

Universidad Nacional, Costa Rica

Sede Regional Chorotega

Campus Liberia

**“Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para fortalecer la
gestión del recurso hídrico en la Asociación Administradora del
Acueducto y Alcantarillado del distrito de Tronadora ubicado en Tilarán,
Guanacaste, Costa Rica.”**

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Hidrológica

Sustentantes

Katherine Alondra Salas Kniland

5 0428 0363

María Lucía Silva Aguilar

5 0434 0743

Equipo Supervisor

PhD. Andrea Suárez Serrano

HIDROCEC-UNA

M.Sc. Álvaro Jesús Baldioceda Garro

HIDROCEC-UNA

M.Sc. María Teresa López Maietta

HIDROCEC-UNA

Campus Liberia

Guanacaste, Costa Rica

Febrero, 2024

Acta del Tribunal Evaluador

El Proyecto Final de Graduación titulado “Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para fortalecer la gestión del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado del distrito de Tronadora ubicado en Tilarán, Guanacaste, Costa Rica.”

RONALD
JESUS
SANCHEZ
BRENES
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
RONALD JESUS
SANCHEZ BRENES
(FIRMA)
Fecha: 2024.02.27
11:57:11 -06'00'

PhD. Ronald Jesús Sánchez Brenes

Representante de Decanatura, Sede Regional Chorotega

ROLANDO JOSE MADRIZ VARGAS (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-01-1115-0491.
Fecha declarada: 27/02/2024 12:45:21 PM
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

PhD. Rolando Madriz Vargas

Representante de Dirección Académica Universidad Nacional, Campus Liberia

ANDREA SUAREZ
SERRANO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ANDREA SUAREZ SERRANO
(FIRMA)
Fecha: 2024.02.27 11:50:38
-06'00'

PhD. Andrea Suárez Serrano

Tutora/Supervisora

ALVARO JESUS
BALDIOCEDA
GARRO (FIRMA)

Firmado digitalmente por ALVARO
JESUS BALDIOCEDA GARRO (FIRMA)
Fecha: 2024.02.27 14:01:34 -06'00'

M.Sc. Álvaro Jesús Baldioceda Garro

Lector

MARIA TERESA
LOPEZ MAIETTA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARIA TERESA LOPEZ
MAIETTA (FIRMA)
Fecha: 2024.02.27 14:50:17
-06'00'

M.Sc. María Teresa López Maietta

Lector

Agradecimientos

Agradecida primeramente con mi Papá, Dios, por darme las fuerzas, perseverancia y la iluminación para alcanzar esta meta tan importante en mi vida. Asimismo, agradezco a la Universidad Nacional por siempre enseñarnos desde la empatía, humanismo y amor. A la académica Andrea Suárez, quien además de ser nuestra tutora, nos aconsejó y nos dio acompañamiento durante este proyecto. Al profesor Álvaro Baldioceda por siempre impulsarme y guiarme en mis sueños profesionales. A la profesora M^a Teresa López, por cada sugerencia de mejora en el PSA. Al académico Rolando Madriz quien ha contribuido enormemente con el desarrollo del proyecto y nos ha transmitido múltiples aprendizajes para la vida profesional y personal. A todo el equipo de la ASADA Tronadora, doña Etelvina, Kemberlly, don Róger, Moisés, Manuel, Flor y a toda la Junta Directiva quienes nos abrieron las puertas de la Asociación dieron el apoyo necesario para la ejecución del proyecto, asimismo, al equipo de apoyo, siendo ellos Marlon y Ana, por querer contribuir con la comunidad, dando de su tiempo y ayuda. Siempre les estaré agradecida a todos ustedes.

Katherine Alondra Salas Kniland

Primeramente, agradecer a Dios, por darme fuerza y sabiduría para salir adelante y acompañarme en cada momento de este proceso. A su vez agradecer a la Universidad Nacional por impulsar la formación académica necesaria para el desarrollo de mis conocimientos como Ingeniera Hidrológica en la labor de este proyecto. A mi querida amiga y colega Alondra, por su gran esfuerzo y dedicación en este proyecto el cual hemos logrado sacar adelante como equipo. Al académico Rolando Madriz contribuir a nuestro proyecto con sus enseñanzas y recomendaciones para un mejor rendimiento profesional en el desarrollo del trabajo. Por otro lado, agradecer también a la académica Andrea Suárez por su guía y acompañamiento en la elaboración del PSA, asimismo, a nuestros lectores Álvaro Baldioceda y María López por brindarnos su apoyo y recomendaciones en el informe escrito. De igual manera, agradecer a todo el equipo de la ASADA de Tronadora, por recibirnos y apoyarnos en la realización del PSA, así como también permitirnos aprender de ellos y aprovechar esta oportunidad para nuestro crecimiento profesional.

María Lucía Silva Aguilar

Dedicatoria

Primeramente, dedico este proyecto a Dios quien es el único que hace posible que cumplamos cada uno de los anhelos de nuestro corazón, brindándonos la ayuda diaria para luchar por nuestros sueños, asimismo, le dedico este proyecto a mi madre, Kembly, ella ha sido mi motor para alcanzar este logro, quien ha luchado día con día para formarme como una mujer esforzada, valiente y de principios. Este triunfo es dedicado también a Carlos Esteban que ha sido incondicional y me ha hecho sentir su apoyo en los peores momentos, por motivarme todos los días a salir adelante. A mis hermanas, Karla y Kimberly, quienes me han hecho sentir su amor en todo momento. A mis colegas Belkis, Lucía y Marianna por cada risa, desvelo, estudiada que nos hizo alcanzar cada una de las metas que nos hemos propuesto en unión. Finalmente quiero agradecerles a todas las personas que han estado presentes a lo largo de esta preciada etapa académica, mi más sincero cariño.

Katherine Alondra Salas Kniland

Este proyecto va dedicado primeramente a Dios, por ser el pilar principal en mi vida, en sus sagradas manos he encomendado cada obra y decisión tomada para la elaboración del presente trabajo. A mi abuelo, Jorge Luis por haber sido el principal pionero de mi camino tanto educativo como personal, quien me animaba en mis momentos de duda, y me apoyó siempre en mi crecimiento académico, así como también en la vida. A mis padres Lisette y Roberto por su apoyo incondicional, gracias a su amor he logrado crecer y convertirme en la persona quien soy ahora. A mi hermana por ser una fiel compañera en mi vida. A mi abuela Rosario por ser parte de este gran proceso y apoyarme en cada momento de mi vida. A mi pareja Jasson, por escucharme y estar presente en las noches de angustia, por impulsar mis sueños, darme seguridad y ánimos para seguir adelante. A mis amigas y colegas Alondra, Belkis y Marianna, por ser una excelente compañía tanto dentro como fuera del salón de clases, que a través de risas y lágrimas nos hemos apoyado para seguir adelante en este largo camino. Por último, dedico este logro a todas y cada una de las personas que formaron parte de este arduo proceso, quienes a través de los años han dejado una huella importante para llegar a alcanzar esta meta.

María Lucía Silva Aguilar

Tabla de Contenidos

Acta del Tribunal Evaluador.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Tabla de Contenidos	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Tablas	x
Índice de Anexos	xi
Lista de Abreviaturas	xii
Resumen Ejecutivo	xiii
Executive Summary.....	xiv
Capítulo 1. Introducción.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Declaración del Problema.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.5 Alcance y Limitaciones	6
1.5.1 Alcances.....	7
1.5.2 Limitaciones	7
1.6 Resumen del Reporte.....	7
Capítulo 2. Antecedentes	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Descripción del Área de Estudio	12
2.3 Estudios de Relevancia de PSA en Costa Rica.....	13
2.3.1 Estudios Específicos en la ASADA Tronadora	14
2.4 Caracterización Biofísica de la Subcuenca del Río Arenal	15
2.4.1 Red Hidrológica de la Subcuenca Río Arenal	15
2.4.2 Aspectos Climáticos de la Subcuenca del Río Arenal	15
2.4.3 Tipo de Suelo de la Subcuenca Hidrográfica del Río Arenal	15
2.5 Características Fisiográficas de la Subcuenca del Río Arenal.....	16

2.6 Actividades Socioeconómicas	17
2.7 Conclusión	17
Capítulo 3. Marco Teórico	19
3.1 Instituciones en el Mundo que Resguardan el Recurso Hídrico.....	19
3.1.1 Comisión Económica para América Latina y el Caribe	19
3.1.2 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.....	19
3.1.3 Organización Mundial de la Salud	19
3.2 Instituciones Impulsadoras de la Seguridad del Agua en Costa Rica.....	20
3.2.1 ASADAS	20
3.2.2 AyA	20
3.2.3 Ministerio de Salud.....	20
3.2.4 Ministerio de Ambiente y Energía.....	21
3.3 Acceso del Agua Potable en la Población Costarricense.....	21
3.3.1 Acueductos y su Operación	21
3.4 Componentes de los Acueductos	23
3.4.1 Sistema de Almacenamiento.....	24
3.4.2 Sistema de Tratamiento para la Potabilización del Agua	24
3.4.3 Sistema de Abastecimiento.....	25
3.5 Definiciones de Plan de Seguridad del Agua.....	26
3.5.1 Salud Pública	26
3.5.2 Gestión Hídrica.....	26
3.5.3 Cobertura Hídrica	27
3.5.4 Cantidad, Calidad y Continuidad del Agua	27
3.5.5 Costo del Agua	28
3.5.6 Cultura Hídrica	28
3.6 Herramientas para la Gestión del Riesgo en un Acueducto.....	28
3.6.1 Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA) en Pequeñas Comunidades	28
3.6.2 Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA).....	29
3.6.3 Gestión Integral de Riesgo en ASADAS (GIRA)	29
3.7 Conclusión	29
Capítulo 4. Estudio de Prefactibilidad.....	31

4.1 Estudio Técnico	31
4.2 Estudio Financiero	31
4.3 Estudio Legal.....	35
4.4 Estudio Ambiental	36
4.5 Estudio Social	37
4.6 Conclusión	38
Capítulo 5. Metodología	39
5.1 Descripción General de la Metodología	39
5.1.1 Etapa I. Formación del Equipo	40
5.1.2 Etapa II. Descripción del Sistema de Suministro de Agua	40
5.1.3 Etapa III. Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos	40
5.1.4 Etapa IV. Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos	41
5.2 Población y Muestra del Estudio	41
5.3 Métodos y Herramientas Seleccionadas para la Elaboración del PSA.....	41
5.3.1 Obtención de Datos durante la Elaboración del PSA	42
5.3.2 Procesamiento de datos obtenidos durante el proceso del PSA	43
5.3.3 Interpretación de los datos obtenidos en la elaboración del PSA.....	44
5.3.4 Validación de los datos obtenido en la elaboración del PSA.....	44
5.4 Distribución de Actividades y Tareas Durante la Creación del PSA.....	45
5.4.1 Presupuesto de Actividades	45
5.4.2 Cronograma de Actividades.....	46
5.4.3 Ética en la Investigación.....	48
5.5 Conclusión	48
Capítulo 6. Resultados y Discusión	51
6.1 Análisis de Resultados	51
6.1.1 Etapa I: Formación del Equipo.....	51
6.1.2 Etapa II: Descripción del Sistema de Suministro de Agua	52
6.1.3 Etapa III: Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos	76
6.1.4 Etapa IV: Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos	80

6.2 Discusión de Resultados	86
6.2.1 Principales Hallazgos del Proyecto	86
6.2.2 Discusión sobre Cumplimiento de Objetivos	90
6.2.3 Discusión sobre Metodología Aplicada.....	91
6.2.4 Discusión sobre la Propuesta de PSA.....	92
Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones	95
7.1 Conclusiones Sobre Aspectos Generales.....	95
7.2 Conclusiones Sobre Etapas de la Creación del PSA	95
7.2.1 Etapa I: Formación del Equipo.....	95
7.2.2 Etapa II: Descripción del Sistema del Suministro de Agua.....	96
7.2.3 Etapa III: Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos	96
7.2.4 Etapa IV: Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos	98
7.3 Recomendaciones Generales	98
7.4 Recomendaciones para la ASADA.....	99
Referencias Bibliográficas.....	102
Anexos	110

Índice de Figuras

Figura 1.1 Diagrama para la declaración del problema presente en la ASADA de Tronadora, Tilarán.	4
Figura 2.1 ASADA del distrito de Tronadora, Tilarán, Guanacaste.	12
Figura 2.2 Localización geográfica de la ASADA del distrito de Tronadora, en la subcuenca del río Arenal.....	13
Figura 2.3 Localización geográfica de la subcuenca del río Arenal.....	16
Figura 2.4 Visualización de principal actividad socioeconómica de la zona la ganadería lechera.....	17
Figura 3.1 Representación de parte del sistema de un acueducto urbano.	22
Figura 3.2 Representación de parte del sistema de un acueducto rural.	23
Figura 4.1 Distribución del financiamiento del proyecto.	34
Figura 5.1 Metodología para la propuesta del Plan de Seguridad del Agua.....	39
Figura 5.2 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para la ejecución del proyecto.	47
Figura 6.1 Equipo de PSA del acueducto de la ASADA de Tronadora, Tilarán.....	51
Figura 6.2 Esquema general de la distribución del acueducto de la ASADA de Tronadora, Tilarán.....	53
Figura 6.3 Presencia de actividad lechera y ganadera en las cercanías de la naciente Trino Gutiérrez.	55
Figura 6.4 Condición actual de la Naciente Yolanda Peraza.	56
Figura 6.5 Condición actual de la Naciente Mario Fuentes.	57
Figura 6.6 Condición actual de la Naciente Alberto González.	58
Figura 6.7 Condición actual de la Naciente Los Álvarez.	59
Figura 6.8 Condición actual de los Tanques I y II El Silencio.	60
Figura 6.9 Condición actual del Tanque Mariano Alfaro.	61
Figura 6.10 Condición actual del Tanque El Roble.....	63
Figura 6.11 Condición actual del Tanque Vistas del Lago.	64
Figura 6.12 Condición actual del Tanque Alemán.	65
Figura 6.13 Condición del Tanque Linda Vista.	66
Figura 6.14 Condición actual del Tanque El Centro.	68
Figura 6.15 Componentes del sistema de acueducto de la ASADA Tronadora situado en el cantón de Tilarán, Costa Rica.	69

Figura 6.16 Mapa de evaluación de riesgos de los componentes del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora.	80
---	----

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Sectores y previstas de la ASADA Tronadora.	12
Tabla 2.2 Patrón de flujo de la ASADA Tronadora.	13
Tabla 2.3 Estudios de relevancia de PSA en Costa Rica.	14
Tabla 2.4 Estudios en la ASADA Tronadora.	14
Tabla 2.5 Parámetros morfométricos de la subcuenca del río Arenal.....	16
Tabla 3.1 Deberes de las ASADAS para una correcta gestión del Artículo 21.	27
Tabla 4.1 Distribución del presupuesto de proyecto.....	32
Tabla 4.2 Marco legal asociado a la propuesta del Plan de Seguridad del Agua en la ASADA de Tronadora.	35
Tabla 5.1 Distribución de abonados por sector según la fracción de muestra elegida.	43
Tabla 6.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de captación del acueducto.....	70
Tabla 6.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos del agua de sistemas de almacenamiento del acueducto.	71
Tabla 6.3 Resultados fisicoquímicos del agua de sistemas de distribución del acueducto, sector Centro.....	71
Tabla 6.4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de distribución del acueducto, sector El Roble.	72
Tabla 6.5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de distribución del acueducto, sector El Silencio.....	72
Tabla 6.6 Identificación de peligros y riesgos en los sistemas de captación de la ASADA de Tronadora.....	77
Tabla 6.7 Identificación de peligros y riesgos en los sistemas de almacenamiento de la ASADA de Tronadora.	77
Tabla 6.8 Identificación de peligros y riesgos en el sistema de distribución de la ASADA de Tronadora.....	78
Tabla 6.9 Clasificación de riesgo de los componentes del sistema según SERSA.....	79
Tabla 6.10 Matriz para la identificación y cálculo del riesgo de los sistemas de la ASADA de Tronadora, Tilarán.....	82
Tabla 6.11 Propuesta Plan Operacional para la ASADA Tronadora.....	84
Tabla 6.12 Descripción de los principales hallazgos en la elaboración del proyecto.....	87

Índice de Anexos

Anexo 5.1 Categorización del nivel de riesgo de la fuente.	110
Anexo 5.2 Categorización nivel de riesgo para el tanque de almacenamiento.	110
Anexo 5.3 Categorización del nivel de riesgo de la línea de conducción y la red de distribución.	111
Anexo 5.4 Distribución detallada del presupuesto de proyecto según cada actividad.	111
Anexo 6.1 Cambio de las tuberías en el sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora	114
Anexo 6.2 Aplicación de la Guía de inspección para la calidad de agua potable-SERSA, para el acueducto de la ASADA Tronadora.....	115
Anexos 6.3 Plan de Seguridad del agua con metodología GIRA de la ASADA Tronadora	115
Anexo 6.4 Aplicación implementada en la ASADA Tronadora para una mejor gestión. ..	115
Anexo 6.5 Resumen de actividades realizadas en la Feria del Agua.	116
Anexo 6.6 Stand informativo de la ASADA que conformó la Feria del Agua.....	117
Anexo 6.7 Charlas educativas realizadas en la Escuela de Tronadora y la Escuela El Silencio.	117
Anexo 6.8 Registro de miembros del equipo de trabajo del PSA.	118
Anexo 6.9 Registro de miembros del equipo de trabajo del PSA.	118
Anexo 6.10 Acceso a la naciente Los Álvarez.	119
Anexo 6.11 Naciente Mario Fuentes con la infraestructura obstruida.	119
Anexo 6.12 Naciente Alberto González con ausencia de malla de protección.	120
Anexo 6.13 Actividades agrícolas cerca de las viviendas en el sector “Llama Azul”.	120
Anexo 6.14 Actividades ganaderas cerca de las viviendas de la comunidad en el sector “La Esperanza”	121
Anexo 6.15 Implementación de un sistema de agua de lluvia por uno de los usuarios en el sector El Roble.	121
Anexo 6.16 Planos desactualizados del sistema de acueducto de Tronadora.	122
Anexo 6.17 Visita de campo con el equipo de fontanería a los componentes del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora.....	122
Anexo 6.18 Aplicación del instrumento de percepción social a vecinos del sector Linda Vista.	123
Anexo 6.19 Propuesta de Plan de Seguridad del Agua	123

Lista de Abreviaturas

Plan de Seguridad del Agua	PSA
Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillados	ASADA
Organización Mundial de la Salud	OMS
Gestión Integral del Recurso Hídrico	GIRH
Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud	SERSA
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	AyA
Empresa de Servicios Públicos de Heredia	ESPH
Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos	ARESEP
Organización Panamericana de la Salud	OPS
Observatorio del Agua y Cambio Global	OACG
Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria	INTA
Ministerio de Agricultura y Ganadería	MAG
Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica	MIDEPLAN
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	PNUD
Comisión Económica para América Latina y el Caribe	CEPAL
Ministerio de Ambiente y Energía	MINAE
Sistema de Posicionamiento Global	GPS
Sistema de Información Geográfica	SIG
Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe	HIDROCEC
Federaciones, Ligas y Uniones de ASADAS	FLUS
El Niño Oscilación del Sur	ENOS
Global Water Partnership Central America	GWP
Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica	CFIA

Resumen Ejecutivo

La gestión del recurso hídrico es una necesidad tanto para el ser humano como la misma naturaleza, ya que el uso eficiente y el buen manejo del agua logra mantener un equilibrio entre las actividades socioecológicas que desarrolla el ser humano y a su vez a la conservación del ecosistema de recurso. La elaboración de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) busca asegurar la calidad y disponibilidad del agua, además de garantizar un buen abastecimiento del recurso a toda una población en específico.

El presente proyecto consiste en la elaboración de una propuesta de un PSA para la Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillados (ASADA) del distrito de Tronadora de Tilarán, Guanacaste, Costa Rica, esto con el fin de implementar mejoras en la gestión del sistema de acueducto mediante herramientas que permiten la evaluación de los riesgos y peligros sanitarios que se presentan en los componentes de estos sistemas.

Cabe mencionar que este proyecto presenta una correcta viabilidad enfocada en estudios técnicos, financieros, legales, ambientales y sociales, los cuales son importantes para determinar la rentabilidad del proyecto a realizar. En función a esto, se determinan distintas técnicas, estrategias y herramientas para lograr llevar a cabo las principales actividades que se desarrollan para cumplir con los objetivos de la elaboración de la propuesta. Además de formular el respectivo cronograma y presupuesto estimado para el cumplimiento de dichas actividades.

A partir de lo anterior, se logra determinar los peligros y riesgos que presenta el acueducto por medio de la Guía de Inspección para la Calidad de Agua Potable SERSA. Se obtiene que ninguno de los componentes posee un riesgo muy alto, no obstante, cuatro de los trece componentes del acueducto, presentan un nivel de alto riesgo. Estos presentan riesgos en cuanto a la infraestructura, los cuales afectan al acueducto en la calidad del agua suministrada a la población.

Mediante la elaboración del PSA se busca brindar soluciones por medio de un plan operacional de mejoras que ayudan a fortalecer la gestión del recurso hídrico del sistema de acueducto. Por lo tanto, se recomienda a la ASADA a comprometerse a darle el debido seguimiento al PSA brindado para su aprovechamiento y mejora del servicio.

Executive Summary

The water resources management is a necessity for both the nature and human beings, that's because of the efficient use and good management of water manages to maintain a balance between the socio-ecological activities carried out by the people and the conservation of the ecosystem resource. The preparation of a Water Safety Plan (WSP) seeks to ensure the quality and availability of water, in addition to guarantee a good supply of the resource to a specific population.

This project consists of the elaboration of a WSP proposal for the Aqueduct and Sewer Management Association (ASADA) of the district of Tronadora, Tilarán, Costa Rica, in order to implement improvements in the management of the aqueduct system. All of this through tools that allow the evaluation of health risks and hazards that occur in the components of these systems.

The viability of this project focused on technical, financial, legal, environmental and social studies, which are important to determine the profitability of the project to be carried out. Based on this, different techniques, strategies, and tools are determined to carry out the main activities that are developed to reach the objectives of the proposal. In addition to formulating the respective schedule and estimated budget for the fulfillment of said activities.

Based on the methodology of this project, the hazards and risks exhibit in the aqueduct are determined by the Inspection Guide for Drinking Water Quality (SERSA). Although it was found that none of the components has a very high risk, four of the thirteen components of the aqueduct present a high-risk level. These risks are related to the infrastructure of the system, which affect the quality of water supplied to the population by the aqueduct.

The development of the WSP seeks to provide solutions through an operational plan of improvements that help strengthen the water resource management of the aqueduct system. Therefore, it's recommended that the ASADA commit itself to duly follow up of the WSP provided for its use and improvement of the service.

Introducción

Capítulo 1.

En el presente capítulo se encuentra información relevante que introduce al lector de cómo se da la ejecución del proyecto, como lo es la declaración del problema, la justificación de la investigación, los objetivos a cumplir, los alcances y las limitaciones.

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción

Costa Rica es reconocida a nivel internacional por su gran desempeño en cuanto saneamiento y calidad del agua para consumo humano, uno de los países latinoamericanos con una mejor potabilización del recurso. A pesar de la cobertura hídrica del país aún existe una brecha de un 8.8% correspondiente al acceso de agua no potable que ejemplifica las dificultades que impiden satisfacer las necesidades hídricas de al menos 736 acueductos que abastecen a 426 681 personas (GWP, 2017). En el 2021, Costa Rica registró el promedio más alto en cuanto a la cobertura de agua potable. A partir de la emergencia sanitaria surgida por el Covid19 en el 2020, se ejercieron mayores presiones hacia las fuentes de recurso hídrico, aumentando así la demanda, surgiendo problemas en el acceso al agua potable (PEN, 2022).

La planificación es necesaria para alcanzar un abastecimiento sostenible y eficiente del recurso hídrico, asegurando un aprovisionamiento en cantidad y calidad. A lo largo del tiempo en la ASADA de Tronadora se han evidenciado múltiples vulnerabilidades en los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento. Esto por causas naturales, de crecimiento poblacional o contaminación, por lo que el objetivo del proyecto se basa en generar una propuesta de un Plan de Seguridad del Agua adaptado a las necesidades y recursos de la ASADA, asimismo, identificar y evaluar los riesgos.

La ejecución del plan permitirá una optimización de la unidad de recurso, es decir, el agua, mismo que logra potencializar el modelo de desarrollo universal por su valor natural, su resguardo influye sobre la necesidad humana, sin embargo, se requiere mantener una gestión integral sobre esta unidad, la cual es administrada por un sistema de gobernanza multidisciplinario donde se ven involucrados actores claves para garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, porque como lo indica la Organización de las Naciones Unidas (2015) específicamente en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6, el acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano.

1.2 Declaración del Problema

Para la Asociación Administrativa del Acueducto del distrito de Tronadora ubicado en Tilarán, se identifican tres principales factores externos que están afectando al manejo del recurso hídrico de la ASADA que desencadenan un debilitamiento en la gobernanza del manejo del recurso hídrico. Primeramente, los efectos del cambio climático es una de las principales variables que acontecen a nivel mundial, así como a nivel país y regional. Principalmente la provincia de Guanacaste, la cual se ve afectada por el déficit hídrico debido a las sequías extremas provocadas por el fenómeno atmosférico ENOS.

Tras la escasez de lluvias en la región Chorotega producto del fenómeno El Niño, el caudal de cada uno de los acuíferos disminuyó de 4 a 5 metros. Estos acontecimientos afectaron la disponibilidad de agua para el consumo humano, la ganadería y el riego de cultivos de la zona.

