuatro Cruces**

El agua es un recurso esencial para la vida y el bienestar de nuestra comunidad. En la Comuna Cuatro Cruces, conscientes de la importancia de asegurar la calidad de este valioso recurso, se ha realizado un análisis completo del agua que utilizan los moradores de esta comuna diariamente. Este informe presenta los resultados obtenidos, con el objetivo de proporcionar una visión clara y detallada sobre el estado actual del agua. A través de este estudio, buscamos no solo entender mejor la calidad del agua, sino también fomentar una gestión responsable y sostenible que garantice su pureza y disponibilidad para todos los habitantes. Este documento detalla los métodos empleados, los hallazgos obtenidos y las implicaciones de estos resultados para la comunidad como se muestra en la Tabla 8.

## Informe

- **Fecha del Informe:** 12 de julio de 2024
- **Fecha de Toma de Muestra:** 4 de julio de 2024
- **Fecha de Inicio del Análisis:** 10 de julio de 2024
- **Fecha de Fin del Análisis:** 11 de julio de 2024
- **Temperatura:** 23.7°C
- **Humedad:** 64.1%

**Tabla 8**  
Parámetros Analizados y Resultados

<b>Parámetros Analizados y Resultados</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Límite de Referencia</b>
<b>pH a 25°C</b>	u pH	7.90	6-9
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</b>	mg/l	2.09	100
<b>Alcalinidad</b>	mg/l	220	--
<b>Turbiedad</b>	FAU	0.00	--
<b>Dureza</b>	mg/l	359	--
<b>Color</b>	mg/l Pt-Co	0	--
<b>Arsénico</b>	mg/l	0.0003	0.01
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP/100ml	<1.8	2000

Nota: Principales parametro para el estudio de agua de la captacion de la comuna Cuatro Cruces.

Fuente: Laboratorio INGESTUDIOS S.A, (2024)

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

Es importante destacar que los resultados presentados en este informe se refieren exclusivamente a las muestras de agua que fue sometida a ensayo. Para asegurar la

precisión y confiabilidad de esta información, el informe debe considerarse en su totalidad y no ser reproducido de manera parcial.

Quisiera aclarar que las opiniones e interpretaciones que puedan surgir de estos resultados no están dentro del alcance de la acreditación solicitada al SAE. En todo momento, INGESTUDIOS S.A. se compromete a respetar la confidencialidad y la imparcialidad de este análisis, siguiendo estrictamente las leyes, los compromisos contractuales y las exigencias establecidas por la norma ISO 17025.

Los límites de referencia utilizados en este informe provienen de la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua, según lo estipulado en el Anexo 1 – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del año 2015.

#### **4.3.2.1. Interpretación de los Resultado del análisis del agua:**

En el análisis realizado, se obtuvieron los siguientes resultados para los parámetros evaluados:

- **pH:** El pH del agua es 7.90, lo cual está dentro del rango aceptable de 6-9.
- **DBO5:** La Demanda Bioquímica de Oxígeno es de 2.09 mg/l, muy por debajo del límite de 100 mg/l, indicando buena calidad del agua en términos de materia orgánica biodegradable.
- **Alcalinidad:** Un valor de 220 mg/l, lo cual es un nivel normal que indica capacidad del agua para neutralizar ácidos.
- **Turbiedad:** La turbiedad es de 0.00 FAU, indicando que el agua es muy clara.
- **Dureza:** Con 359 mg/l, indicando que el agua es dura.
- **Color:** El color es 0 mg/l Pt-Co, indicando que no hay color perceptible en el agua.

- **Arsénico:** Presencia de 0.0003 mg/l de arsénico, muy por debajo del límite de 0.01 mg/l, lo cual es seguro para el consumo.
- **Coliformes Fecales:** Menos de 1.8 NMP/100ml, muy por debajo del límite de 2000 NMP/100ml, indicando ausencia de contaminación fecal.

El análisis de la muestra de agua de la comuna Cuatro Cruces muestra que los parámetros evaluados están dentro de los límites aceptables establecidos por las normativas ambientales de Ecuador. El agua no presenta problemas significativos de contaminación y es apta para el consumo en base a los parámetros analizados. Este análisis exhaustivo no solo permite evaluar el estado actual del agua, sino también tomar decisiones informadas para su gestión y conservación. Sin embargo es necesario indicar que este muestreo se lo realizó en época de verano ( sin lluvia), de acuerdo a versión de moradores, en época invernal (presencia de lluvia) el agua se deteriora un poco, debido al arrates de sedimento (partículas en solución).

#### ***4.3.3. Cálculo del caudal del agua con el método Volumétrico.***

Para calcular el caudal utilizando el método volumétrico, el cual consiste en medir el volumen del líquido que pasa a través de un punto específico en un lapso de tiempo determinado, se utilizó un recipiente de volumen conocido para recoger el líquido durante un tiempo específico.

##### **4.3.3.1. Procedimiento:**

Primero necesitamos convertir los tiempos a segundos y luego calcular el caudal promedio a partir del volumen total y el tiempo total transcurrido. Vamos a convertir cada uno de los tiempos dados en el formato mm: SS.SS. 'a segundos, a continuación, se muestra en la tabla.

**Tabla 9**

Tiempo de la toma de caudal de minutos a segundos

Número de tomas	Tiempo (mm)	Tiempo (s)
1	01:31.02	91.021
2	01:53.81	113.811
3	01:25.60	85.601

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

La Tabla 9 presenta la conversión del tiempo de medición de caudal desde minutos a segundos. Para cada una de las tres tomas, el tiempo registrado en minutos y segundos (mm) se transforma al formato exclusivamente en segundos (s), con el fin de facilitar análisis posteriores y comparaciones precisas. Esta conversión es fundamental para garantizar una uniformidad en las mediciones y así permitir un análisis más detallado del comportamiento del caudal en cada instancia de medición.

