



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Ambiental

Proyecto de investigación:

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA EN LA JUNTA
ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SAN FELIPE, CANTÓN MOCACHE,
PROVINCIA LOS RÍOS, ECUADOR”**

Autor:

Ariel Francisco Zarate Guerra

Directora de Proyecto de Investigación:

Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ARIEL FRANCISCO ZARATE GUERRA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ARIEL FRANCISCO ZARATE GUERRA

C.I: 1206322925



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Zarate Guerra Ariel Francisco**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Propuesta de un plan de seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita, **Ing. Norma María Guerrero Chuez MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “Propuesta de un plan de seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador”, Presentado por el estudiante **Ariel Francisco Zarate Guerra**, egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 95% y similitud 5%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Se adjunta imagen del sistema COMPILATIO.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS original	
Ariel Zarate Guerra_Tesis_Seguridad Hidrica en JAAP_Ing Norma Guerrero	
5% Textos sospechosos	
4% Similitudes - 1% similitudes entre comillas - 1% entre las fuentes mencionadas - 2% frases no reconocidas	
Nombre del documento: Ariel Zarate Guerra_Tesis_Seguridad Indica en JAAP_Ing Norma Guerrero.pdf ID del documento: d4de11aaf14b6f012780dfe6542af6d54e19456 Tamaño del documento original: 5.18 MB	Depositar: NORMA MARIA GUERRERO CHUEZ Fecha de depósito: 10/3/2024 Tipo de carga: Interfaz Fecha de fin de análisis: 10/3/2024
Número de palabras: 39.561 Número de caracteres: 262.579	

Ing. Norma María Guerrero Chuez, MSc

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Propuesta de un plan de seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable
San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Ambiental.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Geog. Lidia Vlassova, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Alberto Nieto Cañarte, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Cecilia Carolina Tay-Hing Cajas, MSc

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios todopoderoso, por ser el motor de esperanza y fe que siempre me ha bendecido con sabiduría y conocimiento, permitiéndome culminar esta etapa de mi vida. A él debo el magnífico lema que me ha guiado: "Encomienda al Señor tu camino; confía en él, y él actuará" (Salmos 37:5).

A mis maravillosos padres, Estrella y Francisco, les agradezco profundamente su arduo trabajo y sacrificio para brindarme su apoyo a lo largo de toda mi carrera. A mis queridas hermanas, Jessica, Diana y Viviana, también les agradezco su incondicional apoyo y presencia constante en cada momento.

Quiero expresar mi gratitud a la UTEQ, especialmente al Proyecto FOCICYT Novena Convocatoria "Seguridad Hídrica en Juntas Administradoras de Agua Potable de la provincia Los Ríos, Ecuador", dirigido por la Ing. Norma Guerrero, quien me acogió y permitió contribuir en esta importante investigación.

A mi estimada y respetada directora de tesis, Ing. Norma Guerrero, le agradezco infinitamente la oportunidad de ser su ayudante de cátedra e investigación, lo cual me ha permitido adquirir nuevas experiencias y conocimientos laborales. Además, agradezco su tiempo y dedicación para orientarme en mi investigación, sus enseñanzas han sido fundamentales para mi formación profesional.

A mis distinguidos docentes de la carrera les expreso mi profundo agradecimiento por sus sabias enseñanzas, las cuales me han ayudado a crecer profesionalmente. Quiero hacer una mención especial a la Ing. Carolina Tay Hing, al Ing. Harrys Lozano y al Ing. Roberto Barragan, por su sincera amistad y cariño durante este proceso.

Por último, deseo agradecer a mi maravilloso grupo "La Queso" - Anthony, José, Andrea, María, Melanie y Sofía - quienes estuvieron a mi lado durante los últimos cuatro semestres de mi carrera. Les agradezco su apoyo moral, ya que, en los momentos de duda, estuvieron allí para alentarme a seguir adelante y no rendirme. De antemano, ¡muchas gracias!

Ariel Francisco Zarate Guerra

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios Todopoderoso, quien es la fuente de sabiduría y amor que me guía y protege en mi vida diaria. Como dice Filipenses 4:13, “**Todo lo puedo en Cristo que me fortalece**”.*

A mis queridos padres, Estrella y Francisco, y a mis hermanas Jessica, Diana y Viviana, les dedico este logro de todo corazón, ya que son una parte fundamental de mi vida. Con todo el amor del mundo, quiero expresarles cuánto los amo.

A la estimada Ingeniera Norma Guerrero, mi tutora de tesis, le dedico este logro. Su guía y apoyo han sido fundamentales en el arduo trabajo que he llevado a cabo.

También me dedico este logro a mí mismo, reconociendo el esfuerzo y la dedicación que he invertido en mi carrera. Considero que merezco este reconocimiento.

Finalmente, dedico este logro a todos aquellos que dudaron de mis capacidades y creyeron que no podría lograrlo. Su incredulidad ha sido mi motivación para demostrarles lo contrario.

Ariel Francisco Zarate Guerra

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" se encuentra enfrentando desafíos significativos en cuanto al suministro de agua. En respuesta a esta situación, se ha elaborado un detallado plan de seguridad hídrica con el objetivo de mejorar la gestión del recurso en un lapso de tres años. Este plan se sustenta en una metodología exhaustiva que abarca un diagnóstico a través de listas de verificación, entrevistas con el personal operativo y encuestas de satisfacción de los usuarios. Además, se llevaron a cabo análisis en laboratorio de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos para identificar peligros asociados y cuantificar riesgos, así como el desarrollo de propuestas para abordar eventos peligrosos de alto riesgo. Los resultados del diagnóstico evidencian deficiencias significativas en el tratamiento del agua, la presencia de conexiones clandestinas que comprometen la calidad y cantidad del suministro, y limitaciones financieras que obstaculizan la implementación de mejoras. La percepción de los usuarios sobre la calidad del agua y la comunicación con la Junta Administradora, demostró la importancia de la transparencia y la participación comunitaria en la gestión del recurso hídrico. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos identificaron parámetros por encima de los estándares normados, indicando que según el ICA NSF el agua es relativamente de mala calidad. Esto destaca la urgencia de implementar medidas correctivas para garantizar un suministro de agua potable seguro y confiable para los usuarios de "San Felipe". El plan de seguridad hídrica propuesto incluye medidas como la modernización de la infraestructura, la gestión integral de riesgos y la participación activa de expertos y miembros de la comunidad en la toma de decisiones. El objetivo final es asegurar un suministro de agua potable seguro, sostenible y de calidad para todos los usuarios.

Palabras clave: Plan de seguridad hídrica; Índice de calidad del agua; Parámetros fisicoquímicos; Junta Administradora de Agua Potable.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The Potable Water Management Board "San Felipe" is facing significant challenges regarding water supply. In response to this situation, a detailed water security plan has been developed with the aim of improving resource management within a three-year timeframe. This plan is based on a comprehensive methodology that includes a diagnosis through checklists, interviews with operational staff, and user satisfaction surveys. Additionally, laboratory analysis of microbiological and physicochemical parameters is conducted to identify associated hazards and quantify risks, as well as the development of proposals to address high-risk hazardous events. The diagnostic results have shown significant deficiencies in water treatment, the presence of clandestine connections compromising the quality and quantity of supply, and financial constraints hindering the implementation of improvements. User perception of water quality and communication with the Management Board demonstrated the importance of transparency and community participation in water resource management. Physicochemical and microbiological analyses identified parameters above standard levels, indicating that according to ICA NSF, the water from the board is relatively of poor quality. This underscores the urgency of implementing corrective measures to ensure a safe and reliable supply of potable water for "San Felipe" users. The proposed water security plan includes measures such as modernizing the supply system infrastructure, comprehensive risk management, and active involvement of experts and community members in decision-making. The ultimate goal is to ensure a safe, sustainable, and quality supply of potable water for all users.

Keywords: Water security plan; Water quality index; Physicochemical parameters; Drinking Water Administration Board.

TABLA DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
CÓDIGO DUBLÍN	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema	6
1.1.3. Sistematización del problema	6
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II.....	8
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Agua.....	9
2.1.2. Propiedades del agua	9
2.1.3. Agua potable.....	9
2.1.4. Sistema de abastecimiento de agua	9
2.1.5. Junta administradora de agua potable.....	10
2.1.6.1. Captación.	10
2.1.6.2. Almacenamiento.	10

2.1.6.3.	<i>Tratamiento.</i>	10
2.1.6.4.	<i>Distribución.</i>	11
2.1.7.	<i>Calidad del agua</i>	11
2.1.8.	<i>Índice de calidad del agua</i>	11
2.1.8.1.	<i>Índice de Calidad del Agua Potable (ICAP).</i>	11
2.1.8.2.	<i>Estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS).</i>	11
2.1.8.3.	<i>Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (ICANSF).</i>	12
2.1.9.	<i>Parámetros fisicoquímicos</i>	12
2.1.9.1.	<i>Temperatura.</i>	12
2.1.9.2.	<i>Oxígeno disuelto (OD).</i>	12
2.1.9.3.	<i>pH.</i>	13
2.1.9.4.	<i>Turbidez.</i>	13
2.1.9.5.	<i>Conductividad.</i>	13
2.1.9.6.	<i>Salinidad.</i>	13
2.1.9.7.	<i>Resistividad.</i>	14
2.1.9.8.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).</i>	14
2.1.9.9.	<i>Nitratos.</i>	14
2.1.9.10.	<i>Nitritos.</i>	14
2.1.9.11.	<i>Sólidos disueltos totales (TDS).</i>	15
2.1.9.12.	<i>Fosfatos.</i>	15
2.1.9.13.	<i>Cloruros.</i>	15
2.1.9.14.	<i>Dureza cálcica.</i>	15
2.1.10.	<i>Parámetros microbiológicos.</i>	15
2.1.10.1.	<i>Coliformes fecales.</i>	16
2.1.11.	<i>Riesgo hídrico</i>	16
2.1.12.	<i>Seguridad hídrica</i>	16
2.1.13.	<i>Plan de seguridad del agua</i>	16
2.2.	<i>Marco referencial</i>	17
CAPÍTULO III		21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		21
3.1.	<i>Localización</i>	22
3.2.	<i>Tipo de investigación</i>	23
3.3.	<i>Métodos de investigación</i>	24

3.4.	Fuentes de recopilación de información	25
3.5.	Diseño de la investigación	26
3.5.1.	<i>Eficiencia del servicio de suministro de agua potable en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”</i>	26
3.5.1.1.	<i>Evaluación actual en sistema de suministro.</i>	26
3.5.1.2.	<i>Percepción de la comunidad respecto al suministro de agua potable. ..</i>	29
3.5.1.2.1.	<i>Cálculo del tamaño de la muestra.</i>	29
3.5.2.	<i>Determinación de los posibles peligros y riesgos del sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”</i>	30
3.5.2.1.	<i>Proceso de muestreo de agua en la fase de campo.</i>	30
3.5.2.2.	<i>Análisis in situ de parámetros físicoquímicos en el punto de muestreo.</i>	30
3.5.2.3.	<i>Cuantificación de Parámetros Microbiológicos (E. coli).</i>	31
3.5.2.4.	<i>Índice NSF para la Evaluación de la Calidad del Agua.</i>	32
3.5.2.4.1.	<i>Determinación de los índices de calidad del agua mediante cálculos.</i>	33
3.5.2.4.2.	<i>Factores de clasificación.</i>	34
3.5.2.5.	<i>Riesgos y peligros en el sistema de suministro de Agua Potable.</i>	34
3.6.	Instrumentos de la investigación.....	37
3.7.	Tratamiento de datos	38
3.8.	Recursos humanos y materiales	39
CAPÍTULO IV		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
4.1.	Eficiencia del servicio de suministro de agua potable en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	44
4.1.1.	<i>Estado actual del sistema de suministro.....</i>	44
4.1.1.1.	<i>Lista de verificación.</i>	44
4.1.1.2.	<i>Entrevista con el operador.</i>	49
4.1.2.	<i>Percepción de los usuarios</i>	51
4.1.2.1.	<i>Análisis de confiabilidad de la encuesta (Alfa de Cronbach).</i>	51
4.1.2.2.	<i>Análisis factorial por componentes principales.</i>	51
4.1.2.3.	<i>Análisis de las preguntas relacionadas por los componentes principales.</i>	57
4.2.	Determinación de los peligros y riesgos en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	61

4.2.1.	<i>Análisis estadístico de los parámetros físicoquímico y microbiológicos del agua</i>	62
4.2.1.1.	<i>Análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis.</i>	62
4.2.1.2.	<i>Análisis de varianza paramétrica ANOVA.</i>	62
4.2.2.	<i>Comparativa con los estándares normativos de los parámetros físicoquímicos</i>	63
4.2.2.1.	<i>Matriz causa-efecto por etapa del sistema de suministro.</i>	68
4.2.3.1.	<i>Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo de análisis microbiológico.</i>	75
4.2.4.	<i>Determinación de la calidad del agua (ICA NSF)</i>	77
4.2.6.	<i>Evaluación de los peligros y riesgos en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”</i>	81
4.2.6.1.	<i>Desafíos comunes que impactan la calidad del suministro de agua potable.</i>	81
4.2.6.2.	<i>Cuantificación de los peligros y estimación de los riesgos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.</i>	83
4.3.	<i>Propuesta de un plan de mejoramiento de la seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”</i>	90
4.3.1.	<i>Título de la propuesta</i>	90
4.3.2.	<i>Justificación</i>	90
4.3.3.	<i>Fundamentación</i>	91
4.3.4.	<i>Objetivos</i>	92
4.3.4.1.	<i>Objetivo general.</i>	92
4.3.5.	<i>Importancia</i>	92
4.3.6.	<i>Ubicación</i>	93
4.3.6.1.	<i>Ubicación sectorial.</i>	93
4.3.6.2.	<i>Ubicación física.</i>	93
4.3.7.	<i>Factibilidad</i>	94
4.3.7.1.	<i>Factibilidad social.</i>	94
4.3.7.2.	<i>Factibilidad legal.</i>	94
4.3.8.	<i>Plan de trabajo</i>	99
4.3.9.	<i>Actividades</i>	102
4.3.9.1.	<i>Definición del equipo de trabajo para el Plan de Seguridad Hídrica.</i>	102
4.3.10.	<i>Descripción del sistema de abastecimiento de agua potable.</i>	103

CAPÍTULO V.....	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
CAPÍTULO VI	135
BIBLIOGRAFÍA.....	135
6.1. Bibliografía	136
CAPITULO VII.....	149
ANEXOS.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de nivel primario y secundario para evaluar el manejo y la organización de la Junta Administradora de Agua Potable	28
Tabla 2. Importancia relativa de los factores fisicoquímicos y microbiológicos utilizados en el ICA NSF	32
Tabla 3. Indicadores de calidad de agua ICA NSF	34
Tabla 4. Método semicuantitativo para calcular la clasificación del riesgo en la Junta de Agua Potable “San Felipe”	36
Tabla 5. Elementos que se emplearon para recopilar información	40
Tabla 6. Lista de verificación aplicada en la JAAP "San Felipe"	45
Tabla 7. Análisis de comunalidades de la encuesta aplicada a los usuarios de la JAAP "San Felipe".....	52
Tabla 8. Varianza total explicada de los componentes principales	55
Tabla 9. Matriz de componentes rotados de relación entre preguntas	56
Tabla 10. Análisis de varianza Kruskal-Wallis de los parámetros con datos no normales .	62
Tabla 11. Análisis de varianza Anova de los parámetros con datos normales	63
Tabla 12. Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo de los parámetros fisicoquímicos.....	69
Tabla 13. Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo microbiológico.....	76
Tabla 14. Comunalidades del análisis fisicoquímico.....	78
Tabla 15. Matriz de la varianza total explicada de los parámetros fisicoquímicos	79
Tabla 16. Matriz de componente rotado	81
Tabla 17. Matriz de los eventos peligrosos y asociados al sistema de abastecimiento de la JAAP "San Felipe"	82

Tabla 18. Valoración del riesgo asociado a los eventos peligrosos identificados en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	84
Tabla 19. Matriz de planificación de las actividades a desarrollar para el Plan de Seguridad Hídrica en la JAAP "San Felipe"	100
Tabla 20. Conformación del equipo de trabajo para el desarrollo del Plan de Seguridad Hídrica	102
Tabla 21. Matriz de estrategias de control para cada etapa del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	105
Tabla 22. Matriz del Plan de Modernización de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	110
Tabla 23. Cronograma e inversión de la implementación de la propuesta del Plan de Seguridad Hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	119

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula del cálculo del tamaño muestral.	29
Ecuación 2. Fórmula para el cálculo de las Unidades Formadoras de Colonias de los parámetros microbiológicos	32
Ecuación 3. Fórmula para el cálculo del índice de calidad del agua NSF	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del cantón Mocache.	22
Figura 2. Mapa de ubicación de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" ..	23
Figura 3. Diagrama de flujo para el desarrollo de la metodología	27
Figura 4. Componente 1: Satisfacción del usuario	58
Figura 5. Componente 2: Tratamientos del agua.....	59
Figura 6. Componente 3: Presencia de enfermedades digestivas.....	60
Figura 7. Componente 4: Organización de la junta	61
Figura 8. Gráficos de barras con los cumplimientos por los límites máximos permisibles normativos de los parámetros fisicoquímicos	65
Figura 9. Gráficos de barras con los cumplimientos por los límites máximos permisibles normativos de los parámetros microbiológicos	75
Figura 10. Análisis del índice de calidad del agua NSF	77

Figura 11. Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de la JAAP "San Felipe"... 104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Árbol del problema para el análisis de la naturaleza del problema a resolver...	150
Anexo 2. Lista de verificación de cumplimientos en las etapas del sistema de abastecimiento de la JAAP “San Felipe”	151
Anexo 3. Entrevista con el operador de la JAAP “San Felipe”	154
Anexo 4. Encuesta aplicada a los usuarios de la JAAP “San Felipe”	156
Anexo 5. Proforma de costos estimados en los materiales y recursos a implementar en el Plan de Seguridad Hídrica de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".....	160
Anexo 6. Primera fase de campo (Toma de encuestas, lista de verificación y entrevista con el operador).....	165
Anexo 7. Segunda fase de campo (Toma de las muestras en todas las fases de la JAAP "San Felipe"	166
Anexo 8. Tabulación de los datos de los parámetros fisicoquímicos analizados en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".....	167
Anexo 9. Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio de microbiología de la UTEQ campus La María	168
Anexo 10. Cuantificación de las Unidades Formadoras de Colonias en los medios de cultivos de Escherichia coli.....	169
Anexo 11. Gráficos para obtener el valor del subíndice de calidad para cada parámetro del ICA NSF.	169
Anexo 12. Análisis del Índice de Calidad del Agua NSF.....	171
Anexo 13. Prueba de normalidad de los datos de los parámetros fisicoquímicos.....	172

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Propuesta de un plan de seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador.			
Autor:	<u>Zarate Guerra Ariel Francisco</u>			
Palabras clave:	Plan de seguridad hídrica	Índice de calidad del agua	Parámetros físicoquímicos	Junta Administradora de Agua Potable
Fecha de publicación:	Mayo, 2024			
Editorial:	Quevedo – UTEQ “La María”, 2024			
Resumen:	Resumen. - La Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" se encuentra enfrentando desafíos significativos en cuanto al suministro de agua. En respuesta a esta situación, se ha elaborado un detallado plan de seguridad hídrica con el objetivo de mejorar la gestión del recurso en un lapso de tres años. Este plan se sustenta en una metodología exhaustiva que abarca un diagnóstico a través de listas de verificación, entrevistas con el personal operativo y encuestas de satisfacción de los usuarios (...)			
Abstract:	Abstract. - The Potable Water Management Board "San Felipe" is facing significant challenges regarding water supply. In response to this situation, a detailed water security plan has been developed with the aim of improving resource management within a three-year timeframe. This plan is based on a comprehensive methodology that includes a diagnosis through checklists, interviews with operational staff, and user satisfaction surveys (...)			
Descripción:	190 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los retos más urgentes que la humanidad enfrenta es el acceso seguro y sostenible al agua potable (Huaquisto y Chambilla, 2019). A nivel global, numerosas comunidades dependen de las organizaciones encargadas del suministro de agua limpia y segura para asegurar su distribución y abastecimiento (Kalbar y Lokhande, 2023). No obstante, esta infraestructura esencial se ve amenazada por diversos factores que pueden poner en riesgo la seguridad hídrica en distintos niveles (Liang *et al.*, 2023).

A escala global, la seguridad hídrica de las organizaciones encargadas del suministro de agua potable se ve influenciada por una serie de factores. Entre ellos, el cambio climático constituye una preocupación en constante aumento debido a su impacto en la disponibilidad y calidad del agua (Stringer *et al.*, 2021). Los eventos climáticos extremos, como las sequías e inundaciones, representan una amenaza para la infraestructura y los recursos hídricos, lo cual afecta la capacidad de las mencionadas organizaciones para proveer un suministro confiable y seguro de agua a los usuarios del servicio (WWAP, 2018).

En América Latina, la seguridad hídrica en las organizaciones encargadas del suministro de agua potable enfrenta retos particulares debido a que esta región se caracteriza por contar con una notable diversidad climática y geográfica, lo cual implica diversas presiones sobre los recursos hídricos disponibles. Asimismo, la insuficiente inversión en infraestructura y el deterioro de las instalaciones existentes agravan dicha situación (Tellman *et al.*, 2018). En consecuencia, esto puede ocasionar la interrupción del abastecimiento de agua, generando un impacto negativo en la calidad de vida de las personas y favoreciendo la propagación de enfermedades relacionadas con el agua. (Rodríguez *et al.*, 2022).

En Ecuador, garantizar la seguridad hídrica en las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP) constituye un desafío significativo de vital importancia. A pesar de la abundancia de recursos hídricos en el país, se enfrenta a amenazas que comprometen la disponibilidad y calidad del agua, tales como una gestión inadecuada, la contaminación y la deforestación (Wingfield *et al.*, 2021). La falta de una regulación efectiva y de mecanismos de supervisión apropiados contribuye a la vulnerabilidad de las juntas de agua potable, generando un riesgo latente para la salud y el bienestar de la población (Mohammadpour *et al.*, 2019).

El plan de creación de oportunidades 2021-2025 del Ecuador se enfoca en garantizar la seguridad hídrica del país. Reconociendo la importancia vital del agua como recurso fundamental para el desarrollo sostenible, este plan busca fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos y promover el acceso equitativo y sostenible al agua potable y saneamiento básico. A través de la implementación de políticas y programas como el alcance de la segunda política del objetivo 13, se abordarán los desafíos existentes en cuanto a la calidad, disponibilidad y distribución equitativa del agua, asegurando así su uso eficiente y responsable en beneficio de todos los ecuatorianos (SNP, 2021).

El cantón Mocache cuenta con un 92,61% de cobertura en el servicio de agua potable, sin embargo, existen sitios como las zonas rurales que cuentan con acceso limitado al sistema de saneamiento y gestión del agua potable, lo que provoca afectaciones en la salud de los usuarios (ARCA, 2019). Bajo este contexto, surge la iniciativa de la implementación de las juntas de agua potable con el fin de mejorar el acceso al agua en las zonas rurales. La JAAP "San Felipe" se estableció en 2015 con 97 usuarios activos, con el objetivo de brindar el servicio de suministro de agua potable a la comunidad de "San Felipe". La junta fue proyectada para abastecer a 150 usuarios. En la actualidad, debido al crecimiento poblacional y el aumento de la demanda del recurso en la zona, se incrementó a 137 usuarios activos, lo que ha causado una disminución en la eficiencia del servicio.

Por tanto, el presente proyecto de investigación tiene como propósito realizar una evaluación de la seguridad hídrica con el fin de mejorar la gestión y calidad del agua obtenida de fuentes subterráneas. Se prevé gestionar de forma sostenible el recurso mediante el diseño de un Plan de Seguridad del Agua en todas las etapas del sistema de abastecimiento. Para lograrlo, se llevará a cabo un diagnóstico que incluirá la evaluación de la eficiencia, calidad, riesgos y peligros presentes en la Junta de Agua Potable "San Felipe", para identificar áreas de mejora y garantizar un suministro de agua seguro y de calidad.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La demanda de agua en las juntas administradoras de agua potable puede variar según la región y circunstancias particulares (Treacy, 2019). Uno de los desafíos principales consiste en enfrentar la escasez de agua, la cual puede manifestarse en aspectos físicos o económicos (Mishra *et al.*, 2021).

La escasez física de agua se refiere a la insuficiencia de recursos hídricos en un área determinada, lo que conlleva a un rápido agotamiento del agua de lo que se logra recuperar (Tzanakakis *et al.*, 2020). Por otra parte, la escasez económica de agua surge cuando la población no tiene la capacidad económica para acceder al suministro de agua (Omarova *et al.*, 2019).

Sin embargo, un problema común radica en garantizar un suministro constante de agua potable que sea segura y libre de impurezas (Grecksch y Landström, 2021). Esto implica no solo mantener la calidad del agua, sino también gestionar de manera eficiente los recursos hídricos y abordar cualquier potencial fuente de contaminación o elementos perjudiciales (Watts *et al.*, 2021).

Los inconvenientes en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” se enfocan en la falta de un plan de mejoramiento de la seguridad hídrica, lo que ha llevado a desencadenar una serie de obstáculos que limitan el desarrollo de la junta. De manera general los problemas más relevantes dentro de la junta se centran en la falta de recursos financieros para implementar mejoras, capacitación adecuada al personal de operaciones y miembros de la junta y vulnerabilidad de la infraestructura y disponibilidad del servicio frente a fenómenos climáticos extremos.

Diagnóstico

La Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" enfrenta dificultades económicas que restringen su capacidad para invertir en infraestructura, mantenimiento y mejora en los sistemas de abastecimiento de agua potable. Esta limitación financiera se atribuye a la falta

de cumplimiento de la tarifa mensual por parte de algunos usuarios del servicio. Como consecuencia, se dificulta la realización de reparaciones necesarias, influyendo en la calidad del agua y la implementación de programas de capacitación para el personal operativo de la junta.

Los miembros de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" carecen de acceso adecuado a la formación técnica y de gestión necesaria para operar y mantener los sistemas de abastecimiento de agua potable de manera eficiente, lo cual impacta negativamente en la calidad y disponibilidad del agua potable suministrada en la comunidad.

Asimismo, la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" enfrenta la amenaza de fenómenos climáticos extremos, lo cual provoca un aumento en la turbidez, generando no conformidades por parte de los usuarios debido a la mala calidad del agua suministrada.

Pronóstico

En caso de que las dificultades económicas y la falta de cumplimiento de las tarifas mensuales no sean abordadas de manera adecuada, es probable que la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" continúe enfrentando limitaciones para destinar recursos a la inversión en infraestructura, mantenimiento y mejoras en los sistemas de abastecimiento de agua potable. Esta situación podría dar lugar a un deterioro continuo en la calidad y disponibilidad del agua potable en la comunidad, generando así un incremento de insatisfacción por parte de los usuarios.

Adicionalmente, en caso de que los miembros de la junta carezcan de acceso apropiado a la capacitación técnica y de gestión necesaria, es probable que persistan los problemas operativos y de mantenimiento en los sistemas de abastecimiento. Esto podría conducir a una disminución aún mayor en la calidad del agua suministrada y a un incremento en las interrupciones del suministro. Por otra parte, si no se implementan estrategias de adaptación y resiliencia frente a los fenómenos climáticos extremos, tanto sistema de abastecimiento como la comunidad seguirán siendo vulnerables a eventos climáticos, lo que resultaría en interrupciones más frecuentes en el suministro de agua potable y una mayor afectación en la calidad del agua suministrada.

1.1.2. Formulación del problema

En la actualidad, la seguridad hídrica se ha convertido en un tema de suma importancia para garantizar un acceso sostenible y seguro al agua potable. Las juntas de agua potable, siendo las responsables de la gestión y distribución de este recurso vital a nivel comunitario, se enfrentan a diversos desafíos que impactan su capacidad para mantener una oferta confiable y de calidad. En este sentido, surge la siguiente interrogante: ¿El plan de seguridad hídrica permitirá mejorar las deficiencias de los procesos en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" influyen en la eficiencia del servicio de dotación de agua potable?

¿Los peligros y riesgos en las fases del sistema de abastecimiento se relacionan con las características fisicoquímicas del agua en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"?

¿El plan de mejoramiento en todas las fases garantiza un mejor servicio en el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Proponer un plan de seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador.

1.2.2. Objetivos específicos

- Examinar la eficiencia del servicio de suministro de agua potable en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".

- Determinar los peligros y riesgos del sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.
- Establecer un plan de mejoramiento de la seguridad hídrica en las fases de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.

1.3. Justificación

La seguridad hídrica en las juntas de agua constituye un tema de gran relevancia que requiere una atención prioritaria. El suministro de agua potable desempeña un papel fundamental en la protección de la salud y el bienestar de las comunidades, por lo tanto, garantizar la calidad y disponibilidad del agua resulta esencial para prevenir enfermedades y promover un estilo de vida saludable.

La escasez de agua se ha convertido en una preocupación cada vez más apremiante en numerosas regiones del país. Tanto el cambio climático como las actividades antropogénicas están ejerciendo un efecto negativo sobre la disponibilidad y calidad del agua dulce, lo cual representa un desafío adicional para los organismos encargados de la administración de agua potable. Asimismo, la falta de infraestructuras adecuadas para el almacenamiento, tratamiento y distribución del agua agrava aún más la situación. Por lo tanto, abordar esta problemática y desarrollar estrategias que garanticen un acceso continuo a un suministro de agua seguro y de calidad para la comunidad resulta imperativo.

La presente investigación se enfoca en el análisis de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" con el propósito de evaluar las deficiencias, riesgos y peligros presentes en el sistema de suministro de agua, con la finalidad de establecer planes de mejora en la gestión del agua potable. Esta investigación contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3 y 6, los cuales se centran en garantizar una vida saludable y promover el bienestar en todas las edades, así como asegurar la disponibilidad de agua, gestión sostenible y la provisión de saneamiento para todos.

CAPÍTULO II

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Marco conceptual

2.1.1. Agua

El agua es una sustancia química esencial para la vida en la Tierra y es fundamental para la existencia de todos los seres vivos conocidos. Se compone de dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), y su fórmula química es H₂O (Oyinlola *et al.*, 2023).

2.1.2. Propiedades del agua

El agua, con sus propiedades únicas, es esencial para la vida en la Tierra, regulando las temperaturas, facilitando el transporte de nutrientes y minerales en sistemas biológicos, actuando como un solvente universal para reacciones químicas y procesos biológicos, regulando el clima global a través del ciclo del agua, y contribuyendo a la habitabilidad del planeta gracias a su densidad máxima que protege a los organismos acuáticos en invierno y su transparencia que permite la fotosíntesis en ecosistemas acuáticos. Estas características hacen del agua un recurso invaluable y vital para la sostenibilidad de la vida en la Tierra (Noronha-D'Mello *et al.*, 2023).

2.1.3. Agua potable

El agua potable se refiere al suministro de agua que cumple con los estándares de calidad y seguridad para el consumo humano. Es un recurso esencial para la salud y el bienestar de las comunidades (Gunda *et al.*, 2019).

2.1.4. Sistema de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento de agua incluyen infraestructura y procesos para garantizar la calidad y disponibilidad del agua para uso humano. Esto implica captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y medidas de gestión sostenible. Se consideran factores como la demanda, el crecimiento poblacional y la protección del recurso hídrico (Fu *et al.*, 2019).

2.1.5. Junta administradora de agua potable

Una junta administradora de agua potable administra y opera sistemas de abastecimiento de agua en una zona geográfica para garantizar el acceso equitativo y sostenible al agua potable para sus usuarios (Cedeño, 2022).

2.1.6. Etapas del sistema de abastecimiento de agua

Las etapas de un sistema de abastecimiento de agua desempeñan un papel crucial en el suministro de agua potable y requiere de una planificación, diseño y gestión adecuada para garantizar un abastecimiento seguro y sostenible (Katusiime y Schütt, 2020).

2.1.6.1. Captación.

La captación de agua implica obtenerla de fuentes naturales como ríos, lagos o acuíferos subterráneos. Se debe realizar de forma sostenible y cumpliendo estándares de calidad (Odjegba *et al.*, 2022).

2.1.6.2. Almacenamiento.

El almacenamiento es la capacidad de retener y conservar agua tratada para su posterior distribución a las comunidades. Es una etapa crítica en la infraestructura hídrica, ya que permite enfrentar fluctuaciones en la demanda, garantizar el suministro continuo y responder a situaciones de emergencia (Pichel *et al.*, 2019).

2.1.6.3. Tratamiento.

El tratamiento es un conjunto de procesos y tecnologías utilizados para mejorar la calidad del agua y hacerla apta para el consumo humano. Estos procesos incluyen la remoción de contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua cruda, mediante métodos como la filtración, la desinfección y la eliminación de sustancias no deseadas (Nasrollahzadeh *et al.*, 2021).

2.1.6.4. Distribución.

La distribución de los sistemas de abastecimiento de agua se refiere a la infraestructura y redes que permiten llevar el agua potable desde las fuentes de suministro hasta los usuarios finales. Esto implica el diseño, construcción y mantenimiento de tuberías, conexiones y otros componentes necesarios para garantizar un suministro eficiente y seguro de agua potable a las comunidades (Rousso *et al.*, 2023).

2.1.7. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a la medida en que el agua cumple con los estándares y criterios establecidos para su consumo humano. Incluye aspectos como la ausencia de contaminantes químicos y microbiológicos, el equilibrio de minerales y la presencia de sustancias indeseables (Aravind kumar *et al.*, 2022).

2.1.8. Índice de calidad del agua

Los índices de calidad del agua son herramientas utilizadas para evaluar y medir el estado general de la calidad del agua en función de varios parámetros y características (Rajkumar *et al.*, 2022). A continuación, se describen algunos de los índices de calidad del agua que pueden ser implementados en el análisis del agua de consumo:

2.1.8.1. Índice de Calidad del Agua Potable (ICAP).

El ICAP evalúa la calidad del agua destinada al consumo humano, considerando parámetros como la presencia de microorganismos patógenos, sustancias químicas, turbidez y otros indicadores de seguridad sanitaria (Han *et al.*, 2022).

2.1.8.2. Estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La OMS establece pautas internacionales para la calidad del agua potable. Estas pautas cubren una amplia gama de parámetros, incluyendo la concentración máxima permitida de contaminantes específicos, como arsénico, plomo, nitratos y microorganismos patógenos (Pál *et al.*, 2022).

2.1.8.3. Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (ICA NSF).

El ICA NSF es una herramienta de evaluación que proporciona una medida objetiva de la calidad del agua potable. Este índice se basa en una serie de parámetros y criterios establecidos por la NSF para determinar si el agua cumple con los estándares de seguridad y calidad establecidos. A través de un sistema de puntuación, el índice permite clasificar y comparar diferentes fuentes de agua en función de su calidad y nivel de contaminación, brindando información importante para la toma de decisiones y la implementación de medidas de protección y tratamiento del agua (Al Yousif y Chabuk, 2023).

2.1.9. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos en el agua potable son evaluados para garantizar su calidad y seguridad. Incluyen temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbidez, cloro residual y contaminantes químicos (Rahman *et al.*, 2021).

2.1.9.1. Temperatura.

La temperatura es un elemento de suma importancia que ejerce una influencia determinante en la calidad del agua. Variaciones sustanciales en la temperatura pueden ocasionar efectos significativos en diferentes aspectos, tales como la concentración de oxígeno disuelto, la actividad biológica presente y la solubilidad de sustancias químicas en el medio acuático (Malhotra *et al.*, 2020).

2.1.9.2. Oxígeno disuelto (OD).

El oxígeno disuelto en el agua potable es vital para mantener su calidad, asegurando la respiración de los organismos acuáticos y previniendo la descomposición anaeróbica (Ali *et al.*, 2022).

2.1.9.3. pH.

El pH se considera un factor esencial para la evaluación de la calidad del agua. Es un indicador que cuantifica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa, presentándose en una escala numérica que varía de 0 a 14. Cuando el pH alcanza un valor de 7, se considera neutro, mientras que los valores inferiores a 7 indican una condición ácida, y aquellos superiores a 7 señalan una condición alcalina (Ighalo y Adeniyi, 2020).