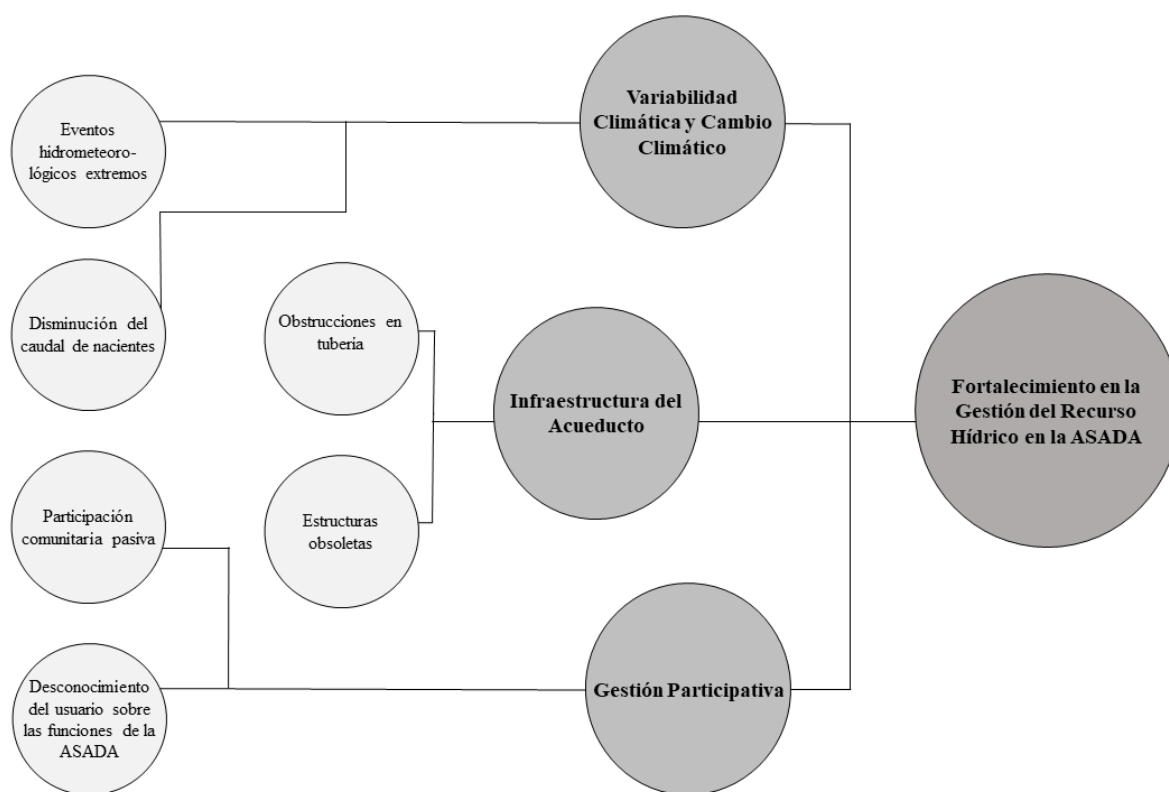
De acuerdo con datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la sequía provocada por el fenómeno El Niño en el período 2014-2015 fue la más severa carencia de líquido, desde 1930 en Costa Rica. Por otra parte, de acuerdo con lo indicado por la persona administradora de la ASADA de Tronadora, Torres (2023), menciona que, a partir de eventos hidrometeorológicos extremos como las fuertes lluvias, se presentan deslizamientos y derrumbes, lo que puede resultar un riesgo para la infraestructura de los componentes del sistema de acueducto de la ASADA.

Por otro lado, se identifica otro factor que interviene en la gestión eficiente de la ASADA, el cual gira entorno a la gestión participativa dentro de la comunidad de Tronadora, en donde se destaca un accionar pasivo, es decir, los usuarios se involucran activamente ante llamados y no por voluntad propia. Esto a su vez genera desconocimiento por parte del usuario del quehacer y la ejecución de proyectos planteados por la ASADA impidiendo recibir información importante que brinda la ASADA para el bienestar de la salud pública entorno al recurso hídrico, esto propicia el desinterés hacia la gestión del agua en la comunidad.

Finalmente, se presentan problemas en el acueducto en cuanto a las condiciones en las que este se encuentra, ya que el sistema posee una infraestructura muy antigua por lo que

está generando ciertos daños e irrumpiendo el adecuado abastecimiento de agua potable de la comunidad. Asimismo, se evidencian obstrucciones en la tubería por sedimentos provenientes del mismo sistema, debido al desmoronamiento de la infraestructura. En función a esta problemática, una parte de los usuarios de la ASADA de Tronadora (10% de los abonados) se vieron afectados por la suspensión del servicio en múltiples ocasiones, lo que generó incertidumbre y preocupación tanto a los miembros de la ASADA como a las personas que se sustentan del servicio del sector afectado.

Figura 1.1 Diagrama para la declaración del problema presente en la ASADA de Tronadora, Tilarán.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.3 Justificación

La Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado (ASADA) en estudio se sitúa en el distrito de Tronadora en el cantón de Tilarán, de la provincia de Guanacaste, contiguo al salón comunal de Tronadora. Cabe resaltar que la Asociación cuenta con un Plan de Seguridad del Agua (PSA), sin embargo, debido a la creciente demanda de la zona, modificación en las redes de distribución, cambios en el presupuesto, y sumado a esto, una

transformación en el equipo de trabajo radica la importancia de crear un nuevo PSA que implemente las condiciones actuales. La buena operatividad interviene directamente en la gestión integrada del recurso hídrico, misma que permite y garantiza un servicio de agua potable en óptimas condiciones, al haber una desactualización del plan, imposibilita suplir los escenarios actuales con continuidad y calidad.

En primer lugar, la preparación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) incorpora un pilar en la buena operatividad para la ASADA de Tronadora, ya que así lo establece la Directriz N° 032-S en el año 2018, misma que indica que todos los entes operadores deben implementar los PSA antes del primero de enero del 2022 por lo que la ASADA requiere la brevedad posible la actualización de este.

En segundo lugar, la estrategia y aplicabilidad de los Planes de Seguridad del Agua, tienen el propósito de organizar equipos de trabajo, liderados por el operador del acueducto y basado en un planteamiento integral de la evaluación y gestión de los riesgos que abarca todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la captación, distribución y entrega a los usuarios, para que con este enfoque integral se garantice el servicio de agua para consumo humano, incluyendo la cantidad, continuidad, calidad, costos y cobertura a la población.

En tercer lugar, existe una relación estrecha entre el desarrollo social y ambiental, gestionando la seguridad del agua, esto para potencializar un pensamiento crítico y humanista hacia los pobladores del área de estudio, que, si bien es cierto, el recurso hídrico no solo posee una tensión social, sino también requiere de un resguardo prioritario para la salud humana, por lo que la adopción e implementación de un PSA va a permitir desarrollar distintas fortalezas y habilidades las cuales van a optimizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua a través de la disciplina de las sustentantes siendo esta la Ingeniería Hidrológica.

A partir de lo expuesto anteriormente, se busca mantener una adecuada administración y manejo del agua utilizada para el abastecimiento de la comunidad, esto mediante la propuesta de un nuevo Plan de Seguridad del Agua para fortalecer la gestión del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de este distrito. Para ello se desea identificar los factores de riesgo que amenazan la Asociación para

una mejor percepción de los peligros y medidas de control. Por otro lado, se evaluarán las herramientas, como softwares, para la búsqueda de mejoras en la operación sistemática. Todo esto tomando en cuenta las condiciones existentes en la actualidad, además de los cambios y modificaciones ejercidos últimamente en la ASADA.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de Plan de Seguridad del Agua para el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico mediante procesos participativos con la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado del distrito de Tronadora ubicado en Tilarán, Guanacaste, Costa Rica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Comprender el desarrollo de los planes de seguridad del agua empleado por la Organización Mundial de la Salud mediante la revisión bibliográfica para el abordaje de las etapas que involucra la metodología.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual del sistema de acueducto para la evaluación e identificación de riesgos que intervienen en la buena gestión de la ASADA de Tronadora mediante observaciones en campo y antecedentes brindados por los integrantes de la Asociación.
- Proponer un Plan de Seguridad del Agua por medio de la metodología establecida por la Organización Mundial de la Salud que optimice la gestión operativa del acueducto de Tronadora.

1.5 Alcance y Limitaciones

En el presente apartado se pretende dar a conocer los alcances que tienen las sustentantes para llevar a cabo proyecto, mismos que se basan en cada una de las etapas para proponer un PSA según la Organización Mundial de la Salud, asimismo, se obtienen limitantes para que se dé una gestión óptima del recurso hídrico.

1.5.1 Alcances

Comprender las variables involucradas en los planes de seguridad del agua que establece la OMS para la ejecución de las etapas que involucra la propuesta, primeramente, contar con un equipo de trabajo que desempeñe cada rol establecido, luego se diagnostica el estado actual del acueducto y a partir de observaciones y aplicabilidad de herramientas se clasifica cada uno de los riesgos del acueducto para su debida gestión.

1.5.2 Limitaciones

Es importante mencionar que sale del alcance de las sustentantes la activa participación proveniente de los abonados interviniendo en el trabajo en conjunto como lo son los proyectos que posee la ASADA. Sin embargo, se pretende aplicar una herramienta que permita conocer la percepción social y así mediar entre el equipo de trabajo.

Por otra parte, la antigüedad de la infraestructura de las fuentes limita la adecuada distribución del recurso hídrico y a su vez la solución implica factores de tiempo, costos y retención del servicio privando a los sectores que se abastecen de las fuentes, infringiendo la seguridad hídrica del distrito, aunado a esto las autoras pretenden generar recomendaciones ingenieriles que permitan la continuidad del servicio, no obstante, no es logable la aplicación de las mismas en el tiempo estipulado para el proyecto.

1.6 Resumen del Reporte

El presente informe fue redactado según con lo estipulado por Evans et al. (2014), quien establece siete partes o secciones para la redacción de un trabajo de investigación, el cual incluye introducción, el contexto del proyecto, marco teórico, estudio de prefactibilidad, metodología del proyectos, resultados y discusión, finalmente, las conclusiones y recomendaciones. Dichas partes se describen a continuación.

Capítulo I – Introducción

A partir del presente capítulo se da un acercamiento al proyecto a desarrollar en el cual se plantea el tema principal de la aspiración del trabajo. En esta sección se encuentra la introducción al proyecto en donde se menciona aspectos principales. Por otro lado, se describe la declaración de los problemas, asimismo, la justificación del porqué se desea

elaborar el presente proyecto, así como los principales fundamentos a tomar en cuenta. Además, se plantean los objetivos que se desean cumplir durante el trayecto de la elaboración del proyecto, al igual que los alcances y limitaciones.

Capítulo II – Contexto del proyecto

Se contextualiza el área de estudio permitiendo observar un escenario más claro de la problemática y el proyecto a ejecutar, además, se aborda una caracterización biofísica de la región del proyecto, así como la identificación de las actividades socioeconómicas que se practican en la zona y demás características geográficas.

Capítulo III – Marco teórico

En cuanto al capítulo tres, este se centra en la definición y contextualización de los aspectos teóricos necesarios para la comprensión oportuna y entendimiento del tema a tratar, asimismo brindar al lector soporte conceptual sobre el proyecto a desarrollar.

Capítulo IV – Estudio de prefactibilidad

El capítulo cuatro correspondiente a la línea de estudios de prefactibilidad que se efectuarán en el proyecto, como lo son el estudio técnico, legal, ambiental, social y financiero de acuerdo con el proyecto a ejecutar, para determinar la viabilidad del mismo.

Capítulo V – Metodología

Esta sección muestra los materiales y estrategias empleadas para lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos para el proyecto. Involucra aspectos referentes a la descripción de la metodología a implementar para el desarrollo del proyecto. Asimismo, el tipo de investigación a emplear, y tanto la población como la muestra en estudio, así como también las técnicas y herramientas a utilizar. Por otro lado, se toma en cuenta el presupuesto y cronograma de todas las actividades a ejecutar.

Capítulo VI – Resultados y discusión

El presente capítulo, muestra los principales resultados que se obtienen a partir de la metodología que se presenta en el capítulo V. Además, se muestran los hallazgos más relevantes del proyecto y se discuten los resultados en función a los objetivos del trabajo y en función a la metodología empleada.

Capítulo VII – Conclusiones y recomendaciones

Cómo último capítulo, se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se obtienen a partir de los resultados obtenidos en el capítulo VI. Las conclusiones deben ser claras y concisas, además de responder a los objetivos propuestos en el capítulo I. En cuanto a las recomendaciones estos deben brindar soluciones o respuestas a los problemas a las problemáticas halladas durante el proyecto.

Antecedentes

Capítulo 2.

En el presente apartado se describen antecedentes entorno a Planes de Seguridad del Agua, además, se contextualiza el área de estudio permitiendo observar un escenario más claro de la problemática y el proyecto a ejecutar, además, se aborda una caracterización biofísica de la subcuenca donde se encuentra la Asociación Administradora del Acueducto, así como la identificación de las actividades socioeconómicas que se practican en la zona.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Antecedentes

La calidad del agua potable tanto microbiológica como fisicoquímica es de atención prioritaria debido a la directa relación que tiene con la salud pública, su íntegro control requiere de la elaboración e implementación de planes que permitan la gestión entorno a la protección del sistema y en controlar cada uno de los procesos que conllevan garantizar que el recurso hídrico se encuentre en óptimas condiciones de consumo.

Los proveedores de agua de consumo humano tienen la responsabilidad de desarrollar Planes de Seguridad del Agua, para evaluar el sistema, su diseño, monitorear a nivel operacional y la gestión del recurso integrador, cabe resaltar que esto es para analizar peligros, riesgos y abordarlos. Sin dejar de lado que su enfoque es controlar de manera eficiente la extracción del recurso, el tratamiento adecuado y aceptable, además, el suministro a cada abonado.

A nivel mundial se establecen normas para la aplicabilidad y metodologías con el mismo propósito de resguardar la salud pública entorno al agua; la Organización Mundial de la Salud es la principal impulsora de este tipo de estrategias para la seguridad hídrica, con cuatro ediciones disponibles en 1983, 1993, 2004 y 2011, mismas que se han mantenido actualizadas mediante un proceso de revisión continua (OMS, 2011).

Es alarmante lo indicado por el Banco Mundial (2022), “alrededor de 2000 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 3600 millones no cuentan con servicios de saneamiento”, las brechas en el acceso al agua limpia y saneada, el crecimiento poblacional, el uso inconsciente del agua, la variabilidad climática y la contaminación son algunos factores que añaden riesgos que impiden un desarrollo sostenible.

En Costa Rica hay una amplia jurisprudencia que indica resguardo del recurso hídrico donde se exterioriza la implementación de los Planes de Seguridad del Agua, todo proveedor de este servicio como lo son los acueductos operados por el AyA, por las municipalidades, por la ESPH, los acueductos internos de los Centros de Salud, los acueductos comunales y los Comités Administradores de Acueductos Rurales en conjunto con el Ministerio de Salud

tienen la misión de garantizar la protección y mejorar el estado de la salud pública (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2018).

2.2 Descripción del Área de Estudio

La Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Tronadora de Tilarán se encuentra ubicada en Tronadora, siendo este el distrito n°3 de Tilarán, de la provincia de Guanacaste, contiguo al salón comunal de Tronadora (*Figura 2.1*). Posee aproximadamente 45 años de estar en funcionamiento, nació a inicios de 1976. La ASADA Tronadora está conformada por 840 abonados activos los cuales están divididos por 12 sectores:

Tabla 2.1 Sectores y previstas de la ASADA Tronadora.

Sector	Previstas
El Centro	86
El Zancudero	44
El Silencio	57
Linda Vista	54
Los Juanes	53
Las Palmas	112
La Península N°1	72
La Península N°2	46
Los Solanos	41
El Roble	92
Llama Azul	116
La Esperanza	67
Total de previstas	840

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 2.1 ASADA del distrito de Tronadora, Tilarán, Guanacaste.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

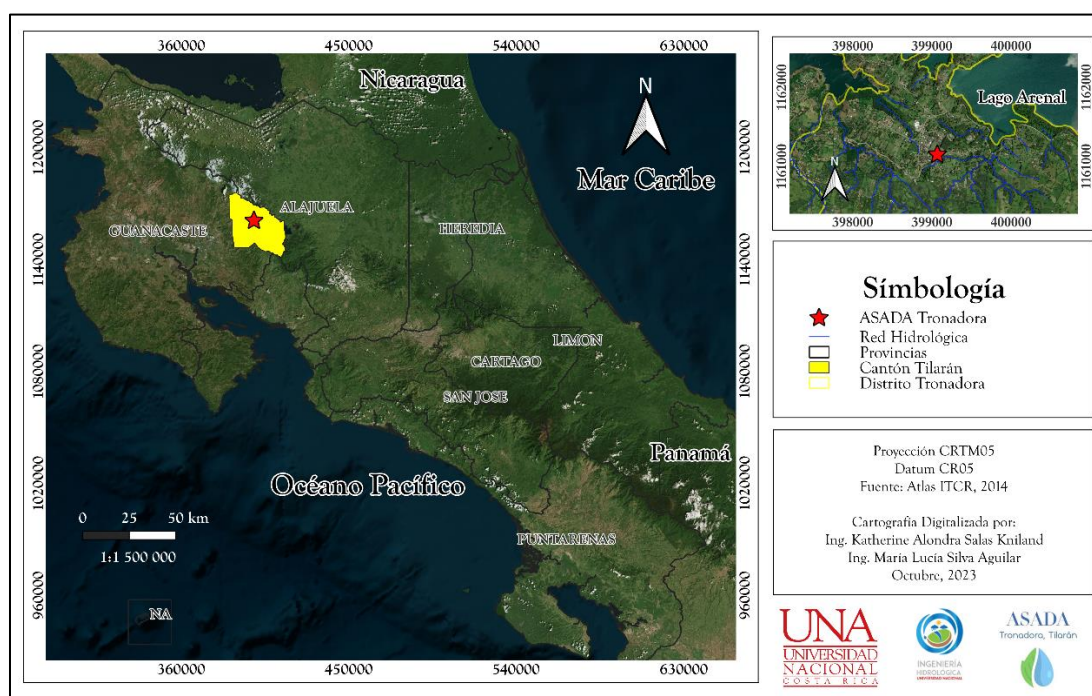
Cabe resaltar que la ASADA Tronadora vende sus servicios a través de bloques a dos poblados cercanos, la ASADA San Luis y al residencial Vista del Lago. En lo que respecta al patrón de flujo (Tabla 2.2), la ASADA Tronadora depende de cinco nacientes según información clave suministrada por administradora; Torres, (2023), además indica que la conducción es por medio de gravedad.

Tabla 2.2 Patrón de flujo de la ASADA Tronadora.

Fuente	Tipo	Caudal (l/s)
Trino Gutiérrez	Naciente	1.0
Yolanda Peraza	Naciente	0.95
Mario Fuentes	Naciente	1.0
Los Álvarez	Naciente	15.0
Alberto González	Naciente	1.0

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 2.2 Localización geográfica de la ASADA del distrito de Tronadora, en la subcuenca del río Arenal.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.3 Estudios de Relevancia de PSA en Costa Rica

Debido a la directriz emitida para el país de la posesión de PSA, muchos de los prestadores de servicios de agua para consumo realizaron grandes esfuerzos para ofrecer un plan integral de gestión preventiva del riesgo a la comunidad en protección de la salud pública.

Tabla 2.3 Estudios de relevancia de PSA en Costa Rica.

Autoría	Fecha	Título
García, F., Arce-A. y Fonseca, A.	2015	Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el acueducto de Jacó, Puntarenas, Costa Rica.
Montero, R. y Moreno T.	2018	Plan De Seguridad Del Agua (PSA) Para El Acueducto Municipal De La Comunidad Del Cantón De Jiménez, Cartago, Costa Rica.
León, R.	2019	Plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados.
Navarro, M.	2022	Evaluación de herramientas de gestión integral de riesgo y de Planes de mejora y eficiencia de acueductos, desarrolladas por El AyA-PNUD, en tres ASADAS del Pacífico Norte de Costa Rica, durante el 2019.
Castro, J. y Obando, M.	2023	Propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la gestión integral del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas, Abangares, Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.3.1 Estudios Específicos en la ASADA Tronadora

Tabla 2.4 Estudios en la ASADA Tronadora.

Autoría	Fecha	Principal Producto
Cambronero, S.	2020	Se dio la creación de un Plan de Seguridad del Agua para la ASADA Tronadora.
Soto, J.	2021	Se diseñó un sistema de medición de agua no contabilizada en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Tronadora de Tilarán.
Gutiérrez, I.	2022	Se elaboró un manual de operación y mantenimiento para mejorar la gestión de la ASADA.
Guillén, S.	2022	Se estableció las determinantes de diseño institucional que inciden sobre el desempeño del Sistema de Innovación de la ASADA de Tronadora.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Según lo mostrado, se evidencia que la mayoría de los estudios fueron realizados posterior a la directriz, sin embargo, hay acueductos que sí optaron por planes para una mejor operabilidad, al conocer los riesgos y peligros a los que se expone cada uno de sus sistemas de abastecimiento, para el resguardo de la salud pública.

2.4 Caracterización Biofísica de la Subcuenca del Río Arenal

A continuación, se presentan las principales características biofísicas de la subcuenca en la que pertenece el área en estudio. En donde se describe la red hidrológica de la subcuenca, los principales aspectos climáticos que posee y la tipología de suelo que posee la región.

2.4.1 Red Hidrológica de la Subcuenca Río Arenal

El principal cauce de la subcuenca es el río Arenal, inicialmente sus aguas eran drenadas de manera natural en río San Carlos, sin embargo, después de la elaboración del embalse con el fin de generar energía hidroeléctrica, todos los afluentes del río Arenal desembocan en el Lago Arenal (Amador et al., 2000). De los principales ríos que alimentan el embalse se encuentra el río Chiquito, río San Gerardo, río Aguas Gatas, río Piedras Negras y río Caliente (Lafragua, 2008). El distrito de Tronadora abarca una parte importante del sistema fluvial de la subcuenca debido a la influencia hídrica que posee con algunos de los principales ríos de la zona tales como el río San Luis, Tronadora, Chiquito, Negro y San Gerardo, de igual manera se identifican algunas quebradas como la quebrada Bolívar, Corpus, Micas, Tronadorcita, Mulas, San Antonio, Tigra, Tigrilla, Agua Caliente, Esperanza, Malanga, Cairo, San Bosco y Bolaños.

2.4.2 Aspectos Climáticos de la Subcuenca del Río Arenal

Al formar parte de la región montañosa del país, posee una formación forestal de bosque húmedo subtropical, con una temperatura promedio anual que oscila entre los 24°C (CATIE, 2016). Por otro lado, al poseer un régimen climático húmedo presenta lluvias durante todo el año con una disminución durante la época seca, por lo tanto, la precipitación anual promedio en esta región es de 4215.95 mm aproximadamente según los datos que se obtienen del OACG.

2.4.3 Tipo de Suelo de la Subcuenca Hidrográfica del Río Arenal

Esta región presenta un tipo de suelo característico a los de orden andisol, debido a que estos suelos se originan principalmente en zonas de formaciones volcánicas, por lo que se producen de ceniza, lava y rocas volcánicas (INTA, 2015). La cuenca al ubicarse en la cordillera volcánica de Tilarán posee una gran variedad de material volcánico por la cercanía

a los volcanes del Arenal y Tenorio, además este tipo de suelo es característico de las regiones climáticas del trópico húmedo, y al tratarse de una zona montañosa es evidente la presencia de terrenos andisoles.

2.5 Características Fisiográficas de la Subcuenca del Río Arenal

La subcuenca donde se encuentra localizada la comunidad del distrito de Tronadora, abarca un área de aproximadamente 415 km², con un perímetro de 265 km, en donde su punto más alto es de 1850 m.s.n.m y una elevación mínima de 550 m.s.n.m (*Tabla 2.4*).

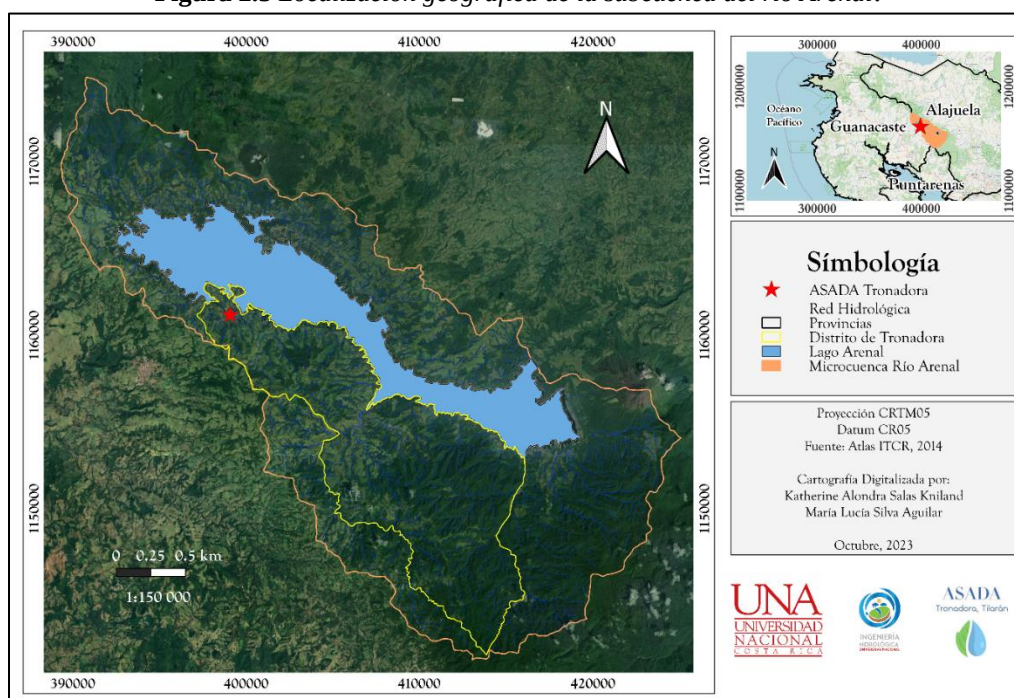
Tabla 2.5 *Parámetros morfométricos de la subcuenca del río Arenal.*

Área (km ²)	Perímetro (km)	Elevación Máxima (m.s.n.m)	Elevación Mínima (m.s.n.m)	Elevación Media (m.s.n.m)
415,27	265,72	1850	550	1200

Fuente: Elaboración propia, 2023.