- **Calcular el caudal**

El caudal Q se calcula utilizando la ecuación 8:

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

**Ecuación 8 Caudal**

Donde:

V: es el volumen total (4 litros)

t: es el tiempo total en segundos

- **Sustituir los valores en la fórmula**

**Tabla 10**

Análisis del caudal del volumen en función del tiempo

<b>Formula de Caudal</b>	<b>volumen</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Resultados</b>
$Q = \frac{V}{t}$	4 litros	91.021	Q1= 0.0439 l/s
	4 litros	113.811	Q2= 0.0351 l/s
	4 litros	85.601	Q3= 0.0467 l/s

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

En esta tabla se presenta un análisis detallado del cálculo del caudal, obtenido a partir de la relación entre el volumen y el tiempo. Para este análisis, se realizaron tres mediciones con un intervalo de 20 minutos, utilizando un volumen fijo de 4 litros de agua. Los tiempos registrados para cada medición fueron de 91.021 segundos, 113.811 segundos y 85.601 segundos, lo que resultó en caudales individuales (Q1, Q2 y Q3) como se muestra en la tabla 10.

El caudal promedio se puede calcular sumando los tres caudales individuales y dividiéndolos entre el número de mediciones:

$$Q_{promedio} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} = \frac{0.0439 + 0.0351 + 0.0467}{3} = 0.0419 \text{ l/s}$$

El caudal promedio de 0.0419 l/s indica una tasa de flujo relativamente constante, lo cual es crucial para evaluar la capacidad de la fuente de agua en abastecer a la comunidad. Al comparar este caudal con el consumo promedio de agua de la comunidad, se podrá determinar si la fuente actual es suficiente para satisfacer la demanda diaria de los habitantes o si será necesario implementar medidas adicionales, como la construcción de un sistema de almacenamiento o la búsqueda de fuentes complementarias.

Este resultado también sirve como una base para el análisis de sostenibilidad del sistema de suministro de agua, ayudando a proyectar si la fuente podrá mantener su capacidad a lo largo del tiempo, especialmente durante épocas de sequía o aumento en la demanda.

**Cálculo para saber si abastece el agua de la comunidad:** Para Determinar si el caudal calculado de 0.0419 litros por segundo es suficiente para abastecer a 130 personas, necesitamos conocer el consumo de agua diario por persona y compararlo con la cantidad de agua que puede proporcionar el caudal en un día.

- Paso 1: Determinar el consumo de agua diario por persona: El consumo diario según el nivel de servicio IIA de la Norma CO 10.7-602 –Revisión de la Secretaría del agua es de 85 litros por persona al día.
- Paso 2: Calcular el consumo total diario: Para 130 personas, el consumo total diario sería:

$$130 \text{ personas} * 85 \frac{\text{litros}}{\text{persona}} = 11.050 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

- Paso 3: Calcular el agua proporcionada por el caudal en un día: El caudal que tenemos es de 0.0419 litros por segundo. Para saber cuántos litros se pueden proporcionar en un día, convertimos el caudal a litros por día:

1. Primero, convertimos el caudal a litros por minuto:

$$0.0419 \frac{\text{litros}}{\text{segundo}} \times 60 \frac{\text{segundos}}{\text{minuto}} = 2.514 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

2. Luego, convertimos a litros por hora:

$$2.514 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}} = 150.84 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$$

3. Finalmente, convertimos a litros por día:

$$150.84 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} = 3,620.16 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

- Paso 4: Comparar el agua proporcionada con el consumo total diario: El caudal de 0.0419 litros por segundo proporciona aproximadamente 3,620.16 litros por día. Comparado con el consumo necesario de 11,050 litros por día para 130 personas, vemos que el caudal es insuficiente.

$$3,620.16 \frac{\text{Litros}}{\text{dia}} < 11,050 \frac{\text{Litros}}{\text{dia}}$$

A pesar que la demanda es mayor que la oferta es necesario indicar que este volumen de agua faltante no es constante durante el día sino es solo necesario en las horas de mayor demanda de agua (aproximadamente 6 horas durante el día). Por lo cual, es indispensable el reservorio (almacenamiento) que existe actualmente en la comuna, ya que este permite amortiguar los volúmenes de agua faltante.

#### **4.3.4. Análisis Ambiental para la Protección y Sostenibilidad del Manantial**

La gestión sostenible de los recursos hídricos requiere un enfoque integral que no solo aborde la calidad del agua, sino también la protección del manantial y el entorno circundante. En la comunidad de Cuatro Cruces, la preservación del manantial es esencial para asegurar un suministro de agua potable a largo plazo. A través de la implementación de medidas de protección, monitoreo y participación comunitaria, se busca minimizar el riesgo de contaminación y garantizar que el manantial continúe siendo una fuente segura y confiable de agua. El pozo mostrado en la figura 34 se debe de cuidar la parte ambiental, se considera lo siguiente.

**Figura 34**

Pozo para recolectar agua del Riachuelo.



Nota: Pozo donde se recolecta parte del agua para que no se seque el Riachuelo.  
Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

#### **4.3.4.1. Protección del Manantial:**

La protección física del manantial es la primera línea de defensa contra la contaminación. Las estructuras de protección alrededor del manantial evitarán la entrada de desechos orgánicos y químicos que podrían comprometer la calidad del agua. La construcción de cercas y la colocación de señalización son medidas cruciales para restringir el acceso a personas no autorizadas y animales, reduciendo así la posibilidad de contaminación accidental.

Además, mantener una cobertura vegetal adecuada en las inmediaciones del manantial no solo previene la erosión del suelo, sino que también actúa como una barrera natural para filtrar contaminantes antes de que lleguen al agua subterránea. Este enfoque

contribuye a preservar la calidad del agua de manera natural y a mantener la integridad del ecosistema local.