2.1.9.4. Turbidez.

La turbidez del agua se define como la evaluación de la concentración de partículas en suspensión, tales como sedimentos y material orgánico, que se encuentran presentes en el agua. La existencia de una alta turbidez puede tener un impacto negativo tanto en la calidad como en la transparencia visual del agua, además de afectar la eficacia de los procedimientos de tratamiento (Chen y Chang, 2023).

2.1.9.5. Conductividad.

La conductividad del agua potable indica su capacidad de conducir electricidad y refleja el contenido de sales disueltas. Una alta conductividad sugiere contaminación, mientras que una baja conductividad señala menor concentración de sales. Medir la conductividad es crucial para evaluar la calidad y aptitud del agua potable (Rusydi, 2018).

2.1.9.6. Salinidad.

La salinidad del agua se define como la medida de la concentración de sales disueltas en ella, lo cual tiene implicaciones significativas en términos de su adecuación para una variedad de usos, como el consumo humano, la agricultura y la vida acuática. Un incremento en los niveles de salinidad puede perturbar el equilibrio osmótico en los organismos, disminuir la disponibilidad de agua para las plantas y generar problemas de corrosión en las infraestructuras (Flörke *et al.*, 2019).

2.1.9.7. Resistividad.

La resistividad eléctrica del agua potable es una propiedad intrínseca que se vincula con la capacidad del agua para oponerse al paso de la corriente eléctrica. Esta característica se encuentra estrechamente asociada con la cantidad de iones disueltos en el agua y se erige como un parámetro esencial en la evaluación de la pureza y calidad del agua destinada al consumo humano, dado que su medida puede proporcionar indicios acerca de la presencia de sustancias contaminantes o sales disueltas en la misma (Ghosh y Bera, 2023).

2.1.9.8. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

La demanda bioquímica de oxígeno se emplea como una medida para evaluar la calidad del agua y su capacidad para mantener la vida acuática. Se refiere a la cantidad de oxígeno necesaria por los microorganismos para descomponer la materia orgánica existente en el agua mediante procesos de oxidación biológica (Wang *et al.*, 2023).

2.1.9.9. Nitratos.

Los nitratos en el agua potable, provenientes de fuentes naturales o actividades humanas como la agricultura, pueden representar un riesgo para la salud. Su exceso puede convertirse en nitritos, los cuales afectan el transporte de oxígeno en la sangre (Picetti *et al.*, 2022).

2.1.9.10. Nitritos.

Los nitritos son compuestos químicos presentes en la calidad del agua que pueden tener un impacto significativo en la salud humana y el medio ambiente. Se forman principalmente a través de la descomposición de materia orgánica y la oxidación de los nitratos. Los niveles elevados de nitritos en el agua pueden ser perjudiciales para la salud, ya que pueden reaccionar con compuestos en el cuerpo humano y formar nitrosaminas, que se han asociado con el desarrollo de enfermedades como el cáncer (Picetti *et al.*, 2022).

2.1.9.11. Sólidos disueltos totales (TDS).

Los sólidos disueltos totales (SDT) en el agua potable representan la cantidad de sustancias disueltas, como sales, minerales y compuestos orgánicos. Su concentración influye en la calidad del agua, su sabor y su idoneidad para diferentes usos, como la agricultura, la industria y el consumo humano (Rusydi, 2018).

2.1.9.12. Fosfatos.

Los fosfatos son compuestos químicos que contienen fósforo y oxígeno, son de gran importancia en el agua potable debido a su papel en la eutrofización y la calidad del agua. Sin embargo, altas concentraciones de fosfatos en el agua potable pueden causar problemas ambientales y de salud pública (Almanassra *et al.*, 2021).

2.1.9.13. Cloruros.

Los cloruros son una medida importante de la calidad del agua, ya que su presencia en altas concentraciones puede indicar contaminación y afectar su potabilidad. Los cloruros provienen de fuentes naturales y actividades humanas, como la agricultura y la desalinización (Kali *et al.*, 2021).

2.1.9.14. Dureza cálcica.

La dureza del agua apta para el consumo humano hace referencia a la cantidad de minerales que se encuentran disueltos en ella, siendo el calcio y el magnesio los más relevantes (Beavis *et al.*, 2023).

2.1.10. Parámetros microbiológicos

La evaluación de la calidad y seguridad del agua potable se basa en parámetros microbiológicos esenciales. Estos parámetros engloban la detección de microorganismos patógenos y la medición de indicadores microbiológicos relevantes (Derakhshani *et al.*, 2018).

2.1.10.1. Coliformes fecales.

Los coliformes fecales son un grupo de bacterias indicadoras que se utilizan para evaluar la calidad del agua y determinar la posible presencia de contaminación fecal. Estas bacterias se encuentran naturalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, y su presencia en el agua indica una posible contaminación fecal y la existencia de microorganismos patógenos asociados (Klamt *et al.*, 2021).

2.1.11. Riesgo hídrico

El riesgo hídrico en los sistemas de abastecimiento hace referencia a la probabilidad de que se presenten amenazas o eventos desfavorables que impacten la disponibilidad, calidad y confiabilidad del suministro de agua. Estas situaciones comprenden la escasez de agua, la contaminación del recurso hídrico, los desastres naturales y el cambio climático, los cuales pueden comprometer la eficiencia operativa de los sistemas de abastecimiento y poner en peligro la satisfacción de las necesidades de consumo humano (Nichols *et al.*, 2018).

2.1.12. Seguridad hídrica

La seguridad hídrica implica asegurar un acceso confiable y sostenible al agua potable, gestionar los recursos hídricos y protegerse de desafíos como la escasez, contaminación y eventos extremos relacionados con el agua (Sathre *et al.*, 2022).

2.1.13. Plan de seguridad del agua

Los planes de seguridad del agua en sistemas de abastecimiento protegen y garantizan la calidad del agua potable desde la fuente hasta el consumidor. Incluyen medidas de prevención, monitoreo, tratamiento y respuesta ante emergencias para salvaguardar la salud pública (Mustapha *et al.*, 2021).

2.2. Marco referencial

Determinar la calidad del agua para el consumo humano en las juntas administradoras de agua potable es de gran importancia, para ello, a nivel mundial se realizan estudios donde se prueban diversos métodos para cumplir con los objetivos propuestos en el tema, lo resultante de esto se evidencia a continuación:

Para poder comprender el primer objetivo de la investigación que corresponde al diagnóstico de la JAAP “San Felipe” fue necesario revisar el artículo de Huang *et al.* titulado “Management of Drinking Water Source in Rural Communities under Climate Change”, publicado en el año 2022, donde se abordaron las crisis y la gestión sostenible de la seguridad del agua potable en comunidades rurales frente a los efectos del cambio climático. El enfoque se centró en la evaluación, mejora de la cantidad y calidad del agua, mantenimiento del sistema y gestión comunitaria en zonas rurales de todo el mundo. La investigación se basó en un análisis exhaustivo de fuentes bibliográficas a nivel mundial para determinar el impacto del cambio climático en la seguridad del agua en las áreas rurales. Los resultados revelaron que se han realizado esfuerzos significativos a nivel global para gestionar las comunidades rurales frente al cambio climático, incluyendo el monitoreo extensivo para evaluar la calidad del agua, la exploración de marcos de gestión comunitaria y la implementación de modelos de sistemas para la toma de decisiones. Comprender el estado de la calidad del agua potable y los riesgos asociados para las comunidades rurales es fundamental para proteger y gestionar las fuentes de agua potable a nivel mundial, así como para enfrentar los desafíos relacionados con el cambio climático (Huang *et al.*, 2022).

El objetivo 2 de la investigación responde al análisis actual de la calidad del agua de la JAAP y para entender el contexto de este se revisó la investigación realizada por Castrillón *et al.* titulada “Evaluation of the drinking water treatment system (STAP) San Fernando – Los Patios urbanization, Colombia. Efficiency and quality” en el año 2020, donde se llevó a cabo una evaluación de la calidad del agua potable suministrada por el municipio de Los Patios, Colombia, a través del Sistema de Tratamiento de Agua Potable (STAP) en la urbanización San Fernando. El objetivo fue determinar la eficiencia y calidad del sistema mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. La metodología incluyó la recolección de 45 muestras cada dos días en diferentes partes del STAP, utilizando métodos de laboratorio para analizar parámetros fisicoquímicos como nefelometría, análisis volumétrico y

espectrometría. Algunos parámetros inestables como el pH, el oxígeno disuelto y la temperatura se midieron directamente en el lugar. Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo para detectar coliformes fecales *E. coli*, utilizando pruebas presuntivas, confirmatorias y definitivas. Los resultados mostraron que el STAP de San Fernando proporciona agua potable de calidad, ya que los parámetros analizados cumplen con los estándares establecidos por la normativa de saneamiento. Además, se destacó el compromiso de la comunidad en el cuidado y optimización del servicio de agua potable en la urbanización, por lo que, no se encontraron indicadores de contaminación que generen preocupación. Sin embargo, se identificó que la dureza cálcica del agua superaba los estándares establecidos (86 mg/L de 60 mg/L), aunque no se considera perjudicial para la salud de la comunidad (Castrillón *et al.*, 2020).

Adicional al estudio de la calidad del servicio se debe analizar los peligros y riesgos que representa el incumplimiento de los estándares de calidad del agua y la falta de planes de seguridad del agua y para ello García *et al.* en un estudio realizado en el año 2018 “Estimation of corrosive and scaling trend in drinking water systems in the city of Azogues, Ecuador”, evaluaron la tendencia corrosiva de las tuberías y accesorios en el sistema de abastecimiento de agua. Para ello, se utilizaron los índices de Langelier (LSI), Ryznar (RSI) y Larson-Skold (LRI), los cuales se basaron en mediciones de pH, temperatura, sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza de calcio, sulfato y cloruro. Durante un período de 6 meses, se recolectaron un total de 180 muestras en seis zonas diferentes de la red de distribución. Aunque los parámetros fisicoquímicos analizados se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa ecuatoriana, los valores de los índices de corrosividad indicaron una tendencia corrosiva significativa en el agua distribuida en Azogues. Para los índices LSI y RSI, se identificaron como los parámetros más críticos el pH, la baja alcalinidad y la dureza. En el caso del índice LRI, el parámetro más relevante fue el sulfato. Por tanto, llegaron a la conclusión de que la composición química del agua potable es de vital importancia para predecir el comportamiento de los materiales en contacto con el agua (García *et al.*, 2018).

El objetivo 3 de la investigación desarrolla las estrategias para solventar las deficiencias evidenciadas de la JAAP, para ello, la investigación de Kayser *et al.* en el año 2019 titulada “Water safety plans for water supply utilities in China, Cuba, France, Morocco and Spain: costs, benefits, and enabling environment elements”, analizó la implementación de Planes

de Seguridad del Agua (PSA) en empresas privadas de abastecimiento de agua en China, Cuba, Francia, Marruecos y España. El objetivo fue evaluar los costos, beneficios, desafíos y elementos del entorno relacionados con los PSA. En total, 20 empresas que prestan servicio a 10,6 millones de usuarios y suministran aproximadamente 2,2 millones de m³/día de agua fueron incluidas en el estudio. La implementación de los PSA fue gestionada por equipos de empleados de Suez, con un promedio de dos a diez personas por empresa. Los PSA tuvieron en cuenta los riesgos en todo el sistema de cada empresa, desde la captación hasta el consumo, pero la gestión activa de los riesgos se centró en el tratamiento y la distribución debido a las directrices reglamentarias de cada país. La certificación ISO del PSA se basó en la Norma ISO 22000 y se realizaron auditorías internas anuales siguiendo las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El estudio reveló que la implementación de los PSA tuvo beneficios significativos, como un mejor control de los peligros, mejoras en los procesos de tratamiento, mayor seguridad del agua y mayor confianza de los usuarios y funcionarios. El tiempo promedio de implementación fue de 12 meses, con un rango de 7 a 24 meses. Los principales costos para los servicios públicos estuvieron relacionados con el tiempo del personal, certificación, consultoría, educación y equipamiento. Además, se destacó la importancia de contar con un entorno propicio para la implementación exitosa de los PSA (Kayser *et al.*, 2019).

Adicional a lo antes mencionado, García *et al.* en su artículo publicado en el año 2021, titulado “The challenge of improving the efficiency of drinking water treatment systems in rural areas facing changes in the raw water quality”, plantea los métodos a seguir para poder analizar y proponer mejoras dentro del sistema de abastecimiento, donde se evaluó la eficiencia de un sistema de tratamiento de agua después de la implementación de un nuevo sistema tecnológico en una zona rural. El estudio se llevó a cabo en una zona rural de la ciudad de Azogues, Ecuador, que contaba inicialmente con un sistema de prefiltración por grava y filtración lenta. La metodología utilizada siguió las pautas establecidas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. El dimensionamiento se realizó en el mismo lugar del tratamiento anterior, y se tomaron muestras de agua cruda y tratada seis meses antes y después de la implementación del nuevo sistema. Los parámetros analizados utilizando el índice de robustez en turbidez incluyeron turbidez, color, pH, sólidos disueltos totales, nitritos, sulfatos, fosfatos, cloruros, alcalinidad, hierro y dureza total. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA para determinar las diferencias estadísticamente significativas en los parámetros fisicoquímicos. Los resultados obtenidos demostraron que, al reemplazar un

sistema de filtración lenta por uno de filtración rápida, se mejoró notablemente la calidad del agua potable. El análisis de los parámetros físicoquímicos reveló que nueve de los once parámetros analizados mostraron diferencias significativas, lo que indica que hay una mejora en la calidad del agua tratada después de las mejoras implementadas. Además, la aplicación del índice de robustez en turbidez demostró la efectividad de la modernización del sistema de tratamiento (García *et al.*, 2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

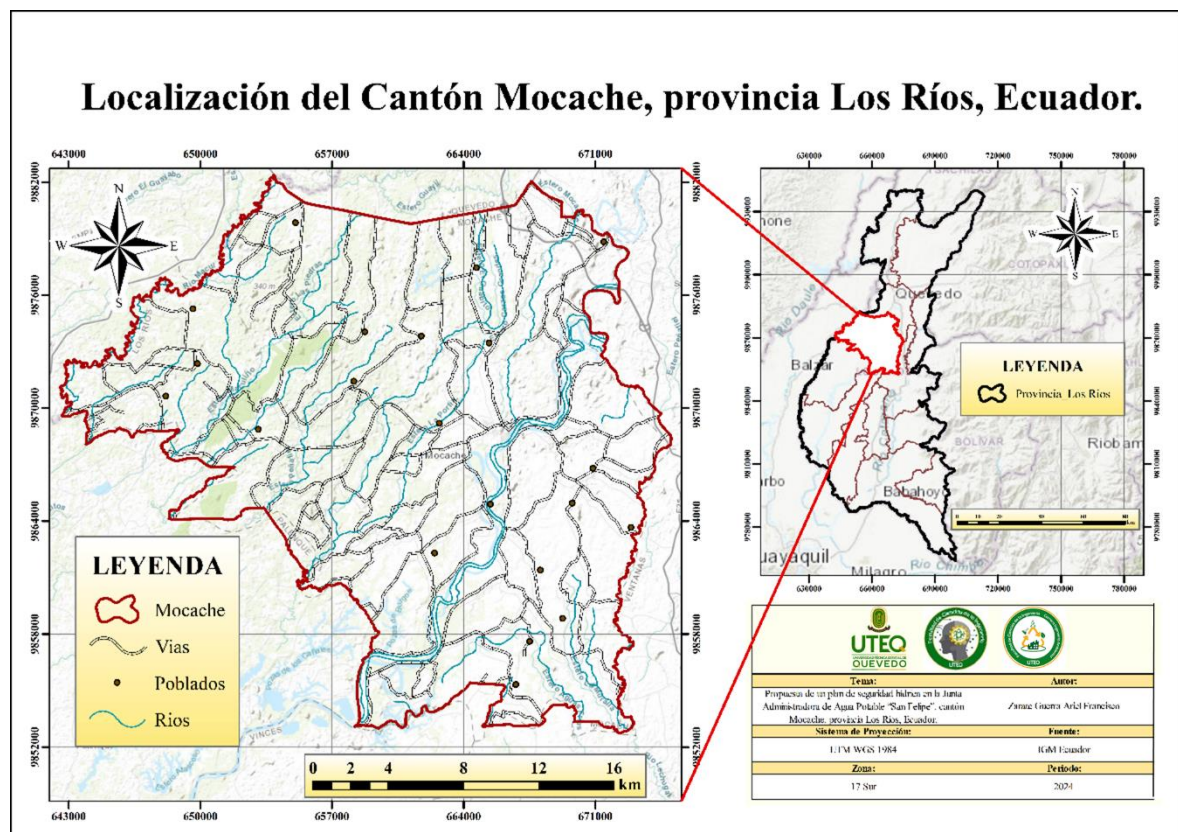
3.1. Localización

3.1.1. Macro localización

La presente investigación se desarrolló en la JAAP "San Felipe", ubicada en el cantón Mocache de la provincia de Los Ríos, en la región litoral de Ecuador. Mocache se encuentra en la zona central de la provincia y limita al norte con el cantón Pueblo Viejo, al sur con el cantón Quevedo, al este con los cantones Quevedo y Vinces, y al oeste con el cantón Valencia. La ciudad de Mocache, cabecera cantonal, se sitúa aproximadamente en las coordenadas UTM WGS 1984 X: 9868363 y Y: 666216. Esta área se destaca por su rica biodiversidad, su economía agrícola y su conexión con importantes ríos como el Daule y el Babahoyo, que atraviesan su territorio. (ver Figura 1) (GAD del cantón Mocache, 2020).

Figura 1.

Mapa de ubicación del cantón Mocache.



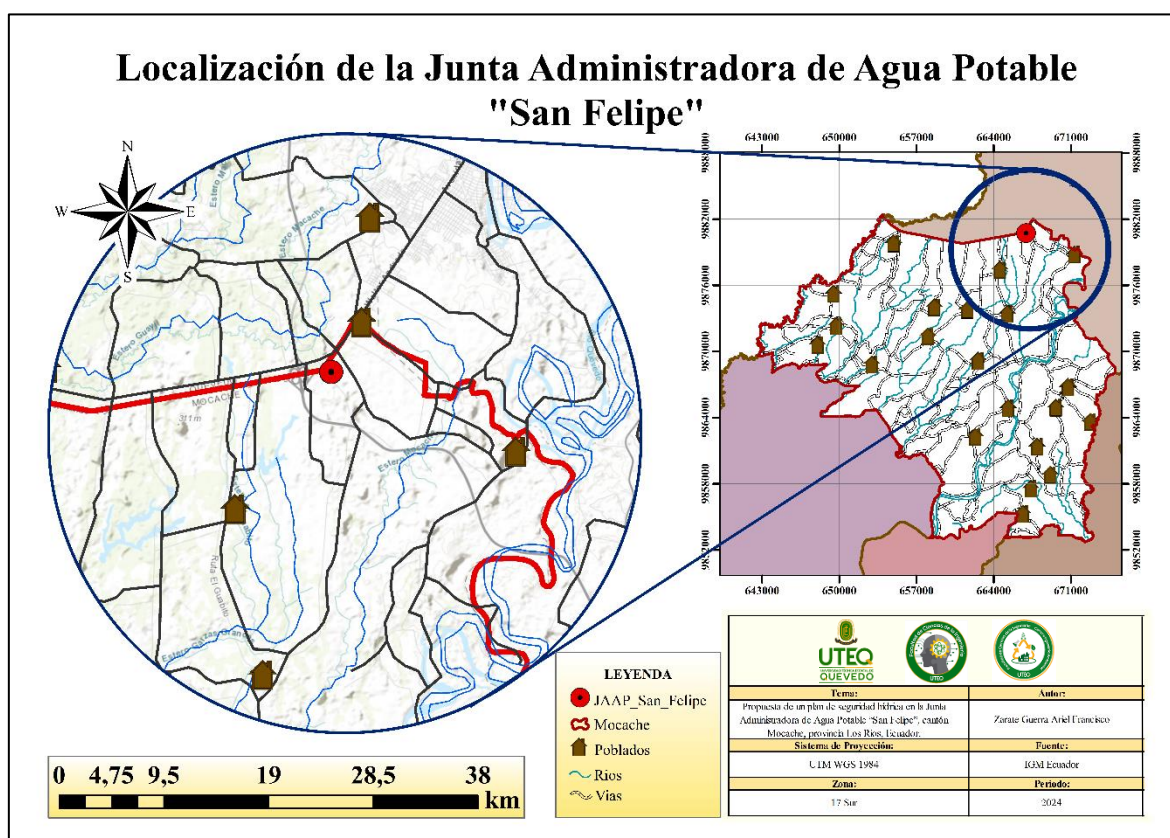
Nota: La imagen adjunta muestra la macro localización del área de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".

3.1.2. Micro localización

La Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" está situada en el recinto San Felipe, entre los límites territoriales de la cabecera cantonal, el recinto Buenaventura y La Maravilla. Este recinto cuenta con un total de 250 habitantes. Sus coordenadas geográficas son UTM GWS 1984 X: 646828 y Y: 9848641 (ver Figura 2) (GAD del cantón Mocache, 2020).

Figura 2.

Mapa de ubicación de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"



Nota: La imagen adjunta proporciona una identificación más específica de la ubicación del recinto "San Felipe", objeto de estudio en la investigación.

3.2. Tipo de investigación

El proyecto investigativo desarrolló los siguientes tipos de investigación:

- **Descriptivo:** Este tipo de estudio se llevó a cabo con el propósito de evaluar y describir las condiciones actuales de la calidad del agua en las diferentes etapas del sistema de abastecimiento en el área de estudio. Durante esta investigación, se logró identificar

características relevantes en términos de infraestructura, organización, propiedades físicas, químicas y microbiológicas mediante un análisis descriptivo exhaustivo.

- **Exploratorio:** Se abordó la problemática de la Seguridad Hídrica en un sistema de abastecimiento rural, donde la disponibilidad de información a nivel nacional era limitada debido a la escasez de fuentes bibliográficas y artículos científicos. A través de un análisis exploratorio, se logró identificar los aspectos negativos más relevantes para la elaboración del Plan de Seguridad del Agua. La información recolectada sirve como base para futuras investigaciones a mayor escala.

3.3. Métodos de investigación

El proyecto investigativo desarrolló los siguientes métodos de investigación:

- **Método de observación directa:** Bajo este enfoque, se implementó un procedimiento que consistió en utilizar una lista de verificación a través de recorridos realizados en la zona para evaluar y reconocer el estado actual del sistema de abastecimiento. Además, esta metodología posibilitó la determinación de los puntos de monitoreo para el muestreo de agua y realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- **Método deductivo:** Este método se utilizó para llevar a cabo la identificación y análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en la evaluación de los riesgos presentes en las distintas fases del sistema de abastecimiento. De esta manera, se logró establecer medidas de control y corrección con el fin de mejorar la evaluación de la seguridad del suministro de agua en cuanto a su cantidad y calidad.
- **Método inductivo:** La implementación de este enfoque metodológico posibilitó analizar desde lo general hacia lo específico. Es decir, el análisis exhaustivo de todas las características del diagnóstico del sistema de abastecimiento, incluyendo la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como la identificación de los riesgos y peligros presentes. De esta manera, se logró desarrollar un Plan de Seguridad del Agua que abordó de manera integral todas las soluciones a la problemática actual de la zona de estudio.

- **Método analítico:** Luego de obtener los resultados de la percepción de la comunidad, se empleó este enfoque para determinar la información de mayor relevancia de la encuesta aplicada. Además, se llevó a cabo el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de evaluar la calidad del agua suministrada en el sistema de abastecimiento objeto de estudio.

3.4. Fuentes de recopilación de información

El presente proyecto investigativo extrajo información de las siguientes fuentes:

Fuentes primarias:

- Se empleó una lista de verificación para detectar los inconvenientes en el sistema de suministro de agua. Asimismo, se realizó una entrevista con el presidente de la junta para obtener detalles relevantes sobre la organización, equipamiento e infraestructura de la misma. Para complementar esta información, se llevaron a cabo encuestas entre todos los usuarios que reciben el servicio de agua potable, con el propósito de conocer la percepción social de la zona.
- Se tomaron muestras de agua en las distintas etapas del sistema de abastecimiento para determinar los peligros y riesgos mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la JAAP "San Felipe".

Fuentes secundarias:

- Se llevó a cabo una investigación bibliográfica en libros, tesis doctorales, sitios web y revistas de publicaciones científicas referentes a temas relacionados con el diseño de la investigación.

3.5. Diseño de la investigación

Para llevar a cabo la investigación, se emplearon diversas técnicas y metodologías con el propósito de alcanzar los objetivos específicos establecidos. A continuación, se presenta un diagrama de flujo que ilustra los métodos utilizados para cada objetivo en particular (ver Figura 3):

3.5.1. Eficiencia del servicio de suministro de agua potable en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

La eficiencia del servicio de agua potable se evaluó mediante la siguiente metodología:

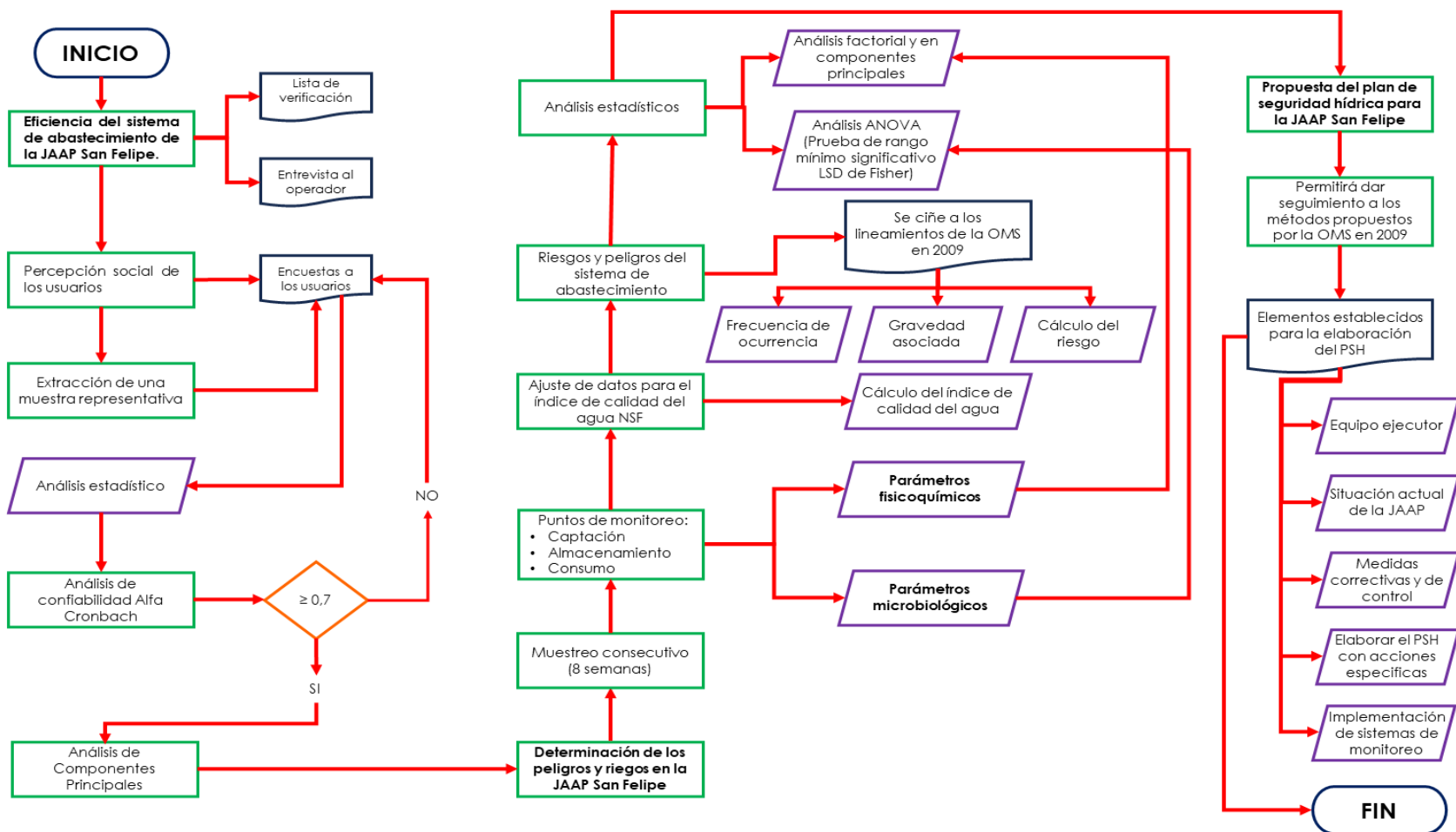
3.5.1.1. Evaluación actual en sistema de suministro.

El diagnóstico correspondiente a las fases del sistema de suministro se ejecutó a través de la implementación de un instrumento de verificación directa en campo. Esta aproximación se llevó a cabo mediante el empleo de una lista de verificación, la cual se aplicó con el método de observación directa en la JAAP "San Felipe". La lista de verificación en cuestión permitió la identificación de las deficiencias de la junta (ver Anexo 1) (Madrigal *et al.*, 2011).

Posterior a ello, se realizó entrevistas con el operador o presidente de la junta, con la finalidad de recopilar información de carácter más específico relacionada con el entorno organizacional y el estado actual del sistema de abastecimiento. Para el diseño de la entrevista se tomaron como base las variables predefinidas en la Tabla 1 (ver Anexo 2) (Madrigal *et al.*, 2011).

Figura 3.

Diagrama de flujo para el desarrollo de la metodología



Nota: El siguiente diagrama representa el diseño metodológico que se siguió para poder alcanzar la investigación.

Tabla 1.

Variables de nivel primario y secundario para evaluar el manejo y la organización de la Junta Administradora de Agua Potable

Contexto sociocultural, marco financiero y realidad política	
• Crecimiento económico • Dinámica de población • Normativas gubernamentales para el manejo del agua	
Sistema de recursos	Sistema administrativo
• Distinción de fronteras del sistema • Características estructurales • Posición espacial • Nivel de escasez de agua • Tipología de la fuente hídrica • Aspectos de la cuenca hidrográfica	• Forma de organización • Carga de responsabilidad • Régimen de propiedad • Procedimientos operativos • Procedimientos de elección • Normativas fundamentales
Componentes de recursos	Partes interesadas
• Tasa de recarga de agua • Patrón de distribución del agua en el espacio y tiempo	• Usuarios potenciales • Características socioeconómicas • Antecedentes de consumo • Recursos humanos • Recursos sociales • Relevancia
Vínculos	Logros
• Desafíos motivacionales • Orientación basada en la demanda	• Situación de los activos • Percepción del consumidor • Estabilidad financiera
Sistemas ecológicos vinculados	
• Distribución de contaminantes • Circulación dentro y fuera del sistema socioecológico	

FUENTE: (Madrigal *et al.*, 2011).

ELABORADO: AUTOR

3.5.1.2. Percepción de la comunidad respecto al suministro de agua potable.

Con la finalidad de evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios en relación con el suministro de agua potable, se realizó una encuesta en cada residencia que estuviera vinculada al sistema de distribución de agua (ver Anexo 3). Esta encuesta se basó en la escala de Likert y consideró los siguientes indicadores: la satisfacción con la calidad del agua y servicio, la presencia de enfermedades causadas por el consumo de agua y la percepción del trabajo realizado por la directiva de la JAAP "San Felipe" (Madrigal *et al.*, 2011).

3.5.1.2.1. Cálculo del tamaño de la muestra.

Adam (2020) menciona que para adquirir información precisa de la percepción comunitaria con respecto al estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable en la JAAP "San Felipe", es necesario llevar a cabo un proceso de muestreo de la población residente. Dado que la comunidad cuenta con un número superior a 100 usuarios, lo que hizo necesario extraer una muestra que sea representativa con un 95% de nivel de confianza. Esta muestra posee un margen de error del 5% y una probabilidad equitativa (50%) tanto de la ocurrencia y no ocurrencia del caso de estudio. A continuación, se presenta la ecuación (1) que permite estimar el tamaño adecuado de la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra deseado.

N: Población actual.

Z: Nivel de confianza.

e: Error máximo estimado.

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (fracaso).

3.5.2. Determinación de los posibles peligros y riesgos del sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

Para determinar los posibles peligros y riesgos del sistema de abastecimiento se siguió la siguiente metodología:

3.5.2.1. Proceso de muestreo de agua en la fase de campo.

La fase de campo comprendió el proceso de muestreo de las etapas de captación, almacenamiento y consumo en el sistema de abastecimiento de agua potable de la JAAP "San Felipe". Este muestreo se llevó a cabo durante un periodo continuo de 8 semanas, en el cual se recolectó una muestra en cada una de las etapas del sistema con el propósito de analizar in situ los parámetros fisicoquímicos y ex situ los parámetros microbiológicos.

Este procedimiento se encuentra en relación con las directrices y regulaciones establecidas por diversas fuentes autorizadas, incluyendo la norma de calidad de agua para consumo del Acuerdo Ministerial (AM) 097-A, las pautas prescritas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las directrices para el muestreo de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108, y los estándares del Real Decreto 140/2003. Estas referencias normativas proporcionan los criterios y enfoques metodológicos que deben seguirse rigurosamente en la ejecución de estudios concernientes a la calidad del agua para consumo.

3.5.2.2. Análisis in situ de parámetros fisicoquímicos en el punto de muestreo.

En el sitio de investigación, se procedió a la cuantificación de parámetros fisicoquímicos fundamentales. Para la evaluación de variables tales como el Oxígeno Disuelto (OD) en mg/L, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en mg/L y la temperatura en °C, se hizo uso del equipo multiparamétrico HI98193 de HANNA INSTRUMENTS.

Se realizaron mediciones de pH, sólidos disueltos totales (SDT) en mg/L, conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinidad en psu y resistividad en $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$. Estas mediciones se llevaron a cabo con la asistencia del equipo multiparamétrico AZ 86031, desarrollado por MyA INSTRUMENTS. Por otra parte, la turbidez del agua se midió utilizando el turbidímetro calibrado de la marca Kalstein.

Mientras que la evaluación de parámetros como la dureza en mg/L, cloruros en mg/L, fosfatos en mg/L, nitratos en mg/L y nitritos en mg/L se realizaron mediante kits de indicadores de la marca HANNA INSTRUMENTS.

3.5.2.3. Cuantificación de Parámetros Microbiológicos (*E. coli*).

Con el propósito de evaluar las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de la bacteria *Escherichia coli*, se utilizó el medio de cultivo agar de MacConkey (con W/CV, NaCl, 0.15% BILE SALTTS y 1% LACTOSE), que proporcionó las condiciones adecuadas para el desarrollo bacteriano. Esta selección permitió cuantificar el crecimiento microbiano, lo que facilitó la determinación precisa de la densidad de UFC presente en un volumen específico de la muestra estudiada (Yáñez *et al.*, 2006).

El procedimiento se basó en el método de cultivo en placas (cajas Petri), empleando una mezcla de 3.5 gramos de agar en 70 ml de agua destilada para generar 6 placas. Dada la variabilidad observada en la distribución de las UFC, se realizaron dos réplicas por cada fase (captación, almacenamiento y consumo). La obtención del promedio de estas repeticiones permitió determinar la cantidad de UFC en 1 ml de agua (Yáñez *et al.*, 2006).

Previo a la siembra de las muestras, se realizó tres diluciones de la matriz (agua cruda) con el propósito de reducir la carga bacteriana. Para ello, se tomó 1 ml de cada muestra en tubos de muestreo. Además, se agregó 0.9 ml de agua destilada en tres tubos de muestreo distintos para cada muestra (Yáñez *et al.*, 2006).

Luego, se extrajo una muestra de la matriz utilizando una micropipeta calibrada de 100 μ L, la cual se mezcló con la primera dilución mediante agitación en un vortex. Este mismo procedimiento se repitió para cada una de las tres diluciones correspondientes a cada muestra de las diferentes etapas del proceso (Yáñez *et al.*, 2006).

La siembra de las muestras se llevó a cabo dividiendo cada placa en cuatro cuadrantes uniformes. Se depositó 20 μ L en cada cuadrante utilizando la técnica de microgota en una cámara blanca. Posteriormente, las placas se trasladan a una incubadora a una temperatura de 30°C, donde permanecieron durante un período de 24 a 36 horas (Yáñez *et al.*, 2006). Después de haber finalizado el tiempo de incubación, se procedió al recuento de las UFC en

las placas y se aplicó la ecuación (2) para determinar la concentración de UFC en cada ml de agua:

$$\frac{UFC}{mL} = \frac{A * \text{Factor de dilución}}{B} \quad (2)$$

Donde:

UFC/ml: Unidades Formadora de Colonias por mililitro de agua.