A partir de los datos obtenidos sobre las características de la forma de la cuenca, se logra dimensionar la magnitud del área en estudio, además de la posibilidad de generar un mejor panorama en cuanto a la dinámica de la subcuenca con respecto a la mecánica del recurso hídrico dentro de la zona de estudio.

Figura 2.3 *Localización geográfica de la subcuenca del río Arenal.*



Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.6 Actividades Socioeconómicas

El cantón de Tilarán presenta un sistema de recurso muy provechoso, debido a factores como el turismo y la producción de alimentos gracias a sus tierras fértiles y su clima apto. En esta región se presentan diversas actividades agropecuarias y forestales, esta última es el principal fundamento para la actividad turística presente en la zona. Entre las principales actividades agrícolas se encuentra primeramente los cultivos de café, el cual abarca la mayor cantidad de producción debido a que es un producto que suele ser exportado, también se encuentran los cultivos de aguacate, chile dulce, caña dulce, tomate, plátano, entre otros cultivos cuya producción es para consumo propio y comercial (MAG, 2015). Por otra parte, en esta zona se desarrolla también la ganadería bovina tanto de carne como de leche, para el autoconsumo o bien para comercializar.

Figura 2.4 Visualización de principal actividad socioeconómica de la zona la ganadería lechera.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.7 Conclusión

Se dio una caracterización de la zona de estudio donde se identifican diversos aspectos y particularidades relevantes de la cuenca hidrográfica, las cuales son fundamentales para comprender la dinámica de este sistema de recurso. Se logran identificar ciertos parámetros como el uso y tipo de suelo, características de la forma de la cuenca, la red hidrológica, la dinámica hidrológica y socioeconómica. A su vez se reconocen algunos aspectos importantes para tomar en cuenta en relación con la ASADA, como la ubicación de sus nacientes y otros.

Marco Teórico

Capítulo 3.

En el capítulo anterior se abordaron diferentes temas particulares del área de estudio, por lo tanto, el presente capítulo conceptualiza los principios fundamentales que se toman en cuenta para una mejor comprensión de los procesos y operaciones relacionados con el desarrollo de la propuesta de un PSA, como la operación de un acueducto, los sistemas de acueducto, los principales aspectos que involucran un PSA, asimismo las diferentes herramientas que existen para cuantificar los riesgos que amenazan a una ASADA, también el abordaje de instituciones que impulsan la seguridad hídrica en el mundo y propiamente en Costa Rica.

Capítulo 3. Marco Teórico

3.1 Instituciones en el Mundo que Resguardan el Recurso Hídrico

En el siguiente apartado se presentan las principales instituciones internacionales que velan por el resguardo, asimismo, invierten sus recursos en el manejo del recurso hídrico.

3.1.1 Comisión Económica para América Latina y el Caribe

En América Latina y el Caribe se alberga casi un tercio de los recursos hídricos mundiales, sin embargo, se presentan altos niveles de estrés hídrico, un limitado acceso al agua potable, para enfrentar estos desafíos y otros relacionados a conflictos por el uso del agua, la CEPAL está impulsando una gestión hídrica sostenible e inclusiva en la región, que garantice el derecho humano al agua potable y saneamiento gestionados de manera segura; revertir las externalidades negativas que surgen por el actual modelo de gestión del agua; y, apostar a un manejo circular del agua para aprovechar y reducir la presión sobre el recurso hídrico (CEPAL, 2023).

3.1.2 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

El PNUD trabaja en los desafíos relacionados con el agua y participa en la gestión aplicada del agua en todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible, es custodio del agua de manera transfronteriza a través de las Naciones Unidas, es un contribuyente clave a la Agenda de Acción por el Agua y el Decenio de Acción por el Agua; su enfoque de gestión integrada del agua rige bajo tres pilares: acceso, seguridad y calidad hídrica (PNUD, 2023).

3.1.3 Organización Mundial de la Salud

La OMS es una impulsora clave para el tratamiento de aguas para uso doméstico con arreglo a los criterios de eficacia basados en la salud además proyectan planes que consisten en garantizar protección a los usuarios de patógenos causantes de enfermedades y en reforzar los mecanismos normativos, de reglamentación y de monitoreo en el ámbito nacional con el fin de respaldar la focalización apropiada del recurso hídrico, su uso íntegro y correcto.

3.2 Instituciones Impulsadoras de la Seguridad del Agua en Costa Rica

A continuación, se muestran algunas de las principales entidades impulsoras de la seguridad del recurso hídrico en el país.

3.2.1 ASADAS

Las Asociaciones Administrativas de Acueductos Comunes (ASADAS) son organizaciones locales con una operatividad de asociaciones comunales conformadas por personas de la misma comunidad siendo guardianes del agua para brindar un servicio de abastecimiento eficiente y en óptimas condiciones. Las ASADAS se fundamentan a través del Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes, independientemente de contar con autonomía en su quehacer, son guiadas y direccionadas por el AyA, asimismo, deben de seguir los lineamientos que deben cumplir de manera obligatoria para su adecuada operación (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 1997).

3.2.2 AyA

El instituto vela por asegurar el acceso de agua potable y al saneamiento de forma comprometida con la salud, además, fomenta la sostenibilidad del recurso hídrico y el desarrollo económico y social del país. Está comprometido con el bienestar y el desarrollo del país a través del ejercicio de su rectoría y de la prestación sostenible del servicio de agua potable y de saneamiento, mediante el cumplimiento de los requisitos de sus usuarios, otras partes interesadas pertinentes, los legales y reglamentarios para lo cual se apoya en su Sistema de Gestión de Calidad y promueve la mejora continua de sus procesos (AyA, 2023).

3.2.3 Ministerio de Salud

De acuerdo con la Ley General de Salud, “Del agua para el uso y consumo humano y de los deberes y restricciones que quedan sujetas las personas en la materia” es que indica que el Ministerio de Salud tiene la potestad de vigilar la calidad del agua que consume la población y de los sistemas de abastecimiento del país como función sustantiva de rectoría en salud. Regula los parámetros de valores máximos admisibles en aspectos microbiológicos, físicos y químicos del agua para consumo humano; así como, la identificación de factores de

riesgo en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua (Ministerio de Salud, 2023).

3.2.4 Ministerio de Ambiente y Energía

El MINAE en el sector hídrico lleva la responsabilidad de la coordinación interinstitucional y la dirección de las instituciones involucradas, para la ejecución y adecuado cumplimiento de las políticas hídricas, además de la conducción respetando la discrecionalidad de cada una de las instituciones a la hora implementar la política gubernamental (MINAE, 2009).

3.3 Acceso del Agua Potable en la Población Costarricense

Es importante mostrar mediante búsquedas bibliográficas cómo es el acceso de agua potable en Costa Rica, cómo se gestiona y maneja el recurso vital como lo es el agua, es por esto que a continuación se presentan los entes encargados de velar por dicha gestión.

3.3.1 Acueductos y su Operación

De acuerdo con el reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales, se establece que el AyA es el ente rector encargado en lo relacionado al control, vigilancia, fiscalización, normalización, y planificación de los servicios de agua y saneamiento. A su vez junto con las ASADAS se basan en la participación ciudadana, colaboración, cooperación, adaptabilidad de los servicios, eficiencia y eficacia. Además, el AyA le corresponde colaborar en temas de conservación, aprovechamiento y uso racional del recurso hídrico (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2020).

Las ASADAS son reconocidas como asociaciones privadas responsables de la gestión comunitarias del abastecimiento y saneamiento del recurso hídrico en el país. Por otro lado, también se menciona que la Asociación se encarga de operar su sistema de acueducto garantizando la continuidad, calidad y cantidad del recurso hídrico. A su vez de encargarse del mantenimiento de los sistemas siguiendo la normativa establecida por el AyA sobre el mantenimiento de los componentes y equipo. Estas asociaciones comunales son responsables de velar por la buena operación y mantenimiento de todo el sistema de acueducto para así garantizar una buena gestión de riesgos y manejo del recurso hídrico.

A. Acueductos Urbanos. Son sistemas que incluyen la captación, potabilización, almacenamiento y la distribución de agua potable para el abastecimiento de una población determinada (SCIJ. 2014). Los sistemas urbanos se encargan de abastecer a poblaciones de mayor proporción como lo son las ciudades, por lo que las obras de infraestructura para la captación, almacenamiento y distribución son mucho más complejas (*Figura 3.1*). Para este tipo de acueductos el servicio público brindado es proporcionado por entidades encargadas en la prestación, regulación y distribución del servicio del agua como lo es el AyA.

Figura 3.1 Representación de parte del sistema de un acueducto urbano.



Fuente: Gobierno de Costa Rica, 2020.

B. Acueductos Rurales. Los acueductos rurales son sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades de zonas no urbanas. En este tipo de acueductos, generalmente, el agua es obtenida de nacientes localizadas en las partes más altas de la zona. Por otro lado, el abastecimiento por fuentes de aguas subterráneas por medio de la perforación de pozos es común en estas regiones, también puede ser obtenida directamente de los ríos, sin embargo, esto requiere de equipos y obras mucho mayores que requieren de un mayor costo económico (Montiel, 2007).

Al ser áreas rurales, se ven expuestas ante diversas amenazas tanto naturales como antropogénicas, ya sea o por el terreno, el nivel de infraestructuras (*Figura 3.2*), o las actividades socioeconómicas desarrolladas a los alrededores que pueden afectar directa o indirectamente el acueducto. Por esta razón es que se implementen las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes, ya que estas buscan erradicar, mitigar, eliminar y disminuir estas amenazas, para lograr una mejor gestión y manipulación del recurso hídrico que abastece estas poblaciones (Navarro-Garro et al., 2013).

Figura 3.2 Representación de parte del sistema de un acueducto rural.



3.4 Componentes de los Acueductos

Un sistema de acueducto se define como las obras y accesorios utilizados para el abastecimiento de agua potable para consumo de toda una comunidad (MIDEPLAN, 2012). Por lo general, un sistema de acueducto se encuentra conformado por sistemas importantes, cuyos procesos son fundamentales para la gestión del servicio brindado.

3.4.1 Sistema de Almacenamiento

Las infraestructuras de almacenamiento se encargan de almacenar todo el recurso captado, a su vez, regula la cantidad de agua consumida, distribuida y así garantizar una repartición adecuada para cada uno de los abonados del acueducto (MIDEPLAN, 2012). El recurso recolectado en los sistemas de captación ya sea de los pozos o nacientes, es llevado a los tanques de almacenamiento en donde se conservan para seguidamente ser distribuido y llevado hacia el sistema de abastecimiento, el cual se encarga de la distribución del agua al resto de la comunidad para su consumo. Según Chán (2012), indica que un sistema de almacenamiento del agua de manera superficial puede ser de distintos tipos:

- A. Presas y embalses.** En estas el agua es captada y almacenada en un ambiente natural intervenida por el ser humano, con fines de usos y de consumo, aunque generalmente este tipo de sistemas son utilizados para actividades de riego.
- B. Balsas.** Para este sistema el agua no es captada, sino que únicamente es para almacenarla. Este sistema de almacenamiento es creado por medio de una remoción del terreno la cual es cubierta por una geomembrana, en donde el agua es retenida de manera artificial. Generalmente, estos sistemas son utilizados para sustentar la actividad agrícola por medio de riego.
- C. Tanques y cisternas.** Estos pueden ser contruidos en diversas condiciones, ya sean elevados, enterrados o apoyados directamente al suelo. Estos sistemas además de almacenar el agua también poseen la función de mantener la presión de la red de distribución para garantizar la disponibilidad del servicio.

3.4.2 Sistema de Tratamiento para la Potabilización del Agua

Los sistemas de tratamiento es el procedimiento a través del cual es sometida el agua con el fin de mejorar la calidad de la misma, mediante operaciones que reducen y eliminan componentes dañinos o agentes patógenos que pueden perjudicar la salud (Vargas, 2000). Estos procesos son utilizados generalmente para depurar los contaminantes que se encuentran disueltos en el agua, y dependiendo de la fuente en la que se extrae puede que se requiere algún sistema de tratamiento más fuerte o no. Para ello existen diferentes tipos de tratamiento que se pueden clasificar de acuerdo con el grado que se requiere.

De acuerdo con lo establecido por Romero (2008), dependiendo del grado de tratamiento que necesita el agua se refiere a los siguientes procesos unitarios:

- A. Cloración.** Consiste en añadir cloro para desinfectar y disminuir la proliferación de algas y demás microorganismos infecciosos.
- B. Coagulación-Floculación.** Algunas veces se encuentran ciertas impurezas en suspensión por lo que se requiere de este proceso, el cual consta en la eliminación de esta materia. Se utiliza la coagulación para la separación de los sólidos suspendidos y la floculación para agregar partículas y así incrementar el tamaño de los residuos y ser eliminados por sedimentación (Tchobanoglous y Burton, 1998).
- C. Decantación.** Esta operación se refiere a la separación de dos líquidos de distintas densidades, a su vez permitirá la eliminación de sólidos suspendidos por medio de la sedimentación.
- D. Filtración.** Este proceso consiste en pasar el líquido que aun contenga residuos suspendidos, por un filtro el cual separa el agua de las demás partículas más sólidas. Generalmente, para procesos de potabilización esta operación es realizada una vez se haya pasado algún proceso de coagulación o floculación previamente.
- E. Desinfección.** Este es el último proceso para realizar y consiste en la eliminación de impurezas y patógenos, algunos tipos de desinfección son los tratamientos físicos, químicos o de radiación.

3.4.3 Sistema de Abastecimiento

Un sistema de abastecimiento es un conjunto de componentes y equipos requeridos para la ejecución de los procesos referentes a la captación, almacenamiento y distribución del agua a suministrar (Morales et al., 2000). Existen dos tipos de sistemas de abastecimiento de agua, por gravedad y por bombeo. El abastecimiento por gravedad, generalmente se da cuando la fuente principal se encuentra a cierta altura en donde la pendiente es muy pronunciada, por lo que el agua es desplazada por acción de gravedad por medio de tuberías hasta llegar al consumidor, en caso contrario el abastecimiento puede darse por medio de sistemas de bombeo (Lossio, 2012). Este último, posee como desventaja que al ser una técnica que requiere de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema, resulta presentar un mayor costo económico.

Los sistemas de abastecimiento suelen ser complejos debido a los diversos componentes que forman parte de todo este proceso. Según lo mencionado por Mendoza (2008), este sistema da inicio desde la zona de recarga hídrica, la cual es el área en donde las fuentes se recargan por medio de la infiltración del agua precipitada en caso de ser fuentes subterráneas, y por medio de escorrentía en caso de ser fuentes superficiales, seguidamente se realiza lo que es la captación del recurso para luego ser conducido hacia el tanque de almacenamiento en donde se reserva el agua. Seguidamente, el agua es transportada por medio de la red de distribución, hacia las viviendas de cada uno de los abonados.

3.5 Definiciones de Plan de Seguridad del Agua

Si bien es cierto para la ejecución de un Plan de Seguridad del Agua para una ASADA en este caso para el distrito de Tronadora, es necesario demarcar conceptos claves que permiten la comprensión y su aplicabilidad objetiva.

3.5.1 Salud Pública

Para la OMS (1948) “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” es una terminología que desde entonces no ha sido modificada, es decir, implica que las necesidades estén solventadas de manera afectivas, sanitarias, nutricionales, sociales y culturales. Por otro lado, se vincula la salud pública como un conjunto de políticas para buscar siempre el bienestar y el desarrollo de la población con el liderazgo del Estado donde propiciará una comunidad participativa.

3.5.2 Gestión Hídrica

La gestión del recurso hídrico consiste en ejercer una adecuada administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas de acueductos y/o alcantarillados para garantizar la calidad de agua potable suministrada hacia las personas quienes la utilizan para su propio consumo (SCIJ, 2005). Para mantener una correcta gestión hídrica en los sistemas de acueductos rurales se deben de considerar una serie de elementos que atribuyen a una adecuada administración y manejo del servicio del agua la cual se basa en la Ley 218.

Tabla 3.1 *Deberes de las ASADAS para una correcta gestión del Artículo 21.*

Inciso 1	Dar a conocer al AyA los estatutos de la Asociación previo a la inscripción.
Inciso 2	Suscribir con AyA el Convenio de Delegación de la gestión del servicio público.
Inciso 3	Darle seguimiento a la construcción, administración, operación, mantenimiento, desarrollo de los sistemas, la preservación y conservación del recurso hídrico con la comunidad.
Inciso 4	Autorizar nuevos servicios, conexiones y reconexiones de existir acueductos, y/o alcantarillados sanitarios con capacidad técnica
Inciso 5	Adquirir materiales y equipos para la administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas.
Inciso 6	Administrar, operar, reparar, custodiar, defender y proteger todos los bienes destinados a la prestación de los servicios de los sistemas que administran.
Inciso 7	Establecer las medidas de control interno necesarias para garantizar el buen desempeño de las actividades que desarrolla la Asociación.
Inciso 8	Cumplir con los trámites de inscripción de la asignación de los caudales y fuentes de abastecimiento necesarios para la comunidad, por medio del AyA.
Inciso 8	Otorgar los servicios públicos en forma eficiente, igualitaria y oportuna a todos sus usuarios.
Inciso 9	Otorgar los servicios públicos en forma eficiente, igualitaria y oportuna a todos sus usuarios, sin distinciones de ninguna naturaleza.
Inciso 11	Convocar a asamblea a los asociados para tratar los asuntos relacionados con el sistema de acueductos y alcantarillados, que requieren de acción comunal.
Inciso 12	Rendir informes periódicos a la comunidad de lo actuado con relación a la operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas.
Inciso 14	Solicitar a AyA la asesoría técnica, legal, financiera, organizativa y cualquier otra necesaria para la correcta gestión de los sistemas.
Inciso 15	Contar con autorización previa de AyA en todo proyecto de mejoras, ampliaciones o modernización de los sistemas delegados que modifiquen el caudal de aprovechamiento de las fuentes de abastecimiento.
Inciso 16	Participar en las capacitaciones y convocatorias requeridas por la Institución.
Inciso 17	Efectuar la vigilancia y control de la calidad del agua.
Inciso 18	Llevar a cabo la vigilancia y control de las actividades que puedan generar efectos negativos en la zona de influencia.
Inciso 20	Mantener planos actualizados de los sistemas y un catastro de usuarios.

Fuente: SCII, 2005.

3.5.3 Cobertura Hídrica

Es considerado como el porcentaje de acceso al servicio de agua potable que permite la satisfacción de necesidades básicas y además contribuye en forma decisiva al desarrollo de la población, con implicaciones directas sobre la formación educativa, alimentaria y en la salud. Por consiguiente, la cobertura hídrica es el resultado de los abonados disponiendo de un servicio de agua potable.

3.5.4 Cantidad, Calidad y Continuidad del Agua

Según Mora-Alvarado et al., (2019) la cantidad del recurso hídrico hace referencia a la proporción de la población que tiene acceso a distintos niveles de abastecimiento de agua para consumo, mientras que la calidad es la condición en la que se encuentra el agua, siendo

esta valorada en Costa Rica a través del índice holandés, para considerar si es apta para distintos usos. Por lo contrario, un servicio con continuidad es cuando no existe interrupción alguna del servicio de agua ofrecido por la organización dentro de sus parámetros de calidad.

3.5.5 Costo del Agua

El agua es cobrada mensualmente por el operador del servicio, mismo que debe emitir una factura que desglose la cantidad de metros cúbicos consumidos en los servicios de acueducto, alcantarillado e hidrantes, y cobrar de acuerdo con las tarifas autorizadas por la ARESEP y los esquemas tarifarios en el servicio de agua (ARESEP, 2023).

3.5.6 Cultura Hídrica

Es el reconocimiento que se le da al recurso hídrico, el valor, la importancia y hacer uso de las medidas con conciencia y sensibilización incluyendo la necesidad de información respecto a las múltiples dimensiones de valores éticos, medioambientales, sociales, económicos, políticos y emocionales integrados en los ecosistemas (AyA, 2017).

3.6 Herramientas para la Gestión del Riesgo en un Acueducto

La creación e implementación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA) para una entidad prestadora de servicio de agua potable surgió a partir de la preocupante de OMS ante el recurso hídrico y la salud pública, es por esto que, creó un método llamado “Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores del agua de consumo”, misma que se logra desarrollar por medio de cinco pasos: primeramente, la formación del equipo de PSA, seguido por la evaluación del sistema de la ASADA, asimismo, realizando un monitoreo operativo, gestionando y comunicando los resultados obtenidos; en Costa Rica hay diferentes herramientas para evaluar y determinar los riesgos.

3.6.1 Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA) en Pequeñas Comunidades

Se basa en analizar los peligros, valorar los riesgos y determinar los puntos críticos de control. Por medio de la identificación, evaluación y control de los riesgos en un sistema que permite llegar a una seguridad hídrica del prestador de servicio. Los peligros y riesgos

que se identifiquen pueden asociarse al sistema de agua desde el inicio, su captación, desinfección, almacenaje y la distribución del agua (OPS, 2011).

3.6.2 Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)

Ahora bien, el Ministerio de Salud de Costa Rica, creó un instrumento para categorizar los riesgos que hay por determinar ya establecidos en la metodología de la OMS, llamado “Guía de inspección del sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA)” este instrumento permite conocer los factores que influyen e inducen a un riesgo para el sistema del acueducto, por medio de un valor numérico y su respectiva clasificación (Jiménez, 2017).

3.6.3 Gestión Integral de Riesgo en ASADAS (GIRA)

Es un instrumento comúnmente usado en Costa Rica que se basa en la vulnerabilidad del sistema a nivel operativo, sanitario, administrativo y de infraestructuras a través de un enfoque de cuenca; indica primeramente una caracterización del sistema, un análisis de la vulnerabilidad, seguido por el análisis de amenazas, por otra parte, la valoración de riesgos y prioridades para administrar los riesgos y generar documentación necesaria (Paniagua y Rodríguez, 2019).

3.7 Conclusión

Es importante resaltar la necesidad de comprender la conceptualización de los componentes que engloban un Plan de Seguridad del Agua, para la propuesta del mismo a una organización prestadora del servicio de agua potable. Es de suma importancia seguir las fases y conocer las necesidades propias del acueducto para así mitigar riesgos y gestionar de manera íntegra el recurso hídrico, seguido del presente capítulo es esencial conocer la línea de estudios de prefactibilidad que se efectuarán en el proyecto para determinar la viabilidad.

Prefactibilidad

Capítulo 4.

A partir de la conceptualización de los componentes que engloban un Plan de Seguridad del Agua, se prosigue con los respectivos estudios de prefactibilidad esenciales para determinar la viabilidad del proyecto. Si bien es cierto, la inversión de un proyecto se centra regularmente en la viabilidad del mismo y para ello se ha utilizado la herramienta empleada por Sapag et al. (2014), en donde se profundizan aspectos claves para la correcta preparación y evaluación de proyectos y así conocer la rentabilidad del mismo. Para la determinación de la viabilidad del presente proyecto, se realiza un enfoque a cinco estudios primordiales en la parte técnica, financiera, legal, ambiental y social.

Capítulo 4. Estudio de Prefactibilidad

4.1 Estudio Técnico

Este tipo de estudio analiza si existen las posibilidades materiales, de insumos, herramientas para elaborar la propuesta del Plan de Seguridad del Agua, esto de manera preventiva de la ejecución del proyecto. Cabe resaltar que para este tipo de estudio se debe priorizar el buen uso de diferentes programas computacionales, equipo de campo y la disponibilidad de las mismas. Se realiza una autovaloración, por lo que se concreta que para conocer la perspectiva comunitaria acerca el recurso hídrico de Tronadora, Tilarán, se deben realizar giras de campo, observaciones, encuestas por medio de formulario de Google y talleres informativos.

Por otro lado, en cuanto a la operabilidad de la ASADA se hace necesario conocer los sistemas del acueducto, cooperar con la limpieza de los mismos, contar con un GPS para hacer el levantamiento del sistema; sin dejar de lado el uso de los complementos de Microsoft Office y QGIS como sistema de información geográfica para la identificación de riesgos y amenazas. Valorando el accionar y recursos del cliente y cooperación externa como FOCAES- Extensión, se concluye que sí se cuenta con el equipo técnico para la elaboración de la propuesta del proyecto por lo que se determina viable a nivel técnico.

4.2 Estudio Financiero

Para el presente proyecto es importante establecer un estudio financiero en donde se proyecte la distribución del presupuesto necesario para la realización del trabajo, ya que esto permite ordenar las finanzas para cubrir los gastos requeridos para cada fase del proyecto (Tabla 4.1). Para ello se divide el presupuesto en tres partes, en costos directos, en costos indirectos, y otros costos en donde se valoran el 5% de imprevistos y 13% del IVA. Los primeros incluyen gastos en equipo técnico como herramientas tecnológicas requeridas para mediciones y herramientas computacionales, además también se incluyen los análisis de calidad los cuales son proporcionados por la misma ASADA. En este apartado también se toma en cuenta los honorarios ad honorem los cuales fueron basados en la tarifa establecida por el Ministerio de Trabajo según con el Decreto N°43849-MTSS para un trabajador calificado como bachiller universitario (MTSS, 2023).

En cuanto a los costos indirectos, se contemplan los gastos administrativos como líneas telefónicas e internet, los gastos relacionados a la compra de materiales utilizados para la elaboración de talleres y entrevistas, además se incluye el pago de las pólizas de seguro para cada uno de los autores, estos mismos son cubiertos por la misma universidad. Por otro lado, se consideran también los gastos relacionados a las giras realizadas durante el desarrollo del proyecto, que serán aproximadamente 15 viajes al campo, en las que se incluyen los viáticos como alimentación, hospedaje y transporte. A su vez, se incluyen también los gastos realizados por equipo de protección personal, botiquín de primeros auxilios y meriendas.