**Monitorización y Control:** El monitoreo continuo de la calidad del agua es vital para garantizar que el agua del manantial cumpla con los estándares de potabilidad. Los análisis periódicos permiten la detección temprana de cualquier cambio en la calidad del agua, lo que facilita la implementación de medidas correctivas antes de que se conviertan en problemas graves.

Además, un programa de monitoreo ambiental es esencial para identificar posibles fuentes de contaminación en el entorno del manantial, como actividades agrícolas, industriales o residenciales cercanas. Detectar y mitigar estas amenazas ayuda a prevenir la degradación del manantial y asegura su protección a largo plazo.

**Educación y Participación Comunitaria:** La protección del manantial no puede lograrse sin la participación activa de la comunidad. Desarrollar programas de educación ambiental que informen a los residentes sobre la importancia de proteger las fuentes de agua es fundamental para fomentar un sentido de responsabilidad compartida. La participación comunitaria en las actividades de protección y mantenimiento del manantial garantiza que los esfuerzos de conservación sean sostenibles y adaptados a las necesidades locales.

#### ***4.3.5. Análisis de Costos Directos e Indirectos para la Implementación del Sistema de Tratamiento de Agua***

El éxito de la implementación de un sistema de tratamiento de agua no solo depende de su efectividad técnica, sino también de una gestión financiera sólida que contemple todos los costos asociados. Los costos directos e indirectos juegan un papel crucial en determinar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto en la comunidad de Cuatro Cruces. A continuación, se analiza cada uno de estos componentes en detalle.

**4.3.5.1. Costos Directos:** Los costos directos se refieren a los gastos directamente atribuibles a la instalación y operación del sistema de tratamiento de agua. Estos incluyen:

Equipamiento y Materiales:

- **Filtro de Arena:** La compra del equipo de filtración de arena, que incluye los filtros, tanques, y otros componentes, representa un costo significativo. Es crucial seleccionar equipos de alta calidad para asegurar una vida útil prolongada y un mantenimiento eficiente.
- **Medios Filtrantes:** El costo de la arena u otros materiales filtrantes necesarios para el sistema de filtración es un gasto recurrente, ya que estos medios deben ser reemplazados periódicamente para mantener la efectividad del sistema.
- **Tuberías y Conexiones:** Las tuberías y conexiones necesarias para integrar el sistema de filtración con la infraestructura existente también son un costo directo que debe ser considerado en el presupuesto inicial.
- **Bombas:** La compra de bombas para el transporte del agua dentro del sistema es otro costo directo importante. Estas bombas deben ser seleccionadas según el caudal y las necesidades del sistema, asegurando eficiencia energética y durabilidad.

Instalación:

- **Construcción:** Los costos de obra civil para la instalación del filtro y sus componentes incluyen la construcción de bases, la colocación de equipos, y cualquier otra estructura necesaria para soportar el sistema.

- **Mano de Obra:** Los salarios de técnicos y obreros encargados de la instalación representan una parte importante del costo directo. Es fundamental contratar personal calificado para asegurar una instalación correcta y eficiente.

#### Operación y Mantenimiento:

- **Mantenimiento Rutinario:** El costo de mantenimiento incluye la limpieza regular del sistema, la reparación de partes defectuosas, y el reemplazo de componentes cuando sea necesario. Mantener un cronograma de mantenimiento adecuado es esencial para prolongar la vida útil del sistema.
- **Consumo de Energía:** Operar bombas y otros equipos requiere un consumo constante de energía, lo que representa un costo operativo recurrente. Optimizar el uso de energía puede reducir significativamente este gasto.

#### Productos Químicos y Otros Insumos:

- **Productos Químicos:** Si se utilizan productos químicos para la limpieza del sistema o en tratamientos previos, estos representan un costo directo adicional.
- **Reemplazo de Medios Filtrantes:** El material filtrante, como la arena, debe ser reemplazado periódicamente para asegurar que el sistema continúe operando de manera efectiva. Este es un costo recurrente que debe ser planificado.

**4.3.5.2. Costos Indirectos:** Los costos indirectos son aquellos gastos que no están directamente relacionados con la instalación o operación diaria del sistema, pero que son esenciales para su funcionamiento a largo plazo:

#### Costos de Capital:

- **Amortización:** La depreciación del equipo y la infraestructura debe ser considerada para entender el costo total de propiedad del sistema. Este costo refleja la pérdida de valor de los activos a lo largo del tiempo.
- **Intereses Financieros:** Si el proyecto fue financiado a través de préstamos, los intereses asociados representan un costo indirecto que debe ser gestionado cuidadosamente para evitar cargas financieras excesivas.

#### Costos Administrativos:

- **Personal Administrativo:** Los salarios del personal encargado de la gestión del proyecto y del sistema, incluyendo la planificación, coordinación y supervisión, son esenciales para el éxito operativo del sistema.
- **Costos de Gestión:** Los gastos generales relacionados con la administración del sistema, como el mantenimiento de registros, la gestión de inventarios, y la supervisión de las operaciones, deben ser considerados en el presupuesto.

#### Costos de Formación:

- **Capacitación del Personal:** La formación del personal es crucial para asegurar que el sistema sea operado y mantenido de manera segura y eficiente. Los costos asociados con la capacitación inicial y continua del personal deben ser planificados como una inversión a largo plazo en la sostenibilidad del sistema.

#### Costos de Monitoreo y Control de Calidad:

- **Equipos de Monitoreo:** Para asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad, es necesario invertir en equipos de monitoreo que permitan un seguimiento continuo de la calidad del agua.
- **Análisis de Laboratorio:** Los costos de análisis periódicos del agua en laboratorios certificados son necesarios para garantizar que el sistema esté funcionando correctamente y que el agua tratada sea segura para el consumo.