A: Unidades de colonias contabilizadas.

B: Volumen de siembra de la muestra.

Factor de dilución: es un factor que va a multiplicar la cantidad de colonias contabilizadas acorde al número de disolución que se esté contabilizando, ejemplo; la disolución 1 tiene un factor de 10, la disolución 2 tiene un factor de 1×10^2 , la disolución 3 tiene un factor de 1×10^3 , y así consecutivamente.

3.5.2.4. Índice NSF para la Evaluación de la Calidad del Agua.

Para determinar cuál era la calidad del agua que se distribuía en la JAAP "San Felipe," se utilizó como referencia el índice de calidad del agua NSF, de origen estadounidense. Para ese proceso, se tuvieron en cuenta los datos de los parámetros que se midieron en la fase de campo in situ y en el laboratorio (ver Tabla 2) (Lozada *et al.*, 2009).

Tabla 2.

Importancia relativa de los factores fisicoquímicos y microbiológicos utilizados en el ICA NSF

Parámetro	ICA NSF (1970)
Oxígeno Disuelto	0,17
*Coliformes Fecales	0,16
pH	0,11
DBO	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura	0,10

Parámetro	ICA NSF (1970)
Turbiedad	0,08
Sólidos Disueltos Totales	0,07

FUENTE: (Lozada *et al.*, 2009).

ELABORADO: AUTOR

3.5.2.4.1. Determinación de los índices de calidad del agua mediante cálculos.

El índice de calidad se estableció utilizando la ecuación (3) del promedio geométrico ponderado, la cual permitió la evaluación de la calidad del agua en las diversas fases del sistema de suministro de agua potable de la JAAP “San Felipe” (Lozada *et al.*, 2009).

$$ICA (NSF) = \sum_{i=1}^n w_i * SI_i \quad (3)$$

Donde:

SI_i: Es el subíndice de calidad del parámetro i.

n: Es el número de parámetros que se utilizan (en este caso 9)

W_i: Es el peso relativo o porcentaje del parámetro i.

Para determinar el valor del subíndice de calidad de cada parámetro, se emplearon los gráficos establecidos por el índice de calidad del agua NSF. Estos gráficos toman como referencia la concentración promedio estadísticamente descrita de cada parámetro medido para establecer el valor del subíndice correspondiente. En el Anexo # se presentan estos gráficos, los cuales proporcionan información sobre el subíndice de calidad necesario para calcular el ICA NSF.

3.5.2.4.2. Factores de clasificación.

La Tabla 3 presenta la evaluación de los niveles de clasificación en la calidad del agua, utilizando los siguientes intervalos: el valor 0 indica un agua con condiciones muy malas, mientras que el valor 100 indica un agua con condiciones excelentes para el consumo humano (Effendi *et al.*, 2015).

Tabla 3.

Indicadores de calidad de agua ICA NSF

Puntuación NSF-WQI	Criterios
0 – 25	Muy mala
26 – 50	Mala
51 – 70	Regular
71 – 90	Buena
91 - 100	Excelente

FUENTE: (Effendi *et al.*, 2015).

ELABORADO: AUTOR

3.5.2.5. Riesgos y peligros en el sistema de suministro de Agua Potable.

Se llevaron a cabo análisis integrales con el propósito de discernir los potenciales riesgos de contaminación presentes en cada fase del sistema de suministro de agua en la JAAP "San Felipe". Estos análisis se levantaron sobre la premisa de haber evaluado meticulosamente la idoneidad de la calidad del agua, considerando una gama de criterios predefinidos. Estos criterios fueron catalogados y sistematizados con el objetivo de establecer una estructura referencial (ver Tabla 4) (OMS, 2009).

Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los riesgos y amenazas mediante la aplicación de una matriz elaborada siguiendo las directrices proporcionadas por la Organización Mundial de la Salud. Esta matriz, ejecutada bajo un enfoque semicuantitativo detallado en la Tabla 4, se realizó como instrumento esencial para la obtención de resultados. Su empleo

permitió el discernimiento de amenazas inherentes en el sistema de suministro perteneciente a la JAAP "San Felipe" (OMS, 2009).

Dentro de esta matriz, se abordaron aspectos clave, tales como la etapa particular en el proceso del sistema de abastecimiento, el evento peligroso en cuestión, el tipo específico de peligro identificado, la frecuencia de ocurrencia, la gravedad asociada, el cálculo del grado de riesgo es el producto de la multiplicación entre la frecuencia y la gravedad, así como la clasificación subsecuente del riesgo y el soporte justificativo correspondiente (OMS, 2009).

Tabla 4.

Método semicuantitativo para calcular la clasificación del riesgo en la Junta de Agua Potable “San Felipe”

		GRAVEDAD ASOCIADA				
		Efecto nulo o insignificante Puntúa: 1	Efecto en el cumplimiento leve Puntúa: 2	Efecto organoléptico moderado Puntúa: 3	Efecto reglamentario grave Puntúa: 4	Efecto catastrófico en la salud pública Puntúa: 5
FRECUENCIA DE OCURENCIA	Frecuente / Una vez al día Puntúa: 5	5	10	15	20	25
	Probable / Una vez por semana Puntúa: 4	4	8	12	16	20
	Moderada / Una vez al mes Puntúa: 3	3	6	9	12	15
	Improbable / Una vez al año Puntúa: 2	2	4	6	8	10
	Poco frecuente / Una vez cada 5 años – Puntúa: 1	1	2	3	4	5
Puntuación del riesgo		<6	6 – 9	10 – 15	>15	
Calificación del riesgo		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	

FUENTE: (OMS, 2009).

ELABORADO: AUTOR

3.5.3. Plan de mejora para la seguridad hídrica en las fases de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y consumo en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

El plan de mejora en la JAAP "San Felipe" permitió dar seguimiento a los métodos propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009). La metodología seguida para la elaboración del plan de mejora estableció elementos que debían ser considerados para su ejecución. A continuación, se mencionan los elementos a considerar para ejecutar el plan de mejora en la JAAP "San Felipe", según lo propuesto por Pérez *et al.* (2020):

- Seleccionar el equipo ejecutor del Plan de Mejoramiento.
- Describir a detalle la situación actual del sistema de abastecimiento de la junta.
- Identificar y describir medidas correctivas y de control para reducir los riesgos y peligros de la junta.
- Elaborar el plan de mejora con acciones específicas que deben contemplarse por parte de los administrativos de la junta.
- Implementar sistemas de monitoreo que validen la eficacia de las acciones correctivas que se llevarán a cabo.

3.6. Instrumentos de la investigación

Para realizar este proyecto de investigación se utilizaron los siguientes medios:

- A fin de conocer el estado actual del sistema de abastecimiento, se dio seguimiento a todas las fases mediante una lista de chequeo. Adicionalmente, se llevó a cabo una entrevista al presidente o al operador para obtener información detallada sobre el desempeño y las acciones implementadas por la junta directiva con relación al manejo del agua para la comunidad rural.

- Se desarrolló una encuesta previamente validada utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics 22, con el propósito de recolectar datos sobre la percepción de la comunidad y sus evaluaciones acerca del servicio proporcionado por la JAAP "San Felipe".
- El índice de calidad del agua de la NSF (National Sanitation Foundation) se utilizó como una herramienta de evaluación para analizar y determinar la calidad del agua destinada al consumo humano en el área de investigación. Este análisis implicó la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.
- El método semicuantitativo para calcular los niveles de riesgos asociados al sistema de suministro fue empleado como herramienta de soporte para analizar y medir cuán significativos son los hallazgos encontrados durante el diagnóstico y medición de parámetros en cada fase.

3.7. Tratamiento de datos

En la investigación realizada, se aplicaron los siguientes tratamientos de datos:

- En la investigación realizada, se empleó el software estadístico IBM SPSS Statistics 22 para validar el cuestionario de la encuesta sobre calidad y gestión del servicio de agua potable para los usuarios. Se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach con el objetivo de evaluar la confiabilidad del cuestionario, estableciendo un nivel de confiabilidad objetivo superior a 0.7 (de Vet *et al.*, 2017). Posteriormente, se realizó un análisis factorial para verificar la idoneidad de los datos, teniendo en cuenta un valor de esfericidad de Bartlett objetivo menor a 0.05 y un valor en la matriz de varianza acumulada de componentes superior al 60%, lo que indicó la viabilidad estadística para llevar a cabo un análisis de reducción de variables. Asimismo, se llevó a cabo un análisis de Componentes Principales para identificar grupos en la matriz de Componentes Rotados y determinar las preguntas más relevantes en la encuesta (Hasan *et al.*, 2021).

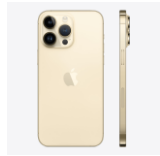
- En el análisis de los parámetros fisicoquímicos, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para verificar la distribución normal de los datos, lo que permitió determinar la idoneidad de aplicar análisis de varianza paramétrica (ANOVA) y no paramétrica Kruskal-Wallis. Esta evaluación previa garantizó la selección apropiada del enfoque estadístico según los supuestos de los datos por parámetro. Además, se empleó una metodología basada en análisis factorial y componentes principales para explorar la estructura subyacente de los parámetros y comprender su comportamiento conjunto. Este análisis reveló patrones de variación entre los parámetros, identificando aquellos con una mayor capacidad discriminatoria, lo que proporciona una comprensión más profunda de las interacciones entre las variables y orienta la interpretación de los resultados para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas. (Hasan *et al.*, 2021).
- En el análisis de los parámetros microbiológicos, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de identificar diferencias significativas en el recuento de coliformes entre las distintas etapas del proceso. Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación de múltiples rangos con el objetivo de identificar diferencias estadísticamente relevantes entre las medias de los datos obtenidos en cada etapa del sistema. Todos estos datos fueron analizados en el software estadístico INFOSTAT, siguiendo las indicaciones de Yáñez *et al.* (2006).
- Para calcular el índice de calidad del agua ICA NSF, se utilizará una hoja de cálculo en Excel que contuvo los valores de los parámetros fisicoquímicos. Con el fin de identificar posibles diferencias estadísticas entre los parámetros fisicoquímicos analizados en los distintos puntos de muestreo, se empleó la prueba de análisis de varianza paramétrica de ANOVA utilizando el software estadístico INFOSTAT.

3.8. Recursos humanos y materiales

Para la toma de datos y evidencias se utilizó los siguientes materiales y recursos:

Tabla 5.

Elementos que se emplearon para recopilar información

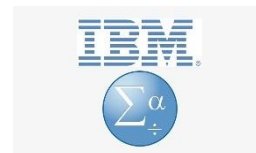
Materiales tecnológicos	✕ GPS	
	✕ Computadora	
	✕ Cámara	
	✕ Impresora	
Materiales de oficina	✕ Hojas	
	✕ Libreta	
	✕ Lapiceros	
Materiales de campo	✕ Agua destilada	
	✕ Botellas de vidrio	
	✕ Hielera	

Software

- ✖ ArcMap 10.8



- ✖ IBM SPSS Statistics 22



- ✖ Microsoft Excel



**Materiales de los
parámetros
físicoquímicos**

- ✖ Kits de análisis de parámetros Hanna Instruments: dureza (HI 3812), cloruros (HI 3815), nitratos (HI 3874), nitritos (HI 3873) y fosfatos (HI 3833).



- ✖ Medidor Portátil (AZ-86031) para pH, conductividad, salinidad, TDS y resistividad.



- ✖ Medidor portátil de turbidez



- ✖ Medidor para la DBO y OD Hanna Instruments “HI98193”



**Materiales para los
parámetros
microbiológicos**

- ✖ Tubos de muestreo de 1,5 ml
- ✖ Agar de MacConkey (W/CV, NaCl, 0.15% BILE SALTTS y 1% LACTOSE)
- ✖ Puntas de micropipeta color azul de 1 ml y puntas de micropipeta color amarillo de 100 μ L
- ✖ Etanol al 96%
- ✖ Cajas Petri



ELABORADO: AUTOR

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficiencia del servicio de suministro de agua potable en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

El proceso de evaluación y diagnóstico llevado a cabo en la JAAP "San Felipe" obtuvo los siguientes resultados:

4.1.1. Estado actual del sistema de suministro

El estado actual del sistema de suministro de la JAAP “San Felipe” se definió mediante la lista de verificación, entrevista al operador (presidente de la junta) y percepción de los usuarios conectados a la red de distribución. A continuación, se describe la información obtenida de estas herramientas:

4.1.1.1. Lista de verificación.

El sistema de abastecimiento de agua de la JAAP "San Felipe" obtiene su recurso a través de un pozo profundo de 90 metros, que se conecta a una fuente subterránea. Posteriormente, este flujo se dirige directamente al tanque de almacenamiento desde donde se distribuye a los consumidores.

Durante el análisis del sistema, se llevaron a cabo seis etapas de evaluación, en las cuales se identificaron tanto aspectos cumplidos como áreas en las que se presentaron incumplimientos durante la observación directa. A continuación, se presenta la Tabla 6, que detalla la lista de verificación aplicada en el terreno con este propósito.

Tabla 6.

Lista de verificación aplicada en la JAAP "San Felipe"

Etapa	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
Captación	La bomba sumergible encargada de extraer agua subterránea se encuentra en condiciones satisfactorias.	X			La bomba sumergible se encuentra óptimas condiciones puesto que fue reemplazada hace aproximadamente 1 año.
	Se llevan a cabo evaluaciones regulares o monitoreos periódicos de la calidad del agua del pozo subterráneo.			X	No se aplican monitoreos continuos debido a la falta de recursos financieros que se tiene dentro de la organización.
	El pozo de agua está adecuadamente protegido para evitar la infiltración de arena en su interior.	X			La cobertura del pozo profundo está protegida con concreto, lo que evita la filtración de arena intermitente hacia el agua que se capta.
	La profundidad del pozo es adecuada para garantizar un suministro suficiente de agua a los usuarios activos.	X			El pozo de captación si cuenta con la profundidad necesaria para mantener el sistema de abastecimiento funcional las 24 horas del día en las dos épocas del año.
Almacenamiento	Se llevan a cabo labores de mantenimiento y limpieza periódicas en el tanque de almacenamiento.	X			Los mantenimientos y limpieza del tanque elevado se realizan periódicamente cada 3 meses.
	Se realizan actividades de mantenimiento y limpieza en las redes ascendentes de manera periódica.	X			Las tuberías están en buen estado, y durante el proceso de limpieza del tanque, también se lleva a cabo el mantenimiento de la tubería ascendente.
	Las redes de tuberías ascendentes y el reservorio presentan ausencia de fugas o perforaciones.	X			Desde su construcción hasta la fecha actual, el tanque de almacenamiento no muestra ningún signo

Etapa	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
Tratamiento	El tanque de almacenamiento está diseñado y construido con capacidad adecuada para soportar el almacenamiento del agua.	X			de fisuras o grietas que puedan dar lugar a fugas o goteos. Además, las tuberías del depósito también se encuentran en perfectas condiciones. El tanque elevado fue diseñado y construido utilizando materiales resistentes y duraderos con una capacidad de almacenamiento de 18 m3. En la actualidad, su diseño continúa siendo adecuado para satisfacer la demanda de agua de la zona.
	Se lleva a cabo un proceso de cloración del agua para mitigar el riesgo de agentes infecciosos y proteger la salud pública.		X		Este tipo de tratamiento no se lleva a cabo debido a que el clorador se averió hace un año, y desde entonces no se ha aplicado la cloración adecuada para eliminar agentes microbiológicos patógenos.
	El nivel de cloro residual se mantiene dentro de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con una concentración mínima de 0,2 mg/l y recomendada de $\geq 0,5$ mg/l para el consumo humano. El dispositivo dosificador de cloro está en un estado óptimo de funcionamiento.			X	Este parámetro no se aplica porque, según lo manifestado por el operador, la cloración solía realizarse de manera empírica o al tanteo. El dosificador de cloro se encuentra averiado, por lo tanto, en la actualidad, el sistema de tratamiento para la eliminación de patógenos del agua no está

Etapa	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
Distribución	Se emplea un tratamiento de filtración para eliminar los fragmentos en suspensión del agua, garantizando así su calidad.			X	funcionando como debería. Este tipo de tratamiento no se encuentra dentro del sistema actual. Según el operador, la directiva anterior gestionó un sistema de tratamiento por filtración, pero este no fue instalado.
	Se dispone de válvulas de purga en cada sector de la red de distribución.	X			En la red de distribución, se pueden observar válvulas de desfogue estratégicamente ubicadas en puntos clave. Estas válvulas tienen la finalidad de facilitar la limpieza del sistema durante las labores de mantenimiento.
	La topografía del terreno presenta concavidades que favorecen la distribución eficiente del agua.	X			Las condiciones del terreno en su mayoría son favorables para la distribución del servicio de agua, y solo en muy pocos puntos se observan interferencias ligeras que no afectan significativamente el flujo del servicio.
Consumo	Los hogares de los usuarios activos de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" están equipados con medidores de agua.			X	El sistema de abastecimiento de la junta no cuenta con medidores de consumo de agua para los usuarios, por lo que estos pagan una tarifa fija mensual de 3,00 USD por el servicio.

Etapas	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
	Los usuarios activos consumen el agua directamente, sin requerir hervirla previamente.			X	Un porcentaje significativo de usuarios no utiliza el agua suministrada por la junta para el consumo debido a problemas de calidad. En su lugar, la utilizan para actividades como aseo personal, lavado de platos y lavado de ropa, que no implican su ingestión. Sin embargo, un pequeño porcentaje de usuarios, debido a sus limitaciones económicas, utilizan el agua para el consumo, pero previamente la hierven para hacerla segura.
Deberes del órgano directivo					
Organización	La administración lleva a cabo reuniones o asambleas con los usuarios activos de forma mensual.		X		Los miembros de la directiva de la junta no llevan a cabo reuniones de socialización mensuales para informar sobre las actividades realizadas. Esta falta de comunicación se debe a problemas de desorganización y a una deficiente interacción entre los administrativos y los usuarios.
	Los usuarios que participan activamente cumplen con sus obligaciones financieras mediante pagos mensuales.		X		En su gran mayoría de usuarios no cancelan a tiempo la cuota fija por el servicio de agua, esto debido a la falta de iniciativas y presión en los cobros y por la falta de

Etapa	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
					cortes en el servicio para quienes no cancelen.
	El equipo directivo de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" desempeña íntegramente todas sus responsabilidades.	X			Los miembros de la junta cumplen parcialmente sus funciones.
	En la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", se consideran las perspectivas y opiniones de los usuarios activos como parte integral del proceso de mejora del servicio de agua potable.	X			La opinión de los usuarios de la junta es tomada en cuenta cuando se realizan las reuniones convocadas, aunque en su mayoría de veces no todos los usuarios asisten.

ELABORADO: AUTOR

4.1.1.2. Entrevista con el operador.

La entrevista con el operador fue de suma importancia, ya que proporcionó información valiosa sobre la estructura organizativa de los administrativos y el estado actual de la junta desde su perspectiva. A continuación, se describe la información obtenida:

- La JAAP "San Felipe" se estableció como una entidad sin fines de lucro en el año 2015, financiada con el presupuesto recaudado por los 97 usuarios iniciales de la comunidad y el apoyo del GAD Municipal de Mocache. En la actualidad, la junta cuenta con 137 usuarios activos que utilizan el servicio, a pesar de que su diseño original tenía la capacidad prevista para atender a 150 usuarios. Esto indica que se está acercando a su límite de capacidad planificado. Sin embargo, el operador ha detectado la existencia de fuentes clandestinas que están conectadas a la red de distribución sin seguir los procedimientos establecidos por el comité organizacional. Esta situación interrumpe directamente la continuidad del servicio y plantea desafíos adicionales para la gestión de la junta.

- Dentro del sistema de distribución, no se realiza un seguimiento del caudal diario debido a la falta de recursos para implementar un sistema de control de este tipo. A pesar de ello, los usuarios pagan una tarifa mensual de 3,00 USD en función de la cantidad de agua que consumen. Sin embargo, aún existen usuarios que se retrasan en sus pagos y, en algunos casos, no son conscientes de la necesidad de cancelar la cuota correspondiente.
- La bomba sumergible que extrae agua del pozo profundo fue renovada en el año 2022 debido a las reiteradas fallas técnicas que afectan la continuidad del servicio con la unidad anterior. La nueva bomba, de la marca Pedrollo, cuenta con una potencia de 5 HP. Es importante destacar que esta bomba está equipada con un sistema automatizado que monitorea el nivel del tanque de almacenamiento y se activa automáticamente cuando detecta que el nivel está disminuyendo, asegurando así un suministro constante de agua.
- El agua se extrae de un pozo con una profundidad de 90 metros, el cual está revestido con material de concreto para prevenir el desprendimiento de tierra y la filtración de arena hacia el agua captada. El bombeo del agua se realiza mediante tuberías metálicas de 3 pulgadas desde el pozo hasta la superficie. Luego, se transporta desde la superficie hasta el tanque de almacenamiento a 13 metros de altura mediante tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) de 3 pulgadas. Este proceso permite llenar el tanque en aproximadamente 20 minutos.
- Desde este punto, el agua se transporta a través de la red de distribución por gravedad hasta llegar a cada uno de los usuarios, lo que toma un tiempo máximo de 30 minutos. Esto se debe a que el sistema de distribución está compuesto por una tubería principal de 2 pulgadas que desciende desde el tanque hasta conectar con las tuberías secundarias de 1,5 pulgadas ubicadas en las vías principales. Asimismo, se utilizan tuberías terciarias de 1,25 pulgadas como conexiones intermedias para llevar el servicio a los usuarios. Este sistema está diseñado para proporcionar servicio de agua las 24 horas del día, bajo condiciones consistentes y confiables.
- El comité organizativo de la junta cumple con todos los miembros establecidos en los estatutos normativos y desempeña todas las funciones administrativas requeridas en la JAAP "San Felipe". Sin embargo, los fondos financieros de la junta son limitados debido

a la falta de interés de algunos usuarios en contribuir con las actividades propuestas por el operador y a los retrasos en los pagos mensuales. Esta limitación financiera significa que la junta no dispone de los recursos necesarios para abordar de manera inmediata cualquier peligro o riesgo que pueda surgir.

- Por otro lado, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha brindado apoyo mediante capacitaciones destinadas a mejorar las estrategias de uso y aprovechamiento sostenible del recurso, así como para fortalecer la capacidad administrativa y las técnicas de gestión. También se realizan monitoreos frecuentes en el sistema de abastecimiento, generalmente con una periodicidad anual, para garantizar el cumplimiento de estándares y normativas en la distribución de agua.

4.1.2. Percepción de los usuarios

La opinión de los usuarios fue fundamental para obtener una comprensión completa de la situación actual del sistema de abastecimiento. Se llevó a cabo una encuesta que constaba de 22 preguntas, y a continuación, se procederá a analizar estadísticamente los resultados obtenidos:

4.1.2.1. Análisis de confiabilidad de la encuesta (Alfa de Cronbach).

El análisis de confiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach validó la encuesta con un valor de 0.76, lo cual indica una confiabilidad sólida en las respuestas sin necesidad de eliminar ninguna pregunta para cumplir con el criterio de confiabilidad establecido ($\geq 0,7$). Esto significa que las preguntas de la encuesta son consistentes y confiables para medir las opiniones y percepciones de los encuestados.

4.1.2.2. Análisis factorial por componentes principales.

El análisis proporcionó información relevante. La Medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación de muestreo obtuvo un valor de 0,73, lo que indica que los datos son adecuados para realizar un análisis factorial. Además, la prueba de esfericidad de Bartlett resultó altamente significativa, respaldando la idoneidad de los datos para el análisis factorial.

Con relación al análisis de criterios de comunalidades, se excluyeron las preguntas 2, 5, 7, 9, 12, 13, 15 y 17 debido a que tenían un criterio de comunalidad inferior a 0,7. Las preguntas restantes, cuyos criterios de comunalidad eran iguales o superiores a 0,7, se conservaron para su análisis posterior (ver Tabla 7).

Tabla 7.

Análisis de comunalidades de la encuesta aplicada a los usuarios de la JAAP "San Felipe"

	Inicial	Extracción
1) ¿Se encuentra satisfecho(a) con la cantidad de agua que recibe de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"?	1,000	,840
3) ¿Cómo calificaría la presencia de olores extraños en el agua que usted consume?	1,000	,717
4) ¿Cómo calificaría su percepción sobre el color del agua que consume?	1,000	,814
5) ¿Qué tan frecuentemente considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?	1,000	,825
8) ¿Estaría dispuesto a considerar la implementación de otros métodos de tratamiento para el agua?	1,000	,883
10) ¿Cree usted que la presión del agua es suficiente para sus necesidades?	1,000	,869
11) ¿Cree que la presencia de contaminantes en el agua potable puede provocar enfermedades digestivas?	1,000	,858
14) ¿Se debería llevar a cabo un estudio en el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable para evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano?	1,000	,899
16) ¿Es necesario llevar a cabo seguimientos o evaluaciones en las diferentes etapas del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable para prevenir la presencia de enfermedades debido a la contaminación del agua?	1,000	,903

	Inicial	Extracción
18) ¿Qué tan de acuerdo se siente usted con los horarios de distribución del servicio de agua proporcionados por la Junta Administradora de Agua Potable?	1,000	,816
19) ¿En qué medida considera usted adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?	1,000	,783
20) ¿En qué medida considera usted que la continuidad del servicio de agua es permanente?	1,000	,749
21) ¿Con qué frecuencia se realizan reuniones entre los usuarios y los administradores para debatir temas importantes de la Junta Administradora de Agua Potable?	1,000	,897
22) ¿En qué medida considera usted que la distribución del servicio de agua potable es equitativa?	1,000	,705

FUENTE: IBM SPSS 22

ELABORADO: AUTOR

La interpretación de la varianza total explicada en el análisis de las componentes principales reveló un porcentaje del 82,56%. El cuestionario se dividió en cinco componentes, con los siguientes porcentajes de varianza explicada:

- Componente 1: 30,92%
- Componente 2: 22,81%
- Componente 3: 13,17%
- Componente 4: 8,04%
- Componente 5: 7,62%

Estos porcentajes indican la contribución de cada componente a la varianza total en la encuesta, lo que proporciona una comprensión de la estructura subyacente de las respuestas de los encuestados (ver Tabla 8).

Los componentes rotados revelan la correlación entre las preguntas del cuestionario (celdas sombreadas) y proporcionan información sobre las dimensiones subyacentes de la encuesta. Aquí se presenta un resumen de la interpretación de cada componente:

Los cinco componentes analizados en el sistema de abastecimiento están interrelacionados y abordan diferentes aspectos cruciales. El primer componente se enfoca en evaluar la satisfacción de los usuarios con el servicio proporcionado, mientras que el segundo componente aborda los tipos de tratamiento necesarios para mejorar las propiedades organolépticas del agua. El tercer componente examina la incidencia de enfermedades digestivas asociadas al consumo de agua con mal olor y sabor.

Por otro lado, el cuarto componente destaca la importancia de la comunicación efectiva entre los usuarios y los administrativos de la junta de abastecimiento. Sin embargo, el quinto componente no arrojó información relevante, lo que indica su falta de contribución significativa a la estructura de las respuestas evaluadas.

Estos resultados ayudan a comprender mejor los factores subyacentes que influyen en las respuestas de los encuestados y proporcionan información valiosa para la toma de decisiones y mejoras en el sistema de abastecimiento (ver Tabla 9).

Tabla 8.*Varianza total explicada de los componentes principales*

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	4,329	30,924	30,924	4,329	30,924	30,924
2	3,193	22,809	53,733	3,193	22,809	53,733
3	1,844	13,172	66,905	1,844	13,172	66,905
4	1,125	8,036	74,940	1,125	8,036	74,940
5	1,067	7,620	82,561	1,067	7,620	82,561
6	,536	3,827	86,388			
7	,451	3,224	89,612			
8	,332	2,372	91,984			
9	,286	2,041	94,025			
10	,256	1,827	95,852			
11	,218	1,558	97,410			
12	,141	1,007	98,416			
13	,129	,919	99,336			
14	,093	,664	100,000			

FUENTE: IBM SPSS 22**ELABORADO:** AUTOR

Tabla 9.*Matriz de componentes rotados de relación entre preguntas*

	Componente				
	1	2	3	4	5
1) ¿Está satisfecho(a) con la cantidad de agua que le distribuye la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”?	0,884	-0,207	0,012	0,056	-0,115
3) ¿Considera usted que el agua que consume tiene olores extraños?	0,316	0,605	0,42	-0,103	0,252
4) ¿Considera usted que el agua que consume tiene colores extraños?	0,435	0,417	0,644	0,184	0,044
5) ¿Considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?	0,268	0,561	0,603	0,18	0,207
8) ¿Estaría de acuerdo con que se realicen otros tipos de tratamiento del agua?	0,082	0,547	0,07	-0,015	-0,756
10) ¿Considera usted que la presión del agua es la adecuada?	0,871	-0,168	-0,109	0,013	-0,265
11) ¿Considera usted que se pueden adquirir enfermedades digestivas por la presencia de contaminantes en el agua potable?	-0,164	-0,84	0,282	-0,114	0,184
14) ¿Cree usted necesario realizar un estudio en el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable para determinar la calidad del agua de consumo humano?	0,014	0,742	-0,56	0,04	0,181
16) ¿Considera necesario realizar seguimientos o evaluaciones en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable para evitar la presencia de enfermedades por contaminación del agua?	0,05	0,749	-0,549	-0,063	0,186
18) ¿Está de acuerdo con los horarios de distribución del servicio de agua en la Junta Administradora de Agua Potable?	0,737	-0,14	-0,064	-0,444	0,229

	Componente				
	1	2	3	4	5
19) ¿Considera adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?	0,774	-0,263	-0,324	0,077	-0,072
20) ¿La continuidad del servicio de agua siempre es permanente?	0,785	-0,034	-0,143	-0,166	0,29
21) ¿Se realizan reuniones entre los usuarios y los administradores para debatir temas importantes de la Junta Administradora de Agua Potable?	0,057	-0,228	-0,222	0,864	0,216
22) ¿Considera que es equitativa la distribución del servicio de agua potable?	0,795	-0,098	0,009	0,222	-0,119

Componente 1: Satisfacción del usuario; Componente 2: Tratamientos del agua; Componente 3: Presencia de enfermedades digestivas; Componente 4: Organización de la junta; Componente 5: Nulo, no aporta significancia en las respuestas.

FUENTE: IBM SPSS 22

ELABORADO POR: AUTOR

4.1.2.3. Análisis de las preguntas relacionadas por los componentes principales.

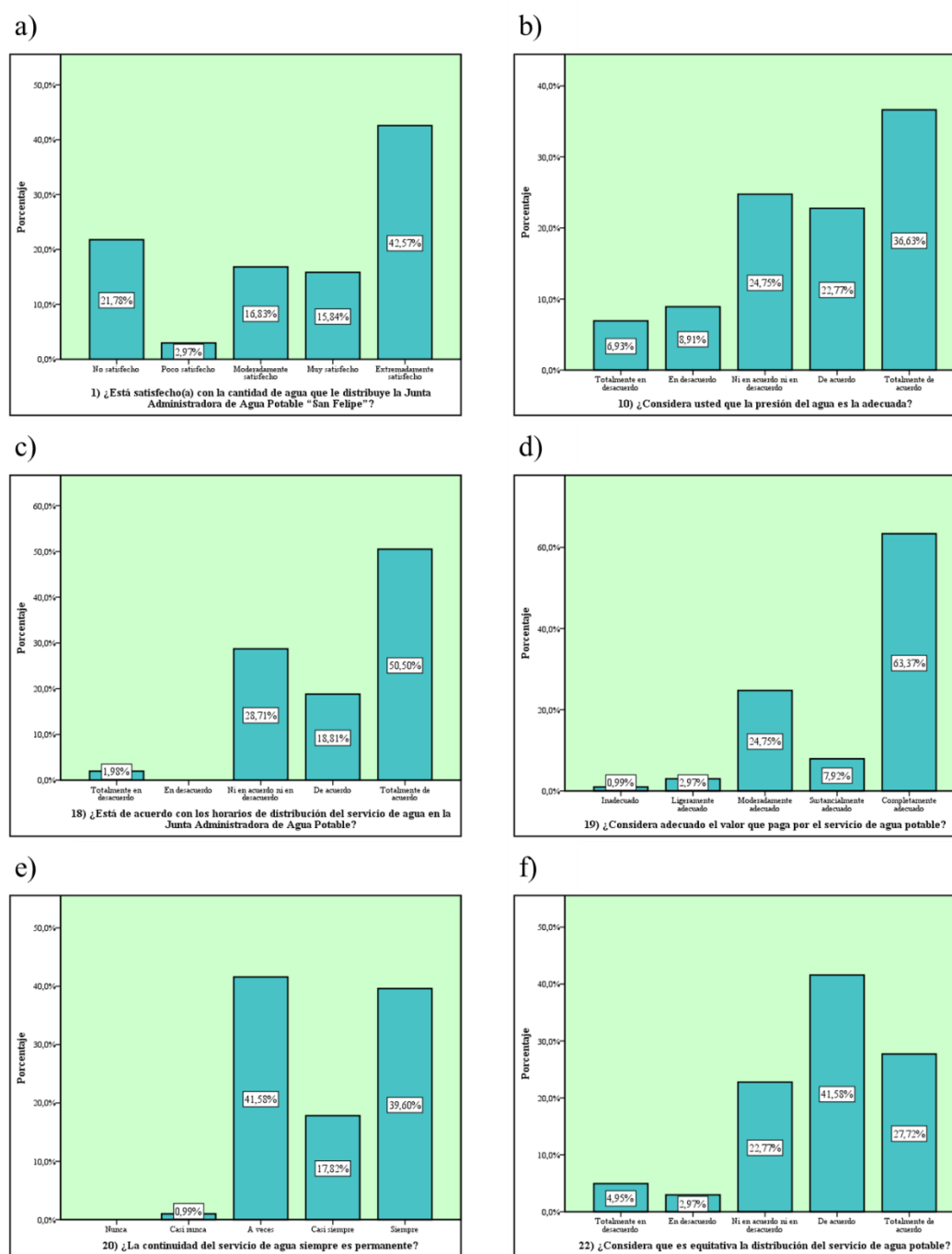
La Figura 4 presenta los resultados de la correlación positiva entre las preguntas 1(a), 10(b), 18(c), 19(d), 20(e) y 22(f) en relación con el primer componente principal. Este componente se relaciona con la satisfacción de los usuarios en función de la disponibilidad del servicio de agua en la zona con una significancia de 0,887. Los resultados indican que los usuarios están satisfechos con el servicio porque:

- Cuentan con el servicio las 24 horas del día.
- Experimentan una buena presión de agua en sus hogares.
- El servicio se proporciona de manera equitativa para todos los usuarios.
- Reciben la cantidad necesaria de agua para llevar a cabo sus actividades diarias.
- Están conformes con la cuota mensual de pago por el servicio.

Este primer componente refleja la satisfacción general de los usuarios con la disponibilidad del servicio, lo que sugiere una experiencia positiva en términos de acceso y funcionalidad del suministro.

Figura 4.