Para el presupuesto de la alimentación, este fue basado según las tarifas en el interior del país con respecto a desayunos, almuerzos y cenas, establecidas en la reforma reglamentos de gastos de viaje y transporte para funcionarios públicos (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2021). En cuanto al presupuesto del transporte este fue obtenido mediante la tarifa en colones por kilómetro recorrido establecido en la Ley de Contratación Administrativa de la Contraloría General de la República sobre Resolución kilometraje (Contraloría General de la República, 2022).

Tabla 4.1 Distribución del presupuesto de proyecto.

Rubro	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	Observaciones
Costos Directos					
1. Equipo Técnico					
Servicios Profesionales de monitoreo de naciente	16	Horas	€37 700	€603 200	Asumidos por FOCAES-Extensión
Equipo computacional	2	Unidad	€0	€0	Equipo personal
Paquete Office	2	Unidad	€0	€0	Licencia estudiantil
Software QGIS	2	Unidad	€0	€0	Licencia Libre
2. Análisis de Laboratorio					
Análisis Calidad del Agua	42	Análisis	€0	€0	Asumidos por la ASADA trimestralmente

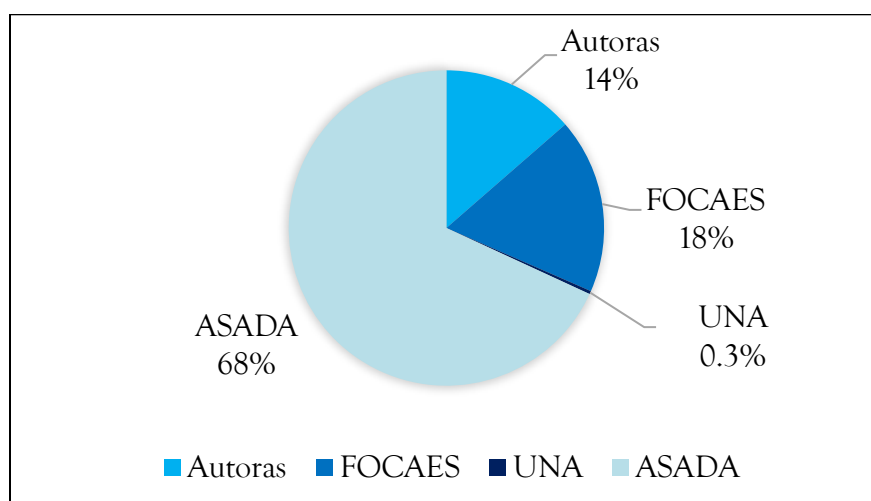
3. Contratación					
Honorarios Profesionales	605	Horas	€3134.14 2	€3 792 302	El monto contempla dos profesionales, de acuerdo con las horas trabajadas según el CFIA y código de trabajo.
Costos Indirectos					
1. Gastos Administrativos					
Servicio de Internet	10	Meses	€22 300	€446 000	Servicio para dos personas, proporcionado mensualmente por LIBERTY
Factura Telefónica	10	Meses	€10 000	€200 000	Servicio para dos personas, proporcionado mensualmente por el ICE
2. Gastos Operativos					
Material Talleres	1	Días	€43 500	€43 500	Incluye papelería y refrigerio.
Material Entrevistas	4	Días	€2 900	€2 900	Incluye papelería
Charlas Educativas	1	Días	€30 000	€30 000	Asumidos por HIDROCEC
3. Seguros					
Pólizas	1	Año	€8 925	€17 850	Cubierta por la Universidad
4. Giras					
Alimentación	16	días	€27 600	€441 600	Incluye desayuno, almuerzo y cena para dos personas
Meriendas	16	días	€15 000	€240 000	Incluye bebidas, frutas y alimentos de consumo rápido para giras de campo.
Transporte	16	días	€27 450	€439 200	Se determina de acuerdo con el kilometraje de Liberia a Tronadora, lo estipulado por la Contraloría.
Hospedaje	5	días	€30 000	€150 000	Contempla para dos huéspedes

Equipo de Protección Personal	1	Unidad	€34 000	€68 000	Incluye botas de hule, capas para lluvia, mascarillas, protección solar, guantes
Botiquín de Primeros Auxilios	1	Unidad	€20 000	€20 000	Incluye medicamentos de venta libre como acetaminofén, antidiarreicos, mascarillas, alcohol, gasas, espadrapo, curitas, etc.
Subtotal				€6 494 562	
Otros Gastos					
Imprevistos	5%			€324 728	
IVA	13%			€844 293	
Total de Costos				€7 663 582	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Cabe mencionar, que parte de las inversiones realizadas para el proyecto en general serán cubiertas por el financiamiento del Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles (FOCAES), mientras que otra parte será financiada por la misma ASADA y las autoras del presente trabajo (Figura 4.1).

Figura 4.1 Distribución del financiamiento del proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con base a lo anterior, en cuanto a los aportes realizados por la ASADA esta cubre lo que son los análisis de calidad del agua. Los honorarios son ad honorem, esto quiere decir

que los autores ofrecen su servicio sin contar con un pago económico, los mismos se determinan de acuerdo con lo estipulado por el Colegio de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, donde la hora profesional es de ₡37 700, haciendo hincapié que el desarrollo del proyecto tomó un alrededor 605 horas siendo esta para dos profesionales en un período de ocho meses. Los demás gastos son cubiertos por FOCAES y solo un pequeño porcentaje por las mismas autoras en el caso de los gastos por internet, líneas telefónicas y en consumos relacionados al uso del equipo computacional.

4.3 Estudio Legal

La ASADA de Tronadora está inscrita en el Instituto de Acueductos y Alcantarillados mediante el código operadora N°254 y el código geográfico (5) 5-08-03 (AyA, 2014). Por otro lado, en el año 2021, se dio la aprobación del proyecto de Ley No. 8776 para que las ASADAS sean entidades no sujetas al impuesto sobre la renta, con el fin de fortalecer la gestión de las mismas y ampliar el rango de operatividad por lo que cabe resaltar que la ASADA de Tronadora se mantiene en constante seguimiento de la exoneración del Ministerio de Hacienda. Se hace necesario puntuar el marco legal que permite la ejecución del presente proyecto, es decir, las regulaciones que debe asumir una ASADA como ente prestador de servicios de agua potable en las comunidades y la relación con el PSA.

Tabla 4.2 Marco legal asociado a la propuesta del Plan de Seguridad del Agua en la ASADA de Tronadora.

Legislación	Fecha	Lineamiento del Marco Legal
Artículo 50.	1994	El Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Constitución Política de Costa Rica, 1994).
Resolución RE-0231-JD-2020 Política Regulatoria sobre el acceso al agua potable y saneamiento de aguas residuales.	2020	La Ley N°9849 indica la modificación del artículo 50 de la Constitución Política mismo que estipula que “Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones” (SCIJ, 2020)
N° 42582-S-MINAE Reglamento de las Asociaciones Administradoras de	2020	El AyA es el ente rector técnico en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y/o saneamiento de las aguas residuales, ejercerá todas las actividades propias del control, vigilancia, fiscalización, evaluación, normalización, planificación sectorial de los servicios de agua potable y saneamiento de aguas residuales y dirección de la gestión que

Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales.		realizan las ASADAS, ya que la gestión del sistema corresponde a la ASADA por delegación del AyA (SCIJ, 2020).
N° 38924-S-2015 Reglamento para la calidad del Agua Potable	2015	El reglamento considera que 1°- El Ministerio de Salud, tiene como misión garantizar la protección y mejoramiento del estado de salud de la población. 2°- Ley General de Salud, la salud de la población es un bien de interés público. 3°- El Estado tiene la responsabilidad de garantizar el bienestar de los ciudadanos. 4°- Los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobado en la Cumbre del Milenio en su Objetivo 7, Meta 10, establece que el agua potable segura es un requisito indispensable para la salud. 5°- La presencia de sustancias químicas y de agentes biológicos y físicos en aguas de consumo humano, pueden afectar la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas. 6°- Que el recurso hídrico es patrimonio y un bien de dominio público del Estado. 7°- Las entidades públicas y privadas que funjan como operadores de acueductos de agua potable deberán de ajustarse a lo establecido en el reglamento, a fin de garantizar la calidad del agua (SCIJ, 2015).
Directriz N° 032-S Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud	2018	El artículo 3° estipula que Los Planes de Seguridad del Agua, como estrategia de gestión de los riesgos en los acueductos, no sustituye la aplicación del Decreto Ejecutivo N° 37083-S "Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano" ambos son de acatamiento obligatorio para todos los sistemas de acueductos del país.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

De acuerdo con lo estipulado en el marco legal, se puede evidenciar que la propuesta de un Plan de Seguridad del Agua posee obligatoriedad, además, el mismo implementa medidas de control para la mitigación de riesgos ante la salud de la comunidad, así como la gestión de la provisión del servicio de agua potable por lo que se puede determinar que existe la viabilidad legal para la ejecución del proyecto.

4.4 Estudio Ambiental

La Secretaría Técnica Nacional es el principal órgano encargado de armonizar el impacto ambiental con los procesos productivos, realizan la clasificación según la magnitud del impacto ambiental, en la Resolución 2373-2016-SETENA se considera como de muy bajo impacto ambiental las siguientes actividades atinentes a una ASADA: 1. Ampliación, remodelación, operación y mantenimiento de captaciones de agua y casetas de bombeo y su equipo en sistemas de distribución de agua y alcantarillado sanitario existentes. 3. Instalación y construcción de casetas de bombeo y su equipo, menores de 300 m², en sistemas de

distribución de agua y alcantarillado sanitario existentes. 4. Instalación de hidrantes. 5. Reparación, rehabilitación, mantenimiento en la red sanitaria, red de acueducto y red de aguas pluviales, ya existentes, que no implique aumento en la cobertura del área del proyecto. 6. Reparación o mejora de caños de desagüe y otras obras de mejoras hidráulicas para viviendas unifamiliares, edificios u oficinas (MINAE, 2016).

De acuerdo con lo estipulado por SETENA, se evidencia que para el cumplimiento de los objetivos del proyecto se van a realizar actividades que no poseen ninguna magnitud de impacto ambiental, o bien con bajo impacto ambiental, por lo que se considera un proyecto ambientalmente viable.

4.5 Estudio Social

Un PSA es una herramienta que busca la seguridad hídrica para las personas de una población o comunidad, para que el agua que es consumida sea segura para la salud humana (OPS y OMS, 2013). Este plan de seguridad contribuye al control de calidad del recurso hídrico que abastece a la comunidad, para ello es importante que las personas abonadas se involucren en el proceso ya que estos se verán beneficiados con el buen funcionamiento del servicio de abastecimiento y disposición.

Según con lo expuesto por Sapag et al., (2014), para determinar la viabilidad social de un proyecto en específico, primeramente, se tiene que demostrar que se cumpla con los intereses de la comunidad. Para ello es importante tomar en cuenta la percepción de los actores claves, así como también de la comunidad. De los actores que se encuentran involucrados se destaca primeramente la presidenta de la ASADA y los demás miembros que forman parte de la Junta Directiva, además del personal administrativo y el equipo de trabajo del acueducto, a su vez, involucrar a un representante del Ministerio de Salud y a un representante del AyA.

Por medio de reuniones y asambleas junto con la Junta Directiva se ha dado a conocer toda la información relevante en cuanto al proyecto a ejecutar, demostrando esta una posición positiva ante la propuesta de la realización del PSA en el respectivo acueducto, ya que esto provee un gran beneficio a la comunidad en cuanto a la mejora de la gestión del acueducto. Por otra parte, la comunidad también ha dado a conocer por medio de las asambleas su

aceptación al proyecto, no obstante, se aplicarán entrevistas a los demás abonados para conocer de manera formal su percepción en cuanto al proyecto y la gestión de la ASADA.

4.6 Conclusión

A partir del estudio de prefactibilidad analizado anteriormente, se demuestra que el proyecto a realizar cuenta con una correcta viabilidad en cuanto a los estudios técnicos, financieros, legales, ambientales y sociales, por lo tanto, se logra proceder con la formulación de la metodología correspondiente para el desarrollo del PSA.

Metodología

Capítulo 5.

En el capítulo anterior se logra demostrar la viabilidad del proyecto el cual proyecta resultados positivos, por lo tanto, se procede a formular la metodología que corresponde a la elaboración de la propuesta del PSA. El presente capítulo consiste en formular y describir las diferentes estrategias, actividades y diferentes aspectos a considerar para el alcance del proyecto, a su vez se presenta el cronograma y ruta crítica que conlleva la elaboración de la propuesta del plan de seguridad.

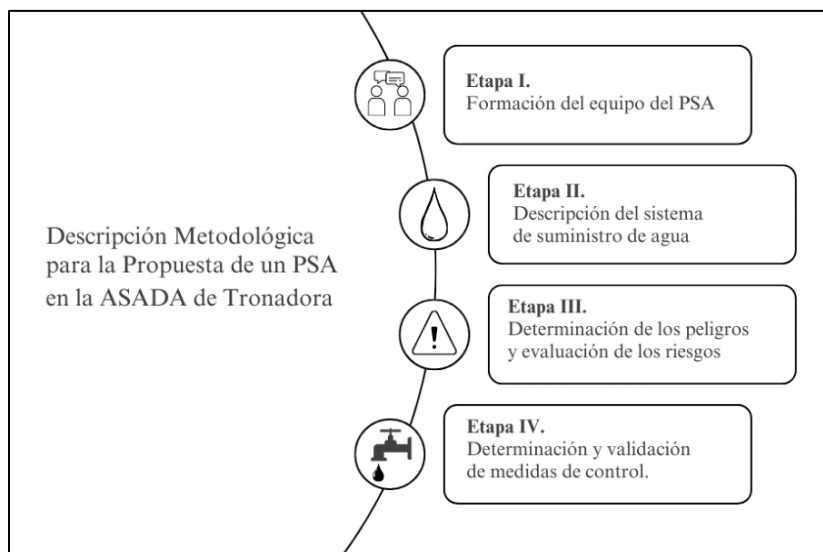
Capítulo 5. Metodología

5.1 Descripción General de la Metodología

Este trabajo posee un enfoque de investigación mixto, el que sostiene fortalezas tanto en la parte cuantitativa como en la cualitativa, ya que la elaboración del proyecto demanda una alta exploración de datos para la obtención de mejores resultados (Cedeño, 2012). En cuanto a los datos cuantitativos se incluyó el análisis de los informes de calidad de agua, en los cálculos para la identificación de riesgos y en cuanto a la parte cualitativa esta correspondió a la obtención de datos por medio de las encuestas en donde la información que se brindó se encuentra relacionada a la percepción de los abonados y actores claves para la identificación de peligros y riesgos.

El proceso metodológico desarrollado se basó según la metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo de la OMS descrita por Bartram et., al (2009). Esta misma consiste en ser un manual específicamente para el desarrollo de planes de seguridad del agua que se encuentra dividido en 11 módulos, sin embargo, al ser este proyecto una propuesta, se desarrolló las primeras cuatro etapas que consisten en la preparación del plan y en la evaluación del sistema de acueducto (*Figura 5.1*).

Figura 5.1 Metodología para la propuesta del Plan de Seguridad del Agua.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.1.1 Etapa I. Formación del Equipo

Para la elaboración de un plan de seguridad del agua primeramente se conformó el equipo de trabajo, el cual se encuentra compuesto por algún miembro representante de la comunidad, por ciertos actores sociales como miembros de la ASADA, personal de fontanería y personas representantes de entidades como del Ministerio de Salud, del AyA u otro ente rector en cuanto a calidad y gestión del agua. Cabe mencionar que las personas que forman parte del equipo de trabajo deben estar capacitadas con conocimientos técnicos en temas relacionados al sistema operativo del acueducto, sistemas de gestión y en conocimientos relativos a la calidad del agua, así como también comprender las leyes y reglamentos que involucran al marco normativo sobre la prestación de servicios y aquellos relacionados con la calidad y potabilización del agua. Por otro lado, es importante que el equipo de trabajo esté dispuesto a formar alianzas con intercambio de saberes, abiertos a la comunicación asertiva y participación.

5.1.2 Etapa II. Descripción del Sistema de Suministro de Agua

A partir de la formación del equipo de trabajo, se abordó la siguiente etapa, la que consistió en describir el sistema de conducción/distribución del acueducto con el fin de garantizar la veracidad de la documentación existente sobre el tratamiento y el suministro para proceder con la evaluación y gestión de riesgos (Bartram et al, 2009). Para ello se realizó un diagrama detallando los compuestos del sistema de suministro. Antes de realizar el diagrama se tomó en cuenta la revisión de documentos relacionados a las zonas de abastecimiento para mayor precisión, al no contar con los mismos, se requirió la realización de uno nuevo con los puntos de referencia actualizados por medio de un sistema de información geográfica.

5.1.3 Etapa III. Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos

En esta etapa se identificó y determinó los peligros y riesgos a los que se encuentra expuesto cada compuesto del sistema del acueducto según la metodología empleada. Para ello se clasificó cada evento peligroso de manera sistemática, esto junto con los demás peligros que se encontraron asociados y la magnitud de gravedad de cada uno de ellos.

5.1.4 Etapa IV. Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos

De los riesgos y peligros identificados en la etapa anterior, se establecieron medidas de control que fueron validadas para cada uno de los riesgos y amenazas, para así seguir con la gestión íntegra del recurso dentro del sistema. A su vez, es fundamental el accionar de los integrantes de los miembros del equipo de trabajo para mantener controlados y monitoreados los riesgos con el fin de eliminar, mitigar y prevenir los riesgos para eventos futuros. Para esta etapa se elaboró un documento técnico en el que se proyectan las medidas de control que garantizan la adecuada gestión de la ASADA, esto a partir del manual para la elaboración de un PSA.

5.2 Población y Muestra del Estudio

El objeto de estudio del presente proyecto son las ASADAS de Costa Rica, estas ascienden a más de 2000 organizaciones comunales que administran los sistemas de acueductos y alcantarillados comunales, bajo un esquema de delegación, acordado con el AyA, mediante un Convenio de Delegación de Administración (Dirección de Agua, 2023). Sin embargo, se imposibilita realizar un estudio de tal magnitud por lo que se dio un muestreo no probabilístico de la población con el método intencionado. Según Hernández (2021), una muestra elegida por conveniencia del investigador permite elegirse de manera arbitraria cuántas personas puede haber en el estudio. La muestra se seleccionó de tal manera a que la Junta Directiva mostró interés para la realización del proyecto, además de la cercanía que se posee con las sustentantes del proyecto. El HIDROCEC, centro de investigación en la sede, establece relación con la ASADA por medio del proyecto de extensión FLUS, por lo que han podido evidenciar la participación de la ASADA en actividades para el fortalecimiento de la misma.

5.3 Métodos y Herramientas Seleccionadas para la Elaboración del PSA

Para la realización de un PSA, se requirió de ciertas metodologías y herramientas óptimas para completar con las etapas de ejecución del proyecto y cumplir con los objetivos establecidos. De acuerdo con Behar (2008), las técnicas empleadas para una investigación buscan la verificación del problema planteado, las cuales determinan las respectivas

herramientas, instrumentos o métodos que serán empleados para el trabajo. A continuación, se muestran detalladamente la aplicación de las metodologías y la utilización de distintas técnicas durante el proceso de la elaboración de la propuesta.

5.3.1 Obtención de Datos durante la Elaboración del PSA

Para la ejecución de la propuesta del PSA, se realizó una serie de actividades para obtener los datos necesarios y llegar a resultados satisfactorios. Muchas de estas actividades se realizaron junto con el equipo de trabajo y demás actores claves quienes han aportado durante el proceso del proyecto. Las actividades se llevaron a cabo a partir de ciertas técnicas seleccionadas que facilitaron el proceso para la obtención de los resultados. Entre las principales técnicas utilizadas en función con la ejecución de cada etapa del proyecto se realizó grupos focales, observaciones y se aplicaron encuestas.

En primer lugar, los grupos focales permitieron llevar a cabo la primera etapa del proyecto, el cual consistió en formar el equipo para el PSA. Por lo tanto, se organizaron reuniones para la valoración de los roles que desempeñan cada miembro de la ASADA, además de las experiencias que cada uno de ellos han adquirido, y así seleccionar un equipo de trabajo capacitado para desempeñar labores dentro del PSA. Para la segunda etapa, por medio de observaciones, se describió el sistema de suministro, para ello se realizaron giras de campo y se analizaron los registros e información proporcionados por la ASADA, con el fin de reconocer el sistema de acueducto e identificar los componentes que forman parte de estos sistemas empleados por la ASADA.

Por otro lado, se dio la aplicabilidad de las Guías de Inspección del Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA), para la evaluación y gestión de los riesgos. Para ello se realizaron encuestas para la valoración de la percepción de los usuarios en cuanto a los riesgos y peligros que se presentan en el acueducto que puedan estar tentando con la seguridad del servicio. La herramienta permitió clasificar y evaluar factores de riesgo presentados en cada componente del sistema de acueducto, en relación con los resultados que se obtuvieron en las visitas de campo y encuestas realizadas, esto mediante la categorización del nivel de riesgos asociados a un código de color designado según con las respuestas obtenidas (*Anexo 5.1; Anexo 5.2; Anexo 5.3*). Por último, se volvió a aplicar la herramienta

del grupo focal para conocer y validar las medidas establecidas para una mejor gestión del acueducto, en base de los resultados que se obtuvieron en las fases anteriores.

A. Muestra Determinada para Aplicar Instrumento. Se realizó un estudio por medio de un muestreo para la selección de personas a las que se les aplicó el instrumento, debido al factor de tiempo, costos económicos y por la magnitud de población dentro de la ASADA que se posee; visto que la población está compuesta por varios sectores, se consideraron estratos que representen a cada uno de ellos, de acuerdo con la cantidad de abonados, por lo que se realizó un muestreo probabilístico de tipo estratificado ya que fue lo ideal considerando el tipo de población.

Según Porras (2017), un muestreo estratificado implica dividir a la población en clases o grupos (sectores de abonados), denominados estratos donde se toma una submuestra a partir de cada estrato mediante un procedimiento aleatorio simple, de modo que para obtener la muestra general se combinan las submuestras de todos los estratos. La fracción de muestra que se tomó es de 1/15, es decir por cada 15 personas se encuestó a 1 persona con un total de 56 encuestas para conocer la percepción que tiene la población sobre la gestión de la ASADA.

Tabla 5.1 Distribución de abonados por sector según la fracción de muestra elegida.

Sector	Abonados	Muestra final
El Centro	86	6
El Zancudero	44	3
El Silencio	57	4
Linda Vista	54	4
Los Juanes	53	4
Las Palmas	112	7
La Península N°1	72	5
La Península N°2	46	3
Los Solanos	41	3
El Roble	92	6
Llama Azul	116	8
La Esperanza	67	4
Total	840	56

Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.3.2 Procesamiento de datos obtenidos durante el proceso del PSA

Para el procesamiento de los datos se realizaron reuniones y minutas junto con el equipo de trabajo y demás miembros de la ASADA sobre todo para procesar los datos

obtenidos en la primera etapa sobre la conformación del equipo de trabajo, para la determinación y validación de las medidas de control. Por otro lado, para procesar los datos de la segunda etapa esta se dio por medio de informes técnicos al igual que para la cuarta etapa del proyecto, o bien por medio de un sistema de información geográfico en donde se proyectaron las ubicaciones de los componentes del acueducto. También se utilizó las hojas de cálculo del Microsoft Excel principalmente para la formulación de problemas, realización de cálculos matemáticos y tabulación de los resultados, esto principalmente para la elaboración de la etapa de evaluación de riesgos.

5.3.3 Interpretación de los datos obtenidos en la elaboración del PSA

En cuanto a la interpretación de los datos primeramente en la etapa 1 se dio la identificación de fortalezas y conocimientos técnicos de cada miembro, aquí se analizó qué tan capacitados se encuentran para formar parte del equipo del PSA para la comunidad. En cuanto a la descripción del sistema de suministro de agua, se elaboró un diagrama que comprende los compuestos que integran el sistema para una mejor visualización, además de la utilización de un SIG para una mejor proyección. En relación con la interpretación de los datos para la tercera etapa se realizaron los cálculos correspondientes para la evaluación de los riesgos y los resultados se determinaron por medio de lo estipulado en el manual de desarrollo para PSA de la OMS y con la herramienta SERSA. Por último, para la cuarta etapa se desarrolló una planificación de medidas de control en donde se realizó un análisis para la evaluación de las mismas.

5.3.4 Validación de los datos obtenido en la elaboración del PSA

Todo el proceso que se elaboró para el PSA se basó según el manual para el desarrollo de seguridad del agua, el cual se encuentra establecido por la OMS, mismo que ha sido base fundamental para la gestión integral de acueductos por todo el mundo, por lo tanto, la validación de los datos obtenidos se encuentra bajo lo estipulado en esta metodología. Además, para la etapa tres del proyecto en donde se identificaron los riesgos del acueducto, se desarrolló por medio de la Guía de Inspección del Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud el cual forma parte del Reglamento para Calidad del Agua Potable cuyo objetivo es identificar los principales factores de riesgo que se presentan en las instalaciones de los componentes de los sistemas de acueducto para el abastecimiento (Barrantes, 2017). El

reglamento para Calidad de Agua Potable de Costa Rica decreta la aplicación de la metodología SERSA, aplicada por el Ministerio de Salud para la evaluación de riesgos sanitarios en cada elemento del sistema de suministro de agua para consumo (SCIJ, 2015). A partir de lo estipulado anteriormente, se estableció que existe una correcta validación en cuanto a la metodología y procesos empleados para la elaboración del presente proyecto.

5.4 Distribución de Actividades y Tareas Durante la Creación del PSA

La creación de la propuesta de un PSA requirió de una organización para optimizar costos y tiempo del proyecto que se ejecutó, el cual se realizó desde el mes de marzo hasta noviembre del año 2023, la distribución de las actividades es de suma importancia para cuantificar los costos que implican cada una de ellas.