Costos de Rehabilitación y Actualización:

- **Renovación del Sistema:** Con el tiempo, el sistema de tratamiento puede requerir actualizaciones o mejoras para mantener o aumentar su capacidad y eficiencia. Estos costos de rehabilitación deben ser anticipados y planificados como parte de la gestión a largo plazo del sistema.

#### **4.3.6. Presupuesto Referencial**

El presupuesto referencial para el sistema de filtración de arena fue elaborado considerando los costos de materiales, mano de obra, y equipos necesarios para su implementación. La inversión total estimada de \$48,000 asegura la adquisición y montaje de un sistema que permitirá mejorar la calidad del agua potable en la Comuna Cuatro Cruces. Este presupuesto es fundamental para la toma de decisiones y la planificación de recursos en el proyecto de tratamiento de agua potable, a continuación, se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

Presupuesto referencial del Sistema de Filtración de Arena para Agua Potable

Componente	Descripción	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
<b>Equipos y Materiales</b>				
Filtro de arena	Costo del equipo de filtración	\$5,000	1	\$5,000
Arena (medios filtrantes)	Costo de la arena por m <sup>3</sup>	\$50	10 m <sup>3</sup>	\$500
Tuberías y accesorios	Costo por metro de tubería y accesorio	\$10	100 m	\$1,000
Bombas	Costo de las bombas por unidad	\$1,500	2	\$3,000
<b>Instalación</b>				
Construcción (obra civil)	Construcción de infraestructura	\$120/m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	\$12,000
Mano de obra para la instalación	Mano de obra para instalación	\$25/hora	400 horas	\$10,000
Equipos de instalación	Alquiler/compra de equipos de instalación	\$200/día	15 días	\$3,000
<b>Operación y Mantenimiento</b>				
Mantenimiento rutinario	Costo de mantenimiento regular	\$500/mes	12 meses	\$6,000
Productos químicos para limpieza	Productos químicos necesarios	\$150/mes	12 meses	\$1,800
Costos de energía	Consumo de energía para operación	\$0.12/kWh	10,000 kWh	\$1,200
<b>Costos Adicionales</b>				
Monitoreo y control de calidad	Equipos y análisis de laboratorio	\$2,000/año	1 año	\$2,000
Capacitación personal del	Capacitación del personal	\$500/persona	5 personas	\$2,500

Nota: Estos rubros ayudaran a evaluar si el proyecto es viable antes de proceder con una evaluación más detallada.

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

**Tabla 12**

APU - Sistema de Filtración de Arena para Agua Potable

<b>Categoría</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Equipos y Materiales</b>	\$9,500
<b>Instalación</b>	\$25,000
<b>Operación y Mantenimiento</b>	\$9,000
<b>Costos Adicionales</b>	\$4,500
<b>Costo Total Estimado</b>	<b>\$48,000</b>

Nota: Esta tabla resume todos los costos asociados con la implementación y operación de un sistema de filtración de arena para tratamiento de agua potable.

Elaborado por: Indio y Macías, (2024)

#### **4.3.6.1. APU Referencial - Sistema de Intercambio Iónico**

Para crear un Análisis de Precios Unitarios (APU) referencial para un sistema de intercambio iónico en Manabí, se proporciona un cuadro detallando los costos de mano de obra, materiales, equipo, operación y mantenimiento. Estos valores pueden variar dependiendo del proveedor, la localidad específica y las condiciones del mercado. Para obtener un APU más preciso, se recomienda contactar directamente a proveedores en la zona, a continuación, se refleja en la Tabla 13.

**Tabla 13**

APU Referencial - Sistema de Intercambio Iónico

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo Total (USD)
<b>Construcción (Obra Civil)</b>				
Excavación y nivelación de terreno	m <sup>3</sup>	10	20.00	200.00
Cimentación y losa de concreto	m <sup>3</sup>	5	120.00	600.00
<b>Instalación</b>				
Mano de obra para instalación	jornada	20	25.00	500.00
Equipos de instalación (bombas, tuberías)	unidad	1	1500.00	1500.00
<b>Operación y Mantenimiento</b>				
Mantenimiento rutinario	mensual	12	100.00	1200.00
Productos químicos para limpieza	mensual	12	50.00	600.00
Costos de energía eléctrica	mensual	12	200.00	2400.00
<b>Costos Adicionales</b>				
Monitoreo y control de calidad	mensual	12	80.00	960.00
Capacitación del personal	evento	2	300.00	600.00

Notas: Los precios indicados son referenciales y pueden variar dependiendo del proveedor y la ubicación específica en Manabí.

Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

**Total, Estimado del Sistema de Intercambio Iónico: \$9,560.00 USD**

Según la Tabla 10 el costo estimado total para implementar un sistema de intercambio iónico se calcula en aproximadamente \$9,560.00 USD. Esta tabla desglosa los costos asociados con los diferentes componentes y labores necesarias para la instalación del sistema.

Es importante considerar costos adicionales como permisos, transporte y posibles impuestos. Contactar a proveedores locales específicos en Manabí para obtener cotizaciones reales y crucial para un APU exacto.