Componente 1: Satisfacción del usuario



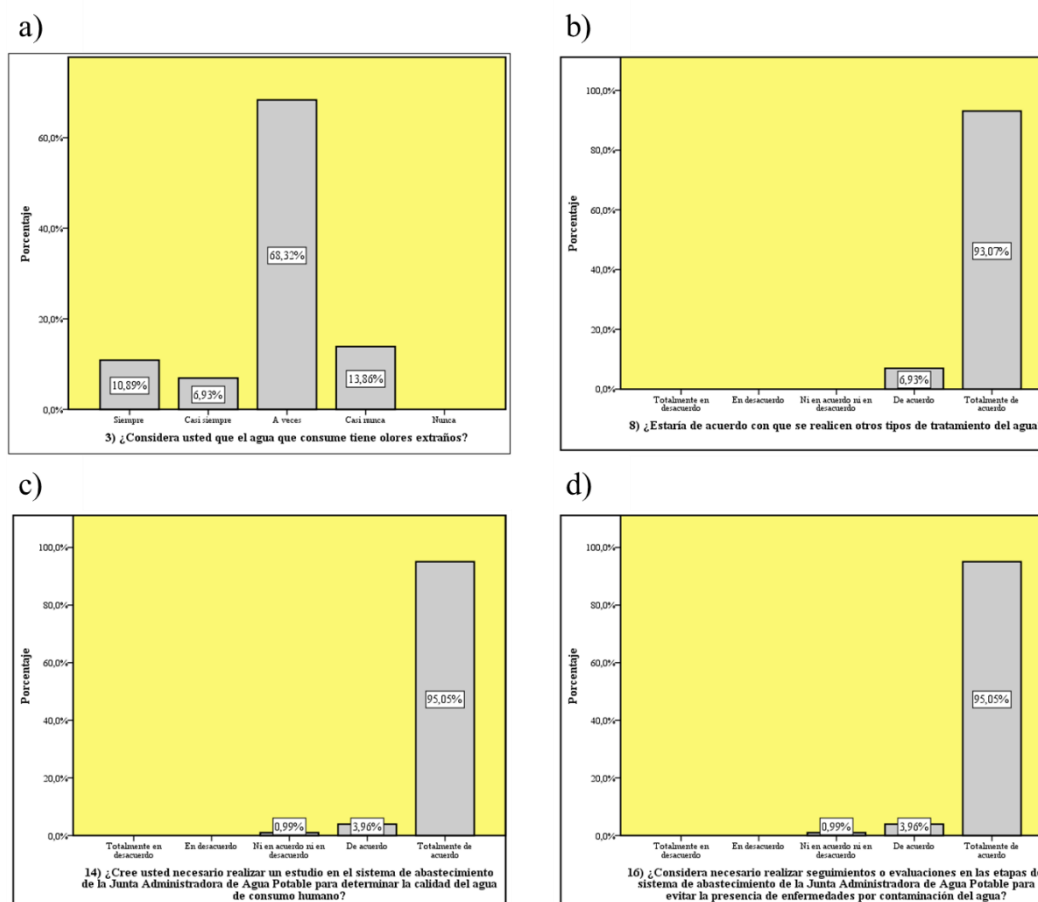
Nota: a) Satisfacción con la cantidad de agua; b) Presión adecuada; c) Horarios de distribución; d) Cuota de pago del servicio; e) Continuidad del servicio; f) Equidad en la distribución.

ELABORADO: AUTOR

La Figura 5 muestra la correlación positiva entre las preguntas 3(a), 8(b), 14(c) y 16(d) del segundo componente principal, con un 0,749 de significancia se relaciona con la necesidad de implementar tratamientos en el sistema de suministro de agua. Los usuarios expresan que la presencia de olor en el agua se debe a la falta de tratamiento en el sistema que elimine los compuestos orgánicos que causan el mal olor en el agua. Además, sugieren que se realice un estudio completo del sistema de abastecimiento para determinar el tratamiento adecuado que reduzca la contaminación del servicio. También hacen hincapié en la importancia de llevar a cabo seguimientos continuos para evitar situaciones adversas relacionadas con la calidad del agua suministrada. Este segundo componente refleja la preocupación de los usuarios por la calidad del agua y su deseo de implementar tratamientos adecuados para mejorar las propiedades organolépticas del agua, como el sabor y el olor.

Figura 5.

Componente 2: Tratamientos del agua



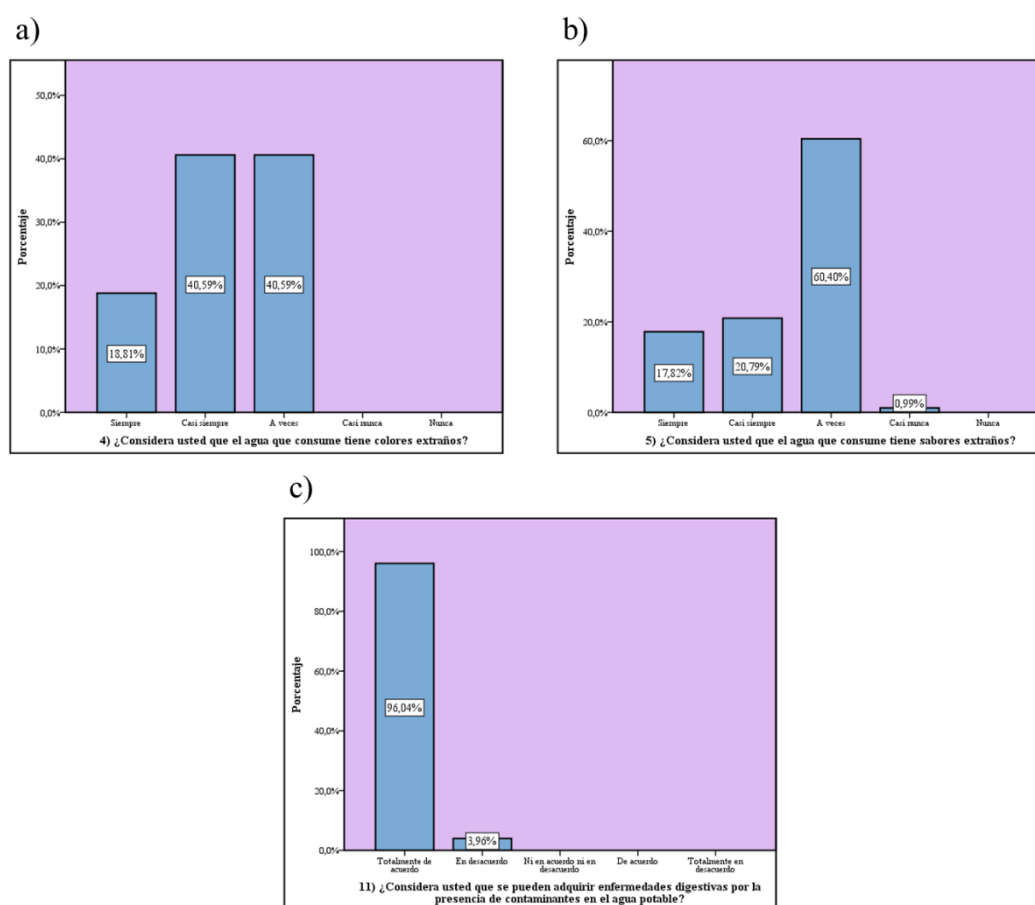
Nota: a) Olores en el agua; b) Otros tratamientos para el agua; c) Necesidad de realizar un estudio general en el sistema; d) Realizar seguimientos en el sistema de suministro.

ELABORADO POR: AUTOR

La Figura 6 muestra la correlación positiva entre las preguntas 4(a), 5(b) y 11(c), correspondientes al tercer componente principal obtenido en el análisis factorial. Este componente tiene una significancia de 0,644 y está relacionado con la preocupación de los usuarios acerca de la presencia de enfermedades digestivas como resultado del consumo de agua con características organolépticas no deseables. Según los usuarios, casi siempre reciben agua que presenta color y sabor inadecuados. Esto genera inquietud en la comunidad, ya que creen que consumir este tipo de agua podría aumentar el riesgo de padecer problemas gastrointestinales. El tercer componente refleja la preocupación de los usuarios sobre los posibles efectos adversos para la salud relacionados con el consumo de agua que tiene características organolépticas no satisfactorias. Esto resalta la importancia de abordar la calidad del agua y garantizar su potabilidad.

Figura 6.

Componente 3: Presencia de enfermedades digestivas



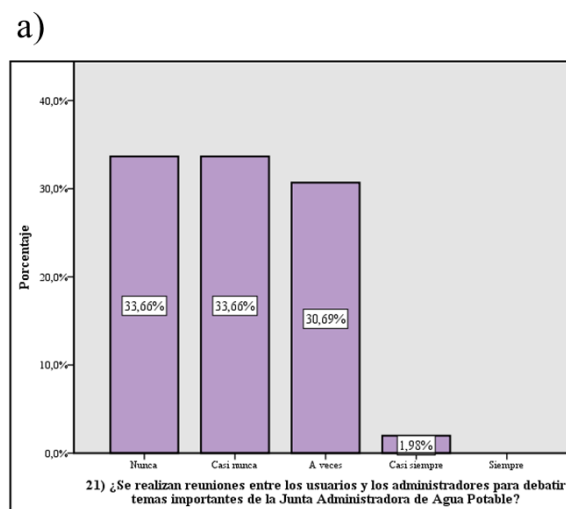
Nota: a) Presencia de color en el agua; b) Presencia de sabor en el agua; c) Presencia de enfermedades digestivas por el consumo.

ELABORADO POR: AUTOR

La Figura 7 muestra el análisis factorial de la pregunta 21(a) como el cuarto componente principal. Este componente tiene una significancia de 0,846 y está relacionado con el entorno organizacional y comunicativo entre los administrativos y los usuarios. La mayoría de los usuarios expresaron que los administradores no mantienen interacciones periódicas con ellos ni socializan situaciones específicas relacionadas con el sistema de abastecimiento. Esto significa que los operadores no comunican información importante, como las fechas programadas para los mantenimientos en el tanque, el estado financiero y otras acciones que los usuarios consideran relevante conocer en el contexto de la junta. El cuarto componente resalta la falta de comunicación efectiva entre los administradores y los usuarios, lo que sugiere la necesidad de mejorar la interacción y la transparencia en la gestión de la junta.

Figura 7.

Componente 4: Organización de la junta



Nota: a) Reuniones entre administrativos y usuarios.

ELABORADO POR: AUTOR

4.2. Determinación de los peligros y riesgos en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

La evaluación de los peligros y riesgos relacionados con el estado actual del sistema de suministro de la JAAP "San Felipe" produjo los siguientes resultados:

4.2.1. *Análisis estadístico de los parámetros físicoquímico y microbiológicos del agua*

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilks reveló que los datos de los parámetros nitritos, nitratos, fosfatos y cloruros son no normales ($p < 0,05$), lo que condujo al empleo de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para su análisis de varianza (ver Anexo 8).

Por otro lado, los datos de los parámetros pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos disueltos totales, dureza, turbidez, demanda biológica de oxígeno, resistividad y coliformes fecales demostraron normalidad ($p > 0,05$). Por consiguiente, se utilizó la prueba paramétrica ANOVA simple para su análisis de varianza (ver Anexo 8).

4.2.1.1. *Análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis.*

El análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis de la Tabla 10, demostró que los parámetros nitritos, nitratos, fosfatos y cloruros no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-valor} = > 0,05$) indicando homogeneidad en los datos analizados.

Tabla 10.

Análisis de varianza Kruskal-Wallis de los parámetros con datos no normales

Parámetro	Medias de los datos en las etapas del sistema			H	p-valor
	Captación	Almacenamiento	Consumo		
Nitritos	0,13 A	0,21 A	0,16 A	2,39	0,2163
Nitratos	10 A	11,25 A	10 A	0,24	0,3679
Fosfatos	3,38 A	3,38 A	3,25 A	0,18	0,8921
Cloruros	43,75 A	46,25 A	51,25 A	4,10	0,0846

FUENTE: INFOSTAT

ELABORADO: AUTOR

4.2.1.2. *Análisis de varianza paramétrica ANOVA.*

El análisis de varianza ANOVA de la Tabla 11, revela que los parámetros pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos disueltos totales, dureza y demanda biológica de oxígeno no muestran diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-valor} > 0,05$). Esto debido a que los datos analizados se comportan de forma homogénea.

Sin embargo, la turbidez fue el único parámetro que según el análisis de varianza si presenta diferencias estadísticamente significativas en las tres etapas del sistema de suministro de la JAAP “San Felipe” ($F = 28,32$; $p\text{-valor} < 0,0001$). Demostrando un incremento notable de la cantidad de partículas en suspensión de la captación al almacenamiento y del almacenamiento al consumo (ver Tabla 11).

Tabla 11.

Análisis de varianza Anova de los parámetros con datos normales

Parámetro	Medias de los datos en las etapas del sistema			F	p-valor
	Captación	Almacenamiento	Consumo		
pH	7.35 A	7,28 A	7,28 A	0,42	0,66
Temperatura	25.20 A	25,90 A	25,88 A	0,37	0,6935
Conductividad	3431,25 A	3273,75 A	3312,50 A	2,14	0,1431
Oxígeno disuelto	4,63 A	5,25 A	4,34 A	0,87	0,4353
Salinidad	1,77 A	1,69 A	1,73 A	1,68	0,21
Sólidos disueltos	428,19 A	409,25 A	412,44 A	2,15	0,1415
Sólidos totales					
Dureza	100,88 A	96 A	102 A	3,07	0,0677
Demanda biológica de oxígeno	4,60 A	4,60 A	4,30 A	0,14	0,8730
Turbidez	5,70 A	17,40 C	11,54 B	28,32	< 0,0001

FUENTE: INFOTAT

ELABORADO: AUTOR

4.2.2. Comparativa con los estándares normativos de los parámetros fisicoquímicos

A través del análisis estadístico de los datos recopilados in situ de cada etapa del sistema de abastecimiento, se calcularon las medias utilizando tanto el análisis de varianza paramétrico ANOVA como el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. Este proceso resultó fundamental para evaluar el cumplimiento de los límites permisibles establecidos por las

normativas ambientales, tanto a nivel nacional como internacional, con el objetivo de asegurar que el agua sea adecuada para el consumo humano.

Se identificaron diversos parámetros fisicoquímicos en la etapa de captación que no cumplieron con los estándares establecidos por diferentes regulaciones. Específicamente, en relación con el Acuerdo Ministerial 097-a, se observaron desviaciones en los valores de oxígeno disuelto, salinidad y demanda biológica de oxígeno respecto a las pautas establecidas. Por otra parte, se constató que los niveles de fosfatos excedieron las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud. Por último, se encontró que la conductividad eléctrica no se ajustó a los requisitos establecidos en el Real Decreto 140/2003 (ver Figura 8).

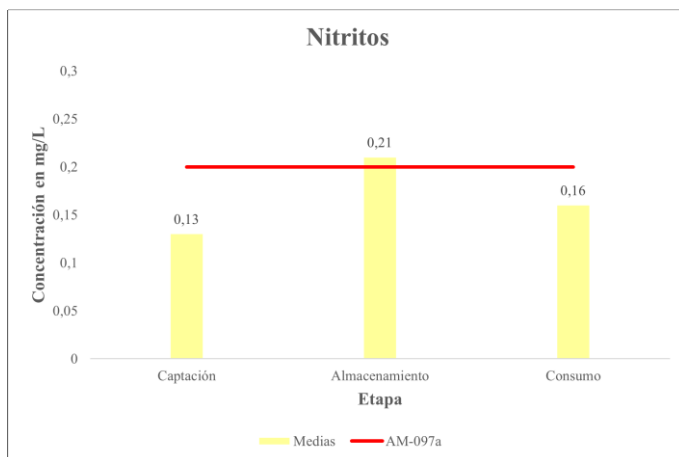
En la etapa de almacenamiento, se registraron niveles que excedieron los valores establecidos por las normativas correspondientes. Específicamente, los niveles de nitritos, nitratos, salinidad, turbidez y demanda biológica de oxígeno no se encontraron dentro de los rangos establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-a. También se observó que los niveles de fosfatos superaron las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud. Por otra parte, se detectó que la Conductividad Eléctrica se encuentra por encima de los límites establecidos por el Real Decreto 140/2003 (ver Figura 8).

En el consumo, se han registrado niveles que exceden las regulaciones establecidas en las normativas mencionadas. Específicamente, en relación con el Acuerdo Ministerial 097-a, se han detectado excedentes en los valores de oxígeno disuelto, salinidad, turbidez y demanda biológica de oxígeno en comparación con los límites establecidos por este reglamento. Además, se ha observado que los niveles de fosfatos superan los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Por último, la conductividad eléctrica se encuentra por encima de lo establecido por el Real Decreto 140/2003 para el agua destinada al consumo humano (ver Figura 8).

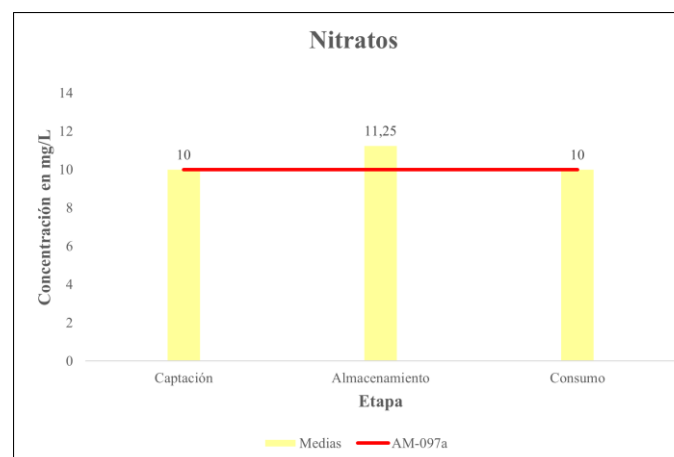
Figura 8.

Gráficos de barras con los cumplimientos por los límites máximos permisibles normativos de los parámetros fisicoquímicos

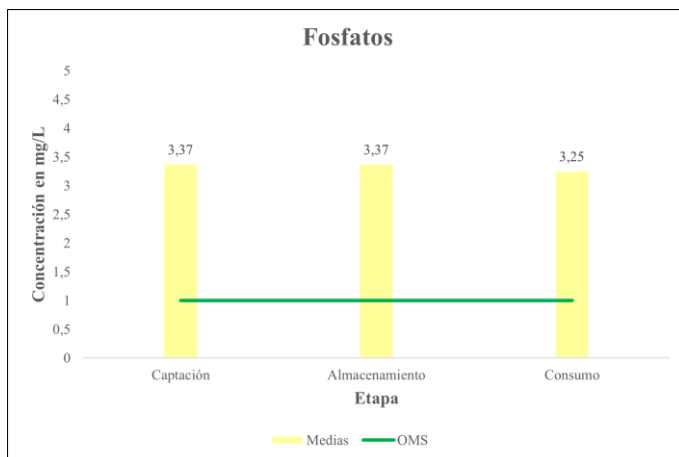
a)



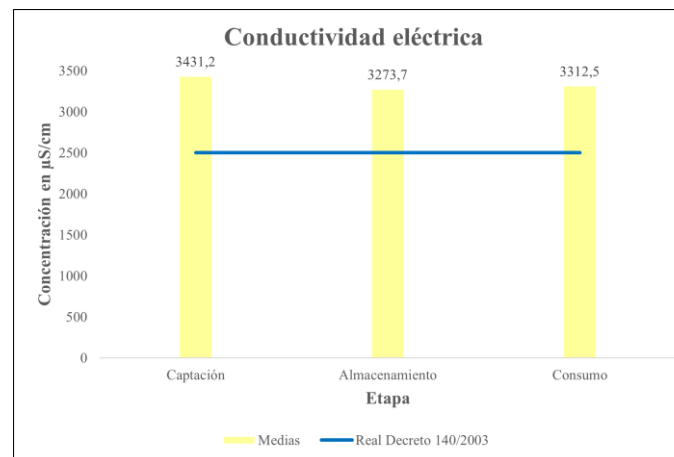
b)



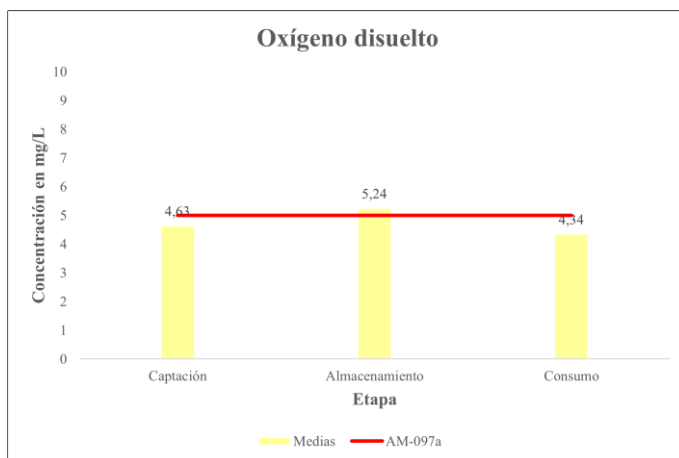
c)



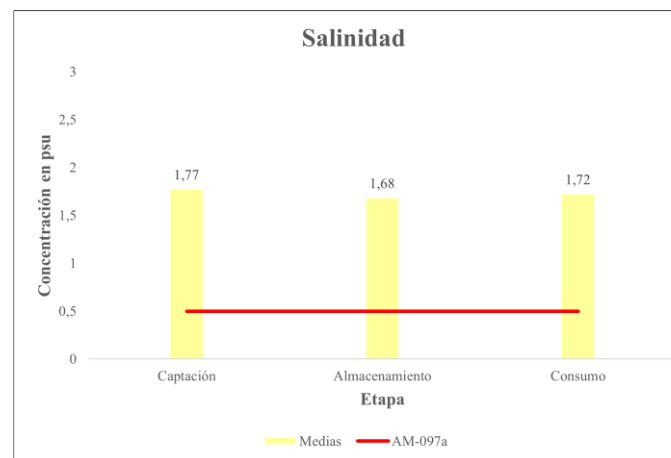
d)



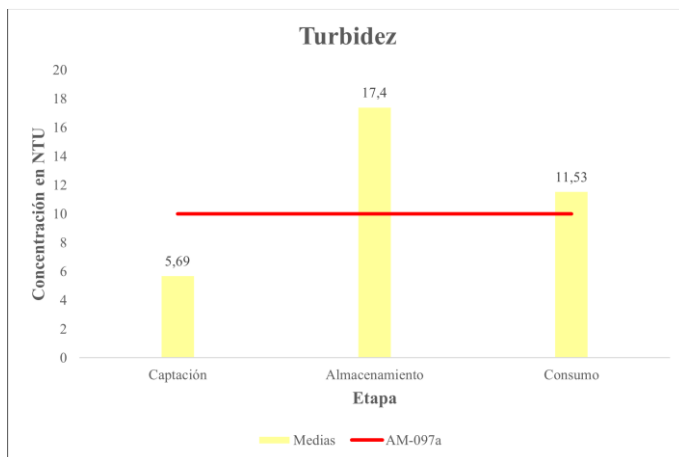
e)



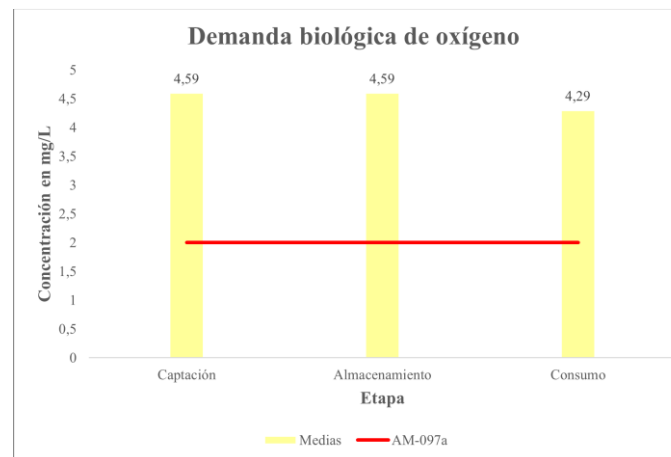
f)



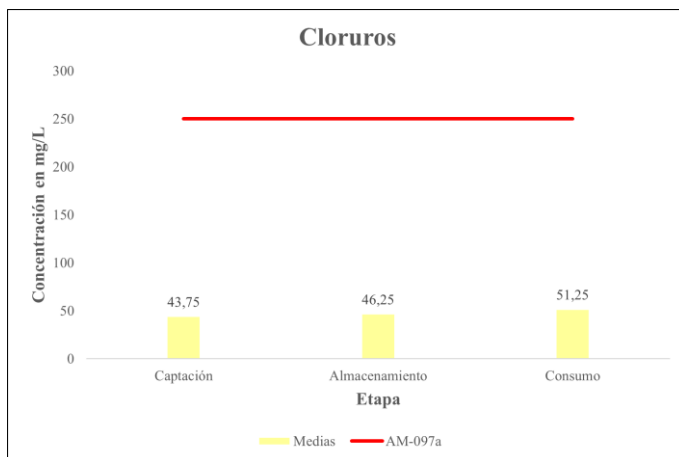
g)



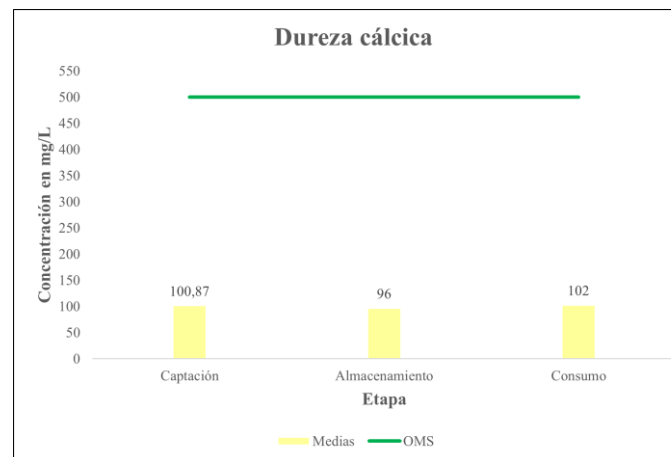
h)



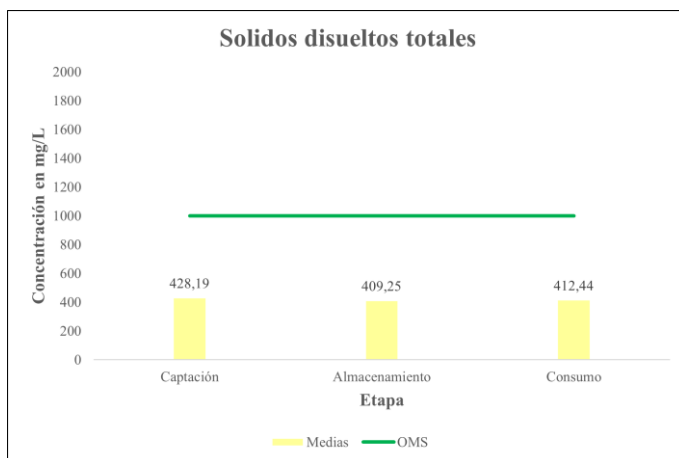
i)



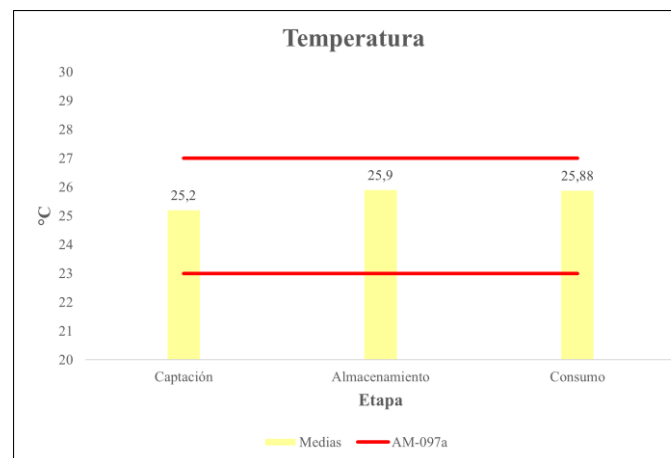
j)



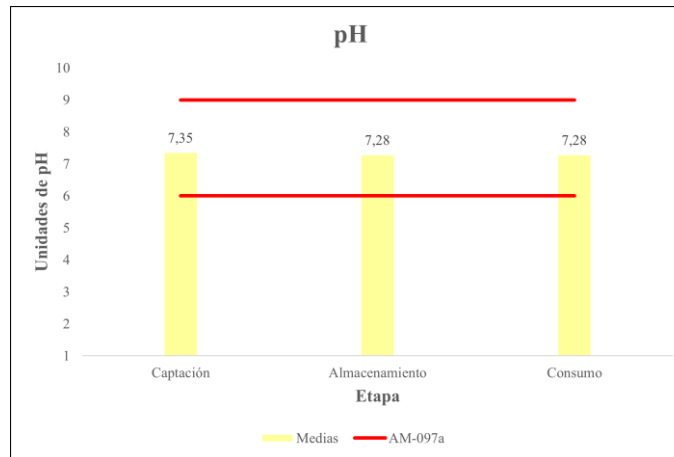
k)



l)



m)



Nota: El gráfico describe la distribución de los promedios de los análisis realizados, identificando qué parámetros cumplen con los estándares normativos.

ELABORADO: AUTOR

4.2.2.1. Matriz causa-efecto por etapa del sistema de suministro.

La Tabla 12 describe las posibles causas y consecuencias que explican el incumplimiento de ciertos parámetros con respecto a los estándares normativos establecidos.

Tabla 12.

Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo de los parámetros fisicoquímicos

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
Captación y almacenamiento	Nitritos	- Contaminación por fertilizantes y agricultura. - Contaminación por desechos de animales. - Presencia de fosas sépticas. - Oxidación de nitratos por actividad bacteriana o química.	Las altas concentraciones de nitritos en el agua destinada al consumo contribuyen a la formación de nitrosaminas mediante la reacción con otros compuestos en el cuerpo, lo cual representa un riesgo significativo para la salud debido a su potencial cancerígeno. En los sistemas de captación, almacenamiento y distribución están inhibiendo la eficiencia de las tuberías anticorrosivas.
	Nitratos	- Alteraciones en la fuente de abastecimiento. - Cambios en la fuente de abastecimiento. - Problemas en el tratamiento.	Los nitratos resultan perjudiciales para la salud, especialmente en bebés y niños pequeños, ya que dentro del cuerpo pueden descomponerse en nitritos, formando nitrosaminas, compuestos altamente cancerígenos.

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
			Asimismo, al reaccionar con otros componentes, los nitratos están corroyendo las tuberías y equipos del sistema de abastecimiento.
	Fosfatos	• Uso de agroquímicos fosfatados en los cultivos de la zona. • Descargas de aguas residuales domésticas.	La presencia de fosfatos está influyendo en el sabor y la calidad del agua, ya que promueven la eutrofización. Además, indirectamente, los subproductos de la descomposición de estos fosfatos pueden afectar la salud de los usuarios.
	Demanda biológica de oxígeno	• Descomposición de materia orgánica producto de las actividades agrícolas. • Uso de agroquímicos de origen orgánico. • Percolación de aguas de uso doméstico no tratadas.	La concentración elevada de demanda biológica de oxígeno no es perjudicial para el sistema de captación, pero influye en las propiedades organolépticas del agua, afectando su olor y sabor.

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
	Turbidez	• Problemas en el sistema de tratamiento. • Contaminación en los sistemas de tuberías. • Contaminación en el sistema de almacenamiento.	La elevada turbidez en el agua está afectando sus propiedades organolépticas. Además, las partículas suspendidas incrementan el desarrollo microbiano y contribuyen a la formación de biofilm en las tuberías.
	Oxígeno disuelto	• Falta de contacto con la atmósfera. • Consumo biológico de oxígeno. • Caudales subterráneos lentos.	La baja concentración de oxígeno disuelto tiene un impacto en la corrosión de las tuberías del sistema de captación, al mismo tiempo, afecta la solubilidad de minerales y otros componentes químicos en el agua.
	Salinidad	• Geología del área y la formación del acuífero. • Riego y fertilización de cultivos. • Descenso del nivel freático.	Elevan la concentración de sales disueltas en el agua captada provocando la corrosión de las tuberías y bombas de captación.

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
Consumo	Conductividad	• Presencia de sales y minerales en las fuentes de agua subterránea. • Riego y fertilización de cultivos.	Una alta conductividad eléctrica no representa un riesgo para la salud, pero puede afectar el sabor y la calidad del agua destinada al consumo humano. Además, influye en la corrosión de las tuberías y el deterioro de las bombas en el sistema de captación.
	Fosfatos	• Corrosión en las tuberías del sistema de distribución.	Los fosfatos no causan directamente problemas en la salud; no obstante, los subproductos generados a partir de estos sí pueden afectar la salud. Además, los fosfatos contribuyen a la corrosión de las tuberías del sistema de abastecimiento.

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
	Salinidad	• Liberación de sales de las tuberías y equipos corroídos. • Falta de purgas en la red de distribución. • Ausencia de tratamientos eficientes para mejorar el agua.	La elevada salinidad afecta el sabor del agua consumida por la comunidad y también puede tener un impacto en la salud de personas sensibles a la salinidad.
	Conductividad	• Liberación de sales y minerales de las tuberías y equipos corroídos. • Falta de purgas en la red de distribución. • Ausencia de tratamientos eficientes para mejorar el agua.	Una elevada conductividad eléctrica puede tener un impacto significativo en las condiciones médicas de personas con problemas relacionados a la alta carga de sales y minerales presentes en el agua. Por otra parte, este parámetro está influyendo en el sabor del agua que consumen los usuarios de la junta.

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
	Oxígeno disuelto	• Problemas en el tratamiento del agua. • Alteraciones en el sistema de distribución. • Presencia de microorganismos consumidores de oxígeno. • Problemas de eutrofización en el sistema de distribución.	La baja concentración de oxígeno disuelto provoca alteraciones en la calidad del agua consumida, ya que disminuye la solubilidad de minerales y otros químicos beneficiosos para la salud.
	Turbidez	• Carencia de sistemas de filtración. • Falta de mantenimientos consecutivos en el sistema. • Deterioro del sistema de distribución.	La turbidez elevada provoca ocasionalmente olores, sabores y colores desagradables en el agua. Esta condición contribuye a la proliferación de patógenos, lo que a su vez está asociado al desarrollo de enfermedades digestivas.
	Demanda biológica de oxígeno	• Alta cantidad de materia orgánica en el tanque de almacenamiento. • Entrada de materia orgánica en el sistema de distribución.	La alta carga orgánica en el agua conlleva al desarrollo de microorganismos patógenos como el E. coli. Esta condición también ha afectado negativamente las propiedades organolépticas del agua. Además, es un factor que influye en la disminución del oxígeno disuelto.

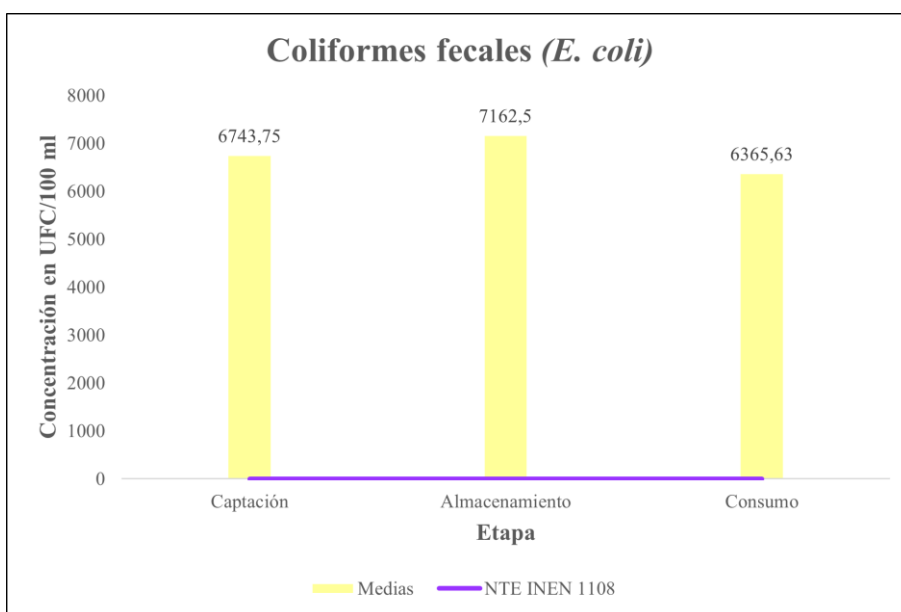
ELABORADO: AUTOR

4.2.3. Comparativa con los estándares normativos de los parámetros microbiológicos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el laboratorio proporcionó las medias estadísticas mediante un análisis ANOVA simple. Estos datos serán fundamentales para evaluar el cumplimiento con las normativas ambientales establecidas para los coliformes fecales en el agua destinada al consumo humano. En términos generales, según la Figura 9, se observó que este parámetro se encontraba consistentemente por encima de los estándares establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 en todas las fases del sistema de abastecimiento.

Figura 9.