5.4.1 Presupuesto de Actividades

Determinar el presupuesto de acuerdo a cada una de las etapas del proyecto permitió una planificación de los gastos, es decir, existe fondos direccionados específicamente para el inicio de la planeación del proyecto, para la formulación, recolección de datos, evaluar si es factible su realización, sin embargo, también existe un presupuesto que se destinó para cada una de las actividades (*Anexo 5.4*) que se realizaron para la operación del proyecto y para concluir con un cierre exitoso, estas prácticas están relacionadas estrictamente con el tiempo en cronogramas del proyecto, llevar ambas simultáneamente permite no sobrepasar los costos que se proyectaron para concretarlo.

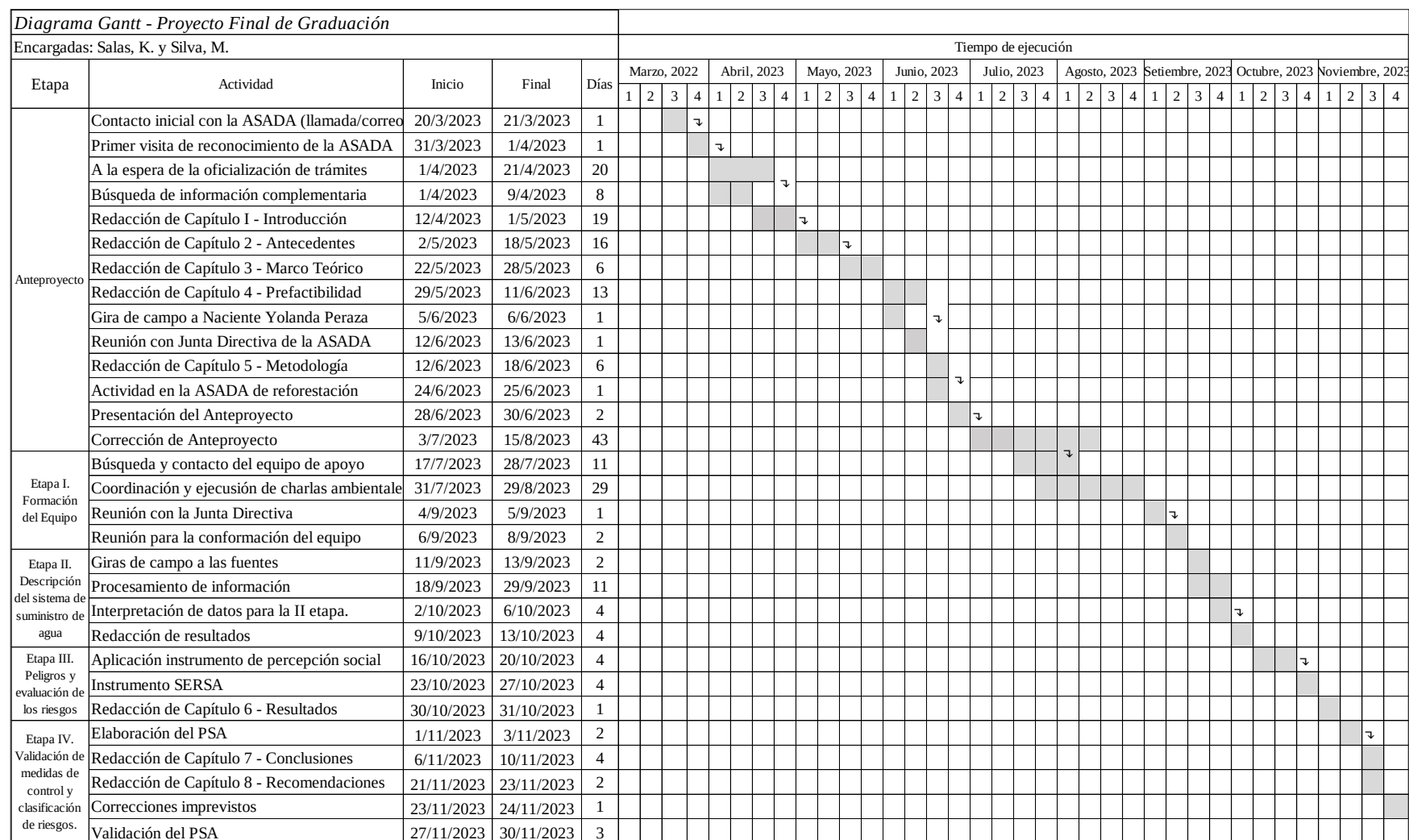
Según Sapag et al. (2014), hay dos maneras de clasificar un proyecto a nivel de costos, considera los costos de inversión al inicio del proyecto (CAPEX) es decir, en el anteproyecto se cuantifican ₡594 800 (quinientos noventa y cuatro mil ochocientos colones), mismos que involucran actividades como visitas de reconocimiento, búsqueda de información complementaria, redacción y giras de campo. Mientras que también existen los costos para la operación del proyecto y asimismo mantener su ejecución hasta el final (OPEX), siendo estos para el presente proyecto de ₡3 627 250 (tres millones seiscientos veintisiete mil doscientos cincuenta colones), aportando la mayor cantidad de inversión del proyecto, siendo de mayor valor los servicios profesionales y materiales para la aplicabilidad de instrumentos.

5.4.2 Cronograma de Actividades

El diagrama de Gantt cuantifica las actividades del proyecto, es decir, el inicio y fin lo que conlleva en días, como lo es el caso del presente proyecto, el cual tuvo una duración de aproximadamente nueve meses, por medio de etapas desde la realización del anteproyecto hasta la ejecución del mismo. La etapa del anteproyecto involucra el contacto inicial que se dio con la ASADA, misma que se dio a través del correo electrónico y llamadas hacia la oficina de la institución. Se ideó visitar el lugar con el fin de dar a conocer el proyecto para mantenerse a la espera de aceptación por los demás miembros de la Junta Directiva, se cuantifican los días siendo esto de 22 días, posterior a la aprobación se dio la búsqueda de información complementaria, redacción de los capítulos iniciales, visitas a campo para reconocer las fuentes lo cual se dio a través de 80 días distribuidos en cuatro meses.

Para la etapa de ejecución se concluyó tras pasar cuatro meses de la primera etapa, para llegar a la elaboración del PSA; la actividad que requirió mayor tiempo es la depuración de datos obtenidos, ya que, por medio de giras de campos, observaciones y análisis de datos, para llegar a los resultados y toma de decisiones. Por otra parte, el tiempo estipulado para actividades como la herramienta de la percepción social o las visitas a las fuentes, se adaptaron según la disponibilidad del equipo de fontaneros para proporcionar el recorrido de las mismas, asimismo, factores limitantes para la aplicabilidad del instrumento de percepción social.

Figura 5.2 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para la ejecución del proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.4.3 Ética en la Investigación

Es de suma importancia involucrar la ética en los proyectos, de la misma se deriva la ética social, para Vigo (2014), es aplicada a la prestación de servicios hacia un cliente al que se le va a proveer un determinado beneficio, por eso desde ella es posible identificar a aquellos profesionales excelentes, regulares o malos. Ese juzgamiento ético podemos verlo desde las exigencias que pesan para la “buena” prestación del servicio, o también desde el resultado beneficioso que genera la misma. Las sustentantes del presente proyecto cuentan con el aval para la ejecución de proyectos ante el CFIA, mismo que sustenta el quehacer de la profesión por lo que es importe destacar lo estipulado.

El Diario Oficial La Gaceta (1995) estipuló el artículo 18, mismo que indica que los miembros incorporados al CFIA, en la prestación de sus servicios, servirán con fidelidad, responsabilidad y lealtad a sus empleadores y clientes, asimismo, en el artículo 19 se estipula que los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, mediante razón fundada, notificarán a sus empleadores y clientes cuando estimen que el trabajo encomendado no tendrá el éxito esperado por aquellos.

Por otra parte, en el artículo 20, se indica que los miembros incorporados al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, deberán abstenerse de divulgar, usar o dar razón de cualquier información confidencial de la que hayan tenido conocimiento en virtud de la prestación de sus servicios, salvo que la ley los obligue a ello. Son tres artículos valiosos que como profesionales damos por hecho el cumplimiento de los mismos, la generación de información transparente, resultados veraces y fidedignos para la toma de decisiones en la comunidad de Tronadora.

5.5 Conclusión

La fase metodológica consistió en cuatro etapas, primeramente, la formación del equipo de trabajo para la elaboración del PSA, seguido por la parte estructural mediante la descripción del sistema de suministro de agua. Posteriormente se identificaron los peligros y se evaluaron los riesgos con el fin de determinar y validar las medidas de control para clasificar los riesgos de acuerdo con la herramienta SERSA. Es importante destacar que

debido al papel regulador de la seguridad del agua que ejerce el Ministerio de Salud, se seleccionó la herramienta de la principal institución para la determinación de riesgos.

El PSA que se posee en la actualidad determinó los riesgos por medio de la herramienta Gestión Integral de Riesgos en ASADAS (GIRA), por lo que hacerlo con Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA) permitió observar diferentes variables para considerar el buen funcionar del sistema del acueducto. La aplicación de la metodología permitió llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos del proyecto, asimismo, visualizar la factibilidad a nivel de tiempo y costos, realizando una proyección de nueve meses aproximadamente en los que se elaboró la propuesta del Plan de Seguridad del Agua para la ASADA de Tronadora.

Resultados y Discusión

Capítulo 6.

En el presente apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología propuesta para la elaboración del Plan de Seguridad del Agua. A su vez se muestran los principales hallazgos obtenidos en el transcurso de la elaboración del PSA y la aplicación de la herramienta SERSA. Por otro lado, se analizan los resultados obtenidos del instrumento generado para la percepción social en donde se expone el punto de vista de los ciudadanos en relación con la gestión del recurso hídrico y el servicio que brinda la ASADA.

Capítulo 6. Resultados y Discusión

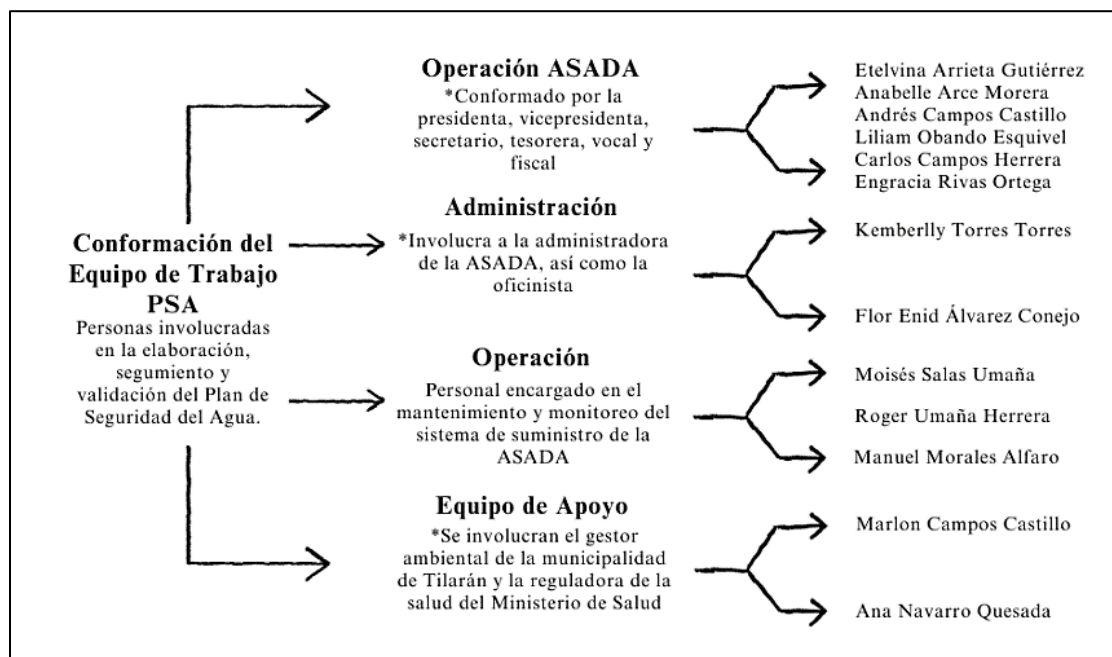
6.1 Análisis de Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de cada etapa de la metodología para la elaboración del PSA. Los resultados incluyen las personas que forman parte del equipo de trabajo con sus respectivos cargos y funciones dentro del equipo. Además, se realiza una descripción general de sistema de acueducto, el cual incluye desde la fuente de captación hasta el sistema de suministro. Por otro lado, se obtienen los resultados a partir de la aplicación de la matriz de riesgo SERSA y la validación de las medidas de control.

6.1.1 Etapa I: Formación del Equipo

La función principal de la creación del equipo del PSA es para dar seguimiento a lo propuesto en el plan. A su vez las personas involucradas son quienes se hacen responsables de velar por el cumplimiento de lo establecido y brindar apoyo para que se dé la correcta gestión del recurso hídrico.

Figura 6.1 Equipo de PSA del acueducto de la ASADA de Tronadora, Tilarán.



Nota: *Léase correctamente en el mismo orden de cada equipo.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Las personas involucradas en el equipo de trabajo son parte de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua, para dicha conformación se dio la realización de reuniones en las cuales cada uno de los integrantes participó y se dio el aporte de ideas según su área de trabajo, asimismo, se asignó responsabilidades y roles para la elaboración del PSA. Cabe resaltar que la Junta Directiva da la colaboración de validar cada una de las ideas e iniciativas surgidas por las sustentantes del proyecto, de igual forma, el equipo técnico se compromete a coordinar junto con la administradora las diferentes visitas en el campo a los sistemas de abastecimiento para la toma de datos en las siguientes etapas.

Por otro lado, el equipo de apoyo da la colaboración en situaciones de riesgo y emergencia que afecten al medio ambiente y la salud pública, sin dejar de lado las recomendaciones que puedan brindar a través de la multidisciplinariedad y una posterior validación de la propuesta. Es importante mencionar que, se dio la solicitud del apoyo por parte del ente rector de Acueductos y Alcantarillados propiamente en el cantón de Tilarán, mismo que indicó la imposibilidad de participar en el PSA debido a falta de personal que pueda suplir el seguimiento a actividades adicionales a las laborales, es por ello que en la conformación del equipo de trabajo del PSA no se muestra dicha participación (*Figura 6.1*).

Sin embargo, se cuenta con la disposición de parte del gobierno local del cantón de Tilarán por medio del señor Marlon Campos Castillo, quien se involucra como gestor ambiental de la municipalidad del cantón. Este mismo cumple con la función de colaborar en situaciones de riesgo frente a alguna amenaza de salud ambiental, además de dar capacitaciones en materia de gestión, cuidado y protección al medio ambiente.

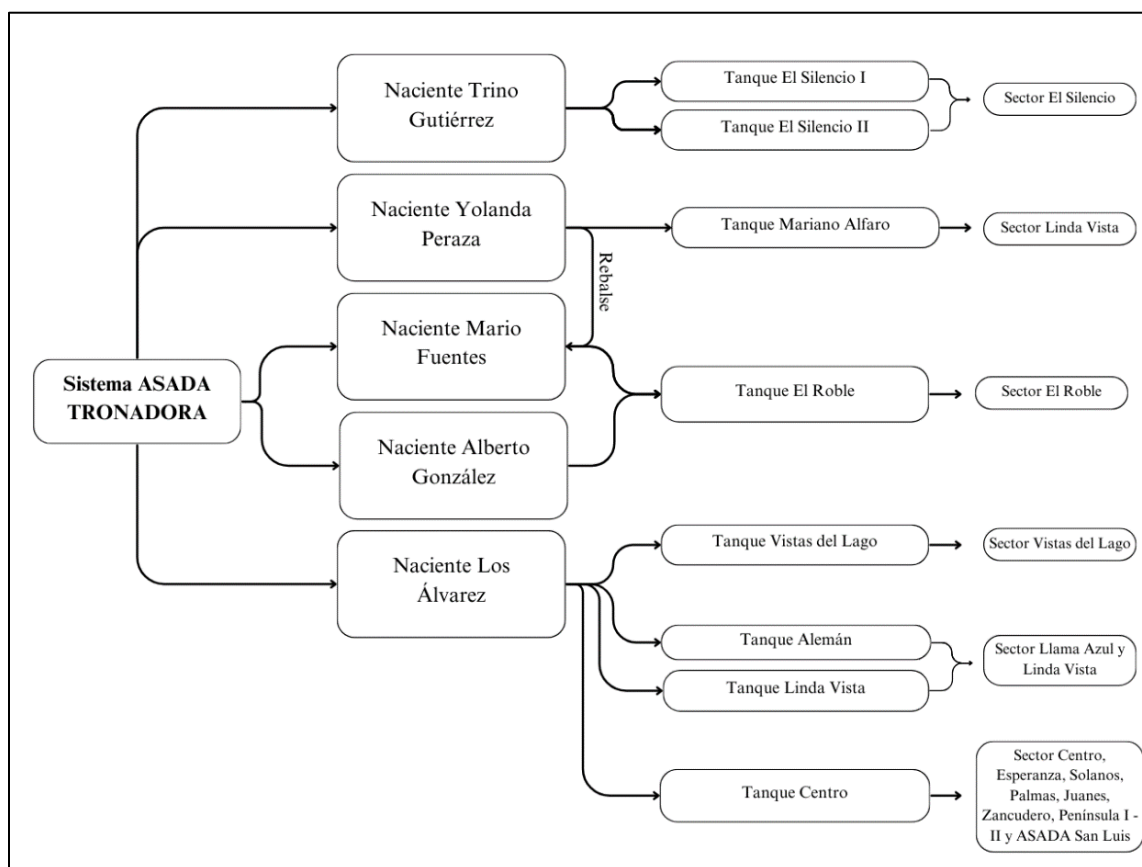
A su vez, se involucra también un representante del Ministerio de Salud, en esta ocasión se cuenta con la colaboración de la señorita Ana Navarro Quesada, quien ejerce sus funciones como reguladora de la salud, dispuesta en brindar su apoyo en situaciones de riesgo y emergencia que presente el acueducto y este atente contra la salud pública.

6.1.2 Etapa II: Descripción del Sistema de Suministro de Agua

A continuación, se presenta la segunda etapa de la propuesta del PSA, el cual consiste en la descripción del sistema del acueducto administrado por la ASADA, en aspectos, físicos, de calidad de agua y sociales.

A. Diagnóstico de los Componentes del Sistema de Acueducto. A partir del diagnóstico que se realiza en los diferentes componentes del sistema en el acueducto durante las visitas de campo se da la obtención de los principales resultados y hallazgos entorno a las estructuras.

Figura 6.2 Esquema general de la distribución del acueducto de la ASADA de Tronadora, Tilarán.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

La ASADA Tronadora suplente la demanda hídrica a la población por medio de 5 fuentes de abastecimiento de tipo naciente, redirigidas a partir de la gravedad de los terrenos en los que se encuentran hacia cada uno de los tanques de almacenamiento. Las nacientes se nombran de la siguiente manera: “Yolanda Peraza”, “Trino Gutiérrez”, “Los Álvarez”, “Alberto González” y “Mario Fuentes”, sumado a esto, cuenta con siete tanques de almacenamiento llamados “Tanque Mariano Alfaro”, “Tanque Linda Vista”, “Tanque Vistas del Lago”, “Tanque Alemán”, “Tanque El Roble”, “Tanque El Centro”, “Tanque El Silencio I y II”. Es importante mencionar que el Sector Linda Vista comprende el residencial Vistas

del Lago donde se encuentra el tanque de almacenamiento con su mismo nombre, la conducción del mismo es por gravedad, según la necesidad de la urbanización, sin embargo, la distribución interna del residencial es por bombeo, función que es ajena a la ASADA. Por otro lado, la *naciente Yolanda Peraza* posee un rebalse, mismo que es redirigido hacia la *naciente Mario Fuentes*. Todos los tanques poseen sistema de desinfección por medio de cloración con la pastilla de ACL 90.

- Naciente Trino Gutiérrez

La *naciente Trino Gutiérrez* posee un caudal aproximado de 0.98 l/s, esta se ubica en la comunidad de El Silencio, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 400461.532, latitud 1158406.070. La fuente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, es de fácil acceso y está enterrada; para su ingreso se debe de recorrer alrededor de 700m entre pendientes y zonas de potreros y pastizales. En el lugar donde se encuentra la naciente no existe malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado. Las estructuras cuentan con pintura protectora, respiraderos aptos, sin embargo, las paredes poseen grietas y las tapas de las cajas de registro se encuentran en condiciones no sanitarias sin protección que impide el paso y/o manipulación de las personas.

En el ámbito de calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia los *tanques I y II El Silencio* de manera cruda. Cabe resaltar que el poblado donde se encuentra la fuente se caracteriza por actividad ganadera y lechera (*Figura 6.3*), por otro lado, alrededor de la *naciente Trino Gutiérrez* existen canales perimetrales que permiten drenar las aguas provenientes de las montañas que se transportan por escorrentía. En la fuente hay presencia de raíces en los conductos de la captación, sin embargo, el equipo operativo vela por la limpieza de los mismos.

Figura 6.3 Presencia de actividad lechera y ganadera en las cercanías de la naciente Trino Gutiérrez.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Naciente Yolanda Peraza

La *naciente Yolanda Peraza* posee un caudal aproximado de 0.85 l/s, esta se ubica en la comunidad de El Silencio, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 400230.642, latitud 1158453.354. La fuente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de difícil acceso; para su ingreso se debe de recorrer alrededor de 500m entre pendientes y zonas de potreros y pastizales. En el lugar donde se encuentra la naciente no existe malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado. Las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma la tapa de la caja de registro se encuentra en óptimas condiciones.

En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia el *tanque Mariano Alfaro* de manera cruda, asimismo, el rebalse que se genera se redirige hacia la *naciente Mario Fuentes*. Los principales factores a los que la fuente se ve vulnerable son en las zonas perimetrales con gran cantidad de árboles (*Figura 6.4.a*) y las tuberías expuestas (*Figura 6.4.b*) sin protección que son susceptibles a deslizamientos o daños por el paso de fauna.

Figura 6.4 Condición actual de la Naciente Yolanda Peraza.



a) Zona perimetral de la fuente boscosa con pendientes marcadas.



b) Tubería expuesta sin protección ante desastres naturales.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Naciente Mario Fuentes

La *naciente Mario Fuentes* posee un caudal de 0,75 l/s aproximadamente, esta se encuentra ubicada en el *sector de Linda Vista*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 399887.84, latitud 1159765.01. La fuente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso, donde para su ingreso se debe de recorrer alrededor de 150m partiendo desde la calle, y se atraviesa un potrero de poca pendiente. En el lugar donde se encuentra la naciente no existe malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado. La naciente se encuentra debidamente rotulada y las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma la tapa de la caja de registro se encuentra en óptimas condiciones.

Anteriormente la fuente tenía dos salidas, ahora todo su caudal va redirigido hacia el *tanque El Roble*, al igual que el rebase de la *naciente de Yolanda Peraza* de manera cruda. Esta naciente al ser una de las más antiguas del sistema de acueducto, su estructura presenta condiciones de deterioro, las paredes de la captación se desmoronan debido a la humedad que recorre en ellas. A su vez, el acueducto se ha

visto afectado por el surgimiento de nuevas venas de agua internas en la naciente, ocasionando el escurrimiento de lodos y por ende la presencia de sedimento en el agua (*Figura 6.5.a; Figura 6.5.b*). Por otro lado, el lugar se encuentra rodeado de zona arbórea y taludes de tierra lo que hace que la naciente sea susceptible a deslizamientos y caída de árboles, dañando a la infraestructura de la captación y otros componentes como tuberías (*Figura 6.5.c*). Además, al no haber ningún tipo de protección al ingreso de la naciente, se puede ver afectado por la fauna.

Figura 6.5 Condición actual de la Naciente Mario Fuentes.



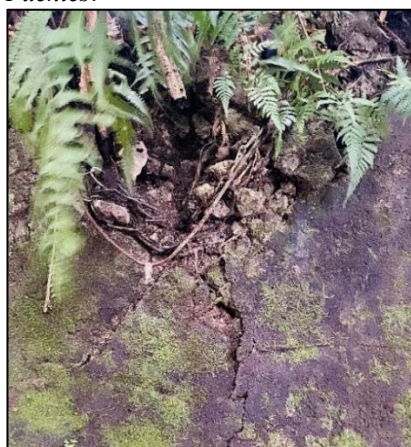
a) Sedimento cayendo de la infraestructura del sistema de captación.



b) Paredes deterioradas de la infraestructura de la *naciente Mario Fuentes*.



c) Tronco caído en las instalaciones de la naciente.



d) Grietas encontradas en el concreto de recubrimiento de la infraestructura, relacionado a las raíces de plantas.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Naciente Alberto González

La *naciente Alberto González* posee un caudal aproximado de 0.65 l/s, esta se ubica en la comunidad Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 399779.9994, latitud 1159800.061. La fuente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso; hay que ingresar por la *naciente Mario Fuentes* y recorrer aproximadamente 200m por zonas boscosas. Alrededor de la naciente no existe malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado. En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia el *tanque Mariano Alfaro* de manera cruda, asimismo el rebalse que se genera se redirige hacia la *naciente Mario Fuentes*. Las estructuras se encuentran sin pintura protectora, la tapa de la caja de registro se encuentra en condiciones deficientes y se da la acumulación de sedimentos alrededor de la fuente producto de la escorrentía producida por las fuertes precipitaciones (*Figura 6.6*).

Figura 6.6 Condición actual de la Naciente Alberto González.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Naciente Los Álvarez

La *naciente Los Álvarez* posee un caudal aproximado de 14.6 l/s, esta se ubica en el *sector de Vistas del Lago*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 401289.061 latitud 1159515.08. La fuente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA de difícil acceso, donde para su ingreso se debe de recorrer alrededor de 600m entre pendientes y zona boscosa. En el lugar donde se encuentra la naciente no existe malla de protección para el acceso restringido. Las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma la tapa de la caja de registro se encuentra en óptimas condiciones, además de contar con la rotulación adecuada.