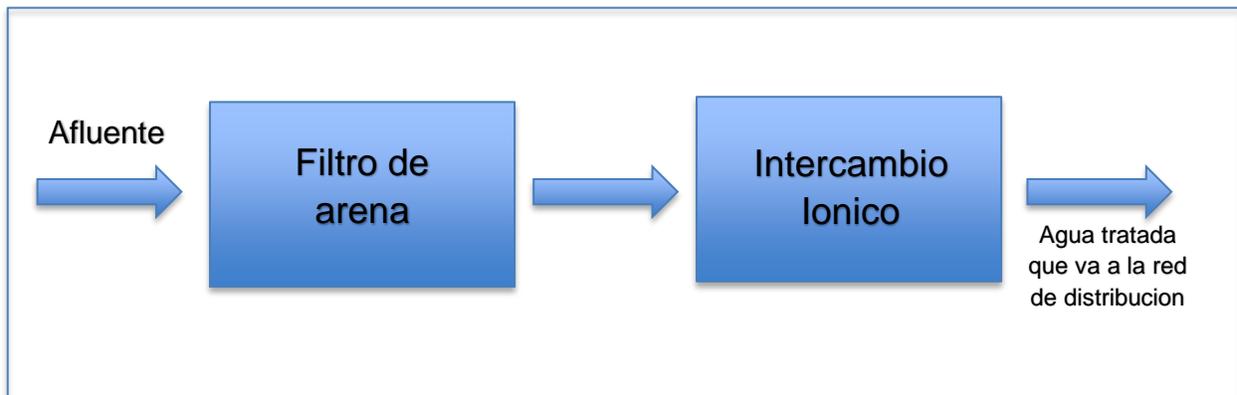
Para un análisis más detallado y preciso, se recomienda buscar proveedores locales específicos o contactar a empresas especializadas en tratamiento de agua en la provincia de Manabí.

#### 4.4. Propuesta

##### 4.4.1. Proceso de tratamiento

El proceso de tratamiento que se recomienda es un filtro de arena, seguido de un intercambio iónico como se indica en la figura 35.

**Figura 35**  
Proceso de tratamiento



Notas: Proceso de tratamiento que se recomienda es un filtro de arena, seguido de un intercambio iónico. Elaborado por: Indio y Macias, (2024)

##### 4.4.1.1. Implementación de un Filtro de Arena

Dado el análisis de la calidad del agua que se ha presentado, la implementación de un filtro de arena podría ser beneficiosa, pero quizás no sea absolutamente necesaria en este caso.

##### Ventajas del Filtro de Arena:

- **Turbidez:** Aunque la turbidez ya es de 0.00 FAU, lo que indica un agua extremadamente clara, un filtro de arena garantizaría que se mantenga en ese estado al remover cualquier partícula suspendida que pudiera entrar en el sistema en el futuro.
- **Coliformes Fecales:** Aunque los coliformes fecales están muy por debajo del límite permitido, el filtro de arena puede ayudar a reducir aún más la carga microbiana, aunque no es el método principal para eliminar microorganismos.

### **Consideraciones:**

- **Dureza del Agua:** La dureza del agua es de 359 mg/l, lo que la clasifica como dura. Un filtro de arena no afectaría este parámetro. Para reducir la dureza, se necesitaría un tratamiento adicional, como un descalcificador.
- **DBO5, pH, Alcalinidad, Arsénico:** Estos parámetros están dentro de los límites aceptables, y un filtro de arena no tendría un impacto significativo en ellos.

Instalar un filtro de arena puede ser una medida adicional de protección, particularmente útil para la remoción de partículas suspendidas y la reducción de la turbidez. Aunque el análisis de agua realizado durante el verano muestra resultados muy positivos en la mayoría de los parámetros, no se debe ignorar que las condiciones pueden variar con las estaciones. Durante el invierno, las lluvias pueden afectar la calidad del agua al incrementar la cantidad de sedimentos y partículas en suspensión que ingresan al sistema de captación.

Por lo tanto, aunque el filtro de arena no es estrictamente necesario en las condiciones actuales, su implementación podría ser una precaución valiosa para mantener la claridad del agua y garantizar que cualquier fluctuación en la calidad, especialmente durante la temporada de lluvias, no comprometa el suministro de agua a la comunidad. De esta manera, el filtro de arena serviría como una barrera adicional para proteger la calidad del agua a lo largo del año, complementando otros sistemas de tratamiento más específicos, como el intercambio iónico para la reducción de la dureza.

#### 4.4.1.2. Descalcificación del Agua mediante Intercambio Iónico

Una de las principales preocupaciones identificadas en el análisis de calidad del agua en la comunidad de Cuatro Cruces es la alta dureza del agua, con una concentración de 359 mg/l. Para abordar este problema y mejorar la calidad del agua para su consumo y uso doméstico, se propone la implementación de un sistema de ablandamiento de agua mediante intercambio iónico.

- **Descripción del Método**

El intercambio iónico es un proceso ampliamente utilizado para la descalcificación del agua. En este método, los iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), que son los principales responsables de la dureza del agua, son intercambiados por iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) o potasio ( $\text{K}^+$ ) a través de un medio de resina cargado con estos últimos. A medida que el agua dura pasa por el ablandador, los iones de dureza son atrapados en la resina y liberan iones de sodio o potasio en su lugar, resultando en agua blanda.

- **Ventajas del Intercambio Iónico**

Eficacia Comprobada: El intercambio iónico es uno de los métodos más efectivos y confiables para reducir la dureza del agua. Su uso está ampliamente extendido en aplicaciones tanto domésticas como industriales debido a su capacidad para eliminar eficazmente los iones de calcio y magnesio.

Mejora de la Calidad del Agua: Al reducir la dureza, se minimiza la formación de depósitos de cal en tuberías y electrodomésticos, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia energética.

Adaptabilidad: Este sistema puede ser escalado para satisfacer las necesidades específicas de la comunidad de Cuatro Cruces, ya sea a nivel doméstico o comunitario.

La implementación de un sistema de intercambio iónico para la descalcificación del agua en Cuatro Cruces representa una solución viable y efectiva para mejorar la calidad del agua y la salud de la comunidad. A través de un mantenimiento adecuado y una gestión consciente de los recursos, este método puede proporcionar un suministro constante de agua blanda, beneficiando tanto a los hogares como a las infraestructuras locales.