Gráficos de barras con los cumplimientos por los límites máximos permisibles normativos de los parámetros microbiológicos



Nota: El gráfico demuestra el excesivo incumplimiento normativo para la bacteria *Escherichia coli*.

ELABORADO: AUTOR

4.2.3.1. Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo de análisis microbiológico.

La Tabla 13 describe las posibles causas y consecuencias que explican el incumplimiento del parámetro microbiológico con respecto a los estándares normativos establecidos.

Tabla 13.

Matriz causa-efecto del incumplimiento normativo microbiológico

ETAPA	PARÁMETRO	CAUSAS	EFFECTOS
Captación y almacenamiento	Coliformes fecales	• Fosas sépticas en los hogares. • Descarga de aguas de uso doméstico. • Presencia de animales domésticos. • Infiltración de aguas lluvias.	Los coliformes fecales no inciden directamente en el sistema de captación, pero son de suma importancia ya que representan patógenos peligrosos que amenazan la salud pública y la calidad del agua potable.
Consumo	Coliformes fecales	• Ausencia de un sistema de desinfección en la fase de tratamiento y almacenamiento.	La presencia de coliformes fecales en el agua destinada al consumo representa una clara contaminación, generando enfermedades digestivas y otras afectaciones en la salud de los usuarios.

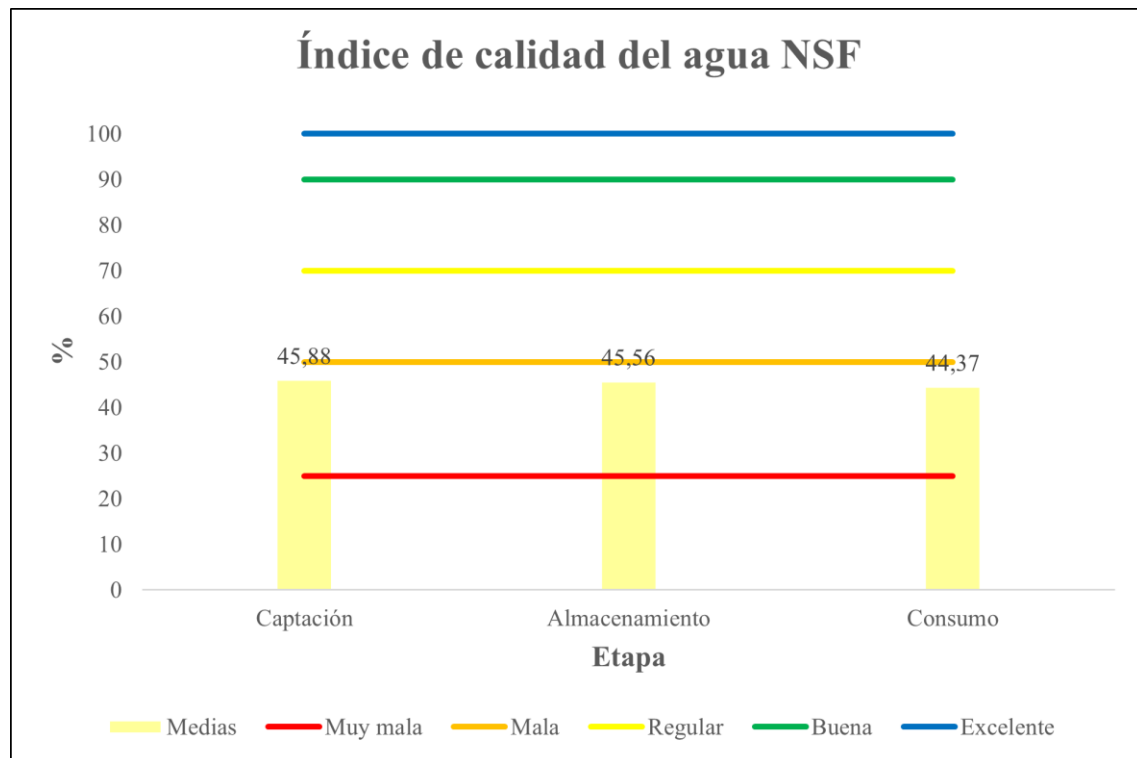
ELABORADO: AUTOR

4.2.4. Determinación de la calidad del agua (ICA NSF)

La evaluación de la calidad del agua en la JAAP "San Felipe" se llevó a cabo mediante un análisis de varianza paramétrica Anova, el cual demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas ($F = 0,65$; $p\text{-valor} = 0,5311$), lo que indica que el agua es homogénea en todas las etapas evaluadas en el sistema de abastecimiento. Sin embargo, a pesar de esta uniformidad, los resultados de la Figura 10 muestran que la calidad del agua en la junta se clasifica como mala.

Figura 10.

Análisis del índice de calidad del agua NSF



Nota: El gráfico demuestra que la calidad del agua de la JAAP "San Felipe" es relativamente mala en las tres etapas analizadas.

ELABORADO: AUTOR.

4.2.5. Análisis factorial por componentes principales de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos

El análisis del coeficiente de Kaiser-Mayer Olkin reveló que los componentes principales muestran un ajuste ligeramente bajo, con un valor de 0,605. Este resultado podría estar vinculado al margen de error y la sensibilidad inherente a los kits y equipos utilizados en el análisis físicoquímico. Por otro lado, la prueba de efectividad de Bartlett demostró la significancia del modelo analizado (valor_P = 0,000), subrayando que las variables son capaces de describir de manera efectiva el comportamiento y la variación de los datos.

Al realizar el análisis de componentes principales por comunalidades, se agruparon las variables cuyos datos fueran iguales o superiores a 0,7, excluyendo aquellas que presentaran valores inferiores. En consecuencia, se excluyeron parámetros como temperatura, fosfatos, cloruros, resistividad, dureza y coliformes fecales debido a sus bajas comunalidades (ver Tabla 14).

Tabla 14.

Comunalidades del análisis físicoquímico

	Inicial	Extracción
pH	1,00	,876
Nitrito (mg/L)	1,00	,822
Nitrato (mg/L)	1,00	,738
Conductividad (uS/cm)	1,00	,890
Oxígeno Disuelto (mg/L)	1,00	,959
Salinidad (psu)	1,00	,856
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	1,00	,900
Turbidez	1,00	,895
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	1,00	,918

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22.

ELABORADO: AUTOR.

En la Tabla 15, se presenta la explicación de la varianza total explicada del análisis de los parámetros fisicoquímicos. En este análisis, se logró la segregación de tres componentes principales que abarcan un 88,12% de la varianza total explicada.

Tabla 15.

Matriz de la varianza total explicada de los parámetros fisicoquímicos

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	4,305	47,837	47,837	4,305	47,837	47,837	4,198	46,639	46,639
2	2,447	27,187	75,023	2,447	27,187	75,023	2,454	27,270	73,909
3	1,101	12,232	87,255	1,101	12,232	87,255	1,201	13,346	87,255
4	,572	6,356	93,611						
5	,319	3,550	97,160						
6	,139	1,548	98,708						
7	,073	,814	99,522						
8	,038	,421	99,943						
9	,005	,057	100,000						

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22.

ELABORADO: AUTOR.

Los componentes rotados proporcionaron una comprensión detallada de las correlaciones entre cada parámetro, aportando información valiosa al análisis. El primer componente determina la capacidad que tiene el agua de la junta para conducir electricidad, destacando correlaciones positivas entre los parámetros de sólidos disueltos totales, conductividad y salinidad. Demostrando que los sólidos disueltos totales tienen una significancia considerable en este componente, con un valor de 0,943. Esto indica que desde las fuentes de captación el agua es tomada con grandes cantidades de sales y minerales que aumenta la concentración de sólidos disueltos totales, por lo cual el agua tiene mayor salinidad y al tener grandes cantidades de estos sólidos se genera una mayor conductividad eléctrica en el agua del sistema de abastecimiento de la JAAP "San Felipe" (ver Tabla 16).

En el segundo componente rotado, se evidencia una correlación positiva entre los parámetros de oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y pH que se describen como indicadores de la calidad del agua y su capacidad para soportar la vida acuática y mantener un entorno saludable para el consumo humano. El oxígeno disuelto destaca con un nivel de significancia de 0,963, sugiriendo que la demanda biológica de oxígeno puede afectar al nivel de oxígeno disuelto en el agua, ya que los microorganismos que degradan la materia orgánica consumen oxígeno durante su actividad metabólica, y sus funciones requieren de un pH neutro como el que se encuentra en el agua de la JAAP "San Felipe" (ver Tabla 16).

El tercer componente rotado demuestra una correlación positiva entre los nitritos, nitratos y turbidez siendo estos parámetros los que inciden en la calidad del agua y su idoneidad para el consumo humano, destacando la significancia de la turbidez con un valor de 0,895. Este hallazgo sugiere que la presencia de altos niveles de turbidez puede indicar la existencia de partículas en suspensión que podrían servir como superficies de adsorción para compuestos nitrogenados, como los nitritos y nitratos. Además, la turbidez también puede ser un indicador de la presencia de materia orgánica que, al descomponerse, puede generar nitritos y nitratos, convirtiéndose en parámetros de impacto significativo en la calidad del agua y en la salud de los usuarios de la JAAP "San Felipe". (ver Tabla 16).

Tabla 16.*Matriz de componente rotado*

	Componente		
	1	2	3
pH	-0,126	0,755	-0,539
Nitrito (mg/L)	-0,889	0,027	0,174
Nitrato (mg/L)	-0,842	-0,140	0,092
Conductividad (uS/cm)	0,936	0,027	-0,111
Oxígeno Disuelto (mg/L)	-0,070	0,963	0,165
Salinidad (psu)	0,908	-0,172	0,042
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	0,943	-0,012	-0,105
Turbidez (NTU)	-0,261	0,159	0,895
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	0,138	0,939	0,132

FUENTE: IBM SPSS STATISTIC 22.**ELABORADO:** AUTOR.

4.2.6. Evaluación de los peligros y riesgos en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

4.2.6.1. Desafíos comunes que impactan la calidad del suministro de agua potable.

Los peligros que impactan la calidad del servicio de la JAAP “San Felipe” se encuentran en cada una de las etapas del sistema de abastecimiento (captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y consumo) y para poder medirlos se lo abordó el método semicuantitativo que se describe en las Tablas 17 y 18.

Tabla 17.

Matriz de los eventos peligrosos y asociados al sistema de abastecimiento de la JAAP "San Felipe"

Etapas	Evento peligroso	Peligro asociado
Captación	Poca profundidad del pozo de captación.	Agotamiento del agua en épocas de sequía.
	Fosas sépticas y descargas de aguas de uso doméstico.	Contaminación por agentes patógenos y por alto contenido de tensoactivos.
	Agricultura.	Filtración de agroquímicos.
	Crianza de cerdos.	Filtración de amoníaco y coliformes hasta el subsuelo.
	Corrosión de la tubería de captación.	Alteración de las propiedades organolépticas del agua.
Tratamiento	Bomba de dosificación de cloro averiada.	Desarrollo de enfermedades digestivas por agentes microbiológicos en el agua.
	Ausencia de tratamientos eficientes.	La insatisfacción de los usuarios, la disminución en los pagos y el aumento de enfermedades vinculadas a la calidad del agua.
Almacenamiento	Mantenimientos en el tanque de almacenamiento.	Contaminación del sistema de distribución.
	Deterioro, corrosión y abertura de la tapa que recubre el tanque.	Entrada de animales como roedores y anfibios en tanque; contaminación por partículas de óxido de la tapa.
	Anidamiento de aves.	Proliferación de agentes patógenos por la presencia de heces de aves.
	Corrosión y obstrucción por sedimentos de la tubería ascendente.	Contaminación del agua por incremento de los parámetros fisicoquímicos.

Etapas	Evento peligroso	Peligro asociado
Distribución	Conexiones clandestinas.	Reducción en la cantidad, presión y continuidad del servicio pudiendo afectar a los usuarios.
	Falta purgas en el sistema.	Acumulación de sedimentos ya que podría obstruir la red de distribución y, en consecuencia, ocasionar el colapso de las tuberías.
	Tuberías obsoletas y corroídas.	Filtración de sedimentos y microorganismos desde el suelo, así como la dilución de metales pesados debido a la corrosión de las tuberías.
Consumo	Desaprovechamiento del recurso por ausencia de sistemas de control.	Agotamiento del recurso debido a que no se obtiene una valoración del servicio por la cantidad que se consume.

ELABORADO: AUTOR

4.2.6.2. Cuantificación de los peligros y estimación de los riesgos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.

La Tabla 18 muestra la cuantificación de los riesgos asociados a los eventos peligrosos previamente identificados. En este sentido, se han identificado seis riesgos catalogados como muy altos y cuatro riesgos considerados altos. A continuación, se describen estos riesgos.

Tabla 18.

Valoración del riesgo asociado a los eventos peligrosos identificados en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

Etap	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
Captación	Agotamiento del agua en épocas de sequía.	Físico (Ausencia del recurso)	2	4	8	Medio	La eventual sequía en el pozo de captación podría resultar en la interrupción prolongada del servicio para los usuarios.
	Fosas sépticas y descargas de aguas de uso doméstico.	Microbiológico y químico (<i>E. coli</i> y fosfatos)	5	4	20	Muy alto	La calidad deficiente del agua para consumo puede dar lugar al desarrollo de enfermedades digestivas y cutáneas entre los usuarios.
	Agricultura.	Químico (Fosfatos, nitritos, nitratos y pH)	3	3	9	Medio	El posible aumento en la toxicidad del agua se atribuye a la elevada concentración de agentes contaminantes resultantes de la filtración de agroquímicos empleados en los cultivos de la zona.
	Crianza de cerdos.	Microbiológico y químico. (<i>E. coli</i> , fosfatos, nitritos y	5	2	10	Alto	Las posibles apariciones de enfermedades cancerígenas, digestivas y cutáneas pueden estar

Etapa	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
Tratamiento		nitratos)					vinculadas a la descomposición del amoníaco en nitritos, así como a la presencia de microorganismos tales como <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> y <i>Vibrio cholerae</i> en el agua.
	Corrosión de la tubería de captación.	Físico (TDS, salinidad y conductividad)	5	3	15	Alto	La corrosión de las tuberías puede dar lugar a un aumento en la concentración de metales pesados como hierro y manganeso en el agua.
	Desarrollo de enfermedades digestivas por agentes microbiológicos en el agua.	Microbiológico (<i>E. coli</i>)	5	4	20	Muy alto	La falta de tratamientos de desinfección en el agua puede favorecer el incremento del desarrollo de microorganismos patógenos en el suministro de agua.
	Ausencia de tratamientos eficientes.	Químico y microbiológico (<i>E. coli</i> , fosfatos,	5	5	25	Muy alto	La implementación de tratamientos es crucial para mejorar la calidad del agua

Etapas	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
		nitritos, nitratos y TDS)					en cualquier sistema de abastecimiento. La ausencia de estos tratamientos podría ocasionar alteraciones en la calidad del agua, generando impactos tanto en la salud como en la integridad del sistema de suministro.
Almacenamiento	Contaminación del sistema de distribución.	Físico (Arrastre de sedimentos a la red de distribución)	3	4	12	Alto	La falta de mantenimientos periódicos en el tanque de almacenamiento puede ocasionar afectaciones en las tuberías del sistema de distribución.
	Entrada de animales como roedores y anfibios en tanque; contaminación por partículas de óxido de la tapa.	Microbiológico y químico (<i>E. coli</i> , fosfatos, nitritos, nitratos, OD, DBO, pH)	5	5	25	Muy alto	Es importante abordar este riesgo, ya que la descomposición de roedores y anfibios muertos puede alterar notablemente las características del agua. Además, esto contribuye a la proliferación de

Etapas	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
							patógenos asociados a estos animales, afectando potencialmente a los usuarios.
	Proliferación de agentes patógenos por la presencia de heces de aves.	Microbiológico (<i>E. coli</i>)	4	4	16	Muy alto	La nidificación de aves en el tanque de almacenamiento constituye un problema adicional que contribuye a la proliferación de patógenos peligrosos, representando una amenaza directa para la salud de los usuarios.
	Contaminación del agua por incremento de los parámetros fisicoquímicos.	Químico (Nitritos, nitratos, fosfatos, salinidad, conductividad, TDS, DBO, < OD, turbidez)	3	3	9	Medio	El agua destinada al consumo humano debe cumplir con estándares de calidad. La contaminación y una gestión inadecuada de los sistemas de suministro pueden provocar alteraciones en las propiedades físicas y químicas del agua, comprometiendo así la salud de los usuarios.

Etapas	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
Distribución	Conexiones clandestinas.	Físico (Deficiencia en el servicio de agua potable)	3	4	12	Alto	Las conexiones clandestinas representan un problema significativo, ya que pueden provocar interrupciones en el servicio en diversos sectores que dependen de la junta para su suministro de agua. Además, desde el punto de vista legal, se considera una falta grave de acuerdo con los estatutos establecidos por la administración de la junta.
	Falta purgas en el sistema.	Físico (Turbidez)	3	3	9	Medio	Esta práctica asegura que los operarios de la junta puedan gestionar eficazmente la limpieza de sedimentos e impurezas en el sistema de suministro.
	Filtración de sedimentos y microorganismos desde el suelo, así	Físico, químico y microbiológico (Obstrucción de la red de	4	4	16	Muy alto	Las tuberías en mal estado son la principal causa de los problemas en la red de distribución, ya que su

Etapas	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
	como la dilución de metales pesados debido a la corrosión de las tuberías.	distribución) (<i>E. coli</i> , TDS y turbidez)					estado deteriorado puede propiciar la filtración de partículas del suelo, microorganismos y otros agentes contaminantes. Esto representa un riesgo significativo tanto para la calidad del agua como para la integridad de la red de distribución.
Consumo	Desaprovechamiento del recurso por ausencia de sistemas de control.	Físico (Desaprovechamiento de agua)	4	3	12	Alto	Los sistemas de monitoreo y control de consumo en los usuarios garantizan que cada usuario pague por la cantidad de agua consumida, permitiendo así gestionar de manera efectiva el uso excesivo e innecesario de este recurso.

ELABORADO: AUTOR

4.3. Propuesta de un plan de mejoramiento de la seguridad hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

4.3.1. Título de la propuesta

Plan de mejora de la seguridad hídrica en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”, cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador.

4.3.2. Justificación

La prevención o corrección de los problemas de calidad del agua está sujeta a medidas específicas que deben adaptarse a las condiciones de estancamiento y a diversos factores particulares del sitio en cuestión (Hozalski *et al.*, 2020). La gestión efectiva del suministro de agua potable desempeña un papel crucial en garantizar la salud y el bienestar de las comunidades. En este sentido, la implementación de un plan de seguridad hídrica en una junta administradora de agua potable se vuelve imperativa, especialmente ante la creciente amenaza de fenómenos climáticos extremos y la variabilidad del clima, como resaltan diversos estudios científicos recientes (Clar, 2019). La ejecución de un plan de seguridad hídrica se vuelve esencial para preservar la calidad del suministro de agua (Ombogoh *et al.*, 2022).

El plan de mejora de la seguridad hídrica es un conjunto de acciones diseñadas para prevenir y abordar los peligros y riesgos presentes en todas las etapas del sistema de suministro de agua en la JAAP "San Felipe". Este plan se alinea con las disposiciones del objetivo 13 del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 y al objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 cuyo objetivo principal es reforzar las estrategias destinadas a mejorar la calidad del agua y, al mismo tiempo, gestionarla de manera que sea accesible y abundante para todos.

4.3.3. Fundamentación

El suministro de agua destinada al consumo humano enfrenta desafíos que requieren una atención cuidadosa para asegurar la prestación de un servicio de alta calidad. Cada fase en los sistemas de abastecimiento se encuentra expuesta a una variedad de factores que pueden perturbar los distintos parámetros esenciales. Entre estos factores se incluyen situaciones adversas relacionadas con las propiedades de los materiales utilizados en el sistema mismos que representan una amenaza para la estabilidad de los servicios proporcionados por las juntas administradoras de agua potable.

Estos riesgos, que pueden clasificarse como físicos, químicos o microbiológicos, dependen de las condiciones particulares y del medio por el cual el sistema puede verse afectado. Por lo tanto, es crucial abordar estos desafíos de manera integral para garantizar la pureza y seguridad del agua destinada al consumo humano en todas las etapas del proceso de abastecimiento.

La estrategia integral delineada por la Organización Mundial de la Salud para los programas de seguridad del agua tiene como objetivo garantizar el suministro de agua potable seguro y la gestión eficaz de los recursos hídricos. La perspectiva global adoptada por la OMS al abordar estas iniciativas no se limita únicamente a la calidad del agua; también abarca aspectos como la accesibilidad, equidad y sostenibilidad a largo plazo. Estos programas implementan medidas preventivas, sistemas de monitoreo rigurosos y políticas de gestión del agua con el objetivo de proteger la salud pública y mitigar al máximo los riesgos vinculados a la contaminación y la escasez de agua (OMS, 2009a). La colaboración internacional y la participación comunitaria son aspectos subrayados por la OMS como fundamentales en el diseño e implementación de estos programas, con el propósito de garantizar su eficacia y su capacidad de adaptación a las particularidades de cada comunidad local (Amézquita *et al.*, 2014).

4.3.4. Objetivos

4.3.4.1. Objetivo general.

Elaborar un plan estratégico de seguridad hídrica con el propósito de optimizar y salvaguardar el sistema de suministro de agua de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".

4.3.4.2. Objetivos específicos.

- Crear un esquema adicional que complemente la comprensión del alcance del sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.
- Definir las áreas críticas de intervención y las medidas para reducir los peligros identificados, considerando la clasificación del riesgo asignado, en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.
- Establecer un plan estratégico de modernización y un cronograma de ejecución para abordar los riesgos potenciales identificados en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.

4.3.5. Importancia

Según Quispe (2023), la implementación de un plan de seguridad hídrica en una junta administradora de agua potable es crucial debido a su impacto en la salud pública y el bienestar de la comunidad. Este plan proporciona un marco estructurado para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible, asegurando un suministro confiable y de alta calidad para los usuarios (Patel *et al.*, 2020a). Además, considera medidas para mitigar riesgos como la contaminación, escasez o eventos extremos, lo que garantiza la resiliencia del sistema ante situaciones adversas (Tsitsifli y Kanakoudis, 2018).

La seguridad hídrica también tiene implicaciones económicas significativas, ya que un suministro de agua seguro y confiable es fundamental para el desarrollo socioeconómico local (Ferrero *et al.*, 2019). La implementación de este plan puede reducir los costos a largo plazo asociados con la gestión de crisis hídricas, como la necesidad de tratamiento de aguas contaminadas o la reparación de infraestructuras dañadas. Además, promueve prácticas de uso eficiente del agua que pueden generar ahorros tanto para la junta administradora como para los usuarios finales (Bereskie *et al.*, 2018).

Desde una perspectiva ambiental Wang *et al.* (2021) argumentan que, la implementación de un plan de seguridad hídrica fomenta la conservación de los ecosistemas acuáticos locales y la protección de la biodiversidad. Al adoptar prácticas de gestión sostenible del agua, se minimiza el impacto negativo sobre los recursos naturales, promoviendo así la preservación de los ecosistemas y la disponibilidad de agua para las generaciones futuras.

4.3.6. Ubicación

4.3.6.1. Ubicación sectorial.

La elaboración de la propuesta para desarrollar un plan integral de seguridad hídrica se llevará a cabo en estrecha colaboración con los usuarios conectados al sistema de suministro de agua gestionado por la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.

4.3.6.2. Ubicación física.

Este plan de seguridad aborda las etapas fundamentales del sistema de abastecimiento de agua, que incluyen la captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y consumo. Su objetivo principal es resolver los desafíos existentes y mejorar tanto la calidad como la cantidad del agua suministrada a los usuarios, desde el punto de captación hasta aquellos que hacen uso del servicio.

4.3.7. Factibilidad

Esta propuesta se considera factible debido a que el equipo de trabajo, tanto la organización de la junta como los demás miembros del equipo multidisciplinario que respaldarán esta iniciativa, puedan evidenciar beneficios en todas las etapas del sistema de abastecimiento, tanto en términos físicos, químicos y microbiológicos, como en aspectos administrativos y para los usuarios de la JAAP "San Felipe".

4.3.7.1. Factibilidad social.

Las estrategias para mejorar el desempeño de la calidad del agua implican abordar el monitoreo, tratamiento, control de calidad y aspectos administrativos de la junta. Estas medidas se alinean con el sexto objetivo de desarrollo sostenible y el objetivo trece del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. Destacando así, un beneficio equitativo y sostenible del agua para consumo humano en todas las etapas de la JAAP "San Felipe", asegurando cumplir con los estándares normativos y garantizando un suministro de agua seguro para los usuarios de la junta.

4.3.7.2. Factibilidad legal.

Las bases legales son fundamentales para llevar a cabo un análisis de factibilidad en cualquier proyecto, ya que aseguran el cumplimiento de los requisitos jurídicos necesarios para su operación. Este análisis aborda aspectos relacionados con normativas, leyes y reglamentos, evaluando el proyecto para garantizar su conformidad.

En el contexto de Ecuador, la viabilidad legal se encuentra regida por los preceptos establecidos en la **Constitución de la República del Ecuador**, promulgada en el año 2008. Este documento constitucional sustenta las principales políticas, leyes, derechos y acciones destinadas a los ciudadanos ecuatorianos (Asamblea Nacional, 2008). Por lo tanto, en esta propuesta se tomarán en consideración los siguientes artículos:

- El artículo 3 del código penal establece que: *“Son deberes primordiales del Estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes”* (Asamblea Nacional, 2008)
- Artículo 12 del código civil menciona que: *“El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”* (Asamblea Nacional, 2008).
- Artículo 32 del código civil establece que: *“La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”* (Asamblea Nacional, 2008).
- Artículo 66 de los derechos civiles menciona que: *“El Estado garantizará a las personas el derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios”* (Asamblea Nacional, 2008).
- Artículo 264 del código de la democracia destaca que: *“Los gobiernos municipales tendrán la competencia exclusiva sin perjuicio de otra que determine la ley de prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”* (Asamblea Nacional, 2008).
- Artículo 281 de la ley orgánica de empresas públicas establece que: *“La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, será responsabilidad del Estado promover políticas redistributivas que*

permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos” (Asamblea Nacional, 2008).

- Artículo 282 de la ley orgánica de economía popular y solidaria del sistema financiero determina que: *“El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental”* (Asamblea Nacional, 2008).
- Artículo 318 de la ley orgánica de la contraloría general del estado menciona que: *“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua”* (Asamblea Nacional, 2008).

“La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias” (Asamblea Nacional, 2008).

“El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios” (Asamblea Nacional, 2008).

“El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley” (Asamblea Nacional, 2008).

El **Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente**, en su **Anexo I**, enfatiza la normativa relacionada con la calidad ambiental y la descarga de efluentes. En el numeral 3, se detallan los criterios fundamentales de los principios básicos, destacando que: *“Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación”* (Ministerio del Ambiente, 2003).

El **Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización**, en su marco normativo, establece los siguientes criterios a tener en cuenta para evaluar la factibilidad legal de la propuesta:

- Artículo 55 señala que una de las principales competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado es que: *“Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán la competencia exclusiva sin perjuicio de otras que determine la ley en prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”* (Asamblea Nacional, 2010).
- En el artículo 137 se promulga el ejercicio de las competencias de prestación de servicios públicos por los GADs indicando que: *“Las competencias de prestación de servicios públicos de agua potable, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas y dando cumplimiento a las regulaciones y políticas nacionales establecidas por las autoridades correspondientes. Los servicios que se presten en las parroquias rurales se deberán coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados de estas jurisdicciones territoriales y las organizaciones comunitarias del agua existentes en el cantón”* (Asamblea Nacional, 2010).

- En el artículo 146 se describe el ejercicio de las competencias de promoción de la organización ciudadana y vigilancia de la ejecución de obras y calidad de los servicios públicos, donde se menciona que: *“Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, promoverán la organización de recintos, comunidades, comités barriales, organizaciones ciudadanas y demás asentamientos rurales en todos los ejes temáticos de interés comunitario; y establecerán niveles de coordinación con las juntas administradoras de agua potable, de riego, cabildos y comunas”* (Asamblea Nacional, 2010).

El objetivo 13 del **Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025** busca promover la gestión integral de los recursos hídricos. En la política 13.3 se redacta que: *“El Plan de Creación de Oportunidades busca impulsar una provisión del servicio de agua para consumo humano y saneamiento en igualdad de oportunidades”*. Además, en los lineamientos territoriales de este objetivo se describe que: *“Este plan promueve el fortalecimiento de los mecanismos de administración y uso sostenible del agua entre sus diferentes usos, mediante estrategias que reduzcan la degradación del patrimonio hídrico”*.

El **Reglamento Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua** describe las principales competencias de las Juntas Administradoras de agua Potable en los siguientes artículos (Asamblea Nacional, 2015):

- El Artículo 41 menciona que las funciones que les corresponde a las Juntas Administradoras de Agua Potable son: 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”*.
- El artículo 42 de las responsabilidades y derechos de los usuarios de los servicios comunitarios de agua potable y saneamiento manifiesta que *“La Agencia de Regulación y Control del Agua normará el control periódico del cumplimiento de las actividades de las Juntas Administradoras de Agua Potable que se llevará a cabo de la forma como se*

indique en dichas regulaciones. Los derechos de los consumidores de los servicios comunitarios de agua potable y saneamiento serán los mismos que aquellos que se reciban de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o, por delegación de éstos, de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales.”

- El artículo 47 hace énfasis a que: *“La Agencia de Regulación y Control del Agua dictará las regulaciones que contengan los criterios de calidad para la prestación del servicio por parte de las Juntas Administradoras de Agua Potable y comprobará la adecuación de los servicios a dichas regulaciones”.*

4.3.8. Plan de trabajo

Con el objetivo de asegurar un suministro de agua potable seguro y confiable en el servicio proporcionado por la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", se ha diseñado un plan de trabajo detallado que será implementado como parte de la propuesta del plan de mejora, tal como se describe en la Tabla 19.

Tabla 19.

Matriz de planificación de las actividades a desarrollar para el Plan de Seguridad Hídrica en la JAAP "San Felipe"

TÍTULO DE LA PROPUESTA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	META	RESPONSABLE	UBICACIÓN	COSTO DEL PROYECTO
Plan de mejora de la seguridad hídrica en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador.	Establecer un plan estratégico de seguridad hídrica con el propósito de optimizar y salvaguardar el sistema de suministro de agua de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" en un periodo de tiempo de 3 años.	Desarrollar un diagrama o esquema que muestre de manera clara y detallada el alcance del sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora. Esto ayudará a comprender mejor cómo funciona el sistema y qué áreas pueden requerir mejoras o intervenciones. Identificar las áreas del sistema de suministro de agua potable que presentan mayores riesgos y peligros y	Realizar un análisis exhaustivo para identificar todas las causas subyacentes detrás de las principales deficiencias presentes en el sistema de suministro de la JAAP "San Felipe", durante el primer semestre del primer año de ejecución del proyecto. Elaborar un plan integral de gestión de riesgos que incluya medidas de control específicas destinadas a mitigar	Técnico ambiental encargado del diseño y estructura del plan de mejora. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Recinto "San Felipe", cantón Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador	\$29.600,00

TÍTULO DE LA PROPUESTA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	META	RESPONSABLE	UBICACIÓN	COSTO DEL PROYECTO
		establecer medidas específicas para reducir estos peligros, teniendo en cuenta la clasificación del riesgo asignado a cada área.	los eventos peligrosos identificados como un riesgo significativamente alto en el sistema de suministro de la JAAP “San Felipe”, durante el segundo semestre del primer año de ejecución del proyecto.			
		Establecer un plan estratégico de modernización y un cronograma de ejecución para abordar los riesgos potenciales identificados en el sistema de suministro de agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.	Desarrollar un plan integral de mejora enfocado en garantizar la seguridad hídrica y la calidad del servicio de agua potable proporcionado por la JAAP “San Felipe”, durante los dos años restantes de la ejecución del proyecto.			

ELABORADO: AUTOR

4.3.9. Actividades

4.3.9.1. Definición del equipo de trabajo para el Plan de Seguridad Hídrica.

El equipo de trabajo encargado de ejecutar el plan de seguridad hídrica estará conformado por un equipo multidisciplinario compuesto por profesionales con experiencia en el tema, así como por miembros de la misma comunidad. El objetivo es contribuir de manera significativa a la mejora integral del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe". A continuación, en la Tabla 20 se detallan las personas responsables de llevar a cabo este proyecto y sus respectivas funciones:

Tabla 20.

Conformación del equipo de trabajo para el desarrollo del Plan de Seguridad Hídrica

Colaboradores del equipo de trabajo	Organización a la que representa	Rol que desempeña	Desempeño en el equipo
Ing. Ariel Zarate Guerra	Universidad Técnica Estatal de Quevedo	Técnico ambiental de la UTEQ	Responsable del diseño y ejecución del PSH
Sr. Francisco Ormaza Cevallos	Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Presidente de la Junta	Responsable de gestionar los procesos administrativos y operacionales de la Junta
Sr. Javier Macias García	Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Secretario de la Junta	Responsable de manejar y llevar el control de los procesos
Sr. Holger Mora Quintana	Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Tesorero de la Junta	Responsable de llevar el control de las finanzas
Sra. Grimanesa Camacho Reina	Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Primer vocal	Responsable de brindar apoyo en los procesos
Sra. Narcisa Zambrano Martínez	Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Segundo vocal	Responsable de brindar apoyo en los procesos

Colaboradores del equipo de trabajo	Organización a la que representa	Rol que desempeña	Desempeño en el equipo
	Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	Operador del sistema de abastecimiento	Responsable de llevar el control y mantenimiento del sistema de abastecimiento
Ing. Norma Guerrero Chuez, MSC	Universidad Técnica Estatal de Quevedo	Técnica ambiental de la UTEQ	Responsable de evaluar el desarrollo de la elaboración del PSH
MSC. Yenny Domínguez Saltos	GAD Municipal del cantón Mocache	Alcaldesa del cantón Mocache	Responsable de aportar financiamiento y dar seguimiento al PSH
Ing. Luis Cedeño	GAD Municipal del cantón Mocache	Dirección de gestión Ambiental del GAD de Mocache	Responsable de gestionar soluciones que aporten para el PSH
Ing. Ronald Muñoz Casanova	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica	Técnico del Departamento de Recursos Hídricos	Responsable de dar seguimiento y aprobación de los procesos para el PSH

ELABORADO: AUTOR

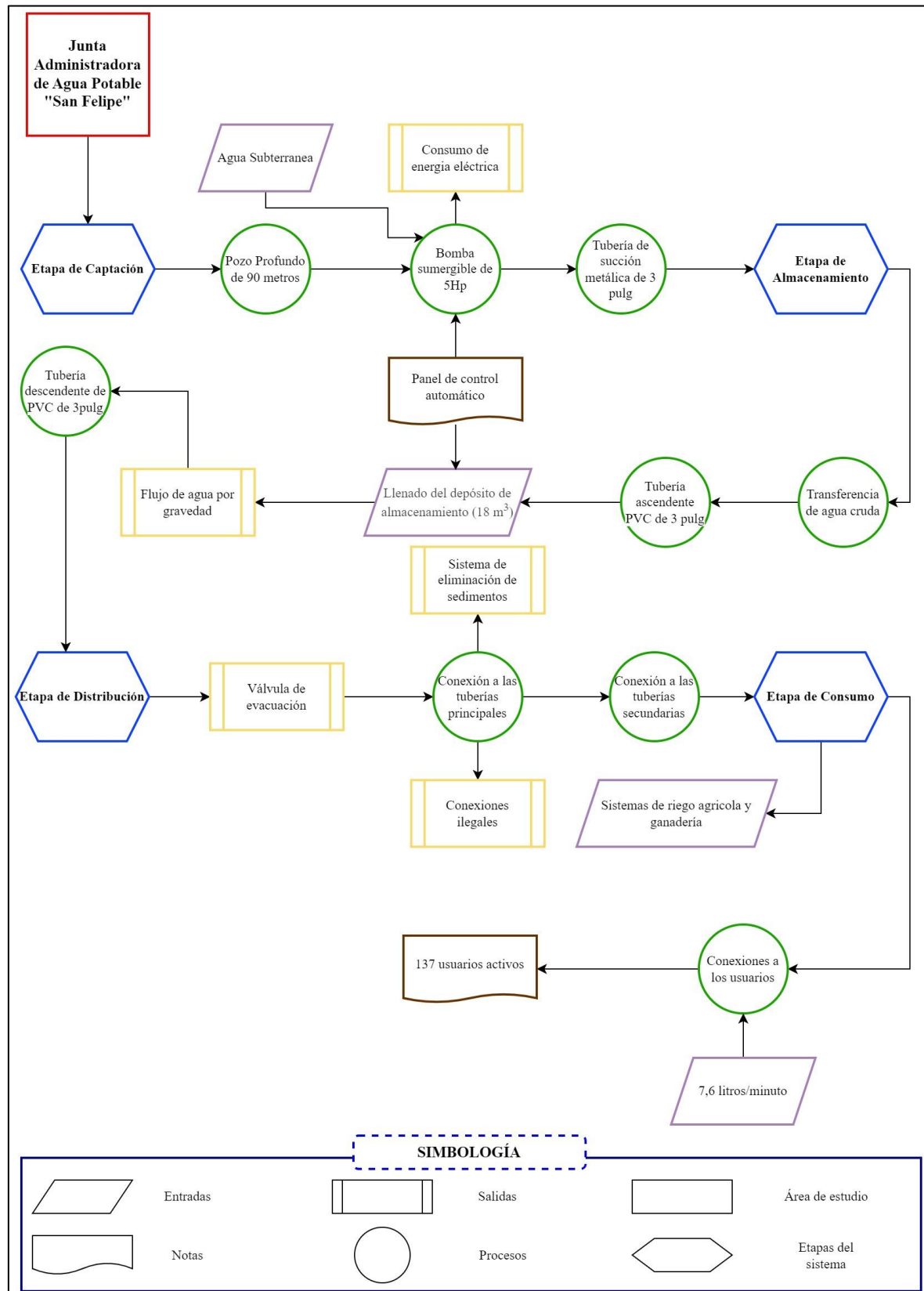
4.3.10. Descripción del sistema de abastecimiento de agua potable.

El sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" comprende cuatro fases: captación, almacenamiento, distribución y consumo. Esto con el propósito de proporcionar el servicio de agua potable a los usuarios de la junta.

En la Figura 11 se detalla el diagrama de flujo de los procesos que ocurren en las cuatro fases del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe":

Figura 11.

Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de la JAAP "San Felipe"



ELABORADO: AUTOR

4.3.11. Desarrollo de estrategias de monitoreo para riesgos significativos en el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

La Tabla 21 contiene las estrategias elaboradas para monitorear y controlar los eventos peligrosos que han demostrado representar un riesgo significativo en las cuatro fases del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe":

Tabla 21.

Matriz de estrategias de control para cada etapa del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

Etapa	Tipo de peligro	Evento peligroso	Nivel de riesgo	Punto crítico de monitoreo	Estrategia de control
Captación	Físico	Corrosión de la tubería de captación.	Alto	El estado físico de las tuberías en puntos clave de la red de distribución de agua potable.	Aplicar revestimiento protector en tuberías expuestas a condiciones ambientales adversas con materiales como epoxi, polietileno de alta densidad o poliuretano para prevenir la corrosión y mantener la integridad estructural de las tuberías.
	Microbiológico	Crianza de cerdos.	Alto	La presencia de contaminantes biológicos como bacterias patógenas (por ejemplo, E. coli, Salmonella) y parásitos que puedan provenir de la crianza de cerdos cercana al área de captación.	Definir áreas de restricción alrededor de los pozos de agua subterránea, limitando la crianza de cerdos para prevenir la contaminación directa y la infiltración de residuos orgánicos, estableciendo distancias mínimas de seguridad.

Etapas	Tipo de peligro	Evento peligroso	Nivel de riesgo	Punto crítico de monitoreo	Estrategia de control
	Microbiológico y químico	Fosas sépticas y descargas de aguas de uso doméstico.	Muy alto	La presencia de contaminantes microbiológicos (bacterias, virus, parásitos) como la presencia de contaminantes químicos (nitratos, fosfatos, compuestos orgánicos) que puedan filtrarse desde las fosas sépticas al acuífero subterráneo.	Fomentar el diseño y mantenimiento apropiado de fosas sépticas para reducir la contaminación del agua subterránea. Incluye sistemas de drenaje adecuados, barreras impermeables y limpieza periódica para prevenir desbordamientos y saturación del suelo.
Tratamiento	Microbiológico y químico	Desarrollo de enfermedades digestivas por agentes microbiológicos en el agua.	Muy alto	Dado que no se realiza tratamiento al agua en la etapa de tratamiento, el punto crítico de monitoreo estará en la fuente de abastecimiento de agua cruda.	Implementar sistemas de tratamiento de agua para la eliminación de microorganismos patógenos, mediante desinfección con cloro, ozono, radiación ultravioleta y filtración para remover partículas y microorganismos.
	Químico y microbiológico	Ausencia de tratamientos eficientes.	Muy alto	La calidad del agua cruda que ingresa al sistema de distribución.	Establecer sistemas de tratamiento de agua en la planta para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos. Incluye coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para garantizar la calidad del agua en el tratamiento.

Etapas	Tipo de peligro	Evento peligroso	Nivel de riesgo	Punto crítico de monitoreo	Estrategia de control
Almacenamiento	Físico	Contaminación del sistema de distribución.	Alto	La integridad y la limpieza del tanque elevado y las estructuras asociadas.	Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el reservorio elevado, con limpieza periódica de estructuras y tanque interior. Establecer protocolos seguros y utilizar equipos especializados para eliminar contaminantes físicos.
	Microbiológico	Proliferación de agentes patógenos por la presencia de heces de aves.	Muy alto	La detección de la presencia de heces de aves en el área del reservorio elevado y la evaluación de la calidad microbiológica del agua almacenada.	Aplicar medidas de control para prevenir el acceso de aves al área del reservorio elevado. Incluye la instalación de redes, mallas y dispositivos físicos disuasorios, así como métodos auditivos o visuales como reflectores y/o sonidos de aves depredadoras.
	Microbiológico y químico	Entrada de animales como roedores y anfibios en tanque; contaminación por partículas de óxido de la tapa.	Muy alto	La integridad estructural del reservorio elevado, así como la calidad microbiológica y química del agua almacenada.	Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para el reservorio, que incluya inspecciones regulares y sellado de posibles puntos de entrada para animales. Instalar dispositivos de prevención y recubrimiento protector en la tapa para evitar óxido y prolongar su vida útil.

Etapas	Tipo de peligro	Evento peligroso	Nivel de riesgo	Punto crítico de monitoreo	Estrategia de control
Distribución	Físico	Conexiones clandestinas.	Alto	La detección de conexiones clandestinas o ilegales en la red de distribución de agua potable.	Implementar tecnologías avanzadas como telemetría y análisis de datos para detectar patrones de consumo anómalos, posiblemente indicativos de conexiones clandestinas. Establecer alarmas y sistemas de alerta para notificar violaciones o pérdidas no autorizadas de agua.
	Físico, químico y microbiológico	Filtración de sedimentos y microorganismos desde el suelo, así como la dilución de metales pesados debido a la corrosión de las tuberías.	Muy alto	La calidad del agua en puntos estratégicos de la red de distribución, incluyendo la presencia de sedimentos, microorganismos y metales pesados.	Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para las tuberías de distribución, que involucre limpieza periódica, reparación de fugas y técnicas como desazolve y raspado para eliminar sedimentos y prevenir obstrucciones. Además, reparar o reemplazar tuberías corroídas para evitar la filtración de metales pesados.

Etapas	Tipo de peligro	Evento peligroso	Nivel de riesgo	Punto crítico de monitoreo	Estrategia de control
Consumo	Físico	Desperdicio del recurso por ausencia de sistemas de control.	Alto	El flujo y el uso del agua en la red de distribución.	Implementar sistemas de detección de fugas en la red de distribución mediante tecnologías como sensores de presión, medidores de flujo y análisis de datos en tiempo real para una rápida identificación y localización de fugas. Tomar medidas correctivas inmediatas para prevenir el desperdicio de agua.

ELABORADO: AUTOR

4.3.11.1. Propuesta de modernización para el sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

A partir de las estrategias de control establecidas anteriormente, se ha desarrollado la siguiente propuesta con el objetivo de reducir el nivel de riesgo de los eventos peligrosos que afectan la calidad del servicio de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe". Esta propuesta se ha elaborado teniendo en cuenta equipos y técnicas actuales que sean eficientes tanto en operación como en costos, como se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22.

Matriz del Plan de Modernización de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
Aplicar revestimiento protector en tuberías expuestas a condiciones ambientales adversas con materiales como epoxi, polietileno de alta densidad o poliuretano para prevenir la corrosión y mantener la integridad estructural de las tuberías.	Aplicar un revestimiento protector en las tuberías ayuda a prevenir la corrosión y prolongar su vida útil, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de abastecimiento de agua.	Aplicación del revestimiento utilizando los materiales, como epoxi, polietileno de alta densidad o poliuretano, siguiendo los procedimientos y estándares de aplicación recomendados por los fabricantes y las normativas aplicables.	Reducción en el índice de corrosión de las tuberías, evaluado mediante inspecciones visuales y pruebas de corrosión después de la aplicación del revestimiento protector.	Personal técnico especializado en mantenimiento de infraestructuras hídricas. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	Corto plazo.
Definir áreas de restricción alrededor de los pozos de agua subterránea, limitando la crianza de cerdos para	Establecer áreas de restricción alrededor de los pozos para limitar la crianza de cerdos es crucial para proteger la calidad	Establecer zonas de restricción alrededor de los pozos de agua subterránea, definiendo distancias mínimas seguras para	Reducción en la concentración de contaminantes orgánicos y patógenos en el agua subterránea, evaluada	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto.	Mediano plazo

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
prevenir la contaminación directa y la infiltración de residuos orgánicos, estableciendo distancias mínimas de seguridad.	del agua subterránea y garantizar la seguridad del suministro de agua potable para los usuarios de la Junta.	la crianza de cerdos. Un estudio de zonificación identificará áreas de alto riesgo, implementando medidas de control como vallas perimetrales y señalización de áreas restringidas.	mediante monitoreo regular de la calidad del agua en los pozos afectados por la crianza de cerdos.	Técnicos de salud pública delegados por los responsables de dar seguimiento al proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
Fomentar el diseño y mantenimiento apropiado de fosas sépticas para reducir la contaminación del agua subterránea. Incluye sistemas de drenaje adecuados, barreras impermeables y limpieza periódica para prevenir	Las fosas sépticas mal diseñadas o mantenidas inadecuadamente representan un riesgo grave de contaminación del agua subterránea. Los desbordamientos y la saturación del suelo pueden contaminar los acuíferos, comprometiendo la calidad del agua potable. Es crucial	Fomentar el diseño y mantenimiento adecuado de fosas sépticas en áreas cercanas a pozos de agua subterránea. Incluir inspecciones regulares, orientación técnica a propietarios sobre estándares de diseño y capacitación para promover la limpieza periódica y	Reducción en los niveles de contaminación del agua subterránea, evaluada mediante monitoreo regular de la calidad del agua en pozos cercanos a las fosas sépticas y análisis de parámetros como la concentración de nutrientes y	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Técnicos de salud pública delegados por los responsables de dar seguimiento al proyecto.	Mediano plazo

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
desbordamientos y saturación del suelo.	promover el diseño y mantenimiento adecuado de las fosas sépticas para proteger la salud pública y garantizar la seguridad del suministro de agua.	la preservación del agua.	microorganismos patógenos.	Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
Implementar sistemas de tratamiento de agua para la eliminación de microorganismos patógenos, mediante desinfección con cloro, ozono, radiación ultravioleta y filtración para remover partículas y microorganismos.	La implementación de sistemas de tratamiento de agua es fundamental para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos y la mejora de la calidad del agua potable. Los microorganismos presentes en el agua pueden representar un riesgo para la salud pública, causando enfermedades	Implementación y operación de sistemas de tratamiento de agua en la junta, abarcando la selección y adquisición de equipos para desinfección y filtración. Se realizará un diseño detallado, considerando las características del agua cruda y los estándares de calidad del agua potable.	Reducción en la concentración de microorganismos patógenos en el agua tratada, evaluada mediante análisis de muestras antes y después del proceso de tratamiento. Cumplimiento de los estándares de calidad del agua establecidos por las normativas sanitarias.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	Mediano plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
	transmitidas por el agua.				
Establecer sistemas de tratamiento de agua en la planta para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos. Incluye coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para garantizar la calidad del agua en el tratamiento.	Es esencial establecer sistemas de tratamiento de agua en la planta para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos y garantizar la calidad del agua potable. La presencia de contaminantes en el agua tratada puede representar un riesgo para la salud pública y no cumplir con los estándares de calidad del agua potable.	Diseño, construcción e instalación de sistemas de tratamiento de agua en la planta. Esto involucra la implementación de procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos del agua cruda.	Mejora en los parámetros de calidad del agua tratada, evaluada mediante análisis de muestras antes y después del proceso de tratamiento. Reducción en la concentración de contaminantes microbiológicos y químicos por debajo de los límites establecidos por las normativas de salud pública.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Técnico en tratamientos de agua designado por los miembros del equipo de trabajo. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	Mediano plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el reservorio elevado, con limpieza periódica de estructuras y tanque interior. Establecer protocolos seguros y utilizar equipos especializados para eliminar contaminantes físicos.	La limpieza regular de los tanques de agua es esencial para asegurar su calidad y disponibilidad segura. La presencia de sedimentos y materiales extraños puede contaminar el agua, aumentando el riesgo de enfermedades y dañando la infraestructura.	Implementar un programa de limpieza y mantenimiento periódico del reservorio elevado, que incluya inspecciones regulares, limpieza de estructuras y tanque interior, y la utilización de equipos especializados para eliminar los contaminantes físicos presentes.	Reducción del nivel de turbidez del agua almacenada en el reservorio elevado, medida mediante análisis de calidad de agua antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	Mediano plazo.
Aplicar medidas de control para prevenir el acceso de aves al área del reservorio elevado. Incluye la instalación de redes, mallas y dispositivos físicos disuasorios, así como métodos	El acceso de aves al reservorio elevado representa un riesgo para la seguridad del suministro de agua. Sus heces, plumas y residuos de alimentos pueden contaminar el agua,	Instalar redes y mallas alrededor del área del reservorio elevado para evitar el acceso de aves. Además, se pueden implementar dispositivos físicos disuasorios, como	Reducción del número de aves observadas en el área del reservorio elevado, verificada mediante monitoreo regular del sitio.	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Directivos de la Junta Administradora de	Corto plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
auditivos o visuales como reflectores y/o sonidos de aves depredadoras.	comprometiendo su calidad y seguridad para el consumo humano.	pinchos o alambres, y utilizar métodos auditivos o visuales, como reflectores y sonidos de aves depredadoras, para ahuyentar a las aves.		Agua Potable “San Felipe” Especialistas en control de plagas y aves.	
Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para el reservorio, que incluya inspecciones regulares y sellado de posibles puntos de entrada para animales. Instalar dispositivos de prevención y recubrimiento protector en la tapa para evitar óxido y prolongar su vida útil.	El reservorio de agua potable requiere mantenimiento regular para su integridad. Las inspecciones identifican puntos de entrada para animales y el recubrimiento en la tapa previene la formación de óxido, asegurando la calidad del agua y la durabilidad de la infraestructura.	Desarrollar un plan detallado de inspecciones periódicas del reservorio, con el objetivo de identificar y sellar posibles puntos de entrada para animales. Asimismo, instalar dispositivos de prevención y recubrimiento protector en la tapa del reservorio para evitar la corrosión y	Reducción de la incidencia de contaminación por presencia de animales en el reservorio y mejora en el estado de conservación de la tapa, evaluada mediante inspecciones regulares y análisis de calidad del agua almacenada.	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Personal técnico especializado en mantenimiento de infraestructuras hídricas.	Mediano plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
		prolongar su vida útil.			
Implementar tecnologías avanzadas como telemetría y análisis de datos para detectar patrones de consumo anómalos, posiblemente indicativos de conexiones clandestinas. Establecer alarmas y sistemas de alerta para notificar violaciones o pérdidas no autorizadas de agua.	Las conexiones ilegales y las pérdidas de agua no autorizadas amenazan la seguridad y sostenibilidad del suministro de agua potable. Provocan baja presión, mayores costos y riesgos para la calidad del agua. El monitoreo avanzado es esencial para detectar y prevenir estas actividades.	Desarrollar e instalar un sistema de telemetría para monitorear el consumo de agua y detectar patrones inusuales. Implementar alarmas automáticas para identificar conexiones clandestinas o pérdidas de agua no autorizadas, facilitando respuestas rápidas del personal de mantenimiento.	Reducción en el número de conexiones clandestinas detectadas y pérdidas no autorizadas de agua, verificadas mediante análisis de datos y reportes de campo.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Expertos en sistemas de telemetría y análisis de datos.	Mediano plazo.
Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para las	Mantener las tuberías de distribución es vital para un suministro de agua	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que abarque limpieza	Reducción en la frecuencia y gravedad de las fugas en las tuberías,	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto.	Largo plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
tuberías de distribución, que involucre limpieza periódica, reparación de fugas y técnicas como desazolve y raspado para eliminar sedimentos y prevenir obstrucciones. Además, reparar o reemplazar tuberías corroídas para evitar la filtración de metales pesados.	seguro. La acumulación de sedimentos, corrosión y fugas pueden afectar la calidad del agua y causar pérdidas. Un programa de mantenimiento preventivo es fundamental para asegurar su buen estado y funcionamiento.	regular, reparación de fugas, desazolve y eliminación de sedimentos. Incluir protocolos de monitoreo constante para detectar problemas tempranamente y establecer acciones para identificar y reparar o reemplazar tuberías corroídas.	disminución en la concentración de sedimentos en el agua distribuida, y mejora en la calidad del agua entregada a los usuarios, evaluados mediante inspecciones regulares y análisis de muestras de agua.	Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
Implementar sistemas de detección de fugas en la red de distribución mediante tecnologías como sensores de presión, medidores de flujo y análisis de datos en tiempo real para una	Las fugas en la red de distribución de agua son una causa principal de pérdida de recursos hídricos. Los sistemas de detección de fugas permiten localizarlas rápidamente,	Crear y aplicar un sistema de monitoreo continuo de la red de distribución con sensores de presión y medidores de flujo en puntos clave. Emplear análisis de datos en tiempo real	Reducción en el volumen total de agua perdida debido a fugas en la red de distribución, evaluada mediante comparación de los registros de consumo y producción de agua	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Directivos de la Junta Administradora de	Mediano plazo.

Estrategia de control	Justificación	Programa de optimización	Indicador	Ejecutores	Tiempo máximo de cumplimiento
rápida identificación y localización de fugas. Tomar medidas correctivas inmediatas para prevenir el desperdicio de agua.	reduciendo desperdicio, costos operativos y mejorando la eficiencia del sistema.	para detectar patrones anómalos que señalen fugas. Ante una fuga, tomar medidas inmediatas para reparar la tubería y evitar pérdidas adicionales de agua.	antes y después de la implementación del sistema de detección de fugas.	Agua Potable “San Felipe” Especialistas en sistemas de monitoreo y control de fugas.	

ELABORADO: AUTOR

4.3.12. Cronograma de ejecución y presupuesto de la propuesta del Plan de Seguridad Hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”

La planificación y ejecución de la propuesta del Plan de Seguridad Hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" se detalla en el cronograma plasmado en la Tabla 23. En esta tabla se describen las medidas para abordar los eventos peligrosos identificados en cada una de las fases del sistema de abastecimiento, indicando las personas responsables, el tiempo establecido y el costo de la inversión para la ejecución de dichas medidas.

Tabla 23.

Cronograma e inversión de la implementación de la propuesta del Plan de Seguridad Hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapas del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
Captación	Corrosión de la tubería de captación.	Aplicación del revestimiento utilizando los materiales, como epoxi, polietileno de alta densidad o poliuretano, siguiendo los procedimientos y estándares de aplicación recomendados por los fabricantes y las normativas aplicables.	Plazo máximo de ejecución de 3 a 6 meses para identificar las tuberías expuestas y aplicar el revestimiento protector.	Personal técnico especializado en mantenimiento de infraestructuras hídricas. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"	\$1,000
	Crianza de cerdos.	Establecer zonas de restricción alrededor de los pozos de agua subterránea, definiendo distancias mínimas seguras para la crianza de cerdos. Un estudio de zonificación identificará áreas de alto riesgo, implementando medidas de control como vallas	Plazo máximo de ejecución de 1 a 2 años para establecer y hacer cumplir las restricciones de crianza de cerdos alrededor de los pozos de agua subterránea.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Técnicos de salud pública delegados por los responsables de dar seguimiento al proyecto.	\$2,500

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapa del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
		perimetrales y señalización de áreas restringidas.		Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.	
	Fosas sépticas y descargas de aguas de uso doméstico.	Fomentar el diseño y mantenimiento adecuado de fosas sépticas en áreas cercanas a pozos de agua subterránea. Incluir inspecciones regulares, orientación técnica a propietarios sobre estándares de diseño y capacitación para promover la limpieza periódica y la preservación del agua.	Plazo máximo de ejecución de 1 a 2 años para promover e implementar las prácticas adecuadas de diseño y mantenimiento de fosas sépticas.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Técnicos de salud pública delegados por los responsables de dar seguimiento al proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	\$500
Tratamiento	Desarrollo de enfermedades digestivas por agentes microbiológicos en el agua.	Implementación y operación de sistemas de tratamiento de agua en la junta, abarcando la selección y adquisición de equipos para desinfección y filtración. Se realizará un	Plazo máximo de ejecución de 12 meses para desarrollar e implementar los sistemas de tratamiento de agua necesarios.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto.	\$7,500

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapa del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
		diseño detallado, considerando las características del agua cruda y los estándares de calidad del agua potable.		Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
	Ausencia de tratamientos eficientes.	Diseño, construcción e instalación de sistemas de tratamiento de agua en la planta. Esto involucra la implementación de procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos del agua cruda.	Plazo máximo de ejecución de 12 meses para desarrollar e implementar el sistema de tratamiento de agua en la junta.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Técnico en tratamientos de agua designado por los miembros del equipo de trabajo. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”.	\$2,000
Almacenamiento	Contaminación del sistema de distribución.	Implementar un programa de limpieza y mantenimiento periódico del reservorio elevado, que incluya	Plazo máximo de ejecución de 6 meses para establecer el plan de mantenimiento	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de	\$255

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapa del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
		inspecciones regulares, limpieza de estructuras y tanque interior, y la utilización de equipos especializados para eliminar los contaminantes físicos presentes.	preventivo y comenzar con las primeras limpiezas periódicas del reservorio elevado.	Agua Potable “San Felipe” Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
	Proliferación de agentes patógenos por la presencia de heces de aves.	Instalar redes y mallas alrededor del área del reservorio elevado para evitar el acceso de aves. Además, se pueden implementar dispositivos físicos disuasorios, como pinchos o alambres, y utilizar métodos auditivos o visuales, como reflectores y sonidos de aves depredadoras, para ahuyentar a las aves.	Plazo máximo de ejecución de 3 meses para implementar todas las medidas de control mencionadas y realizar las evaluaciones iniciales de su efectividad.	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Especialistas en control de plagas y aves.	\$1,000
	Entrada de animales como roedores y	Desarrollar un plan detallado de inspecciones periódicas del reservorio, con el objetivo	Plazo máximo de ejecución de 6 meses para desarrollar e	Operador del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de	\$545

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapa del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
	anfibios en tanque; contaminación por partículas de óxido de la tapa.	de identificar y sellar posibles puntos de entrada para animales. Asimismo, instalar dispositivos de prevención y recubrimiento protector en la tapa del reservorio para evitar la corrosión y prolongar su vida útil.	implementar el plan de inspecciones periódicas y la instalación de dispositivos de prevención en la tapa del reservorio.	Agua Potable “San Felipe” Personal técnico especializado en mantenimiento de infraestructuras hídricas.	
Distribución	Conexiones clandestinas.	Desarrollar e instalar un sistema de telemetría para monitorear el consumo de agua y detectar patrones inusuales. Implementar alarmas automáticas para identificar conexiones clandestinas o pérdidas de agua no autorizadas, facilitando respuestas rápidas del personal de mantenimiento.	Plazo máximo de ejecución de 1 año para desarrollar e implementar el sistema de telemetría y establecer los sistemas de alerta.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Expertos en sistemas de telemetría y análisis de datos.	\$7,000
	Filtración de sedimentos y microorganismos	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que abarque limpieza regular,	Plazo máximo de ejecución de 2 a 3 años para implementar y	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto.	\$550

¿Dónde?	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	COSTO
Etapas del sistema	Evento peligroso	Programa de optimización	Tiempo de ejecución	Ejecutor	
	desde el suelo, así como la dilución de metales pesados debido a la corrosión de las tuberías.	reparación de fugas, desazolve y eliminación de sedimentos. Incluir protocolos de monitoreo constante para detectar problemas tempranamente y establecer acciones para identificar y reparar o reemplazar tuberías corroídas.	optimizar todas las actividades del programa y realizar las mejoras necesarias en el sistema de distribución de agua.	Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”	
Consumo	Desperdicio del recurso por ausencia de sistemas de control.	Crear y aplicar un sistema de monitoreo continuo de la red de distribución con sensores de presión y medidores de flujo en puntos clave. Emplear análisis de datos en tiempo real para detectar patrones anómalos que señalen fugas. Ante una fuga, tomar medidas inmediatas para reparar la tubería y evitar pérdidas adicionales de agua.	Plazo máximo de ejecución de 1 a 2 años para desarrollar e implementar el sistema de detección de fugas y realizar las mejoras necesarias en la red de distribución.	Técnico ambiental responsable del diseño y ejecución del proyecto. Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe” Especialistas en sistemas de monitoreo y control de fugas.	\$6,750

ELABORADO: AUTOR

4.4. Discusión de resultados

El sistema de captación de agua de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" utiliza un pozo profundo de 90 metros con una tubería metálica para extraer agua del acuífero subterráneo. A diferencia del estudio de Rajmohan *et al.* (2017), sobre pozos en la Subcuenca del Ramganga en India, que examinó 44 pozos con profundidades de 6 a 37 metros, mostrando diferencias significativas. La profundidad contrastante se debe a las características geográficas únicas de la región de la India, donde la topografía baja conduce a acuíferos menos profundos. A pesar de esto, tanto en San Felipe como en los pozos estudiados, se emplean tuberías para proteger el agua de contaminantes, resaltando la importancia compartida de garantizar la calidad del agua para consumo humano. Este enfoque refleja la adaptación de los métodos de captación de agua según las condiciones geográficas y la preocupación común por la seguridad del agua potable. Es crucial considerar estas variaciones en el diseño de sistemas de captación de agua para asegurar la eficacia y la seguridad del suministro de agua potable en diferentes contextos geográficos y regionales.

Durante el diagnóstico de campo, se confirmó que el tanque de almacenamiento cumple con los criterios de funcionamiento sin sufrir daños relacionados con fugas, grietas o rupturas. Aunque la limpieza se realiza cada 3 o 4 meses en lugar del intervalo recomendado de 1 o 2 meses según De Sausa *et al.* (2008), se observa un esfuerzo por mantener la integridad del sistema. El estudio sugiere abordar cualquier falla en los tanques de agua y realizar limpiezas periódicas para prevenir la contaminación. Aunque el intervalo de limpieza actual no coincide con las recomendaciones, ajustarlo podría mejorar la calidad del agua y la efectividad del abastecimiento. Es crucial considerar la alineación con las mejores prácticas para garantizar la eficacia del mantenimiento del tanque y la seguridad del suministro de agua potable. Este enfoque de mejora continua es fundamental para optimizar la gestión del agua y satisfacer las necesidades de la comunidad.

El análisis del tratamiento de agua en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" evidencia carencias significativas al carecer de un sistema de tratamiento que mejore la calidad del agua captada, comprometiendo la seguridad y potabilidad del suministro. Estos resultados concuerdan con la propuesta de Ching y Yong Ng en el año 2018, quienes proponen la implementación de sistemas de tratamiento en puntos de uso como solución económica y efectiva para eliminar agentes patógenos y contaminantes fisicoquímicos

presentes en el agua. Estos sistemas, mediante técnicas como coagulación, floculación, filtración y desinfección, previenen la proliferación de microorganismos y la contaminación con metales u otras sustancias nocivas. La adopción de este enfoque podría solucionar las deficiencias del sistema de tratamiento de agua en San Felipe, asegurando la entrega de agua de calidad, protegiendo la salud pública y mejorando la satisfacción de los usuarios. Es esencial considerar esta propuesta para implementar medidas que garanticen la calidad del suministro de agua potable y, por ende, el bienestar de la comunidad servida por la junta.

La red de distribución de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" cuenta con desfogues estratégicos en cuatro puntos clave para evacuar sedimentos y asegurar un flujo adecuado del agua en las tuberías. Aunque la topografía del terreno contribuye a una distribución equitativa del servicio, la junta carece de tecnologías para detectar anomalías como fugas o tuberías en mal estado, una situación destacada por Sen y Kansal en el (2019), en su estudio sobre la seguridad hídrica en zonas rurales del Himalaya Indio. Este estudio resalta la responsabilidad y compromiso de las organizaciones proveedoras de agua potable con la calidad del servicio. La situación de la junta refleja deficiencias similares a las encontradas en el Himalaya Indio, donde las fugas causadas por sistemas de distribución deteriorados afectan la economía local. La corrosión de las tuberías es una causa principal de estas fugas, lo que resalta la importancia de abordar las deficiencias en la infraestructura y el mantenimiento de los sistemas de distribución para garantizar la seguridad hídrica y la sostenibilidad del suministro de agua potable en áreas rurales.

Los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" enfrentan desafíos importantes relacionados con la gestión del servicio y la calidad del agua. La falta de medidores de caudal dificulta el control del consumo y el cobro justo, mientras que las deficiencias organolépticas del agua desalientan su consumo humano. Un estudio de Patel *et al.* en 2020, en Estados Unidos reveló que los ciudadanos prefieren bebidas azucaradas sobre el agua potable debido al desinterés, acceso limitado y preocupaciones sobre la calidad del agua, incluyendo la presencia de plomo. Esto refleja la situación en San Felipe, donde los usuarios rechazan el agua para consumo humano debido a problemas de olor, color y sabor, similar a cómo la contaminación por plomo afecta la confianza en el suministro de agua en Estados Unidos. Mejorar la calidad del agua y abordar las preocupaciones de los usuarios es fundamental para restaurar la confianza en el servicio de agua potable en San Felipe y fomentar un consumo más saludable y sostenible.

La falta de organización en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" es una preocupación, evidenciada por la falta de socialización periódica de actividades y rendición de cuentas. Esta deficiencia ha creado descoordinación entre los miembros del equipo y ha llevado a muchos usuarios a no pagar sus cuotas mensuales, ya que no hay sanciones o incentivos claros para el cumplimiento de pagos. Haider *et al.* en 2014 resaltan la importancia de una gestión efectiva para el funcionamiento óptimo de sistemas de abastecimiento pequeños y medianos. Destacan que los directivos deben administrar eficientemente las actividades para evitar conflictos entre los usuarios. En el caso de "San Felipe", mejorar la organización interna es fundamental para garantizar el cumplimiento de estatutos legales y promover un funcionamiento transparente y eficiente. Esto implica establecer una comunicación clara, rendición de cuentas y medidas que fomenten el cumplimiento de obligaciones financieras. Solo con una gestión organizada y proactiva se podrá asegurar una prestación efectiva y sostenible del servicio de agua potable a la comunidad.

La percepción social de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" muestra una dualidad de opiniones entre los usuarios. Aunque la mayoría está satisfecha con la disponibilidad del servicio las 24 horas del día, con buena presión y distribución equitativa, existe una fuerte inconformidad debido a la mala calidad del agua suministrada, que carece de tratamiento para remover propiedades organolépticas. Esta situación genera preocupación por enfermedades digestivas relacionadas con el consumo de agua de baja calidad. Los usuarios atribuyen estas deficiencias a la falta de organización y compromiso de los administradores de la junta. Estos hallazgos coinciden con la investigación de Francis *et al.* en el año 2015 sobre la percepción social de la calidad del agua en comunidades rurales en India. La similitud entre estos hallazgos y la situación en "San Felipe" destaca la importancia de abordar las deficiencias en la calidad del agua y la gestión administrativa para mejorar la satisfacción de los usuarios y garantizar la salud pública. Es esencial que la junta implemente un sistema de tratamiento efectivo y mejore su organización interna para satisfacer las necesidades de los usuarios y promover un suministro seguro y de calidad de agua potable.

El estudio sobre la calidad del agua en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" revela incumplimientos significativos en 13 parámetros físicoquímicos y microbiológicos, como oxígeno disuelto, salinidad, DBO, fosfatos, turbidez, nitritos y conductividad eléctrica, excediendo los límites permitidos a nivel nacional e internacional en todas las etapas

analizadas. Estos resultados afectan la calidad del agua consumida por los usuarios. Coinciden con el estudio de Abegaz y Midekssa en el 2021 sobre la calidad del agua en comunidades rurales del distrito de Guto Gida, que encontró contaminación con metales pesados y niveles altos de turbidez, nitritos, sulfatos y fosfatos, superando las normas para consumo humano. Es urgente abordar estos problemas en San Felipe y otras comunidades similares, implementando medidas de tratamiento y control de calidad del agua para cumplir con los estándares de salud y seguridad. Se necesita supervisión continua y acción rápida para proteger la salud de los usuarios que dependen de estos suministros de agua potable.

El análisis de la calidad del agua por contaminantes microbiológicos en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" revela niveles que superan las normativas nacionales e internacionales, que establecen un máximo de 1 Unidad Formadora de Colonias (UFC) por cada 100 ml de agua. Estos resultados se asocian con epidemias de enfermedades de la piel y problemas digestivos entre los usuarios. Este hallazgo coincide con el estudio de Miranzadeh *et al.* en 2010 sobre la calidad microbiana del agua potable en zonas rurales con y sin cobertura de servicios en Kashan. En áreas con cobertura, se encontró un servicio de calidad en términos de contaminantes fecales, mientras que, en comunidades sin cobertura, se observó un alto nivel de estos contaminantes en el agua consumida, generando preocupaciones significativas para la salud. Estos resultados resaltan la importancia crítica de abordar los problemas de contaminación microbiológica en el sistema de abastecimiento de agua de San Felipe y comunidades similares. Es esencial implementar medidas efectivas de tratamiento y desinfección del agua para eliminar estos contaminantes y proteger la salud de los usuarios, junto con una supervisión rigurosa y acción inmediata para mejorar la calidad del agua y reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en estas comunidades.

La evaluación de la calidad del agua en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" a través del Índice de Calidad de Agua (NSF) revela deficiencias, principalmente por la carencia de un sistema de tratamiento que reduzca los niveles de contaminantes en el suministro. Estos hallazgos contrastan con los resultados de Gaytán *et al.* en el 2022, quienes evaluaron la calidad del agua en el Norte de México utilizando varios índices de calidad del agua, incluyendo el Índice de Calidad del Agua NSF. En dicho estudio se encontró que las fuentes de agua cumplen con estándares de calidad adecuados para consumo humano y riego, atribuido a su ubicación en áreas altas y a tratamientos efectivos. Estas diferencias pueden

deberse a las particularidades de cada sistema de abastecimiento y condiciones ambientales. Sin embargo, ambos estudios enfatizan la importancia de implementar medidas de tratamiento y gestión de la calidad del agua para garantizar un suministro seguro y confiable.

El estudio identifica los coliformes fecales como la principal amenaza para la calidad del agua potable de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", con múltiples fuentes de contaminación en el sistema. Craun *et al.* en el año 2010 respaldan este hallazgo al demostrar que la contaminación fecal representa un riesgo significativo para la salud pública, especialmente por la posible presencia de patógenos. Es esencial que la junta implemente medidas efectivas de control y tratamiento del agua para reducir estos contaminantes y garantizar un suministro seguro. El estudio subraya la importancia de abordar la contaminación fecal en el suministro de agua potable para prevenir brotes de enfermedades relacionadas con el agua y proteger la salud de la población. La acción preventiva es crucial para mantener la calidad del agua y salvaguardar la salud comunitaria.