En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye de manera cruda hacia el *tanque de Vistas del Lago* por medio de gravedad, asimismo su rebalse se redirige también hacia los *tanques Alemán, Linda Vista*, y el *tanque del Centro*. Los principales factores a los que la fuente se ve vulnerable son las zonas perimetrales que se encuentran gran cantidad de árboles y las tuberías expuestas sin protección que son susceptibles a deslizamientos o daños por el paso de animales (*Figura 6.7*).

Figura 6.7 Condición actual de la Naciente Los Álvarez.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanques I y II El Silencio

Los *tanques I y I El Silencio* poseen una capacidad de 10 m³ cada uno, estos se ubican en el poblado de El Silencio, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 400271.227, latitud 1158219.190. Los componentes se encuentran conectados entre sí, es una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, es de fácil acceso, está a nivel y son de plástico; está en una loma a 500m de la calle pública. En el lugar donde se encuentran los tanques no existe malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado, hay ausencia de caseta que regule la parte superior de los tanques (*Figura 6.8*).

Hay una estructura de concreto en la base de los tanques, el objetivo de esta es una mayor estabilidad en el asentamiento del componente, la misma se encuentra en obra gris; por otro lado, la tapa de los tanques no posee ningún seguro para impedir que estas sean abiertas. En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia el *sector El Silencio* de manera desinfectada por medio de cloración. Los principales factores a los que los tanques se ven afectados son ante la poca seguridad de acceso que poseen y, asimismo, a las fuentes de contaminación principalmente lechera y ganadera que existen en las zonas circundantes.

Figura 6.8 Condición actual de los Tanques I y II El Silencio.



Fuente: ASADA Tronadora, 2023.

- Tanque Mariano Alfaro

El *tanque Mariano Alfaro* posee una capacidad de 22.31m³, este se ubica en el caserío de Linda Vista, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 399998.7658 , latitud 1159887.585. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso, está asentado y es de concreto; contiguo a la calle pública. En el lugar donde se encuentra el tanque existe malla perimetral de protección para el acceso restringido, además, posee una caseta que cubre y protege todo el componente. Las estructuras cuentan con pintura protectora, por otro lado, la tapa de la caja de registro se encuentra con herrumbe.

En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia el *sector Linda Vista* de manera desinfectada por medio de cloración. Los principales factores a los que el tanque se ve afectado es ante la presencia de diferentes insectos y ranas que se encuentran en una de las cajas de registro donde ingresa agua por escorrentía (ya sea por precipitación o cuando se hacen limpiezas) misma que no tiene escape y se estanca (*Figura 6.9.a*) y, asimismo, la ruptura de la capa de protección del tanque (*Figura 6.9.b*).

Figura 6.9 Condición actual del Tanque Mariano Alfaro.



a) Componente del sistema para regular la presión donde almacena agua y no puede ser extraída.

b) Ruptura de la capa protectora del tanque en la parte trasera.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanque El Roble

El *tanque El Roble*, posee una capacidad de aproximadamente 99.87m³ y se encuentra localizado en el *sector del El Roble*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 399036.669, latitud 1160026.45. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso, donde para su ingreso se debe de recorrer alrededor de 100m de un terreno plano.

Es un tanque de tipo semienterrado y se encuentra revestido de concreto, además de poseer caseta de protección. Las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma las tapas se encuentra en óptimas condiciones, además de contar con la rotulación adecuada. Cabe mencionar, que el tanque posee respiraderos en la parte superior, acera perimetral en la parte baja de las paredes y malla perimetral para su protección.

En cuanto a la calidad del agua almacenada, alimenta a la población del *sector El Roble*, previamente desinfectada por medio de cloración. Además, se dispone de un tanque de reserva de 2500L, este es utilizado cuando se realizan limpieza del tanque y no tener que cancelar el servicio (*Figura 6.10.a*). Entre las vulnerabilidades que se identifican en el componente es que se da las posibilidades de ingresar animales pequeños como reptiles e insectos debido a la diversidad del ecosistema que lo rodea, el cual pueden perjudicar la calidad del agua almacenada (*Figura 6.10.b*).

Figura 6.10 Condición actual del Tanque El Roble.



a) Tanque El Roble y tanque de reserva de 2500L. **b)** Biodiversidad del ecosistema a los alrededores del tanque.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanque Vistas del Lago

El *tanque Vistas del Lago* posee una capacidad de 87.98m^3 , este se ubica en la *urbanización de Vistas del Lago*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 398944.7456, latitud 1160821.813. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, fácil acceso, está asentado y es de concreto; está contiguo a la calle servidumbre de la urbanización. En el lugar donde se encuentra el tanque existe malla perimetral de protección para el acceso restringido, sin embargo, se encuentra dañada por lo que cualquier persona ajena a la ASADA tiene ingreso al mismo. Las estructuras cuentan con pintura protectora, por otro lado, la tapa de la caja de registro se encuentra en óptimas condiciones.

En cuanto a calidad del agua de la fuente esta se distribuye hacia la urbanización Vistas del Lago de manera desinfectada por medio de cloración. Los principales factores a los que el tanque se ve afectado es ante la vulnerabilidad de ingreso de personas y/o fauna (*Figura 6.11.a*). Cabe resaltar que este componente mantiene un almacenamiento de $1/6$ del tanque, de acuerdo con su uso en la

urbanización (*Figura 6.11.b*), sin embargo, se hace hincapié a que la administración (mantenimiento y seguimiento) del mismo es por parte de la urbanización, la ASADA vende el servicio a través de bloques.

Figura 6.11 Condición actual del Tanque Vistas del Lago.



a) Ausencia de puerta para ingreso a la caseta de protección del tanque.



b) Nivel de agua en el que se encuentra el tanque de almacenamiento comúnmente.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanque Alemán

El *tanque Alemán*, se encuentra dividido entre dos tanques, el tanque #1 posee una capacidad de aproximadamente 30m³ y el tanque #2 de 24m³. Se encuentra localizado en el *sector de Linda Vista*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 400338.081, latitud 1160964.98. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso, en cual se puede encontrar contiguo de la calle pública.

Es un tanque de tipo semienterrado y se encuentra revestido de concreto, además de encontrarse en una caseta de protección. Las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma las tapas se encuentra en óptimas condiciones, además de contar con la rotulación adecuada. Cabe mencionar, que el tanque posee respiraderos en la parte superior, acera perimetral en la parte baja de las paredes y malla perimetral para su protección.

En cuanto a la calidad del agua almacenada, alimenta a la población de los sectores de *Llama Azul* y *Linda Vista*, previamente desinfectada por medio de cloración. Entre las vulnerabilidades que se identifican en el componente es que se da las posibilidades de ingresar animales pequeños como reptiles e insectos como gusanos, el cual pueden perjudicar la calidad del agua almacenada, además de observarse grietas en las paredes (*Figura 6.12.a*). Por otro lado, se logran observar algunas casas y fincas aledañas al componente, cuyas actividades ganaderas pueden ser perjudiciales para el sistema de acueducto (*Figura 6.12.b*).

Figura 6.12 Condición actual del Tanque Alemán.



a) Presencia de insectos y grietas en la infraestructura del componente.



b) Presencia de casas y ganado a un costado del tanque de almacenamiento Alemán.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanque Linda Vista

El *tanque Linda Vista*, posee una capacidad de aproximadamente de 25m³ y se encuentra localizado en el *sector de Linda Vista*, Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 400778.7996, latitud 1160694.803. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA, de fácil acceso, contiguo a la calle pública. Es un tanque de tipo asentado de concreto, no cuenta con caseta de protección. Las tapas se encuentran en óptimas condiciones y posee respiraderos en la parte superior. Cabe mencionar que la estructura del tanque es nueva, en la primera gira realizada no poseía pintura

protectora (*Figura 6.13.a*), sin embargo, en el mes de octubre este fue revestido con pintura y debidamente rotulado (*Figura 6.13.b*).

En cuanto a la calidad del agua almacenada, alimenta a la población del sector *Linda Vista*, se distribuye agua tratada por medio de cloración. Entre las vulnerabilidades que se identifican en el componente es que se da las posibilidades de ingreso de cualquier persona/fauna debido a la ausencia de malla de protección, sin embargo, posee cerca perimetral para el acceso restringido y evitar el ingreso de animales de alto riesgo como lo es el ganado.

Figura 6.13 Condición del Tanque Linda Vista.



a) Fotografía tomada el 22 de septiembre, tanque sin capa de revestimiento ni pintura protectora.

b) Fotografía tomada el 31 de octubre, sin protección de malla perimetral ni caseta que cubra el componente.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Tanque El Centro

El *tanque El Centro*, se encuentra dividido entre tres tanques, el tanque #1 posee una capacidad de aproximadamente 69.32m^3 , el tanque #2 de 36.62m^3 y el tanque #3 de $34,65\text{m}^3$. Se encuentra localizado en el *sector del Centro* de Tronadora, Tilarán en las coordenadas CRTM05 longitud 398944.746, latitud 1160821.82. El componente se encuentra en una propiedad privada en proceso legal de inscripción a favor de la ASADA de fácil acceso, aproximadamente a 400m contiguo de la calle pública.

Es un tanque de tipo semienterrado y se encuentra revestido de concreto, además de encontrarse en una caseta de protección. Las estructuras cuentan con pintura protectora, de igual forma las tapas se encuentra en óptimas condiciones, además de contar con la rotulación adecuada. Cabe mencionar, que el tanque posee respiraderos en la parte superior, malla perimetral para su protección, y carece de acera perimetral en la parte baja de las paredes.

En cuanto a la calidad del agua almacenada, alimenta a la población de los sectores del *Centro, Esperanza, Solanos, Palmas, Juanes, Zancudero, Península I – II*, además de suministrar agua a la *ASADA de San Luis*, previamente desinfectada por medio de cloración. Entre las vulnerabilidades que se identifican en el componente es que se da las posibilidades de ingresar animales pequeños como reptiles e insectos, los cuales pueden perjudicar la calidad del agua almacenada.

Las tapas de la caja de registro se encuentran en mal estado, con herrumbre y agujeros en donde pueden ingresar ciertos contaminantes al sistema, sin embargo, en la cavidad lo que se encuentra son herramientas de trabajo, es decir, no repercute en la calidad del agua potable (*Figura 6.15.a*). Por otro lado, se evidencia fugas en el sistema de cloración, el cual provoca un daño en la infraestructura, gasto de cloro y afectación en la concentración de cloro para la potabilización del agua (*Figura 6.15.b*). Sin embargo, estas fugas fueron atendidas y solucionadas por el equipo operativo de la ASADA al poco tiempo después de la visita, por lo que actualmente el tanque se encuentra funcionando adecuadamente.

Figura 6.14 Condición actual del Tanque El Centro.



a) Tapas en mal estado en el sistema de almacenamiento *El Centro*.



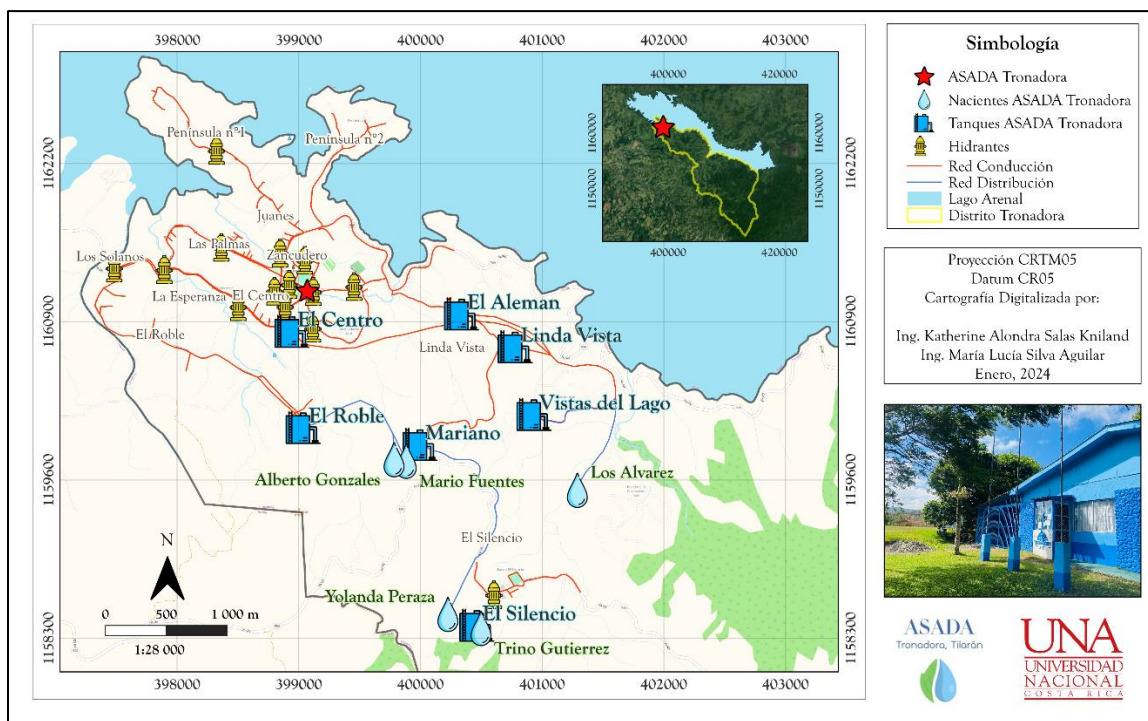
b) Presencia de fugas en el sistema de cloración.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- Líneas de Tuberías

El sistema de acueducto cuenta con una red de conducción de aproximadamente 11.75 km, misma que va entre los diámetros de 50, 75 y 150 mm, mientras que la red de distribución se extiende a 17.100 km por los diferentes sectores que comprende la ASADA Tronadora, esta red posee diámetros de 50 y 100 mm. Cabe resaltar que en los últimos 4 años se ha dado una sustitución de alrededor de 10 250 metros de tuberías a polietileno (*Anexo 6.1*).

Figura 6.15 Componentes del sistema de acueducto de la ASADA Tronadora situado en el cantón de Tilarán, Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia, 2023

La cartografía digitalizada permite observar todo el sistema de acueducto administrado por la ASADA Tronadora, el cual incluye las cinco nacientes, los siete tanques de almacenamiento, todo el sistema de distribución de tubería, tanto la red de conducción como la distribución. Además, también incluye catorce hidrantes aproximadamente los cuales en su mayoría han sido instalados recientemente. Cabe mencionar, que el presente sistema se ha venido actualizando debido al aumento de previstas que se ha percibido en los últimos años y en las mejoras que la ASADA ha implementado para un acueducto más eficiente para el abastecimiento hacia los usuarios.

B. Control de Calidad del Agua. Los valores correspondientes a los parámetros fisicoquímicos del agua de cada uno de los componentes del sistema del acueducto fueron obtenidos mediante el informe técnico de análisis fisicoquímicos realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA el mes de junio del 2023. Este mismo fue proporcionado por la ASADA de Tronadora, y se evidencia que ningún parámetro estudiado sobrepasa los valores máximos admisibles que establece el Reglamento para la calidad del Agua Potable, así como también el Reglamento para la calidad del agua para consumo humano en establecimientos de salud. De acuerdo con lo conversado con el personal administrativo de la ASADA, el Laboratorio Nacional de Aguas es el ente encargado de realizar los estudios y análisis de calidad de agua del acueducto. Usualmente estos análisis son realizados trimestralmente para llevar el control de la calidad del recurso y conocer si es óptimo para el consumo de los usuarios.

Tabla 6.1 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de captación del acueducto.

Parámetro/ Naciente	Trino Gutiérrez	Yolanda Peraza	Mario Fuentes	Alberto Gonzáles	Antonio Álvarez	VMA
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	118	111	80	107	227	400
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
pH	6,01	6,08	6,01	6,01	6,61	(6,0-8,0)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	19,2	19,1	19,6	19,1	19,6	18 a 30
Turbiedad	N.D	0,31	0,96	0,96	0,26	5,0
Color aparente (U-Pt/Co)	N.D	D.	N.D	D	N.D	15
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	<1	10,9	25,6	<1	<1	Negativo
Escherichia Coli (NMP/100 mL)	<1	1,0	1,0	<1	<1	Negativo

Nota: N.D: No detectado bajo el límite de detección D: Detectable pero no cuantificable. VMA: Valor Máximo Admisible

Fuente: (AyA, 2023)

Tabla 6.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos del agua de sistemas de almacenamiento del acueducto.

Parámetro/ Tanque	Silencio 1 y 2	El Roble	Vistas del Lago	Alemán 1 y 2	Centro 1	Centro 2	Centro 3	VMA
Cloro Residual Libre (mg/L)	0,52	0,50	0,52	0,53	0,50	0,51	0,50	(0,3-0,6)
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Escherichia Coli (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: VMA: Valor Máximo Admisible

Fuente: (AyA, 2023)

Tabla 6.3 Resultados fisicoquímicos del agua de sistemas de distribución del acueducto, sector Centro.

Parámetro/ Red	Sector El Centro					VMA
	Red 1 Caseta Vista Lago	Red 2 C.T.P	Red 3 Parque	Red 4 Escuela	Red 5 EBAIS	
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	253	-	-	-	400
Olor	-	Aceptable	-	-	-	Aceptable
pH	-	6,99	-	-	-	(6,0-8,0)
Turbiedad	-	N.D	-	-	-	5,0
Cloro Residual	0,51	0,45	0,46	0,44	0,45	(0,3-0,6)
Color aparente (U-Pt/Co)	-	D.	-	-	-	15
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Escherichia Coli (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: N.D: No detectado bajo el límite de detección D: Detectable pero no cuantificable. VMA: Valor Máximo Admisible.

Fuente: (AyA, 2023)

Tabla 6.4 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de distribución del acueducto, sector El Roble.

Parámetro/ Red	Sector El Roble					VMA
	Red 1	Red 2	Red 3	Red 4	Red 5	
Conductividad (μS/cm)	-	101	-	-	-	400
Olor	-	Aceptable	-	-	-	Aceptable
pH	-	6,02	-	-	-	(6,0-8,0)
Temperatura	-	22,6	-	-	-	18 a 30
Turbiedad	-	0,81	-	-	-	5,0
Cloro Residual Libre	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	(0,3-0,6)
Color aparente (U-Pt/Co)	-	8	-	-	-	15
Coliformes fecales (UFC/100/mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Escherichia Coli (UFC/100/mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: VMA: Valor Máximo Admisible

Fuente: (AyA, 2023)

Tabla 6.5 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua de los sistemas de distribución del acueducto, sector El Silencio.

Parámetro/ Red	Sector El Silencio					VMA
	Red 1	Red 2	Red 3	Red 4	Red 5	
Conductividad (μS/cm)	-	119	-	-	-	400
Olor	-	Aceptable	-	-	-	Aceptable
pH	-	6,02	-	-	-	(6,0-8,0)
Temperatura	-	21,6	-	-	-	18 a 30
Turbiedad	-	N.D	-	-	-	5,0
Cloro Residual Libre	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	(0,3-0,6)
Color aparente (U-Pt/Co)	-	N.D	-	-	-	15
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Escherichia Coli (UFC/100 mL)	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: N.D: No detectado bajo el límite de detección D: Detectable pero no cuantificable. VMA: Valor Máximo Admisible

Fuente: (AyA, 2023)

C. Percepción Social. En la presente sección se realiza una descripción de los principales resultados entorno a la percepción social, de acuerdo con los ejes de la OMS, siendo estos de calidad, cantidad, continuidad, cultura y costos del agua, adición a esto, también se tomó en cuenta la gestión y manejo del recurso hídrico realizada por la ASADA.

- Aspectos Generales

A partir de las entrevistas y el análisis de las mismas se logró observar un patrón en las respuestas de aspectos generales como lo es el consumo (m^3) de acuerdo con la cantidad de personas que habitan en el hogar, dando como resultado una concordancia con la dotación establecida, sin embargo, hay respuestas que salen de lo habitual, por lo que se puede considerar que los datos atípicos se deben a que poseen animales como ganado que se abastecen del agua potable brindada por la ASADA.

- Cantidad y Calidad

La cantidad de agua potable se clasificó de manera coloquial como “muchas, adecuada y poca”, por lo que cabe resaltar que la mayor parte de la comunidad encuestada se inclinó por “adecuada”, e incluso “muchas”, lo que es un indicador que los niveles de presión y caudal son manejados correctamente por la ASADA, sin embargo, en el sector *El Silencio* una de las personas entrevistadas indicó que de acuerdo a las horas es así la cantidad y presión que sustenta el agua en cada una de las casas, es decir, las casas que se encuentran en elevaciones más pronunciadas poseen una desventaja entorno a este eje.

Por otro lado, la calidad es un eje primordial que clasifica la condición del agua potable, según la perspectiva de los pobladores entrevistados en la comunidad poseen un gran privilegio entorno a la calidad, mencionan que de los manantiales del distrito sale agua de excelente calidad, sin dejar de lado, las personas entrevistadas reconocen la labor que hace la ASADA entorno al saneamiento de agua potable, recalcan que en algunas ocasiones posee sabor a cloro sin embargo, lo catalogan como normal, producto de cuando se dan las limpiezas en los tanques.

Se dio una similitud en las respuestas de la muestra entrevistada en el *sector El Roble*; mismos que indican que con anterioridad en esta localidad se presentaban características entorno a la turbidez en el agua, recalcan que estas particularidades se daban cuando había fuertes lluvias, sin embargo, en la actualidad se ha resuelto la situación. La eventualidad se asocia a que el sector mencionado se abastece de la *naciente Mario Fuentes*, esta fuente en una de las salidas posee un desperfecto en la estructura (*Figura 6.5.a*) y puede considerarse como la razón de la presencia de sedimentos.

- Cultura

La cultura del agua es un aspecto muy importante que va a permitir que el recurso hídrico sea aprovechado de generación en generación, así como en los antepasados ha sido protegido y hoy en día se tiene de manera continua; en la comunidad de Tronadora existe un fuerte desinterés entorno al resguardo e involucramiento en actividades que preserven al recurso tanpreciado. En las interrogantes hubo más de 85% de personas que desconocen cuánto es el consumo que ellos le dan al agua, si bien es cierto, el costo del agua se considera más accesible que el de la electricidad, y en muchas ocasiones los costos giran en torno al resguardo, es decir, se da un mayor seguimiento en el ahorro de electricidad que en el de agua, debido a su costo inferior.

Por otro lado, la comunidad de Tronadora se caracteriza por ser una zona donde se practica a mediana escala la actividad lechera y ganadera, sin embargo, al momento de realizar la intervención “si lo pobladores consideran que existen fuentes contaminantes en los alrededores de los hogares” ellos indican que no, a pesar de la observación de las autoras y evidenciar gran cantidad de ganado, cerdos y otros animales, adicional a esto, materia fecal en las aguas residuales que se distribuyen por escorrentía en las laderas de las zonas verdes de las inmediaciones de las casas, es por esto que se demuestra que gran parte de los encuestados no dimensionan la contaminación que este tipo de actividad puede generar sobre el recurso hídrico.

En la línea de aguas residuales se evidencia desconocimiento en la muestra encuestada, tanto aguas provenientes del inodoro como las provenientes de actividades diarias como ducharse, lavarse las manos o las del fregadero, resaltar que sí conocen la presencia de un tanque séptico, sin embargo, no en el mantenimiento que debe realizar en este tipo de estructura de tratamiento de las aguas residuales. Es importante reconocer la función que realiza esta obra, con el debido seguimiento para un cumplimiento ambiental. Las fuentes de abastecimiento de la comunidad de Tronadora son por medio de las aguas subterráneas (nacientes), esto vuelve primordial hacer un esfuerzo en temas de educación ambiental por que la comunidad se entere de la importancia de monitorear/prevenir qué se está infiltrando en los mantos acuíferos.

La gestión de los residuos sólidos que se generan en los hogares es un tema crucial en la cultura de la población y que tiene una relación directa con la cultura hídrica; se realizó una interrogante que tiene como fin obtener información de cómo se da la disposición de los desechos, en lo que se obtuvo que la mayor parte de la muestra encuestada no realiza ningún tipo de separación en los residuos, le atribuyen toda la responsabilidad a la Municipalidad con el paso del camión recolector de residuos sólidos; otra porción minoritaria de la muestra indican la cultura que poseen en reciclar, y asimismo, en hacer de los residuos orgánicos abonos por medio del compostaje. Entorno a la reutilización, se obtuvo que el agua de lluvia no es aprovechada de manera recurrente, siendo esta una opción valiosa dada por la naturaleza, y, además, en la comunidad existe una precipitación recurrente, sin embargo, no es una práctica que se realice con frecuencia por las personas encuestadas.

- Gestión de la ASADA

En cuanto al manejo que la ASADA le da al recurso hídrico, se logró detectar que la mayor parte de la población encuestada (91%) indicó que realizan una buena gestión y excelente manejo, mientras que solo una muestra de 9% indica que esa labor la hacen de manera regular, se debe de resaltar que las personas que reportaron dicha respuesta son personas que muestran desinterés en actividades que fortalecen la

gestión de la ASADA, es decir, existe una inconsistencia en la respuesta. Por otro lado, la población indica que en caso de interrupciones del servicio de agua potable la Asociación lo comunica y señalan que no son prácticas recurrentes sino son debido a proyectos de mejora. La población encuestada reconoce la buena labor realizada por parte de la ASADA entorno al cambio de tuberías, actividades como reforestaciones y, asimismo, promueven la educación ambiental en los centros educativos.

6.1.3 Etapa III: Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos

Para la determinación de los peligros y riesgos que pueden afectar al sistema de acueducto, se realiza por medio de visitas de campo a cada uno de los componentes que conforman el sistema. Con la autorización de la presidenta Doña Etelvina Arrieta y la administradora Kemberlly Torres, se organizan diversas giras al campo con el acompañamiento de los fontaneros Roger Umaña y Manuel Morales, para el análisis de las condiciones actuales del sistema de captación, almacenamiento y distribución. A partir de este reconocimiento, se realiza un diagnóstico en donde se valoran a qué peligros se ve expuesto el sistema, qué amenazas posee cerca que a un futuro podría perjudicar el funcionamiento adecuado del acueducto. Además, se realiza una evaluación de riesgos de dichos componentes mediante la aplicación de la matriz de riesgo de la Guía de Inspección para Calidad del Agua Potable-SERSA.