## CONCLUSIONES

Se realizó un análisis detallado de los costos asociados con la implementación de un sistema de tratamiento de agua potable en la parroquia Campozano, Paján, Manabí. El costo total del sistema, que asciende a \$57,560.00 USD, incluye la adquisición de equipos, materiales, instalación y mantenimiento. Al distribuir este costo entre las 26 viviendas de la parroquia, se estima un costo aproximado de \$2,213.85 USD por vivienda. Esta inversión es fundamental para garantizar un acceso sostenible y seguro al agua potable en la comunidad.

A través de la medición del caudal utilizando el método volumétrico, se determinó que el manantial que abastece a la comunidad de Cuatro Cruces tiene un caudal promedio de 0.0419 litros por segundo, lo que se traduce en aproximadamente 3,620.16 litros por día. Este volumen es insuficiente en comparación con el consumo diario necesario de 11,050 litros para 130 personas. Aunque la demanda supera la oferta, es importante destacar que el déficit de agua no es constante a lo largo del día, sino que se concentra en las horas de mayor consumo, aproximadamente 6 horas diarias. En este contexto, el reservorio existente en la comuna juega un papel crucial, ya que permite almacenar agua y cubrir las necesidades durante los periodos de mayor demanda. Esta capacidad de almacenamiento es fundamental para mitigar la insuficiencia del caudal del manantial, asegurando un suministro más equilibrado a lo largo del día.

Los resultados del análisis de calidad del agua indican que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites aceptables para el consumo humano. Sin embargo, se identificó una dureza elevada (359 mg/l), que podría causar problemas en las instalaciones y la salud a largo plazo. Para abordar este problema, se propuso la implementación de un sistema de intercambio iónico para la descalcificación del agua, el cual es altamente efectivo y ajustable a las necesidades de la comunidad.

Adicionalmente, se consideró la instalación de un filtro de arena como medida preventiva para proteger la calidad del agua, especialmente durante el invierno.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la jefatura parroquial buscar financiamiento para la implementación de un sistema de intercambio iónico y un filtro de arena, lo que permitirá mejorar la calidad del agua y reducir su dureza. Además, es esencial fomentar entre los usuarios prácticas de conservación del agua, como la instalación de dispositivos de bajo consumo y la educación sobre el uso eficiente de este recurso vital. Estas medidas no solo contribuirán a optimizar el uso del caudal disponible, sino que también promoverán la sostenibilidad del suministro a largo plazo, asegurando que la comunidad de Cuatro Cruces disponga de agua de calidad en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades diarias.

Realizar evaluaciones periódicas del sistema de tratamiento de agua para asegurar que siga cumpliendo con las necesidades de la comunidad. Ajustar el sistema según los cambios en la población, el consumo de agua y las condiciones ambientales garantizará la eficiencia y efectividad continuas del tratamiento.

Desarrollar programas de educación y sensibilización para la comunidad sobre la importancia de la protección y el uso adecuado del agua. Involucrar a los residentes en las actividades de mantenimiento y protección del manantial fomentará una mayor responsabilidad colectiva y contribuirá a la sostenibilidad del sistema de agua.

Establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar periódicamente la calidad del agua. El monitoreo debe incluir análisis de parámetros clave como dureza, turbidez y otros indicadores de calidad. Esta práctica permitirá detectar y abordar cualquier cambio en la calidad del agua de manera oportuna, asegurando que el suministro se mantenga dentro de los estándares de potabilidad.

Aunque el análisis de agua muestra baja turbidez y buena calidad general, se recomienda la instalación de un filtro de arena como medida preventiva, especialmente para manejar posibles incrementos en la turbidez durante la temporada de lluvias. Esto ayudará a mantener la claridad del agua y a proteger la calidad del suministro frente a variaciones estacionales.

## Bibliografía

- ABM, L. (2 de octubre de 2023). <https://laboratorioabm.com/tipos-de-parametros-fundamentales-para-medir-la-calidad-del-agua/>
- Aconsa. (30 de 07 de 2023). <https://aconsa-lab.com/parametros-fisicos-de-calidad-del-agua/>
- Alanya, C. J. (2024). Reducción de la turbidez en aguas del drenaje minero en la empresa aurífera retamas mediante coagulación y floculación. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14405#:~:text=Reducci%C3%B3n%20de%20la%20turbidez%20en%20aguas>
- Aquae, F. (23 de 12 de 2021). Fundación del Agua. <https://www.fundacionaquae.org/la-fundacion/>
- Arca. (2019). <https://leap.unep.org/en/countries/ec/national-legislation/resoluci-n-dir-arca-rg-012-2022-expide-la-norma-t-cnica-para-el#:~:text=Se%20establecen%20las%20obligaciones%20y%20responsabilidades%20de%20la,para%20las%20muestras%20y%20an%20lisis%20de%20muestra>
- Aquae ODS. (11 de 08 de 2021). <https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/>
- Barcena, Q. M., & Calderon, Q. A. (2022). Calidad de agua para el consumo humano y percepción local de la población de la microcuenca de Palccaro, distrito de Tambobamba, región Apurímac. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13856>
- BossTech. (2022). <https://elperiodicodechia.com/cundinamarca/se-estudia-construccion-de-38-plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-ptap/>
- Bulmaro, N. (26 de 04 de 2022). Floculación para el tratamiento de aguas. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2022/04/floculacion-trtamiento-de-aguas.html#:~:text=Primera%20etapaLas%20part%C3%ADculas>
- BY-NC-SA, C. (s.f.). LibreTexts Español. [https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnologia\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Agua/Agu](https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnologia_de_Sistemas_de_Agua/Agu)

a\_150%3A\_Tratamiento\_de\_Agua\_y\_Operaciones\_de\_Planta\_I\_(Titiriga)/01%3A\_Cap%C3%ADtulos/1.04%3A\_Coagulaci%C3%B3n\_y\_Floculaci%C3%B3n

Castro, S. F., & Zabala, I. M. (2024). Caracterización de la curva de consumo diario de agua potable en la zona rural del canton de Baños de agua santa, Provincia de Tunguragua. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/41120>