El deterioro de las tuberías representa una amenaza significativa para la optimización del sistema de abastecimiento de agua de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe". La obsolescencia de gran parte del sistema las vuelve vulnerables a rupturas y fugas, que pueden contaminar el agua con sedimentos, metales pesados, productos químicos y microorganismos patógenos. Esto concuerda con los hallazgos de (Makris *et al.*, 2014), quienes demostraron que las tuberías obsoletas pueden liberar contaminantes al sistema de distribución de agua. La exposición a condiciones ambientales y de uso puede acelerar el deterioro y la corrosión de las tuberías, aumentando el riesgo de contaminación. Es esencial que la Junta tome medidas proactivas para abordar este problema y garantizar la integridad del sistema de distribución de agua.

La propuesta del Plan de Seguridad Hídrica de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" se basó en los primeros seis pasos recomendados por la OMS. Se enfocó en abordar los eventos peligrosos que amenazan el sistema de abastecimiento de agua, desarrollando medidas de control para mitigar los riesgos identificados. El estudio de Serio *et al.* en el año 2021 destaca la importancia de este enfoque, demostrando su efectividad en sistemas de agua potable pequeños como el de Salento, Italia. La implementación de un Plan de Seguridad del Agua permite una gestión más proactiva y preventiva, abarcando toda la cadena de suministro. Esto promueve la identificación y gestión eficaz de los peligros

potenciales, asegurando la calidad y seguridad del agua suministrada a la comunidad. Adoptar un enfoque integral es fundamental para una gestión eficiente de riesgos en el suministro de agua potable.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La implementación de medidas de seguridad hídrica en sistemas de abastecimiento requiere un análisis completo de cada etapa del proceso, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales. Sin embargo, la falta de información previa en sistemas similares y la escasez de datos en ciertas áreas pueden limitar la profundidad del análisis y la comprensión de la situación. En futuras investigaciones, es importante abordar estas limitaciones mediante la recopilación de datos adicionales y la búsqueda de información de referencia para un análisis más sólido y exhaustivo.

A pesar de que la infraestructura de captación de agua se encuentra en buen estado, la falta de financiamiento impide realizar monitoreos regulares de calidad. El almacenamiento presenta un mantenimiento adecuado, pero carece de tratamientos como la cloración y la filtración, lo cual representa un riesgo para la salud pública. Aunque la distribución está planificada estratégicamente, la ausencia de medidores dificulta la gestión del consumo. Además, la junta directiva enfrenta desorganización y una comunicación deficiente con los usuarios, lo que impacta negativamente en la gestión del agua. Es esencial abordar estas deficiencias de manera prioritaria para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo.

La encuesta realizada a los usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" resultó ser un paso crucial para comprender la percepción comunitaria sobre el sistema de abastecimiento. Estos hallazgos ofrecen una comprensión integral de las opiniones de los usuarios, lo que permite tomar decisiones informadas para mejorar significativamente el servicio de agua potable en la comunidad.

El análisis estadístico de los parámetros del agua en el sistema de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" revela una homogeneidad en nitritos, nitratos, fosfatos y cloruros a lo largo del proceso. Otros parámetros como pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto también muestran consistencia. Sin embargo, la turbidez varía significativamente entre etapas, indicando un aumento de partículas en suspensión. Estos datos son cruciales para comprender los riesgos del sistema y tomar medidas correctivas para garantizar la seguridad del agua potable en la comunidad.

El análisis comparativo de los parámetros del agua potable de la Junta Administradora "San Felipe" mostró alteraciones significativas respecto a normativas nacionales e internacionales. En la captación, incumplimientos en oxígeno disuelto, salinidad y otros según el Acuerdo Ministerial 097-a y la OMS. En almacenamiento y consumo, en nitritos, nitratos, turbidez y fosfatos. Además, los coliformes fecales excedieron estándares de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108. Estas disparidades indican la urgencia de medidas correctivas para asegurar la calidad del agua y proteger la salud de los usuarios.

El análisis factorial revela tres componentes principales que explican el 88.12% de la varianza en la calidad del agua en la Junta Administradora "San Felipe". Estos componentes destacan correlaciones entre parámetros clave. El primero señala alta conductividad y salinidad, indicando sólidos disueltos. El segundo está relacionado con oxígeno disuelto, demanda biológica y pH, cruciales para consumo humano y vida acuática. El tercero refleja nitritos, nitratos y turbidez, indicando contaminación y partículas en suspensión. Estos resultados son esenciales para comprender riesgos y mejorar la seguridad hídrica en la comunidad.

La evaluación de peligros y riesgos en la Junta Administradora "San Felipe" muestra desafíos en todas las etapas del sistema de abastecimiento de agua potable. Se detectan peligros físicos, químicos y microbiológicos, desde contaminación por agentes patógenos hasta problemas estructurales en la infraestructura. La cuantificación de riesgos revela niveles muy altos y altos en varias etapas del sistema. Es crucial abordar estos desafíos de manera integral y urgente para asegurar la seguridad hídrica de la comunidad.

La propuesta para el Plan de Seguridad Hídrica en la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" presenta un enfoque integral y detallado para mejorar el suministro de agua potable en un periodo de tres años. Desde la identificación de deficiencias hasta la implementación de medidas de control específicas, se abordan diversos riesgos en todas las etapas del proceso. Además, la conformación de un equipo multidisciplinario asegura una gestión eficaz del proyecto. Con estrategias como la modernización del sistema y el uso de tecnologías avanzadas, se busca garantizar un suministro seguro y confiable de agua potable para la comunidad de "San Felipe".

5.2. Recomendaciones

Buscar financiamiento para un programa de monitoreo de calidad del agua, reparar el dosificador de cloro y considerar la instalación de un sistema de filtración para priorizar la seguridad del suministro.

Implementar acciones para abordar las preocupaciones de los usuarios, mejorar la calidad del agua con tratamientos adecuados y establecer una comunicación efectiva mediante reuniones periódicas.

Realizar un monitoreo continuo de los parámetros del agua, controlar y reducir la turbidez, identificar fuentes de contaminación y fortalecer los programas de tratamiento del agua. Mejorar los sistemas de filtración y tratamiento del agua, monitorear regularmente la calidad del agua y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.

Implementar medidas de conservación del agua, diversificación de fuentes de captación, mantenimientos preventivos, controles estrictos para evitar la contaminación, modernización de la red de distribución y promoción de la conciencia sobre el uso responsable del agua.

Implementar el plan de seguridad hídrica de manera sistemática y progresiva, garantizando la participación comunitaria, estableciendo mecanismos de monitoreo continuo, priorizando recursos financieros y humanos, promoviendo la capacitación del personal y manteniendo una comunicación transparente con todas las partes interesadas.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Abegaz, M. T., y Midekssa, M. J. (2021). Quality and Safety of Rural Community Drinking Water Sources in Guto Gida District, Oromia, Ethiopia. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2021/5568375>
- Adam, A. M. (2020). Sample Size Determination in Survey Research. *Journal of Scientific Research and Reports*, 90–97. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2020/v26i530263>
- Al Yousif, M., y Chabuk, A. (2023). Assessment Water Quality Indices of Surface Water for Drinking and Irrigation Applications – A Comparison Review. *Journal of Ecological Engineering*, 24(5), 40–55. <https://doi.org/10.12911/22998993/161194>
- Ali, B., . A., y Mishra, A. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4), 113–127. <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693>
- Almanassra, I. W., Kochkodan, V., Mckay, G., Atieh, M. A., y Al-Ansari, T. (2021). Review of phosphate removal from water by carbonaceous sorbents. *Journal of Environmental Management*, 287, 112245. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112245>
- Amézquita, C., Pérez, A., y Torres, P. (2014). Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista EIA*, 11(21), 157–169. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14508/reia.2014.11.21.159-169>
- Aravind kumar, J., Krithiga, T., Sathish, S., Renita, A. A., Prabu, D., Lokesh, S., Geetha, R., Namasivayam, S. K. R., y Sillanpaa, M. (2022). Persistent organic pollutants in water resources: Fate, occurrence, characterization and risk analysis. *Science of The Total Environment*, 831, 154808. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154808>
- ARCA, (Agencia de Regulación y Control del Agua). (2019). *BENCHMARKING DE PRESTADORES PÚBLICOS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR*. http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Boletin-Estadistico-APS_jul21_fnl.pdf

- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Beavis, S. G., Wong, V. N., Mosley, L. M., Baldwin, D. S., Latimer, J. O., Lane, P., y Lal, A. (2023). Water quality risks in the Murray-Darling basin. *Australasian Journal of Water Resources*, 27(1), 85–102. <https://doi.org/10.1080/13241583.2022.2163475>
- Bereskie, T., Delpla, I., Rodriguez, M. J., y Sadiq, R. (2018). Drinking-water management in Canadian provinces and territories: a review and comparison of management approaches for ensuring safe drinking water. *Water Policy*, 20(3), 565–596. <https://doi.org/10.2166/wp.2018.040>
- Castrillón, Y. C., Acevedo, C. H., y Rojas, J. P. (2020). Evaluation of the drinking water treatment system (STAP) San Fernando –Los Patios urbanization, Colombia. Efficiency and quality. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 149–156. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020013>
- Cedeño, E. (2022). La participación ciudadana en la gestión del agua y saneamiento. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, 8(1). <https://doi.org/10.5354/0719-6296.2022.65841>
- Chen, J., y Chang, H. (2023). A review of wildfire impacts on stream temperature and turbidity across scales. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 47(3), 369–394. <https://doi.org/10.1177/03091333221118363>

- Ching, K. P., y Yong Ng, H. (2018). Review of low-cost point-of-use water treatment systems for developing communities. *Npj Clean Water*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0011-0>
- Clar, C. (2019). How demographic developments determine the management of hydrometeorological hazard risks in rural communities: The linkages between demographic and natural hazards research. *WIREs Water*, 6(6). <https://doi.org/10.1002/wat2.1378>
- Craun, G. F., Brunkard, J. M., Yoder, J. S., Roberts, V. A., Carpenter, J., Wade, T., Calderon, R. L., Roberts, J. M., Beach, M. J., y Roy, S. L. (2010). Causes of Outbreaks Associated with Drinking Water in the United States from 1971 to 2006. *Clinical Microbiology Reviews*, 23(3), 507–528. <https://doi.org/10.1128/CMR.00077-09>
- De Sausa, C., Colmenares, M. C., y Correia, A. (2008). Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(1). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100002
- de Vet, H. C. W., Mokkink, L. B., Mosmuller, D. G., y Terwee, C. B. (2017). Spearman–Brown prophecy fórmula and Cronbach’s alpha: different faces of reliability and opportunities for new applications. *Journal of Clinical Epidemiology*, 85, 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.01.013>
- Derakhshani, E., Naghizadeh, A., Yari, A. R., Mohammadi, M. J., Kamranifar, M., y Farhang, M. (2018). Association of toxicochemical and microbiological quality of bottled mineral water in Birjand city, Iran. *Toxin Reviews*, 37(2), 138–143. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1331359>
- Effendi, H., Romanto, y Wardiatno, Y. (2015). Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.030>

- Ferrero, G., Setty, K., Rickert, B., George, S., Rinehold, A., DeFrance, J., y Bartram, J. (2019). Capacity building and training approaches for water safety plans: A comprehensive literature review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(4), 615–627. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.011>
- Flörke, M., Bärlund, I., van Vliet, M. T., Bouwman, A. F., y Wada, Y. (2019). Analysing trade-offs between SDGs related to water quality using salinity as a marker. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 36, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.005>
- Francis, M. R., Nagarajan, G., Sarkar, R., Mohan, V. R., Kang, G., y Balraj, V. (2015). Perception of drinking water safety and factors influencing acceptance and sustainability of a water quality intervention in rural southern India. *BMC Public Health*, 15(1), 731. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1974-0>
- Fu, B., Merritt, W. S., Croke, B. F. W., Weber, T. R., y Jakeman, A. J. (2019). A review of catchment-scale water quality and erosion models and a synthesis of future prospects. *Environmental Modelling y Software*, 114, 75–97. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.12.008>
- GAD del cantón Mocache. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Mocache*. <https://drive.google.com/file/d/1Pb2Nt--vDt3zpXl8uOTCd5nHAMz7ve3w/view>
- García, F., Avilés, A., Sánchez, E., Valdiviezo, L., y Ordoñez, M. D. T. (2021). The challenge of improving the efficiency of drinking water treatment systems in rural areas facing changes in the raw water quality. *South African Journal of Chemical Engineering*, 37, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.05.010>
- García, F., Ramos, L., y Zhindón, C. (2018). Estimation of corrosive and scaling trend in drinking water systems in the city of Azogues, Ecuador. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 13(5), 1. <https://doi.org/10.4136/ambiente-agua.2237>

- Gaytán, A. P., González, M. S., Sánchez, E., y Alarcón, M. T. (2022). Comparative assessment of water quality indices—a case study to evaluate water quality for drinking water supply and irrigation in Northern Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(8), 588. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10198-2>
- Ghosh, A., y Bera, B. (2023). Hydrogeochemical assessment of groundwater quality for drinking and irrigation applying groundwater quality index (GWQI) and irrigation water quality index (IWQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 22, 100958. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100958>
- Grecksch, K., y Landström, C. (2021). Drought and Water Scarcity Management Policy in England and Wales—Current Failings and the Potential of Civic Innovation. *Frontiers in Environmental Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.574975>
- Gunda, T., Hess, D., Hornberger, G. M., y Worland, S. (2019). Water security in practice: The quantity-quality-society nexus. *Water Security*, 6, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2018.100022>
- Haider, H., Sadiq, R., y Tesfamariam, S. (2014). Performance indicators for small- and medium-sized water supply systems: a review. *Environmental Reviews*, 22(1), 1–40. <https://doi.org/10.1139/er-2013-0013>
- Han, X., Liu, X., Gao, D., Ma, B., Gao, X., y Cheng, M. (2022). Costs and benefits of the development methods of drinking water quality index: A systematic review. *Ecological Indicators*, 144, 109501. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109501>
- Hasan, S. M., Akram, A. A., y Jeuland, M. (2021). Awareness of coping costs and willingness to pay for urban drinking water service: Evidence from Lahore, Pakistan. *Utilities Policy*, 71, 101246. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101246>
- Hozalski, R. M., LaPara, T. M., Zhao, X., Kim, T., Waak, M. B., Burch, T., y McCarty, M. (2020). Flushing of Stagnant Premise Water Systems after the COVID-19 Shutdown Can Reduce Infection Risk by *Legionella* and *Mycobacterium* spp. *Environmental Science y Technology*, 54(24), 15914–15924. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06357>

- Huang, W. W., Chen, X. J., y Fan, Y. R. (2022). Management of Contaminated Drinking Water Source in Rural Communities. *Journal of Environmental Informatics*, 39(2), 136–151. <https://doi.org/10.3808/jei.202000431>
- Huaquisto, S., y Chambilla, I. G. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de salcedo, puno. *Investigación y desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- Ighalo, J. O., y Adeniyi, A. G. (2020). A comprehensive review of water quality monitoring and assessment in Nigeria. *Chemosphere*, 260, 127569. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127569>
- Kalbar, P. P., y Lokhande, S. (2023). Need to adopt scaled decentralized systems in the water infrastructure to achieve sustainability and build resilience. *Water Policy*, 25(4), 359–378. <https://doi.org/10.2166/wp.2023.267>
- Kali, S., Khan, M., Ghaffar, M. S., Rasheed, S., Waseem, A., Iqbal, M. M., Bilal khan Niazi, M., y Zafar, M. I. (2021). Occurrence, influencing factors, toxicity, regulations, and abatement approaches for disinfection by-products in chlorinated drinking water: A comprehensive review. *Environmental Pollution*, 281, 116950. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116950>
- Katusiime, J., y Schütt, B. (2020). Integrated Water Resources Management Approaches to Improve Water Resources Governance. *Water*, 12(12), 3424. <https://doi.org/10.3390/w12123424>
- Kayser, G., Loret, J. F., Setty, K., Blaudin De Thé, C., Martin, J., Puigdomenech, C., y Bartram, J. (2019). Water safety plans for water supply utilities in China, Cuba, France, Morocco and Spain: costs, benefits, and enabling environment elements. *Urban Water Journal*, 16(4), 277–288. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1669191>
- Klamt, R. A., Costa, A. B. da, Gaedke, M. Â., y Lobo, E. A. (2021). Drinking water quality indices: a systematic review. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 16(2), 1. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2630>

- Liang, H., Zhang, D., Wang, W., Yu, S., y Nimai, S. (2023). Evaluating future water security in the upper Yangtze River Basin under a changing environment. *Science of The Total Environment*, 889, 164101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164101>
- Lozada, P. T., Veléz, C. H. C., y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Rev. Ing. Univ. Medellín*, 58(15), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739>.
- Madrigal, R., Alpízar, F., y Schlüter, A. (2011). Determinants of Performance of Community-Based Drinking Water Organizations. *World Development*, 39(9), 1663–1675. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.02.011>
- Makris, K. C., Andra, S. S., y Botsaris, G. (2014). Pipe Scales and Biofilms in Drinking-Water Distribution Systems: Undermining Finished Water Quality. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(13), 1477–1523. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.790746>
- Malhotra, N., Ger, T.-R., Uapipatanakul, B., Huang, J.-C., Chen, K. H.-C., y Hsiao, C.-D. (2020). Review of Copper and Copper Nanoparticle Toxicity in Fish. *Nanomaterials*, 10(6), 1126. <https://doi.org/10.3390/nano10061126>
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Miranzadeh, M. B., Heidari, M., Mesdaghini, A. R., y Younesian, M. (2010). Survey of Microbial Quality of Drinking Water in Rural Areas of Kashan-Iran in Second Half of 2008. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 14(1), 59–63. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2011.59.63>
- Mishra, B., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., y Gautam, A. (2021). Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. *Water*, 13(4), 490. <https://doi.org/10.3390/w13040490>

- Mohammadpour, P., Mahjabin, T., Fernandez, J., y Grady, C. (2019). From national indices to regional action—An Analysis of food, energy, water security in Ecuador, Bolivia, and Peru. *Environmental Science y Policy*, 101, 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.014>
- Mustapha, M., Sridhar, M., y Coker, A. O. (2021). Assessment of water supply system from catchment to consumers as framed in WHO water safety plans: A study from Maiduguri water treatment plant, North East Nigeria. *Sustainable Environment*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2021.1901389>
- Nasrollahzadeh, M., Sajjadi, M., Iravani, S., y Varma, R. S. (2021). Green-synthesized nanocatalysts and nanomaterials for water treatment: Current challenges and future perspectives. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123401. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123401>
- Nichols, G., Lake, I., y Heaviside, C. (2018). Climate Change and Water-Related Infectious Diseases. *Atmosphere*, 9(10), 385. <https://doi.org/10.3390/atmos9100385>
- Noronha-D’Mello, C. A., Mahesh, B. S., George, J., Patil, S., Jadav, A., y Mohan, R. (2023). High-resolution insights of physical properties of water columns of lakes at the Larsemann Hills, East Antarctica. *Polar Science*, 100983. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2023.100983>
- Odjegba, E., Oluwasanya, G., Shittu, O., Idowu, O., y Brion, G. (2022). Service level indicators evaluation of water supply systems: water users’ perspective. *Urban Water Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2134039>
- Omarova, A., Tussupova, K., Hjorth, P., Kalishev, M., y Dosmagambetova, R. (2019). Water Supply Challenges in Rural Areas: A Case Study from Central Kazakhstan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 688. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050688>

- Ombogoh, D. B., Mwangi, E., y Larson, A. M. (2022). Community participation in forest and water management planning in Kenya: challenges and opportunities. *Forests, Trees and Livelihoods*, 31(2), 104–122. <https://doi.org/10.1080/14728028.2022.2059790>
- OMS, (Organización Mundial de la Salud). (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua*. [https://www.who.int/es/publications/i/item/water-safety-plan-manual-\(wsp-manual\)](https://www.who.int/es/publications/i/item/water-safety-plan-manual-(wsp-manual))
- OMS, (Organización Mundial de la Salud). (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: método pormenorizado de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. *Ginebra: International Water Association*.
- Oyinlola, M. A., Khorsandi, M., Penman, R., Earhart, M. L., Arsenault, R., Brauner, C. J., y St-Hilaire, A. (2023). Hydrothermal impacts of water release on early life stages of white sturgeon in the Nechako river, B.C. Canada. *Journal of Thermal Biology*, 117, 103682. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103682>
- Pál, L., Jenei, T., McKee, M., Kovács, N., Vargha, M., Bufa-Dórr, Z., Muhollari, T., Bujdosó, M. O., Sándor, J., y Szűcs, S. (2022). Health and economic gain attributable to the introduction of the World Health Organization's drinking water standard on arsenic level in Hungary: A nationwide retrospective study on cancer occurrence and ischemic heart disease mortality. *Science of The Total Environment*, 851, 158305. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158305>
- Patel, A. I., Hecht, C. E., Cradock, A., Edwards, M. A., y Ritchie, L. D. (2020a). Drinking Water in the United States: Implications of Water Safety, Access, and Consumption. *Annual Review of Nutrition*, 40(1), 345–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-122319-035707>
- Patel, A. I., Hecht, C. E., Cradock, A., Edwards, M. A., y Ritchie, L. D. (2020b). Drinking Water in the United States: Implications of Water Safety, Access, and Consumption. *Annual Review of Nutrition*, 40(1), 345–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-122319-035707>

- Pérez-Vidal, A., Escobar-Rivera, J. C., y Torres-Lozada, P. (2020). Development and implementation of a water-safety plan for drinking-water supply system of Cali, Colombia. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 224, 113422. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113422>
- Picetti, R., Deeney, M., Pastorino, S., Miller, M. R., Shah, A., Leon, D. A., Dangour, A. D., y Green, R. (2022). Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environmental Research*, 210, 112988. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>
- Pichel, N., Vivar, M., y Fuentes, M. (2019). The problem of drinking water access: A review of disinfection technologies with an emphasis on solar treatment methods. *Chemosphere*, 218, 1014–1030. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.205>
- Quispe, M. K. (2023). Siembra y cosecha de agua de lluvia: una medida de seguridad hídrica desde la adaptación basada en ecosistemas (Ayacucho). *South Sustainability*, 4(2), e085–e085. <https://doi.org/10.21142/SS-0402-2023-e085>
- Rahman, A., Jahanara, I., y Jolly, Y. N. (2021). Assessment of physicochemical properties of water and their seasonal variation in an urban river in Bangladesh. *Water Science and Engineering*, 14(2), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2021.06.006>
- Rajkumar, H., Naik, P. K., y Rishi, M. S. (2022). A comprehensive water quality index based on analytical hierarchy process. *Ecological Indicators*, 145, 109582. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109582>
- Rajmohan, N., Patel, N., Singh, G., y Amarasinghe, U. A. (2017). Hydrochemical evaluation and identification of geochemical processes in the shallow and deep wells in the Ramganga Sub-Basin, India. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(26), 21459–21475. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9704-z>
- Rodríguez, C., García, B., Pinto, C., Sánchez, R., Serrano, J., y Leiva, E. (2022). Water Context in Latin America and the Caribbean: Distribution, Regulations and Prospects

for Water Reuse and Reclamation. *Water*, 14(21), 3589.
<https://doi.org/10.3390/w14213589>

Rousso, B. Z., Lambert, M., y Gong, J. (2023). Smart water networks: A systematic review of applications using high-frequency pressure and acoustic sensors in real water distribution systems. *Journal of Cleaner Production*, 410, 137193.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137193>

Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>

Sathre, R., Antharam, S. M., y Catena, M. (2022). Water Security in South Asian Cities: A Review of Challenges and Opportunities. *CivilEng*, 3(4), 873–894.
<https://doi.org/10.3390/civileng3040050>

Sen, S. M., y Kansal, A. (2019). Achieving water security in rural Indian Himalayas: A participatory account of challenges and potential solutions. *Journal of Environmental Management*, 245, 398–408. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.132>

Serio, F., Martella, L., Imbriani, G., Idolo, A., Bagordo, F., y De Donno, A. (2021). The Water Safety Plan Approach: Application to Small Drinking-Water Systems—Case Studies in Salento (South Italy). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4360. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084360>

SNP, (Secretaría Nacional de Planificación). (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>

Stringer, L. C., Mirzabaev, A., Benjaminsen, T. A., Harris, R. M. B., Jafari, M., Lissner, T. K., Stevens, N., y Tirado-von der Pahlen, C. (2021). Climate change impacts on water security in global drylands. *One Earth*, 4(6), 851–864.
<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.010>

- Tellman, B., McDonald, R. I., Goldstein, J. H., Vogl, A. L., Flörke, M., Shemie, D., Dudley, R., Dryden, R., Petry, P., Karres, N., Vigerstol, K., Lehner, B., y Veiga, F. (2018). Opportunities for natural infrastructure to improve urban water security in Latin America. *PLOS ONE*, 13(12), e0209470. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209470>
- Treacy, J. (2019). Drinking Water Treatment and Challenges in Developing Countries. In *The Relevance of Hygiene to Health in Developing Countries*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80780>
- Tsitsifli, S., y Kanakoudis, V. (2018). Disinfection Impacts to Drinking Water Safety—A Review. *EWaS3 2018*, 603. <https://doi.org/10.3390/proceedings2110603>
- Tzanakakis, V. A., Paranychanakis, N. V., y Angelakis, A. N. (2020). Water Supply and Water Scarcity. *Water*, 12(9), 2347. <https://doi.org/10.3390/w12092347>
- Wang, T., Sun, D., Zhang, Q., y Zhang, Z. (2021). China's drinking water sanitation from 2007 to 2018: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 757, 143923. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143923>
- Wang, Z., Liao, C., Zhong, Z., Liu, S., Li, M., y Wang, X. (2023). Design, optimization and application of a highly sensitive microbial electrolytic cell-based BOD biosensor. *Environmental Research*, 216, 114533. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114533>
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., Campbell-Lendrum, D., Capstick, S., Chambers, J., Coleman, S., Dalin, C., Daly, M., Dasandi, N., Dasgupta, S., Davies, M., Di Napoli, C., ... Costello, A. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. *The Lancet*, 397(10269), 129–170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)
- Wingfield, S., Martínez-MoscOSO, A., Quiroga, D., y Ochoa-Herrera, V. (2021). Challenges to Water Management in Ecuador: Legal Authorization, Quality Parameters, and Socio-Political Responses. *Water*, 13(8), 1017. <https://doi.org/10.3390/w13081017>

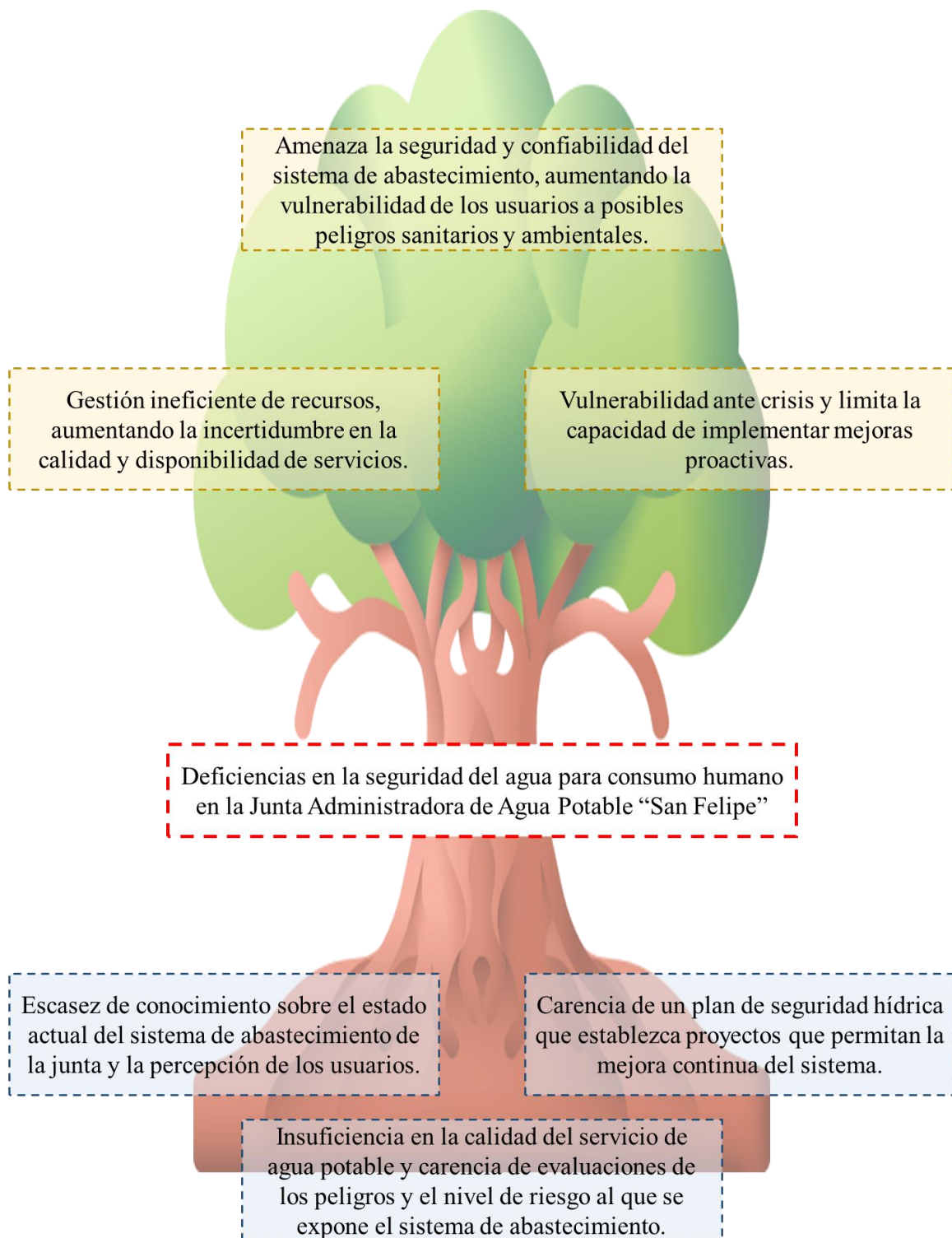
WWAP, (World Water Assessment Programme). (2018). *World Water Development Report 2018*. UNESCO. unwater.org/publications/world-water-development-report-2018

Yáñez, M. A., Valor, C., y Catalán, V. (2006). A simple and cost-effective method for the quantification of total coliforms and *Escherichia coli* in potable water. *Journal of Microbiological Methods*, 65(3), 608–611.
<https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.09.005>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. *Árbol del problema para el análisis de la naturaleza del problema a resolver.*



Anexo 2. *Lista de verificación de cumplimiento en las etapas del sistema de abastecimiento de la JAAP “San Felipe”.*

Etapas	Descripciones	Validación			Percepción en campo
		C	NC	N/A	
Captación	La bomba sumergible encargada de extraer agua subterránea se encuentra en condiciones satisfactorias.				
	Se llevan a cabo evaluaciones regulares o monitoreos periódicos de la calidad del agua del pozo subterráneo.				
	El pozo de agua está adecuadamente protegido para evitar la infiltración de arena en su interior.				
	La profundidad del pozo es adecuada para garantizar un suministro suficiente de agua a los usuarios activos.				
Almacenamiento	Se llevan a cabo labores de mantenimiento y limpieza periódicas en el tanque de almacenamiento.				
	Se realizan actividades de mantenimiento y limpieza en las redes ascendentes de manera periódica.				
	Las redes de tuberías ascendentes y el reservorio presentan ausencia de fugas o perforaciones.				
	El tanque de almacenamiento está diseñado y construido con capacidad adecuada para soportar el almacenamiento del agua.				

Tratamiento	Se lleva a cabo un proceso de cloración del agua para mitigar el riesgo de agentes infecciosos y proteger la salud pública. El nivel de cloro residual se mantiene dentro de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con una concentración mínima de 0,2 mg/l y recomendada de $\geq 0,5$ mg/l para el consumo humano. El dispositivo dosificador de cloro está en un estado óptimo de funcionamiento. Se emplea un tratamiento de filtración para eliminar los fragmentos en suspensión del agua, garantizando así su calidad.
Distribución	Se dispone de válvulas de purga en cada sector de la red de distribución. La topografía del terreno presenta concavidades que favorecen la distribución eficiente del agua.
	Los hogares de los usuarios activos de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" están equipados con medidores de agua. Los usuarios activos consumen el agua directamente, sin requerir hervirla previamente.

Deberes del órgano directivo	
Organización	La administración lleva a cabo reuniones o asambleas con los usuarios activos de forma mensual. Los usuarios que participan activamente cumplen con sus obligaciones financieras mediante pagos mensuales.
	El equipo directivo de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe" desempeña íntegramente todas sus responsabilidades. En la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe", se consideran las perspectivas y opiniones de los usuarios activos como parte integral del proceso de mejora del servicio de agua potable.
ELABORADO POR: AUTOR	

Anexo 3. Entrevista con el operador de la JAAP “San Felipe”



**Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Carrera de Ingeniería Ambiental
Tema:**



**“Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”, Cantón
Mocache, provincia Los Ríos, Ecuador”.**

Nombre de la Junta	
Nombre del operador	
Cargo	
Fecha	

PREGUNTAS

1. ¿Cómo están funcionando en la actualidad los componentes esenciales del sistema de suministro de agua, como la bomba sumergible, el tanque de almacenamiento y la red de distribución?
2. ¿Con qué regularidad se realizan los mantenimientos en la Junta Administradora de Agua Potable?
3. ¿Cuál es la capacidad máxima del tanque de almacenamiento en el sistema de abastecimiento de agua?
4. ¿Cuánta agua se distribuye a los hogares por mes en metros cúbicos?
5. ¿Se lleva a cabo algún tratamiento en el agua antes de su distribución?
6. ¿Cuántos usuarios están actualmente conectados al sistema de la Junta Administradora de Agua Potable y cuál es su capacidad máxima de usuarios?
7. ¿Cuáles son los materiales y especificaciones técnicas de los conductos, tanques y bombas utilizados en el sistema de suministro de agua?
8. ¿Ha habido algún incidente de falta de suministro de agua en la Junta Administradora de Agua Potable? En caso afirmativo, ¿cuánto tiempo duró?
9. ¿Está usted informado sobre la disponibilidad estacional de agua, tanto en invierno como en verano?
10. ¿De dónde se obtiene el agua que suministra la Junta Administradora de Agua Potable?
11. ¿Conoce el tiempo requerido para vaciar y llenar los pozos?

12. ¿En qué horarios del día se distribuye el agua a los usuarios?
13. ¿El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica realiza algún tipo de monitoreo en la Junta Administradora de Agua Potable? En caso afirmativo, ¿con qué frecuencia y cuándo fue la última vez?
14. ¿El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal realiza algún tipo de monitoreo en la Junta Administradora de Agua Potable? En caso afirmativo, ¿con qué frecuencia y cuándo fue la última vez?
15. ¿Cuál es la tarifa que los usuarios pagan por el servicio de agua y cuánto se cobra si se excede el límite de consumo mensual?
16. ¿Cuánto tiempo tarda el agua en llegar desde el tanque de almacenamiento hasta los hogares?
17. ¿Desde cuándo comenzó la Junta Administradora de Agua Potable a proveer el servicio de agua?
18. ¿La Junta Administradora de Agua Potable dispone de fondos para hacer frente a riesgos o emergencias en el sistema de abastecimiento?
19. ¿Los usuarios están satisfechos con el servicio de agua potable? En caso negativo, ¿cuáles son los problemas reportados por los usuarios?
20. ¿Ha recibido usted alguna capacitación para mejorar su desempeño como operador de la Junta Administradora de Agua Potable?
21. ¿Se han implementado medidas preventivas para evitar daños y contaminación en el sistema de suministro de agua?
22. ¿Cuál es la profundidad de los pozos y cuántos hay?
23. ¿El Municipio contribuyó en la construcción de la Junta Administradora de Agua Potable?
24. ¿Cuántas tuberías principales y secundarias tiene la red de distribución de la Junta Administradora de Agua Potable y cuál es el diámetro de cada una?
25. ¿Cuándo fue la última vez que se realizó mantenimiento en las tuberías y en el tanque de almacenamiento?
26. ¿Ha habido fugas de agua en las tuberías o en el tanque de almacenamiento?

27. ¿Cuáles son las responsabilidades específicas de cada miembro directivo de la Junta Administradora de Agua Potable?
28. ¿Con qué frecuencia se realizan reuniones con los usuarios?