A. Identificación de peligros y riesgos en el sistema de abastecimiento. Al realizar las visitas de campo a cada uno de los componentes del sistema de acueducto, se logran identificar diversos riesgos y peligros que se presentan en dichas instalaciones. Al llegar a la zona de cada sistema, se observa a los alrededores y se inspecciona el funcionamiento del componente para valorar el estado en que se encuentra y si existe o no la presencia de algún factor de riesgo que pueda ocurrir ante alguna eventual situación de emergencia. En la *Tabla 6.6* se mencionan los peligros y riesgos identificados en cada uno de los componentes.

Tabla 6.6 Identificación de peligros y riesgos en los sistemas de captación de la ASADA de Tronadora.

Naciente	Peligros y Riesgos Identificados
Trino Gutiérrez	Expuesta a la contaminación ambiental (animales). Tapas en condiciones no sanitarias. Paredes agrietadas. Raíces dentro de la captación. Se encuentra cercana a zonas de actividad agrícola y ganadera.
Yolanda Peraza	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección. Fácil acceso a animales. Tubería expuesta. Expuesto a caídas de árboles o deslizamientos.
Mario Fuentes	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección. Fácil acceso a animales. Debido a antigüedad de la infraestructura, cae sedimento en el sistema de captación. Expuesta a caídas de árboles o deslizamientos que puedan dañar la infraestructura.
Alberto Gonzales	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección. Fácil acceso a animales. La tapa no se encuentra en óptimas condiciones. La losa del suelo se encuentra agrietada. No presenta canal perimetral para desviar la escorrentía. Se encuentra expuesta a deslizamientos, derrumbes y caídas de árboles.
Antonio Álvarez	Ausencia de mallas perimetral y estructura de protección. Fácil acceso a animales. Carece de canales perimetrales para evitar escorrentía. Expuesta a deslizamientos de tierra y piedras. Tubería expuesta.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 6.7 Identificación de peligros y riesgos en los sistemas de almacenamiento de la ASADA de Tronadora.

Tanque de Almacenamiento	Peligros y Riesgos Identificados
El Silencio	Tapas construidas en condiciones no sanitarias. Presencia de sedimentos. Ausente de malla de protección y casetilla. Carece de tapa de un sistema de cierre seguro. Alrededor del tanque existen fuentes de contaminación de parte de animales.
Mariano Alfaro	Las paredes exteriores se encuentran agrietadas. Se encuentra expuesta al ingreso de pequeños animales como insectos y ranas. Posee aguas estancadas dentro de la casetilla.
El Roble	Se encuentra expuesto al ingreso de animales pequeños como insectos.
Alemán	Las paredes exteriores del tanque se encuentran agrietadas. Se encuentra expuesta al ingreso de animales pequeños como insectos y ranas. A sus alrededores se practica ganadería ya que se encuentra aledaña a una finca, lo que puede provocar contaminación de esta índole.
Linda Vista	Carece de malla de protección y cerca perimetral. Expuesta a contaminación de animales y el fácil acceso de personas.

El Centro	Posee paredes agrietadas. Las tapas se encuentran en condiciones no sanitarias. Posee fuentes de contaminación alrededor como la presencia de animales pequeños como insectos.
-----------	--

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 6.8 Identificación de peligros y riesgos en el sistema de distribución de la ASADA de Tronadora.

Sistema de Distribución	Peligros y Riesgos Identificados
Línea de conducción y red de distribución	Falta de actualización del mapeo de toda la red de distribución y conducción con los cambios de tuberías y las nuevas conexiones realizadas en el último año.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

De lo expuesto anteriormente, se logra identificar que el mayor riesgo que presentan los sistemas de captación del acueducto es la falta de malla perimetral y estructura de protección alrededor del sistema, ya que se encuentran muy vulnerables al presentar daños por la llegada de algún animal. Además, al ubicarse en zonas montañosas en donde las precipitaciones son recurrentes, estos componentes se ven susceptibles ante algún deslizamiento, caída de árboles o rocas o bien verse afectadas por la escorrentía de la montaña. Muchas de ellas poseen tuberías expuestas al aire libre, y al presentarse alguna eventualidad de las anteriormente mencionadas pueden ser afectadas y perjudicar la distribución del recurso captado.

En cuanto a los sistemas de almacenamiento, el principal peligro identificado, es que al presentarse en una región cuyo ecosistema es muy diverso, se da presencia de insectos y animales pequeños en las instalaciones. Aunque esto sea un factor muy difícil de controlar, esto puede ser un peligro latente que pueda afectar a calidad del agua suministrada, ya que estos pueden entrar al tanque y convertirse en un factor contaminante. Por otro lado, cabe mencionar, que esta zona de Tronadora se practica mucho lo que son las actividades ganaderas, se da la presencia de diversas fincas lecheras aledañas a los sistemas, siendo esto una fuente importante de contaminación ya que este tipo de prácticas puede erosionar el suelo y por ende contaminar los mantos acuíferos de las zonas.

B. Evaluación de riesgos mediante SERSA. En cuanto a la evaluación de riesgos de los componentes del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora, esta se realiza mediante la metodología de SERSA del Ministerio de Salud. En la *Tabla 6.9* se muestra un cuadro resumen del nivel de riesgo que presenta cada componente en cuanto a los valores obtenidos como resultados de la aplicación de las fichas técnicas se SERSA (*Anexo 6.2*).

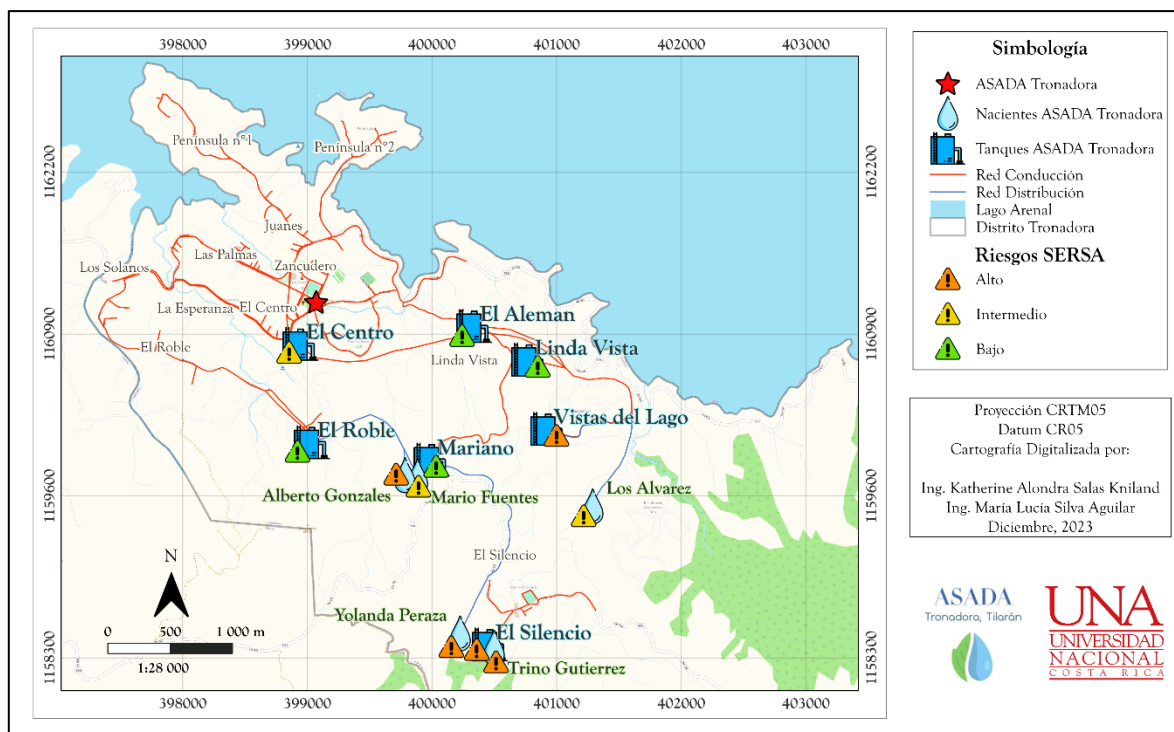
Tabla 6.9 Clasificación de riesgo de los componentes del sistema según SERSA.

Componente del sistema	Valor de SERSA	Riesgo
Naciente Trino Gutiérrez	6	Alto
Naciente Yolanda Peraza	5	Alto
Naciente Mario Fuentes	4	Intermedio
Naciente Alberto Gonzáles	7	Alto
Naciente Los Álvarez	4	Intermedio
Tanques El Silencio	5	Alto
Tanque Mariano Alfaro	2	Bajo
Tanque El Roble	1	Bajo
Tanque Alemán	2	Bajo
Tanque Linda Vista	2	Bajo
Tanque Centro	3	Intermedio
Línea de conducción	1	Bajo
Línea de distribución	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia, 2023.

De los resultados obtenidos, se puede observar que ninguno de los componentes posee un nivel de riesgo muy alto. Sin embargo, existe la necesidad de implementar medidas de mejora para las estructuras de los sistemas de captación de *Trino Gutiérrez*, *Yolanda Peraza*, *Alberto Gonzáles*, así como también para los *tanques del Silencio* y *Vistas del Lago* (*Figura 6.15*).

Figura 6.16 Mapa de evaluación de riesgos de los componentes del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

6.1.4 Etapa IV: Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos

Para el cálculo de los riesgos se da la creación de la matriz de riesgo establecida por la metodología de Organización Mundial de la Salud, cabe resaltar que se analizó cada sistema por separado (*Tabla 6.10*) para evaluar individualmente los riesgos y su respectiva clasificación, estos van a ir entorno al evento peligroso, la probabilidad que existe de que ocurra la eventualidad, la gravedad siendo esta el resultado que cataloga la magnitud del riesgo. Los riesgos van fundamentados de acuerdo con las observaciones determinadas en las giras de campo, análisis técnico y percepción social.

Por otro lado, se dio la determinación de los diferentes eventos peligrosos y, asimismo, los ejes de acción en los que hay que intervenir para erradicar los riesgos en los componentes que podrían interrumpir la calidad, continuidad y cantidad del agua que es distribuida a lo largo y ancho del distrito de Tronadora. Es importante resaltar que se brindan

las medidas de corrección de la situación/condición actual, quién podría asumir la responsabilidad y el tiempo aproximado de la empleabilidad de la medida.

Cabe resaltar que la ASADA Tronadora se encuentra en constante planeación de proyectos con los alcances del personal y financieros, que permiten encontrarse en el compromiso de estar en mejora continua. Si bien es cierto, en las giras de campo se dio la identificación de una serie de eventos peligrosos que posicionan a los componentes del acueducto en una balanza de riesgos, es por lo que, mediante la metodología establecida por la Organización Mundial de la Salud, es que se pudo determinar las dificultades que se deben abordar para socavar los riesgos presentados. El Plan Operacional establece medidas correctivas con el compromiso de cada uno de los integrantes del equipo PSA, siempre para una mejor gestión del recurso hídrico.

Posterior a la obtención de resultados en las giras de campo, los informes de la calidad del agua y la percepción social se logra analizar cada uno de los componentes del acueducto donde se determinó que existe una similitud en la mayoría de resultados, siendo estos en la parte física del sistema como lo son las tapas de las cajas de registro del sistema, estas se encuentran en condiciones no sanitarias, sin embargo, el equipo operativo de la ASADA brinda reportes de las mismas, pero, para un seguimiento periódico y evitar peligros ante esta eventualidad se estableció un monitoreo mensual como medida correctiva para categorizar y priorizar los elementos que no se encuentran en condiciones óptimas. Por otro lado, debemos de resaltar que las casetas o protección externa de las nacientes no está normada, pero de realizarse este proyecto se podrían evitar situaciones como lo es la caída de rocas, troncos o el ingreso de animales que puedan obstruir las tuberías.

Tabla 6.10 Matriz para la identificación y cálculo del riesgo de los sistemas de la ASADA de Tronadora, Tilarán.

Etapa del proceso	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo	Fundamento
Nacientes	Contaminación ambiental	F, Q, M	5	2	10	Alto	Hay actividad lechera y ganadera en las cercanías de las fuentes.
	Infraestructura desprotegida	F, Q, M	5	3	15	Alto	No hay casetas ni malla que impida el acceso de personas o animales.
	Tapas en condiciones no sanitarias	F, Q, M	3	2	6	Medio	Las tapas se encuentran herrumbradas y en algunos casos con orificios.
	Paredes agrietadas en la infraestructura	F	3	2	6	Medio	El concreto de la obra se encuentra agrietado, a mediano plazo puede permitir el ingreso de contaminantes.
	Tuberías expuestas	F	3	2	6	Medio	Existen tuberías en las nacientes que se encuentran desprotegidas a causa de la construcción.
	Infraestructura de captación antigua	F, Q, M	5	4	20	Muy Alto	En la <i>naciente Mario Fuentes</i> la infraestructura de captación se está desmoronando debido a la antigüedad.
	Robusta zona arbórea	F, Q, M	3	3	9	Medio	La captación está expuesta a caídas de árboles o deslizamientos que puedan dañar la infraestructura.
	Aguas provenientes de escorrentía	F, Q, M	4	3	12	Alto	No existe canalización de las aguas provenientes por escorrentía, que impidan obstrucciones en la zona de captación.
Tanques de almacenamiento	Tapas en condiciones no sanitarias	F, Q, M	3	2	6	Medio	Las tapas se encuentran herrumbradas y en algunos casos con orificios.

	Agua estancada en los alrededores del tanque	F, Q, M	4	4	16	Muy Alto	En una de las cajas de registro donde se regula presión se da el ingreso de aguas pluviales, por lo que se da un estancamiento que atrae insectos, animales que pueden ser perjudiciales para la salud.
	Paredes agrietadas en la infraestructura	F	3	2	6	Medio	El concreto de la obra se encuentra agrietado, a mediano plazo puede permitir el ingreso de contaminantes.
	Infraestructura externa (caseta)	F	5	4	20	Muy Alto	El <i>tanque Linda Vista</i> no posee protección alguna para el ingreso al componente.
	Seguridad del tanque, sistema de cloración	F	5	4	20	Muy Alto	En los <i>tanques El Silencio</i> no existe seguridad que impida que el agua de este componente sea manipulada por una persona ajena al equipo de la ASADA.
Social	Distribución del agua	F	5	4	20	Muy Alto	En el <i>sector El Silencio</i> se da una distribución desigual a los abonados, donde algunos abonados les llega el servicio de manera continua y a otros no.

Nota: En la columna “Tipo de peligro” es importante destacar que **L** significa legal, **F** significa físico, **Q** es químico y **M** es microbiológico.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 6.11 Propuesta Plan Operacional para la ASADA Tronadora.

Ejes de acción	Componente	Condición actual	Medidas correctivas	¿Quién asume la responsabilidad?	Tiempo de ejecución
Socioambiental	<i>Naciente Yolanda Peraza</i> <i>Naciente Trino Gutiérrez</i>	Hay actividad lechera y ganadera en las cercanías de las fuentes.	• Realizar talleres y capacitaciones para los pobladores entorno a las aguas residuales.	• ASADA Tronadora • Ministerio de Salud	1 taller/ capacitación al semestre
Físico	Todas las Nacientes	No hay casetas ni malla que impida el acceso de personas o animales.	• Implementar estructura de protección para las nacientes que impida el acceso de personas o animales.	• ASADA Tronadora	3 meses
Físico	<i>Tanque del Centro</i> <i>Tanque del Silencio</i> <i>Naciente Trino Gutiérrez</i> <i>Naciente Alberto Gonzáles</i>	Las tapas se encuentran herrumbradas y en algunos casos con orificios.	• Elaborar un plan de monitoreo mensual para determinar las vulnerabilidades en las estructuras y así proceder con el accionar correspondiente.	Equipo de operación de la ASADA de Tronadora	1 mes
Físico	<i>Tanque Linda Vista</i>	Ausencia de protección alguna para el ingreso al componente.	• Implementar estructura de protección para las nacientes que impida el acceso de personas o animales.	• ASADA Tronadora	1 semana
Físico	<i>Tanque El Alemán</i> <i>Tanque El Mariano</i>	El concreto de la obra se encuentra agrietado, a mediano plazo puede permitir el ingreso de contaminantes.	• Entorno a la prevención, es importante dar el debido seguimiento para procurar que el daño sea mayor.	Equipo de la ASADA de Tronadora	1 semana
Físico	Nacientes	Existen tuberías en las nacientes que se encuentran desprotegidas a causa de la construcción.	• Al medir el peligro y las posibles afectaciones en caso de obstrucciones de tuberías, se vuelve prioritaria la protección de las tuberías de conducción.	Equipo de la ASADA de Tronadora	1 semana
Físicoquímico	<i>Naciente Mario Fuentes</i>	La infraestructura de captación se está desmoronando debido a la antigüedad del sistema.	• En el ingreso de la época seca, realizar el contrato de un profesional para la evaluación de la naciente, ya sea para la realización de una nueva toma o replantar la infraestructura.	Equipo de la ASADA de Tronadora Ministerio de Salud Profesional adicional	6 meses

Física	Naciente Mario Fuentes Naciente Los Álvarez	La captación está expuesta a caídas de árboles o deslizamientos que puedan dañar la infraestructura.	• Al implementar las estructuras de protección se evitaría riesgos asociados a caídas bruscas que impidan la continuidad del recurso hídrico.	Equipo de la ASADA de Tronadora	3 meses
Física	Todas las Nacientes	No existe canalización de las aguas provenientes por escorrentía, que impidan obstrucciones en la zona de captación.	• Implementar laderas en las zonas perimetrales de las nacientes que impidan el ingreso de aguas provenientes por escorrentía para evitar estancamientos de agua o bien, el transporte de sedimentos hacia la fuente.	Equipo de la ASADA de Tronadora	3 meses
Fisicoquímico	<i>Tanque Mariano Alfaro</i>	En una de las cajas de registro donde se regula la presión se da el ingreso de aguas pluviales, por lo que se da un estancamiento que atrae insectos, animales que pueden ser perjudiciales para la salud.	• Efectuar un mecanismo de protección, ya sea la construcción de alguna tapa o sello para impedir el ingreso de aguas y animales.	Equipo de la ASADA de Tronadora	1 semana
Físico	<i>Tanques del Silencio</i>	No existe seguridad que impida que el agua de este componente sea manipulada por una persona ajena al equipo de la ASADA.	• Implementar casetas de protección o mallas perimetrales que impida el ingreso de personas y animales.	Equipo de la ASADA de Tronadora	3 meses
Físico	Sistema de distribución Sector Silencio	En el <i>sector El Silencio</i> existen pendientes marcadas que intervienen en la presión/cortes del servicio de agua potable.	• Regular la distribución de manera equitativa hacia la población, valorar la opción de implementar sistema por bombeo para la mejora de la distribución en hogares que se encuentra en mayores pendientes.	Equipo de la ASADA de Tronadora	3 meses
Social	Participación pasiva por parte de los usuarios	Desinterés social en participar en actividades realizadas por la ASADA	• La implementación de capacitaciones técnicas para todo público con certificaciones que permitan atraer a los pobladores. • Sistematizar las experiencias en un video que involucre a los pobladores.	• ASADA Tronadora • Municipalidad de Tilarán	1 taller/capitación al semestre

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se debe de realizar una ardua labor en el ámbito de conciencia hídrica a las personas usuarias del servicio de agua potable, ya que a partir del instrumento se evidenció el desinterés que se tiene por la participación en actividades que realiza la ASADA, donde es importante destacar que hacerlos parte de la gestión implementando capacitaciones y talleres técnicos para todo público con certificaciones que permitan atraer a los pobladores, como por ejemplo la realización de un sistema de manera artesanal que se pueda captar la lluvia y distribuirla, son actividades que en primera instancia pueden atraer a la población a empezar a involucrarse en las otras actividades realizadas por la ASADA como lo son las asambleas o bien enfocadas en el manejo de las aguas residuales que vienen siendo un riesgo para las fuentes que suplen la demanda del acueducto.

Para llevar a cabo el Plan Operacional es esencial habilitar un espacio en las reuniones de la Junta Directiva al menos una vez al mes para presentar y valorar aspectos del PSA entorno a resultados obtenidos en cada proceso de las medidas correctivas, en donde se especifiquen también los presupuestos financieros disponibles, siempre priorizando las actividades que permiten que se dé el buen funcionamiento y gestión de la ASADA.

6.2 Discusión de Resultados

En el presente apartado se da la clasificación de los resultados obtenidos en el proyecto, mismos que se dividen primeramente por hallazgos, es decir, los principales descubrimientos en la obtención de los resultados. Por otro lado, para el cumplimiento de los objetivos se toman en cuenta insumos relevantes que serán mencionados a continuación por medio de las etapas metodológicas aplicadas.

6.2.1 Principales Hallazgos del Proyecto

Durante las giras de campo realizadas tanto a las instalaciones de la ASADA, como a los componentes del sistema de acueducto, así como también en la participación de diversas actividades como reforestaciones y la feria del agua, se recopilan una serie de hallazgos que han sido enriquecedores para la evaluación del acueducto. Los hallazgos encontrados fueron tanto positivos como negativos, esto en cuanto a la administración y manejo de la ASADA, la participación de los usuarios, la divulgación de información y saberes, la percepción social

y sobre la infraestructura de los componentes del sistema de acueducto. En la *Tabla 6.12* se muestran los principales hallazgos que se obtuvieron a lo largo de la ejecución del proyecto.

Tabla 6.12 Descripción de los principales hallazgos en la elaboración del proyecto.

Hallazgos	Descripción del hallazgo	Evidencia del hallazgo
1. Existencia de un Plan de Seguridad del Agua creado con el instrumento GIRA mismo que no está ajustado a las necesidades actuales de la ASADA Tronadora.	En la ASADA se cuenta con un Plan de Seguridad del Agua, mismo que fue elaborado por el Laboratorio de Aguas, sin embargo, existen factores que han cambiado entorno al mismo, como lo son los miembros del equipo de trabajo, adicional a esto, una creciente demanda y cambios en el sistema del acueducto. La aplicabilidad y el seguimiento no fue satisfactorio, por lo que se evidencia que la participación pasiva de los actores, es decir, la gobernanza se ve intervenida también por la gobernabilidad de Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Tronadora.	Ver <i>Anexo 6.3</i> .
2. La coordinación y administración de la ASADA son un equipo eficiente en la toma de decisiones y en la solución de problemas.	La administración de la ASADA trabaja de manera muy eficiente, ya que se da un cumplimiento del cronograma muy estricto, además del orden que manejan la agenda y fechas, tanto de mantenimiento como de actividades que se organizan, se evidencia una buena planificación. Esto se logra observar en la solución de problemas, ya que gracias al orden y a la buena coordinación, la manera de reaccionar ante una emergencia se da de manera rápida y eficaz.	No aplica.
3. De parte de la jefatura de la ASADA, se da una actualización profesional para ampliar conocimientos relevantes para el acueducto.	En una de las reuniones con la Junta Directiva, la presidenta de la ASADA externó, que esta misma toma cursos técnicos para un mayor conocimiento en cuanto a temas de gestión de riesgos con la Comisión Nacional de Emergencias. A partir de ello, la presidenta podrá compartir de su aprendizaje con el resto del equipo de trabajo y así mantenerlos preparados en caso de atender alguna emergencia.	No aplica.
4. Se está dando la implementación y uso de la aplicación móvil con el equipo de trabajo para dar un seguimiento a la gestión del acueducto.	Control y seguimiento de la gestión de la ASADA como lo es la cloración de los tanques, muestreo de cloro residual, ubicación de los hidrómetros, válvulas e inventario de herramientas y materiales. La implementación de esta iniciativa ha logrado un trabajo más eficaz y eficiente por parte de los fontaneros al momento de atender cualquier emergencia e ir monitoreando cada componente del sistema.	Ver <i>Anexo 6.4</i> .
5. La ASADA promueve la divulgación consciente hacia la población de Tronadora.	La ASADA promueve la participación de la comunidad por medio de actividades de divulgación consciente en temas de calidad de agua y gestión ambiental. Para este caso, se evidenció la organización de actividades de reforestación y de la Feria del Agua, esta última fue con el objetivo de conmemorar el aniversario de la ASADA, por lo que se da la realización de charlas y giras a escuelas y colegios de la comunidad para generar conciencia sobre la importancia del recurso hídrico y la salud ambiental, en donde, además, se da a conocer la importante labor que ejerce la ASADA para el pueblo.	Ver <i>Anexo 6.5 y 6.6</i> .
6. Se da la creación de circuitos de charlas educativas en temas como lo es	Se percibió conocimiento sólido por parte de los niños de las Escuelas de Tronadora y El Silencio en materia de recurso hídrico, potabilización y manejo de cuencas. Esto evidenció una adecuada educación y concientización de parte del sector educativo de la comunidad. A partir de	Ver <i>Anexo 6.7</i> .

la Gestión de Cuenas Hidrológicas, Calidad del Agua y Mantos Acuíferos hacia los niños de la Escuela de Tronadora y El Silencio.	las actividades que organiza la ASADA en las cuales se da el involucramiento de estudiantes tanto de primaria como secundaria, estos mismos muestran un interés positivo en cuanto al cuidado y uso eficiente del agua.	
7. Se realiza la conformación del equipo de trabajo para la implementación del PSA en formulación.	Se da un involucramiento y participación de parte de los miembros de la ASADA para la primera etapa del PSA la cual corresponde a la conformación del equipo de trabajo. A su vez se ve interés por parte de ellos al involucrarse para el resto de las etapas de la elaboración de la propuesta del PSA. Además, se suma como equipo de apoyo la Municipalidad de Tilarán y El Ministerio de Salud, quienes mostraron una posición de interés en dar apoyo al seguimiento del proyecto.	Ver Anexo 6.8 y 6.9.
8. La naciente de <i>Los Álvarez</i> es de difícil acceso, exponiendo a los fontaneros y a cualquier miembro del equipo en riesgo.	Anteriormente, para llegar a las instalaciones de la naciente existía un tramo accesible para el ingreso a la naciente, sin embargo, la propiedad por donde se encontraba la entrada al tramo fue vendida. Al cerrarse dicha entrada, la ASADA se vio en la obligación de idearse otro trayecto para el ingreso, el cual aún no se encuentra en buenas condiciones, lo que podría ser un alto riesgo para los fontaneros, quienes son los que frecuentan esta zona.	Ver Anexo 6.10.
9. A partir de la inspección realizada en la naciente <i>Mario Fuentes</i> se observó que hay una disminución en el caudal debido a que una de las tomas fue inhabilitada.	Esa captación no puede ser aprovechada por la totalidad de los abonados ya que no es distribuida en calidad y continuidad debido a obstrucciones en la infraestructura en mal estado. Los miembros del equipo de la ASADA han recurrido a diversas soluciones, entre ellas la elaboración de filtraciones para disminuir la sedimentación. Esta situación se ha dado a conocer a la ORAC, sin embargo, se plantea que sea solventada al ingreso de la época seca. A lo largo de la ejecución del proyecto, se dio con una solución temporal por medio de la contratación de expertos en el tema para suplir al 100% la demanda.	Ver Anexo 6.11.
10. Las tuberías de los sistemas de captación se encuentran desprotegidas y descubiertas.	Las tuberías que se encuentran en las nacientes en su mayoría no poseen protección alguna, viéndose expuestas a daños ocurridos por deslizamientos, derrumbes, caídas de piedras o troncos de árboles, o bien algún daño que pueda ocurrir por algún animal. Al ser una zona montañosa y donde las lluvias son muy frecuentes, los casos de deslizamientos y derrumbes son muy comunes, al producirse este tipo de accidentes los usuarios se ven perjudicados ya que para asistir estos casos se da la suspensión del servicio hasta poder arreglar la tubería.	Ver Figura 6.3.b.
11. Todas las nacientes carecen de mallas o casetillas que las protejan y existe deterioro en las tapas de las cajas de registro.	Todos los sistemas de captación del acueducto se encuentran desprotegidas, ya que estas no poseen ningún tipo de malla o casetilla que este protegiendo el sistema del ingreso de civiles o animales, sin embargo, existe cerca en el perímetro de los componentes para impedir el ingreso de animales de mayor riesgo en la zona como lo es el ganado. El implemento de una mayor protección previene daños de los componentes ocasionados por las personas, ya sea de robos de algún accesorio, o cualquier acto de vandalismo, además de protegerlos de animales que puedan dañar la tubería o contaminar la fuente con sus excretas. Aunque la toma de agua se encuentra protegida por cajas o ya sea subterránea, los demás componentes también deben de estar resguardados. Por otro lado, las tapas de protección de las cajas de registro presentan condiciones no sanitarias con agujeros en el material, o bien con herrumbre, sin embargo, cabe resaltar que estas no son de protección al tanque de almacenamiento, sino de las cajas de registro, donde el equipo operativo realiza reportes de los mismos para darle seguimiento y el debido mantenimiento.	Ver Anexo 6.12.