CC BY. (s.f.). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Código Práctico Ecuatoriano. (2019). Norma de diseño para sistema de abastecimiento de agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos líquidos en el área Rural. <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>

Cornejo, T. E. (2022). Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío Monte Sullon, distrito Catacaos, provincia de Piura, departamento de Piura, para su incidencia en la condición sanitaria de la población. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/29764>

El Agua Potable. (s.f.). <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>

Enciclopedia Significados. (25 de 03 de 2024). <https://www.significados.com/agua/>

Epa. (s.f.). <https://www.epa.gov/>

Escuela de Postgrado Industrial. (Julio de 2021). Retrieved 13 de June de 2024, from <https://postgradoindustrial.com/tratamiento-del-agua-potable-un-proceso-importante-para-la-salud/>

Escuela de Postgrado Industrial. (02 de Julio de 2021). <https://postgradoindustrial.com/tratamiento-del-agua-potable-un-proceso-importante-para-la-salud/>

Espacio Interdisciplinario, Udelar. (17 de 11 de 2018). <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>

Estrella, G. A., & Espinoza, M. L. (2024). Control de la etapa de coagulación y floculación de un prototipo de Planta de tratamiento de agua potable usando TIA portal. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27922/1/UPS-GT005404.pdf>

Fundacion Aquae. (27 de 09 de 2021). <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-el-agua/>

Galo Leonardo Cobeña-Zambrano, C. E.-A. (2017). Análisis de la contaminación del agua e incidencia por consumo en la salud de la población del sitio Río Santo parroquia Ricaurte del Cantón Chone. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/claustro/article/view/136#:~:text=En%20el%20presente%20trabajo%20se%20comprob%C3%B3%20el%20tipo,ra%C3%ADz%20de%20la%20ingesta%20de%20agua%20no%20tratada.>

Google Earth Pro. (2024). <https://earth.google.com/web/>

Grundfos México. (2022). <https://www.grundfos.com/mx/learn/research-and-insights/water-filtration>

Guia de purificadores de agua . (2015). <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/filtracion-de-agua-con-arena/>

Henry. (2020). Instituto del agua. <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/filtracion-del-agua-definicionfiltracion-de-agua/#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20de%20agua%20es%20un%20proces%20que,varios%20filtros%20que%20capturan%20las%20part%C3%ADculas%20no%20deseadas.>

Hermann, E., & Prunes, E. (27 de 03 de 2022). <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/que-es-el-agua-subterranea-y-por-que-es-tan-importante#:~:text=El%20agua%20subterr%C3%A1nea%20se%20encuentra%20bajo>

Herrera, A. L., & Quisaguano, S. K. (2019). Evaluación de la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la junta administradora de agua potable de Tambillo. Quito. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20309>

iAgua. (2018). <https://www.iagua.es/noticias/epmaps-agua-quito/quito-lidera-cumplimiento-ods-cobertura-y-calidad-agua-potable>

Igrac. (2018). <https://www.un-igrac.org/es/es/que-es-agua-subterranea>

Instituto del Agua. (s.f.). <https://institutodelagua.es/filtracion-de-agua/filtracion-planta-de-tratamiento-de-agua-potablefiltracion-de-agua/>

- Julio, B. (2019). <https://biopolcom.cl/index.php/2019/07/19/que-es-la-biodegradacion/>
- Laboratorio INGESTUDIOS S.A . (2024). [https:// INGEESTUDIOS S.A. aporta al control de calidad del agua – Servicio de Acreditación Ecuatoriano \(acreditacion.gob.ec\)](https://INGEESTUDIOS S.A. aporta al control de calidad del agua – Servicio de Acreditación Ecuatoriano (acreditacion.gob.ec))
- Lenntech. (21 de Agosto de 2023). <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20del%20agua%20significa%20la%20extracci%C3%B3n%2C%20desactivaci%C3%B3n,de%20la%20reproducci%C3%B3n%20y%20crecimiento%20de%20esto%20microorganismos.>
- LibreTexts, E. (2022). LibreTexts Espanol. [https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnolog%C3%ADa\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Agua/Agua\\_150%3A\\_Tratamiento\\_de\\_Agua\\_y\\_Operaciones\\_de\\_Planta\\_I\\_\(Titiriga\)/01%3A\\_Cap%C3%ADtulos/1.04%3A\\_Coagulaci%C3%B3n\\_y\\_Floculaci%C3%B3n](https://espanol.libretexts.org/Vocacional/Tecnolog%C3%ADa_de_Sistemas_de_Agua/Agua_150%3A_Tratamiento_de_Agua_y_Operaciones_de_Planta_I_(Titiriga)/01%3A_Cap%C3%ADtulos/1.04%3A_Coagulaci%C3%B3n_y_Floculaci%C3%B3n)
- Lifeder. (2020). <https://www.lifeder.com/floculacion/>
- Llugsha, M. N. (2021). Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua. [https://catalogo.utc.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18446&shelfbrowse\\_itemnumber=20869](https://catalogo.utc.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18446&shelfbrowse_itemnumber=20869)
- Lozano y Palacio, (2007). Ministerio de la proteccion social, Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. [https://fenavi.org/wpcontent/uploads/2018/05/Res\\_2115\\_220707-Calidad-Agua-Potable-1.pdf#:~:text=IMPLICACIONES%20SOBRE%20LA%20SALUD%20HUMANA.%20Las](https://fenavi.org/wpcontent/uploads/2018/05/Res_2115_220707-Calidad-Agua-Potable-1.pdf#:~:text=IMPLICACIONES%20SOBRE%20LA%20SALUD%20HUMANA.%20Las)
- Macias, I. G. (2024). Diseño de la red de agua potable para la parroquia Arq. Sixto Durán. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6099/1/Loor%20Mac%c3%adas%20lder%20Gabriel.pdf>
- México, W. T. (03 de 02 de 2024). Desinfección del Agua: Garantizando la Pureza a Través de Métodos Efectivos.