ELABORADO POR: AUTOR

Anexo 4. Encuesta aplicada a los usuarios de la JAAP “San Felipe”

	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL TEMA DEL PROYECTO:	
“Análisis de la Seguridad Hídrica de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”, cantón Mocache, provincia Los Ríos”		
Número de personas en el hogar:		
Nivel de estudio:		
Genero:		
Edad:		
Fecha:		

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS				
1. ¿Se encuentra satisfecho(a) con la cantidad de agua que recibe de la Junta Administradora de Agua Potable “San Felipe”?				
No satisfecho (1)/No	Poco satisfecho (2)	Moderadamente satisfecho (3)	Muy satisfecho (4)	Extremadamente satisfecho (5) /Si
2. ¿Se le informa anticipadamente sobre los mantenimientos programados en el sistema de abastecimiento?				
Nunca (1)/No	Casi Nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5) /Si
3. ¿Cómo calificaría la presencia de olores extraños en el agua que usted consume?				
Nunca (5)/No	Casi Nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1) /Si
4. ¿Cómo calificaría su percepción sobre el color del agua que consume?				
Nunca (5)/No	Casi Nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1) /Si

5. ¿Qué tan frecuentemente considera usted que el agua que consume tiene sabores extraños?				
Nunca (5)/No	Casi Nunca (4)	A veces (3)	Casi siempre (2)	Siempre (1) /Si
6. ¿Qué tan apta considera el agua suministrada por la Junta Administradora de Agua Potable para el consumo?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
7. ¿Qué tan importante consideras la clorificación en el tratamiento del agua potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
8. ¿Estaría dispuesto a considerar la implementación de otros métodos de tratamiento para el agua?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
9. ¿Considera que el agua extraída de los pozos tiene una calidad adecuada?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
10. ¿Cree usted que la presión del agua es suficiente para sus necesidades?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
11. ¿Cree que la presencia de contaminantes en el agua potable puede provocar enfermedades digestivas?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
12. ¿Considera que la adopción de métodos de tratamiento más efectivos podría prevenir enfermedades digestivas causadas por la presencia de contaminantes en el agua potable?				

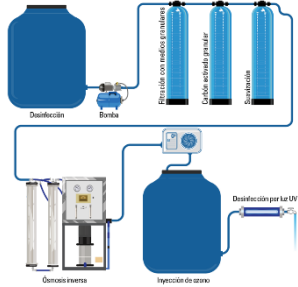
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
13. ¿La cloración en el tratamiento de agua potable puede prevenir la aparición de enfermedades digestivas?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
14. 11. ¿Cree que la presencia de contaminantes en el agua potable puede provocar enfermedades digestivas?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
15. ¿Existe la posibilidad de adquirir enfermedades digestivas debido al consumo del agua suministrada por la Junta Administradora de Agua Potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
16. ¿Es necesario llevar a cabo seguimientos o evaluaciones en las diferentes etapas del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable para prevenir la presencia de enfermedades debido a la contaminación del agua?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
17. ¿Indiqué su disposición para asistir a una capacitación sobre las consecuencias en la salud humana debido al consumo de agua contaminada?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
18. ¿Qué tan de acuerdo se siente usted con los horarios de distribución del servicio de agua proporcionados por la Junta Administradora de Agua Potable?				
Totalmente en desacuerdo (1)/No	En desacuerdo (2)	Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo(5) /Si
19. ¿En qué medida considera usted adecuado el valor que paga por el servicio de agua potable?				

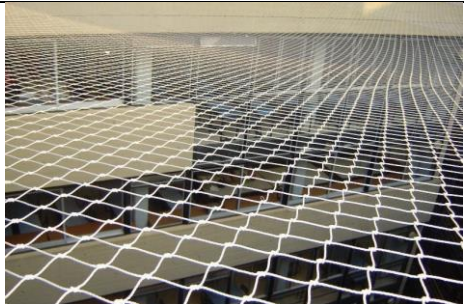
Inadecuado (1)/No	Ligeramente adecuado (2)	Moderadamente adecuado (3)	Sustancialmente adecuado (4)	Completamente adecuado (5) /Si
20. ¿En qué medida considera usted que la continuidad del servicio de agua es permanente?				
Nunca (1)/No	Casi Nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5) /Si
21. ¿Con qué frecuencia se realizan reuniones entre los usuarios y los administradores para debatir temas importantes de la Junta Administradora de Agua Potable?				
Nunca (1)/No	Casi Nunca (2)	A veces (3)	Casi siempre (4)	Siempre (5) /Si
22. ¿En qué medida considera usted que la distribución del servicio de agua potable es equitativa?				
Muy inequitativa (1)/No	Equitativa (2)	Neutral (3)	Equitativa (4)	Muy equitativa (5) /Si

ELABORADO POR: AUTOR

Anexo 5. Proforma de costos estimados en los materiales y recursos a implementar en el Plan de Seguridad Hídrica de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe".

ETAPA	PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN	MATERIAL	CANT	FOTOGRAFÍA	COSTO
Captación	Aplicación del revestimiento utilizando los materiales, como epoxi, polietileno de alta densidad o poliuretano, siguiendo los procedimientos y estándares de aplicación recomendados por los fabricantes y las normativas aplicables.	Revestimientos de polietileno de alta densidad.	10		\$1.000,00
	Establecer zonas de restricción alrededor de los pozos de agua subterránea, definiendo distancias mínimas seguras para la crianza de cerdos. Un estudio de zonificación identificará áreas de alto riesgo, implementando medidas de control como vallas perimetrales y señalización de áreas restringidas.	Vallas perimetrales y señalización adecuadas para delimitar las zonas de restricción.	200		\$4.500,00
	Fomentar el diseño y mantenimiento adecuado de fosas sépticas en áreas cercanas a pozos de agua subterránea. Incluir inspecciones regulares, orientación técnica a	Material educativo para propietarios y material técnico para inspecciones y orientación.	137	-	\$500,00

ETAPA	PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN	MATERIAL	CANT	FOTOGRAFÍA	COSTO
	propietarios sobre estándares de diseño y capacitación para promover la limpieza periódica y la preservación del agua.				
Tratamiento	Implementación y operación de sistemas de tratamiento de agua en la junta, abarcando la selección y adquisición de equipos para desinfección y filtración. Se realizará un diseño detallado, considerando las características del agua cruda y los estándares de calidad del agua potable.	Equipos de desinfección y filtración.	2 C/U		\$7.500,00
	Diseño, construcción e instalación de sistemas de tratamiento de agua en la planta. Esto involucra la implementación de procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección para eliminar contaminantes microbiológicos y químicos del agua cruda.	Equipos de limpieza y productos químicos de limpieza específicos para limpiar y mantener la estructura del reservorio.	1		\$2.000,00

ETAPA	PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN	MATERIAL	CANT	FOTOGRAFÍA	COSTO
Almacenamiento	Implementar un programa de limpieza y mantenimiento periódico del reservorio elevado, que incluya inspecciones regulares, limpieza de estructuras y tanque interior, y la utilización de equipos especializados para eliminar los contaminantes físicos presentes.	Redes y mallas resistentes para evitar el acceso de aves al área del reservorio.	1		\$1.055,00
	Instalar redes y mallas alrededor del área del reservorio elevado para evitar el acceso de aves. Además, se pueden implementar dispositivos físicos disuasorios, como pinchos o alambres, y utilizar métodos auditivos o visuales, como reflectores y sonidos de aves depredadoras, para ahuyentar a las aves.		10		\$2.000,00
	Desarrollar un plan detallado de inspecciones periódicas del reservorio, con el objetivo de identificar y sellar posibles puntos de entrada para animales. Asimismo, instalar dispositivos de prevención y recubrimiento protector en la tapa	Equipos de inspección y dispositivos de prevención y recubrimiento protector para sellar posibles puntos de entrada para animales.		-	\$1.545,00

ETAPA	PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN	MATERIAL	CANT	FOTOGRAFÍA	COSTO
	del reservorio para evitar la corrosión y prolongar su vida útil.				
Distribución	Desarrollar e instalar un sistema de telemetría para monitorear el consumo de agua y detectar patrones inusuales. Implementar alarmas automáticas para identificar conexiones clandestinas o pérdidas de agua no autorizadas, facilitando respuestas rápidas del personal de mantenimiento.	Equipos de telemetría, sensores y sistemas de detección para monitorear el consumo de agua y detectar anomalías.	1	-	\$10.000,00
	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que abarque limpieza regular, reparación de fugas, desazolve y eliminación de sedimentos. Incluir protocolos de monitoreo constante para detectar problemas tempranamente y establecer acciones para identificar y reparar o reemplazar tuberías corroídas.	Protocolos de mantenimiento, equipos y herramientas necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo.	1	-	\$1.250,00

ETAPA	PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN	MATERIAL	CANT	FOTOGRAFÍA	COSTO
Consumo	Crear y aplicar un sistema de monitoreo continuo de la red de distribución con sensores de presión y medidores de flujo en puntos clave. Emplear análisis de datos en tiempo real para detectar patrones anómalos que señalen fugas. Ante una fuga, tomar medidas inmediatas para reparar la tubería y evitar pérdidas adicionales de agua.	Sensores y medidores para monitorear en tiempo real la red de distribución de agua, junto con el software necesario para el análisis de datos.	137		\$16.440,00

ELABORADO: AUTOR

Anexo 6. *Primera fase de campo (Toma de encuestas, lista de verificación y entrevista con el operador)*



Anexo 7. Segunda fase de campo (Toma de las muestras en todas las fases de la JAAP "San Felipe")



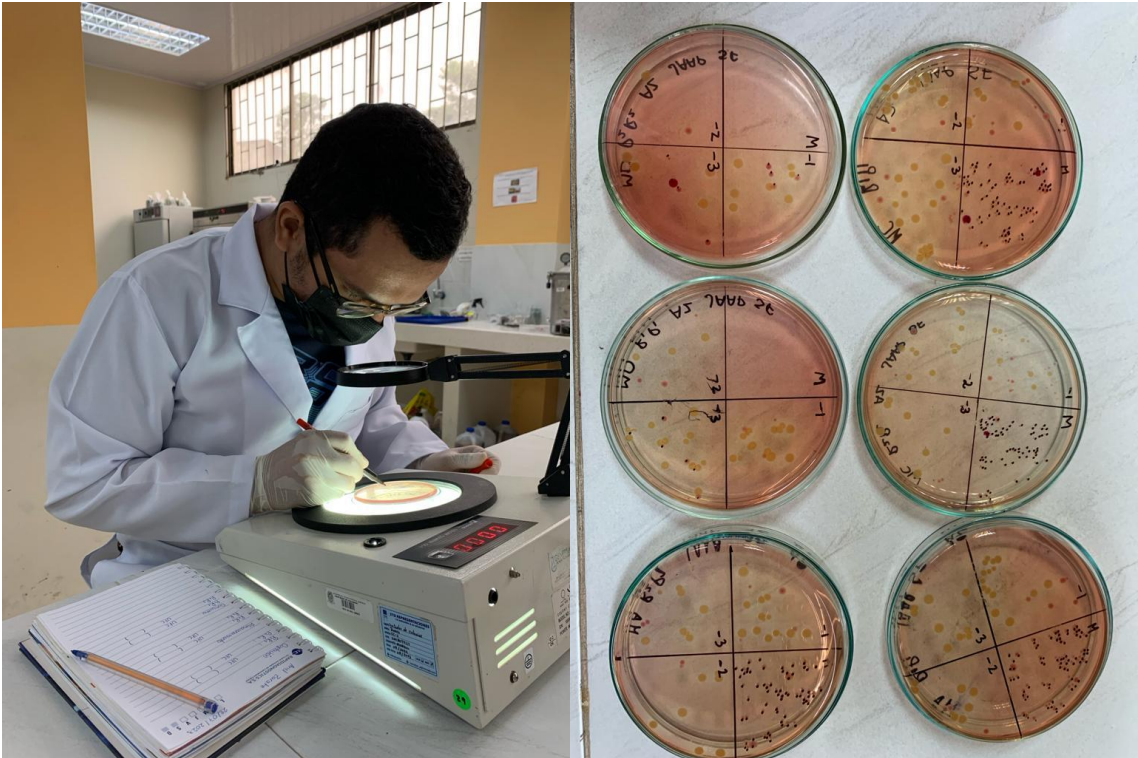
Anexo 8. Tabulación de los datos de los parámetros fisicoquímicos analizados en las etapas del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable "San Felipe"

ETAPA	Semana	FECHA	pH	Temperatura °C	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Conductividad (uS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Oxígeno Disuelto (% sat)	Salinidad (psu)	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Dureza (mg/L)	Turbidez (NTU)	Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	Resistividad (mΩ/cm)
Captación	1	25/7/2023	7,17	26,4	0,1	10	3	50	3620	3,37	40,44	1,9	452	99	6,8	3,99	7,01
Captación	2	1/8/2023	7,5	26,7	0,2	10	4	40	3250	6,36	76,32	1,7	406	90	5,89	6,23	7,85
Captación	3	8/8/2023	6,98	27,8	0,1	10	3	50	3370	1,11	13,32	1,77	421,5	96	8,96	1,48	7,4
Captación	4	15/8/2023	7,49	27,1	0,1	10	4	40	3320	5,5	66	1,73	414,5	105	5,18	5,58	8,05
Captación	5	22/8/2023	7,41	25,7	0,2	10	3	40	3250	3,47	41,64	1,69	405,75	108	3,93	3,39	7,57
Captación	6	29/8/2023	7,35	22,5	0,1	10	3	40	3410	6,46	77,52	1,78	425,75	108	5,76	5,65	8,05
Captación	7	5/9/2023	7,27	22,1	0,1	10	3	50	3690	4,89	58,68	1,94	461,5	102	4,02	5,2	6,96
Captación	8	12/9/2023	7,6	23,3	0,1	10	4	40	3540	5,9	70,8	1,65	438,5	99	5,02	5,27	7,75
Almacenamiento	1	25/7/2023	7,17	25,3	0,2	10	3	40	3240	5,28	63,3	1,69	405	96	18,34	4,15	8,2
Almacenamiento	2	1/8/2023	7,38	26,8	0,2	10	3	40	3320	5,59	67,1	1,73	414,5	99	22,19	5,09	7,54
Almacenamiento	3	8/8/2023	7,12	28,5	0,1	10	3	40	3370	3,5	42	1,77	423,25	96	17,76	3,04	7,34
Almacenamiento	4	15/8/2023	7,38	26,3	0,1	10	3	50	3330	4,97	59,6	1,74	416	99	13,48	4,69	8,07
Almacenamiento	5	22/8/2023	7,22	24,2	0,6	20	4	60	2800	4,65	55,8	1,45	350,5	90	16,87	3,46	8,72
Almacenamiento	6	29/8/2023	7,21	24,8	0,1	10	4	50	3410	5,69	68,3	1,78	425,75	93	16,83	5,08	8,05
Almacenamiento	7	5/9/2023	7,33	23,7	0,2	10	3	40	3270	6,9	82,8	1,71	409	96	17,98	6,44	7,87
Almacenamiento	8	12/9/2023	7,45	27,6	0,2	10	4	50	3450	5,4	64,8	1,64	430	99	15,76	4,82	8,03
Consumo	1	25/7/2023	7,23	25,5	0,1	10	2	50	3290	3,58	42,9	1,72	411,5	96	6,65	3,86	8,92
Consumo	2	1/8/2023	7,32	26,9	0,2	10	3	60	3250	4,6	55,2	1,7	406,25	99	10,9	4,27	7,67
Consumo	3	8/8/2023	7,08	27,5	0,1	10	2	50	3390	1,63	19,6	1,78	424	99	5,84	1,74	7,25
Consumo	4	15/8/2023	7,24	26,6	0,2	10	5	50	3380	5,08	60,1	1,77	422	96	11,31	5,24	7,86
Consumo	5	22/8/2023	7,55	27,6	0,2	10	4	40	3220	4,24	50,9	1,68	402,25	111	8,45	3,19	7,6
Consumo	6	29/8/2023	7,09	24,7	0,2	10	3	50	3370	4,9	58,8	1,76	421,25	105	17,78	4,95	8,07
Consumo	7	5/9/2023	7,3	23,4	0,1	10	3	50	3210	5,57	66,8	1,67	401	102	14,63	5,79	8,04
Consumo	8	12/9/2023	7,43	24,8	0,2	10	4	60	3390	5,12	61,4	1,75	411,25	108	16,72	5,32	7,45

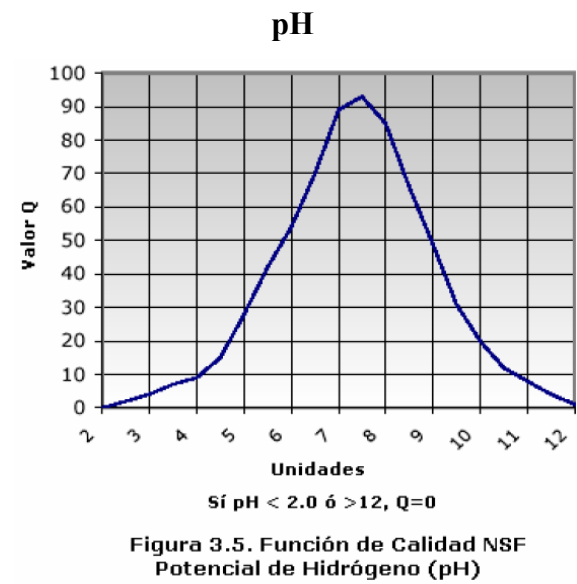
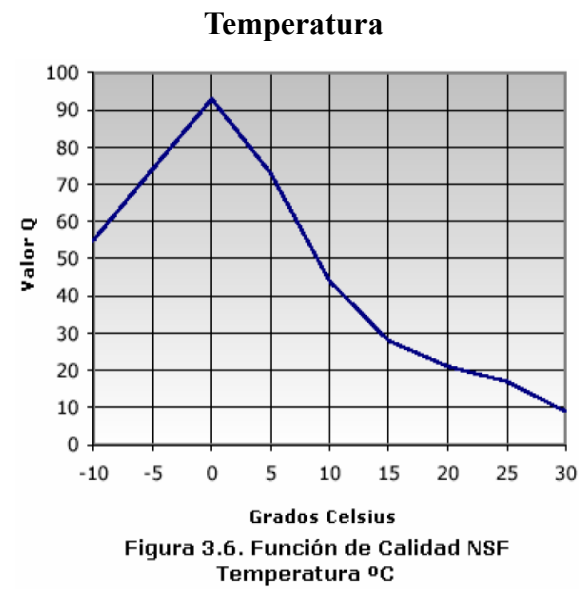
Anexo 9. *Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio de microbiología de la UTEQ campus La María*



Anexo 10. *Cuantificación de las Unidades Formadoras de Colonias en los medios de cultivos de Escherichia coli*



Anexo 11. *Gráficos para obtener el valor del subíndice de calidad para cada parámetro del ICA NSF.*



% de saturación de oxígeno disuelto

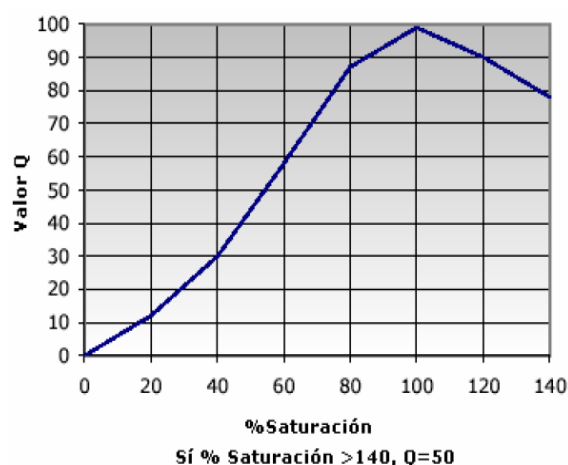


Figura 3.2. Función de Calidad NSF
Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto

Sólidos disueltos

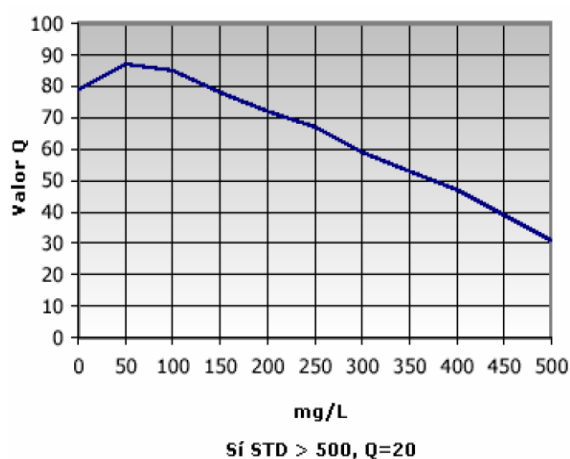


Figura 3.7. Función de Calidad NSF
Sólidos Disueltos

Demanda bioquímica de oxígeno

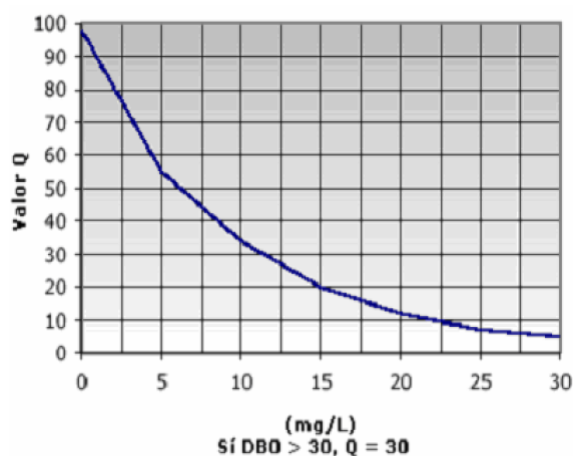


Figura 3.1. Función de Calidad NSF
Demanda Bioquímica de Oxígeno

Fosfatos

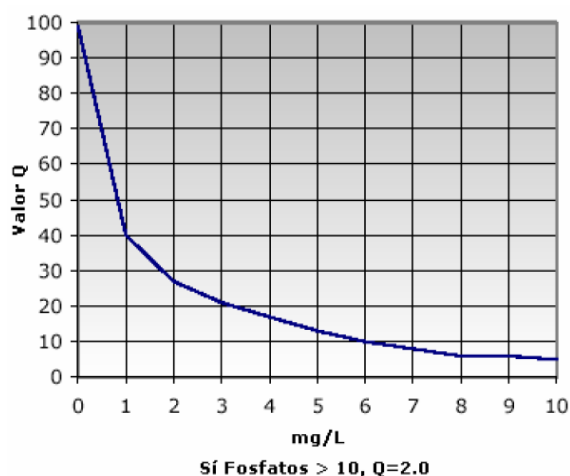


Figura 3.8. Función de Calidad NSF
Ortofosfatos

Coliformes fecales

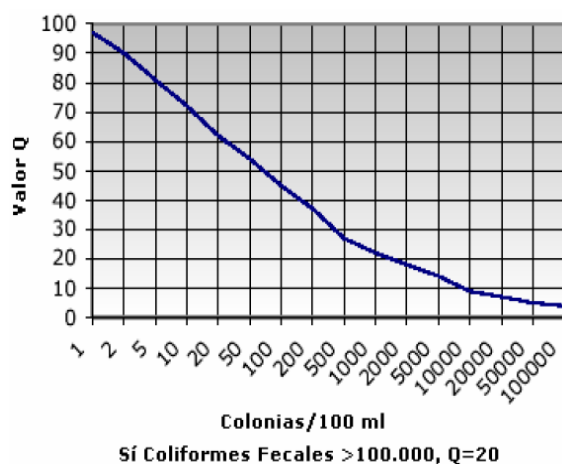


Figura 3.3. Función de Calidad NSF
Coliformes Fecales

Nitratos

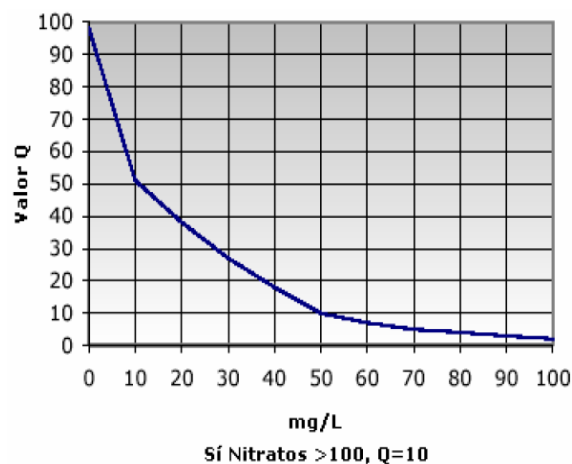
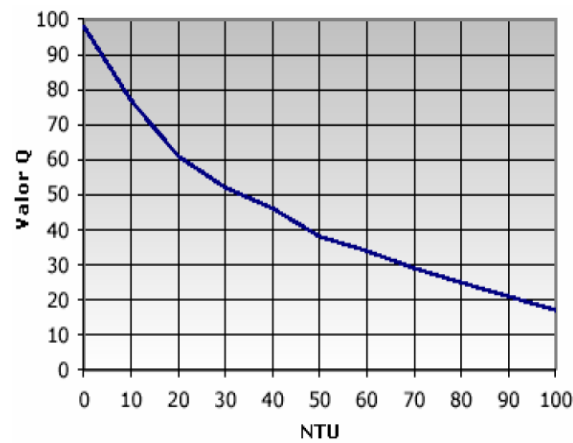


Figura 3.4. Función de Calidad NSF
Nitratos

Turbidez



Sí Turbidez > 100, Q=5.0

Figura 3.9. Función de Calidad NSF
Turbidez

Anexo 12. Análisis del Índice de Calidad del Agua NSF

ETAPA	Semana	FECHA	Peso (Wi) y Subíndice (Sii) del OD			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de los Coliformes fecales			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) del pH			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de la DBOS			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de los Nitratos		
			Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi
Captación	1	25/7/2023	30,638	5,20846	1,789222167	9,5	1,52	1,433625697	91,36	10,0496	1,643172545	64,09	7,0499	1,58032689	50	5	1,478757637
Captación	2	1/8/2023	83,48	14,1916	2,121626908	12,64375	2,023	1,500721637	94	10,34	1,648329624	49,588	5,45468	1,536354459	50	5	1,478757637
Captación	3	8/8/2023	7,992	1,35864	1,423808007	8,05	1,288	1,396134763	89,24	9,8164	1,638934328	86,68	9,5348	1,633695374	50	5	1,478757637
Captación	4	15/8/2023	68	11,56	2,04892714	9,3	1,488	1,428753383	93,92	10,3312	1,648175254	52,448	5,76928	1,545860081	50	5	1,478757637
Captación	5	22/8/2023	32,378	5,50426	1,806102955	9,7	1,552	1,438412596	93,28	10,2608	1,646936062	69,49	7,6439	1,594452017	50	5	1,478757637
Captación	6	29/8/2023	85,28	14,4976	2,12935147	9,8	1,568	1,440775027	92,8	10,208	1,646001692	52,14	5,7354	1,544858878	50	5	1,478757637
Captación	7	5/9/2023	57,086	9,70462	1,988886657	9	1,44	1,421277724	92,16	10,1376	1,644749152	54,12	5,9532	1,551205574	50	5	1,478757637
Captación	8	12/9/2023	75,2	12,784	2,084284663	8,6	1,376	1,410976408	92	10,12	1,644434808	53,812	5,91932	1,550232026	50	5	1,478757637
Almacenamiento	1	25/7/2023	63,95	10,8715	2,027649539	13,9375	2,23	1,524296951	91,36	10,0496	1,643172545	62,65	6,8915	1,576381459	50	5	1,478757637
Almacenamiento	2	1/8/2023	69,65	11,8405	2,057295094	13,375	2,14	1,51428286	93,04	10,2344	1,646469413	54,604	6,00644	1,552725518	50	5	1,478757637
Almacenamiento	3	8/8/2023	32,9	5,593	1,811020234	7,14	1,1424	1,369593587	90,96	10,0056	1,642379629	72,64	7,9904	1,602246538	50	5	1,478757637
Almacenamiento	4	15/8/2023	58,42	9,9314	1,996712165	9,4	1,504	1,431200425	93,04	10,2344	1,646469413	57,79	6,3569	1,562414161	50	5	1,478757637
Almacenamiento	5	22/8/2023	52,91	8,9947	1,963366694	9,6	1,536	1,436029618	91,76	10,0936	1,643962378	68,86	7,5746	1,592855473	39	3,9	1,442468908
Almacenamiento	6	29/8/2023	71,45	12,1465	2,066238168	8,8	1,408	1,416175992	91,68	10,0848	1,643804657	54,648	6,01128	1,552863099	50	5	1,478757637
Almacenamiento	7	5/9/2023	90,54	15,3918	2,151111308	8,5	1,36	1,408338423	92,64	10,1904	1,64568928	48,664	5,35304	1,533178987	50	5	1,478757637
Almacenamiento	8	12/9/2023	66,2	11,254	2,039604015	9,2	1,472	1,426284138	93,6	10,296	1,6475566	56,62	6,2282	1,558930253	50	5	1,478757637
Consumo	1	25/7/2023	34,205	5,81485	1,8230335942	9,9	1,584	1,443117294	91,84	10,1024	1,644119977	65,26	7,1786	1,583474878	50	5	1,478757637
Consumo	2	1/8/2023	52,04	8,8468	1,957840639	11,125	1,78	1,470306926	92,56	10,1816	1,645532893	61,57	6,7727	1,573369065	50	5	1,478757637
Consumo	3	8/8/2023	11,76	1,9992	1,520439853	9,5	1,52	1,433625697	90,64	9,9704	1,641743058	84,34	9,2774	1,628784754	50	5	1,478757637
Consumo	4	15/8/2023	59,15	10,0555	2,000931897	9,2	1,472	1,426284138	91,92	10,1112	1,644277453	53,944	5,93384	1,550649867	50	5	1,478757637
Consumo	5	22/8/2023	45,805	7,78685	1,915822153	9,8	1,568	1,440775027	93	10,23	1,646391534	71,29	7,8419	1,59894361	50	5	1,478757637
Consumo	6	29/8/2023	57,26	9,7342	1,989915929	9,88	1,5808	1,442650435	90,72	9,9792	1,641902388	55,45	6,0995	1,555353714	50	5	1,478757637
Consumo	7	5/9/2023	69,2	11,764	2,055029384	8,95	1,432	1,420010925	92,4	10,164	1,645219759	51,524	5,66764	1,542840579	50	5	1,478757637
Consumo	8	12/9/2023	61,1	10,387	2,011995503	8,2	1,312	1,400246944	93,44	10,2784	1,647246568	53,592	5,89512	1,549533394	50	5	1,478757637

Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de los Fosfatos			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de la Temperatura			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de la Turbiedad			Peso (Wi) y Subíndice (Sii) de los TDS			Calculo del ICA	
Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	Sii	Wi*Sii	Sii*Wi	ICA NSF (a)	ICA NSF (q)
20	2	1,349282848	15,04	1,504	1,311368609	83,72	6,6976	1,42503765	37,2	2,604	1,28806567	41,63356	31,9903708
16,5	1,65	1,323574509	14,62	1,462	1,307659693	85,631	6,85048	1,42761296	44,1	3,087	1,303499	50,05876	38,4030717
20	2	1,349282848	13,08	1,308	1,293185345	79,184	6,33472	1,41870139	41,775	2,92425	1,29856637	39,56481	25,3003963
16,5	1,65	1,323574509	14,06	1,406	1,302562383	87,122	6,96976	1,4295858	42,825	2,99775	1,30082482	47,17199	35,3614715
20	2	1,349282848	16,02	1,602	1,319672757	89,747	7,17976	1,43298484	44,1375	3,089625	1,30357656	43,832345	33,5551019
20	2	1,349282848	18,5	1,85	1,338804529	85,904	6,87232	1,42797653	41,1375	2,879625	1,29716927	50,610945	38,6006112
20	2	1,349282848	18,74	1,874	1,3405313	89,558	7,16464	1,43274318	35,775	2,50425	1,2845487	45,77831	35,5020759
16,5	1,65	1,323574509	18,02	1,802	1,335289637	87,458	6,99664	1,4300261	39,225	2,74575	1,29285377	48,39371	36,2246664
20	2	1,349282848	16,58	1,658	1,324214846	62,822	5,02576	1,39267231	44,25	3,0975	1,30380886	46,82386	38,408583
20	2	1,349282848	14,48	1,448	1,306402059	58,686	4,69488	1,3851052	42,825	2,99775	1,30082482	46,36197	37,4050627
20	2	1,349282848	12,1	1,21	1,283153276	63,808	5,10464	1,39440847	41,5125	2,905875	1,29799351	40,951915	30,2453753
20	2	1,349282848	15,18	1,518	1,312584215	71,084	5,68672	1,40650652	42,6	2,982	1,30034524	45,21342	35,2128342
16,5	1,65	1,323574509	17,48	1,748	1,331233208	65,321	5,22568	1,39702515	52,425	3,66975	1,3193733	44,39233	34,5870863
16,5	1,65	1,323574509	17,12	1,712	1,328465793	65,389	5,23112	1,39714144	41,1375	2,879625	1,29716927	46,123325	35,1976593
20	2	1,349282848	17,78	1,778	1,333500478	63,434	5,07472	1,39375285	43,65	3,0555	1,30256348	49,20346	36,9222748
16,5	1,65	1,323574509	13,36	1,336	1,295927321	67,208	5,37664	1,40021162	40,5	2,835	1,29575189	45,44784	34,3843255
28	2,8	1,395454894	16,3	1,63	1,321961358	84,035	6,7228	1,42546585	43,275	3,02925	1,301777	43,8619	34,6710123
20	2	1,349282848	14,34	1,434	1,305133434	75,47	6,0376	1,41325961	44,0625	3,084375	1,30342138	45,137075	35,7506728
28	2,8	1,395454894	13,5	1,35	1,297278967	85,736	6,85888	1,42775292	41,4	2,898	1,29774697	41,67388	28,9110036
13	1,3	1,292392221	14,76	1,476	1,308906534	74,773	5,98184	1,41221098	41,7	2,919	1,29840304	44,24938	33,3761537
16,5	1,65	1,323574509	13,36	1,336	1,295927321	80,255	6,4204	1,42022701	44,6625	3,126375	1,30465599	44,959525	34,1505306
20	2	1,349282848	17,18	1,718	1,328930644	63,774	5,10192	1,39434901	41,8125	2,926875	1,29864794	44,140495	35,1995882
20	2	1,349282848	17,96	1,796	1,334844367	69,129	5,53032	1,40337205	44,85	3,1395	1,30503864	46,49346	36,1311278
16,5	1,65	1,323574509	17,12	1,712	1,328465793	65,576	5,24608	1,39746067	43,3125	3,031875	1,30185594	44,512475	34,0169304
												Promedio Captacion	45,8805538
												Promedio Almacenamiento	45,564765
												Promedio Consumo	44,3785238

Anexo 13. Prueba de normalidad de los datos de los parámetros fisicoquímicos

Shapiro-Wilks (modificado)						
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)	
pH	24	7,30	0,16	0,97		0,8803
Temperatura °C	24	25,66	1,78	0,93		0,2668
Nitrito (mg/L)	24	0,17	0,10	0,59		<0,0001
Nitrato (mg/L)	24	10,42	2,04	0,25		<0,0001
Fosfato (mg/L)	24	3,33	0,70	0,84		<0,0001
Cloruros (mg/L)	24	47,08	6,90	0,75		<0,0001
Conductividad (uS/cm)	24	3339,17	166,50	0,91		0,1018
Oxígeno Disuelto (mg/L)	24	4,74	1,40	0,91		0,1077
Oxígeno Disuelto (% sat)	24	56,84	16,79	0,91		0,1129
Salinidad (psu)	24	1,73	0,09	0,92		0,1800
Solidos Disueltos Totales ..	24	416,63	20,52	0,91		0,1098
Dureza (mg/L)	24	99,63	5,59	0,92		0,1677
Turbidez (NTU)	24	11,54	5,72	0,87		0,0060
Demanda Biológica de Oxíge..	24	4,50	1,29	0,92		0,1898
Resistividad (mΩ/cm)	24	7,81	0,47	0,95		0,5552
Coliformes fecales (UFC/mL..	24	6757,29	2381,46	0,93		0,2119
ICA NSF	24	45,27	2,73	0,96		0,7578