- <https://www.tratamientosdeagua.com/ventaenlinea/blog/Purificador-de-agua/Desinfeccion-del-Agua-Garantizando-la-Pureza-a-Traves-de-Metodos-Efectivos>
- Oficina Técnica Buigas . (16 de 06 de 2023). <https://www.otbwaterdesign.com/que-es-y-como-funciona-un-filtro-de-arena/>
- Párraga, C. (2019). Manual orgánico estructural, Funcional del gobierno autónomo descentralizado parroquial rural de Camposano. [https://Historia de la parroquia Camposano \(goraymi.com\)](https://Historia de la parroquia Camposano (goraymi.com))
- Paucar, P. C., & González, C. V. (2023). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA) caso de estudio: río jubones, Ecuador. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6953>
- Peruvian Services. (2020). <https://peruvianservices.com.pe/#:~:text=PERUVIAN%20SERVICES%20fundada%20en%20el%20a%C3%B1o>
- Pulido, B. G. (8 de julio de 2012). <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-gil/biotecnologia-ambiental-y-tratamiento-de-aguas>
- Quijano, Z. G. (2022). Diseño del sistema de gravedad sin tratamiento. [https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/24587/AGUA\\_POTABLE\\_ABASTECIMIENTO\\_DE\\_AGUA\\_POTABLE QUIJANO\\_ZEVALLOS\\_GEANCARLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/24587/AGUA_POTABLE_ABASTECIMIENTO_DE_AGUA_POTABLE QUIJANO_ZEVALLOS_GEANCARLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, O. (2022). Desinfección del agua: una revisión a los tratamientos convencionales y avanzados con cloro y ácido peracético. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185469/Ocampo-RodriguezVazquez-RodriguezMartinez-Hernandez%20-%20Water%20disinfection%20a%20review%20of%20conventional....pdf?sequence=1>
- Romero, G. J. (2022). Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local en la población de la ciudad de Naranjillo, distrito Luyando – Leoncio Prado. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/ff98d50c-7bf0-4664-8a5b-353cce569be0>

- Salazar, R. C. (2020). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la laguna de Punrun- provincia de Pasco-2019.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2151>
- Spena Group. (10 de 12 de 2016). <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-agua-potable/>
- Suárez, R. V. (2021). Analisis y propuestas de mejora del sistema de captación y bombeo de agua cruda a la planta de agua potable, Aguapen. EP ubicada en Atahualpa provincia de Santa Elena.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5971>
- Telwesa. (21 de 12 de 2022). <https://telwesa.com/economia-circular-del-agua/#:~:text=El%20agua%20juega%20un%20papel%20fundamental%20en%20la,para%20una%20%C3%B3ptima%20gesti%C3%B3n%20de%20los%20recursos%20h%C3%ADdricos.>
- Tito, B. (2020). Parámetros químicos del agua.  
<https://ingenieriaambiental.net/parametros-quimicos-del-agua/>
- Tuesca, R., & Ávila, H. (2015). Fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano.  
[https://books.google.com.ec/books?id=6BnSCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6BnSCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- ULVR. (2024). <https://www.ulvr.edu.ec/>
- Verdugo, O. M. (2023). Método de instalación para el almacenamiento de agua potable en una parroquia de la Provincia del Guayas.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6427>
- WaterTechnologiesdeMéxico. (03 de 01 de 2024).  
<https://www.tratamientosdeagua.com/ventaenlinea/blog/Purificador-de-agua/Desinfeccion-del-Agua-Garantizando-la-Pureza-a-Traves-de-Metodos-Efectivos>
- WeAreWater Foundation. (19 de 03 de 2019). <https://www.wearewater.org/es/insights/el-agua-simbolo-y-metafora/>

World Health Organization . (2000). <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/filtraci%C3%B3n-lenta-de-arena>

Zarza, L. F. (2024). iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-superficiales>

# Anexos

## Anexo1

### Resultados de análisis de agua



**INFORME DE RESULTADOS** No.0318-24

<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/07/12		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple				
Empresa : --		Identificación de la muestra : Comuna cuatro cruces				
Dirección : --		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176-2013				
Solicitado por : --		Fecha de Toma : 2024/07/04				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : ENTREGADO POR EL CLIENTE				
F.Inicio del Análisis : 2024/07/04 T°C : 23,7		Hora : --				
F.Fin del Análisis : 2024/07/11 %H : 64,1		Fecha de Ingreso : 2024/07/04				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
pH a 25°C	u pH	7,90	0,1 u pH	SM 4500-H PE 1.1.	PE 1.1	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	2,09	--	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100
Alcalinidad	mg/l	220	--	SM 8203B PE 4.1	PE 1.41	--
Turbiedad	FAU	0,00	--	Método Absorbotométrico 8237.	PE 1.22	--
Dureza	mg/l	359	--	SM 2150 PE 1.28	PE 1.22	--
Color	mg/l	0	--	Método Platino Cobalto 8025.	PE 1.19	--
Arsenico	mg/l	0,0003	--	SM 3113 B	PEE.EE.07	0,1
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,8	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples).	PE 1.7	2.000



**INGEESTUDIOS S.A.**  
MARIO ARTURO MARQUEZ GALLEGOS

Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial solo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015) (U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA:	--	LIMITE DE CUANTIFICACION:	LDQ
------------	----	---------------------------	-----

F PG7.8-01 R04

Dirección: Km 11,5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratorioingestudios@gmail.com

Página 1 de 1

**Anexo 2**  
Encuestando



**Anexo 3**  
Cisterna



**Anexo 4**  
Toma de muestra



**Anexo 5**  
Captación de Hormigón Armado



Anexo 6  
Pozo