12. Factores naturales como lo es la presencia de flora y fauna en los componentes del sistema atentan con la calidad del recurso hídrico, además recurrencia de eventos geológicos como lo son la escorrentía y los deslizamientos que pueden intervenir en la conducción.	Al realizar la visita de campo a todos los componentes que involucran el sistema se obtiene que todos cuentan con riesgos similares en cuanto a presencia de diferentes organismos en las cercanías de las unidades que se encargan de suministrar el agua, misma situación puede deberse a la caracterización ambiental de la zona, con diversidad ecosistémica. He de enfatizar que, al ser una ASADA que se encuentra en una zona rica en biodiversidad donde el agua nace entre la naturaleza, da la prevalencia de raíces dentro del flujo de agua, y, asimismo, permiten la fractura de la estructura gris, sin embargo, la ASADA cumple con una limpieza periódica para evitar un mayor crecimiento y que intervengan con la calidad del recurso. Por otro lado, en la naciente <i>Alberto González</i> existe una acumulación de sedimentos alrededor de la fuente producto de la escorrentía superficial de las fuertes lluvias, sin embargo, la ASADA con periodicidad realiza inspecciones para restablecer los canales de escorrentía.	Ver Figura 6.10.a.
13. Se realiza una nueva infraestructura del tanque <i>Linda Vista</i> .	A partir de la renovación del equipo de miembros de la ASADA y Junta Directiva, trajo consigo nuevos proyectos y conexiones, entre uno de estos proyectos se encuentra la construcción del tanque de almacenamiento de <i>Linda Vista</i> el cual abastece este mismo sector. Su construcción comenzó en el año 2022, tal razón es por la cual este tanque se encuentra sin caseta ni con malla de protección, este año se le implementó el sistema de cloración y fue puesto a prueba para realizar mejoras del mismo, y finalmente fue puesto en funcionamiento a partir del mes de octubre del 2023 debidamente revestido con pintura.	Ver Figura 6.13.a. y 6.13.b.
14. Los componentes del sector <i>El Silencio</i> se encuentran en estado de vulnerabilidad.	A partir de la nueva actualización del equipo de trabajo de la ASADA, los cambios en la infraestructura del sistema de acueducto incrementaron. Entre los cambios que se presentaron en el sistema se encuentra la incorporación de los componentes del sector <i>El Silencio</i> a la ASADA de Tronadora. Con anterioridad la naciente <i>Trino Gutiérrez</i> y los tanques <i>Silencio I y II</i> pertenecían a la misma comunidad del <i>Silencio</i> , sin ningún experto que los administrara, por lo que a partir del 2020 se otorga estos componentes bajo supervisión de la ASADA. Por lo tanto, se requiere mejorar la infraestructura de la misma para impedir la sedimentación y garantizar la continuidad de un recurso de calidad en esta zona.	Ver Figura 6.8.
15. En la región de Tronadora predominan las actividades agrícolas y ganaderas, siendo esto un gran riesgo y peligro para la calidad de agua.	A partir de la aplicación de las entrevistas para la percepción social, se evidenció la existencia de actividades tanto agrícolas como ganaderas cerca de las casas y de los componentes. Este tipo de actividades si no se realizan de manera responsable y segura, puede causar serios daños en el sistema de acueducto, debido a la infiltración de impurezas hacia los mantos acuíferos contaminando el agua del subsuelo o de las tuberías, o bien pueden afectar la estructura de los componentes.	Ver Anexo 6.13 y 6.14.
16. El agua de lluvia no es aprovechada por las personas, a pesar de ser Tronadora una región de precipitaciones recurrentes.	Mediante la aplicación de las encuestas se percibe que casi el 30% de los entrevistados recolectan agua de lluvia para otros usos como lavar cocheras, carros o regar las plantas. Sin embargo, esta es una cifra muy baja siendo Tronadora una región donde las precipitaciones son muy recurrentes, por lo que en su gran mayoría de las personas no buscan otras alternativas como la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia, para el ahorro de consumo de agua potable para otras actividades.	Ver Anexo 6.15.
17. La ASADA de Tronadora vende sus servicios de agua por bloque al tanque <i>San Luis y Vistas del</i>	La ASADA se encarga de vender sus servicios de agua potable a su poblado vecino San Luis y al residencial Vistas del Lago. Dicha agua es distribuida a los respectivos tanques de almacenamiento de estos sectores en condiciones tratadas por medio de cloración. Sin embargo, cabe mencionar	No aplica

<i>Lago</i> , demostrando la existencia de un superávit para suplir ambos bloques aparte de la ASADA.	que la ASADA no se encarga de dar mantenimiento a estos componentes, sino de la cloración únicamente.	
18. La ASADA presenta planos y mapas desactualizados en cuanto al sistema de acueducto.	A partir de la nueva administración y Junta Directiva de la ASADA, se han realizado diversos proyectos de actualización de tuberías, nuevas conexiones, nuevas previstas. No obstante, no se lleva un registro en plano o mapa estas actualizaciones, los planos que se poseen del sistema de acueducto carece de información sobre los componentes más nuevos. Sin embargo, es indispensable mencionar que tras la puesta en marcha del PSA, se logró reunir al equipo operativo, para transmitir y reflejar las vivencias y conocimientos en un programa computacional y así plasmarlos en una cartografía digitalizada, que posee las líneas de conducción y distribución actualizadas, así como los diferentes ramales.	Ver <i>Anexo 6.16</i> .

Fuente: Elaboración propia, 2023.

6.2.2 Discusión sobre Cumplimiento de Objetivos

Durante el desarrollo del presente proyecto, se ha dado el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esto mediante el seguimiento de las metodologías y técnicas empleadas para llevar a cabo la elaboración de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua para el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico de la ASADA. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en relación con los objetivos propuestos para dicho proyecto.

Con respecto el objetivo número 1, se logra cumplir según con lo esperado en vista que se abarcan las principales definiciones para la comprensión de un PSA como se expone en la sección 3.5. Además, se determinaron los componentes que conlleva un PSA, esto de acuerdo con el Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la OMS, como se muestra en la sección 5.1, así como también, se hizo la revisión de literatura estratégica sobre PSA en Costa Rica como se evidencia en la sección 2.3 y en la Tabla 2.3.

Con respecto el objetivo número 2, se logró realizar el diagnóstico de los diversos componentes del sistema de acueducto como se muestra en la sección 6.1.2 sobre la descripción del sistema. A su vez se realiza la identificación de peligros y riesgos como se muestran en las Tablas 6.6, 6.7 y 6.8 del inciso 6.1.3 a y 6.1.3 b, así como se ejecutó el plan de visitas de campo como se evidencia en el Anexo 6.17. Por otro lado, se da el cumplimiento esperado del objetivo ya que se logró realizar la matriz de evaluación de riesgos, misma que se encuentra en la Tablas 6.10 de la sección 6.1.4 sobre determinación y validación de medidas de control, evaluación y clasificación de los riesgos.

En cuanto al tercer objetivo, este se ha completado de manera satisfactoria, donde se obtuvo la aprobación del informe final de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua, en el grupo focal integrado por el equipo de trabajo para la validación de medidas de control, evaluación y clasificación de los riesgos identificados.

6.2.3 Discusión sobre Metodología Aplicada

En cuanto a la metodología empleada para desarrollar el proyecto, se considera que la metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo propuesta por la OMS, se considera que es un proceso bastante accesible ya que su empleabilidad se adapta fácilmente ante las condiciones y necesidades de cualquier comunidad.

Con respecto a la etapa de descripción del sistema de acueducto, por medio de las visitas de campo realizadas a cada uno de los componentes se logra identificar a detalle la conformación de cada sistema, su funcionamiento y la ubicación de estos. Así como también la conectividad de cada sistema con el otro, es decir, qué naciente alimenta cada uno de los tanques, y qué tanque alimentan cada sector.

Por otro lado, en relación con la etapa de determinación de los peligros y eventos peligrosos y evaluación de los riesgos, esta se realiza en función con la Guía de Inspección para Calidad del Agua Potable-SERSA. A partir de esta guía se logran identificar y clasificar los peligros y riesgos que podrían estar afectando tanto la infraestructura de los componentes del sistema como la calidad del agua suministrada y proyectarla en la matriz de riesgos que se muestra en la *Tabla 6.10*.

Cabe mencionar que la metodología empleada no toma en cuenta la percepción social de los abonados. Este punto se considera de gran relevancia ya que a partir de esta se identificaron riesgos eminentes desde los hogares de los usuarios como lo son las prácticas agrícolas y ganaderas que se evidencian en el *Anexo 6.13* y *Anexo 6.14*, además del manejo y gestión que estos le dan al recurso. Para ello se tomó una muestra de abonados por sector y se realizó un recorrido para aplicar la herramienta de percepción social y así valorar la calidad del agua y el servicio que la ASADA les proporciona a los usuarios, como se muestra en el *Anexo 6.18*.

6.2.4 Discusión sobre la Propuesta de PSA

El presente proyecto tuvo como guía el manual establecido por la OMS, a partir de ello se realiza un análisis exhaustivo de cada uno de los componentes que hacen que la gestión del acueducto se dé de manera íntegra como lo es el sistema, la caracterización del mismo, sin dejar de lado la evaluación que se requiere para determinar los eventos peligrosos y posibles riesgos que la ASADA está enfrentando. Cabe resaltar la importancia de la herramienta SERSA en la identificación de los eventos peligrosos, siendo esta una guía en campo por medio de las diferentes caracterizaciones enlistadas en la ficha técnica de cada uno de los componentes (naciente, tanque y líneas de tubería). Sin embargo, se hizo necesario adoptar la percepción que tienen los abonados de cada uno de los componentes que involucra la ASADA, para así considerar no solo la estructura de distribución, sino también la operatividad y la gestión desde el servicio recibido.

A partir de los resultados que se obtienen en cada una de las etapas trabajadas, se logra estructurar el instrumento de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua (*Anexo 6.19*). Este informe es otorgado a la ASADA Tronadora para que les den el debido seguimiento y así garantizar una mejor gestión del recurso hídrico para sus usuarios. Durante el desarrollo del proyecto fueron surgiendo otros elementos y estudios que pueden resultar ser insumos provechosos para complementar la propuesta. No obstante, en su mayoría, estos insumos no se logran obtener por lo que se le otorgan a la Asociación como recomendaciones a futuro cuando esta ponga en marcha la ejecución del plan.

Si bien es cierto para la elaboración de un PSA se debe de seguir una metodología determinada, sin embargo, también es importante involucrar otros estudios como el de oferta y demanda para los próximos años. Por medio de este tipo de estudios se logra determinar la disponibilidad del recurso a partir del crecimiento de la población y número de previstas en Tronadora, para que así la ASADA disponga de un panorama de cuánta agua se va a necesitar para el futuro. Además de poder prepararse ante cualquier eventual crisis de disponibilidad a partir de esas proyecciones, y así actuar de una manera más eficiente.

También, se puede involucrar un estudio de balance hídrico tanto para aguas subterráneas como para aguas superficiales, para así valorar la disponibilidad de recurso con

la que cuenta y esta sea aprovechado de la mejor manera posible. Asimismo, realizar modelaciones de las estructuras hidráulicas como las tuberías y demás componentes del sistema para constar con los dimensionamientos y distribución de los mismos en caso de realizar algún otro proyecto hidráulico.

Por otro lado, para la elaboración de la presente propuesta se contactan a profesionales representantes del Ministerio de Salud y de la Municipalidad de Tilarán en función de gestión de salud y ambiente, para que formen parte del equipo de apoyo del PSA, en donde se obtuvieron respuestas positivas de parte de ellos. También se quiso involucrar al AyA de Tilarán como parte del equipo, no obstante, no se obtuvo ninguna respuesta de parte de la entidad debido a la falta de personal en materia de gestión.

Por lo tanto, se le propone a la ASADA involucrar otras entidades para la formalización del PSA, como la Comisión Nacional de Emergencias, el MINAE, entre otros. Es fundamental la participación de diferentes actores claves comprometidos a apoyar la gestión del recurso hídrico del acueducto. Esto debido a que, a partir de la presencia de estas entidades multidisciplinarias en cuanto a temas de gestión, ambiente, y recurso hídrico, cumplen funciones colaborativas en situaciones de riesgo y emergencia, además de la divulgación de información por medio de capacitaciones y asesorías.

Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo 7.

En el presente capítulo se exponen las lecciones aprendidas más valiosas que se obtuvieron a lo largo del desarrollo del proyecto. Así como también, algunas recomendaciones que se consideran importantes para el debido seguimiento del PSA propuesto.

Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones Sobre Aspectos Generales

- Se logra cumplir satisfactoriamente con la propuesta del PSA para la ASADA siendo esta una herramienta de alta importancia para el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico de la Asociación.
- En la ASADA se contaba con un PSA el cual fue elaborado en el 2020, sin embargo, la aplicabilidad de este y el seguimiento no fue de manera satisfactoria debido a que no se encontraba ajustado de acuerdo con las condiciones actuales de la ASADA, por lo que surgió la necesidad de la realización de una actualización del mismo.

7.2 Conclusiones Sobre Etapas de la Creación del PSA

A continuación, se muestran las conclusiones correspondientes del presente proyecto en cuanto a cada una de las etapas desarrolladas para la realización del PSA.

7.2.1 Etapa I: Formación del Equipo

- Se da una respuesta afirmativa y de interés por parte de los miembros de Junta Directiva de la ASADA, así como también por parte de los miembros administrativos y operativos para conformar parte del equipo de trabajo del PSA.
- Existe un involucramiento de la Municipalidad del cantón de Tilarán en función de la gestión ambiental, asimismo, el Ministerio de Salud quien demuestra interés en formar parte del equipo de apoyo del PSA y ejercer su función en términos relacionados a la gestión de salud de la ASADA.
- El AYA es un ente muy relevante dentro de los PSA, ya que su aporte gira entorno a la protección y a la correcta gestión del recurso hídrico, además de brindar apoyo técnico directo, en cuanto infraestructura, calidad y disponibilidad del servicio.
- No se logra incluir al AYA al equipo de apoyo, debido a que al realizar el contacto con la institución no se contaba con personal disponible que brindara la ayuda solicitada.

7.2.2 Etapa II: Descripción del Sistema del Suministro de Agua

- La ASADA de Tronadora maneja adecuadamente sus fuentes de agua, brindándoles el buen mantenimiento y debido seguimiento a sus instalaciones, sin embargo, en su gran mayoría en las nacientes deben de fortalecer aspectos de protección y seguridad tanto para la infraestructura como en su calidad.
- La ASADA cuenta con cinco nacientes, siete tanques, en donde algunos de ellos han sido reconstruidos y adaptados al sistema a partir de la nueva administración de la Asociación. Como es el caso del sistema del *sector El Silencio*, el cual fue otorgado a la ASADA desde el año 2020.
- En cuanto al análisis de los datos de calidad del agua de cada componente, se determinó que en las *nacientes Yolanda Peraza y Mario Fuentes*, presentaron valores positivos en coliformes fecales y *Escherichia Coli*, sin embargo, se le da un buen tratamiento al agua por medio de la cloración al llegar a los tanques.
- A partir del análisis de la percepción social, se percibe el desconocimiento de la comunidad sobre la reglamentación en cuanto al período de pago y el monto a pagar, esto debido a que un gran porcentaje de la muestra externó no estar satisfechos con el tiempo de cobro, siendo esto un método establecido para las ASADAS del país.
- A su vez, se obtiene que solo el 9% de la población entrevistada reconocen el consumo de agua en m³, el cual se considera como un porcentaje muy bajo ya que el conocimiento de este dato es muy importante para valorar la cantidad de recurso utilizado en el hogar y así poder implementar medidas de ahorro y de gestión en caso de alguna anomalía en cuanto a la cantidad de agua.
- En general, la población afirma el buen trabajo de la ASADA, a excepción de un 9% de la muestra, sin embargo, este porcentaje externa desinterés en la participación e involucramiento para mejorar la gestión de la ASADA, lo que demuestra contradicción en sus respuestas.

7.2.3 Etapa III: Determinación de los Peligros y Eventos Peligrosos y Evaluación de los Riesgos

- A partir de la identificación que se realizó en el sistema se dio la distribución de los peligros asociados a cada componente, los que poseen mayor riesgo catalogado como

alto son: las *nacientes Trino Gutiérrez, Yolanda Peraza, Mario Fuentes y Alberto González*, mientras en los componentes de tipo tanque los que presentan mayor riesgo son: los *tanques El Silencio y Vistas del Lago*.

- El mayor tipo de peligro encontrado fue de tipo físico, sin embargo, existen eventos peligrosos asociados a la calidad química y microbiológica. Cabe resaltar que los peligros físicos se presentan con mayor frecuencia en las nacientes, ya que, en los tanques hay malla perimetral y caseta de protección a excepción del *tanque Linda Vista*.
- La *naciente Mario Fuentes* posee un riesgo inminente producto de la antigüedad de la estructura; es una naciente con abundante caudal, sin embargo, debido al desmoronamiento de la obra, se acudió al cierre de una de las salidas de la naciente. Se pretende realizar una intervención a corto plazo para lograr mejores resultados con la época seca y así poder habilitar esa toma.
- Un evento peligroso recurrente en la comunidad de Tronadora es la actividad ganadera y lechera, esta vuelve vulnerable a todo el sistema del acueducto; existen componentes con mayor exposición, sin embargo, es un evento con alto riesgo que se da de manera periódica y debe de tener seguimiento prioritario.
- La mayoría de las tapas de protección de las cajas de registro presentan condiciones no sanitarias con agujeros en el material, o bien con herrumbre, sin embargo, cabe resaltar que estas no son de protección al tanque de almacenamiento, sino de las cajas de registro, donde el equipo operativo realiza reportes de los mismos para darle seguimiento.
- El *tanque Vistas del Lago* presenta un riesgo muy alto involucrado a peligros fisicoquímicos y microbiológicos, debido a que el acceso no es restringido tanto a animales como a personas, sin embargo, cabe resaltar que la ASADA no es la encargada del manejo del mismo, solo de la cloración; la *urbanización Vistas del Lago* gestiona el recurso y el mantenimiento del tanque por lo que se excluye el componente del análisis de riesgo.

7.2.4 Etapa IV: Determinación y Validación de Medidas de Control, Evaluación y Clasificación de los Riesgos

- De acuerdo con la reunión realizada con parte del equipo PSA se determinó que las medidas empleadas se ajustan a las condiciones tanto operativas como financieras de la ASADA, además del apoyo que se tiene con el equipo del Ministerio de Salud y la Municipalidad de Tilarán que pueden hacer posible el abordamiento de la parte de conciencia hídrica ambiental. Cabe resaltar, que hallazgos como son las tapas de las cajas de registro en condiciones no óptimas o bien, el orificio que almacenaba agua residual, son situaciones que la ASADA ha resuelto en el plazo de ejecución del proyecto por lo que evidencia un rápido accionar para estar en mejoras continuas del acueducto.

7.3 Recomendaciones Generales

- Cuando se vaya a ejecutar el PSA se recomienda seguir los estudios de oferta, demanda y balances hídricos, a partir de contrataciones de horas profesionales. Con ello se logra cuantificar el recurso hídrico disponible tanto en el subsuelo como en la superficie. Por medio de estos estudios la ASADA puede llevar un control de la cantidad de agua con la que se cuenta para que esta pueda ser aprovechada de manera eficiente. A su vez lograr actuar con anticipación en dado caso de que se presente alguna crisis de escasez.
- Para la creación de un PSA se recomienda que el profesional/entidad encargada elabore herramientas de tipo entrevistas para conocer la percepción social en la etapa inicial del proyecto. Durante este período se logra dar un mayor seguimiento a las diferentes situaciones expuestas por la comunidad y así adaptar el PSA no solo a los componentes del sistema sino también a las necesidades de la población. Conocer la percepción social no es una etapa de la metodología realizada por la OMS, sin embargo, se recalca lo valiosa que fue la inclusión de esta en la propuesta, ya que los diferentes escenarios que las personas usuarias proporcionan intervienen en la calidad, continuidad y cantidad del recurso hídrico.
- Cuando se da la realización de las visitas de campo en los diferentes componentes del sistema para determinar los eventos peligrosos, se sugiere la ejecución de un plan de

monitoreo que establezca de manera estratégica la ruta y asimismo el acompañamiento del equipo operativo, ya que equipo ingenieril visualiza las condiciones al momento de la gira, mientras que el equipo operativo brinda información con antecedentes del componente y del sitio en el que se ubica, es decir, a partir de la observación técnica de las autoras y el equipo operativo se puede entrelazar información útil para el diagnóstico del sistema.

- Cuando la ASADA decida llevar a cabo el Plan de Seguridad del Agua, se recomienda formar alianzas a mediano plazo con otros actores claves como el AyA, el MINAE, el SINAC para formar parte del equipo de apoyo. Ya que al tener estas instituciones involucradas el plan será más efectivo, estas cumplen funciones que avalan la protección del recurso hídrico y el medio ambiente, lo que resulta ser primordial para el fortalecimiento de la gestión de un acueducto. Por lo que se recalca la importancia de que estos actores deban formar parte de la propuesta.

7.4 Recomendaciones para la ASADA

- Se recomienda dar el debido seguimiento de la propuesta del Plan de Seguridad del Agua brindado. Una vez entregado el documento correspondiente del PSA propuesto a la ASADA de Tronadora, es importante que los miembros que forman parte del equipo de trabajo adquieran el compromiso en brindarle la adecuada continuidad. Esto mediante la formalización del mismo junto con el equipo de apoyo a un nivel de municipio y con la aprobación de la jefatura de la Municipalidad de Tilarán, Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Se recomienda priorizar acciones de mejora a los componentes del sistema que presentan un mayor peligro y riesgo para la población, esto para garantizar una mejor gestión del recurso hídrico para las personas. Entre las principales problemáticas a priorizar se encuentra la estructura de captación de la *naciente Mario Fuentes*, y el sistema de captación y de almacenamiento del *sector El Silencio*. Para ello, se necesita que el equipo de trabajo del PSA actúe en cuanto a la contratación de servicios ingenieriles profesionales que brinden soluciones para las estructuras de los sistemas y den el debido seguimiento en la obra a realizar.

- Por otro lado, en vista de que el sistema de acueducto de la ASADA se encuentre en crecimiento, sobre todo en la extensión de sus redes de conexión y distribución, se recomienda en planes futuros realizar modelaciones hidráulicas. Por ejemplo, la empleabilidad del software “EPANET”, es ideal para analizar y contemplar el comportamiento hidráulico e hidrológico de un sistema de distribución de agua. Asimismo, permite dimensionar adecuadamente las tuberías, así como también mostrar y optimizar el buen funcionamiento de los tanques y sistemas de bombeo en caso de implementarlo o algún otro componente de la tubería.
- A partir de las entrevistas realizadas para conocer la percepción social se recomienda la ejecución de un grupo focal por parte del equipo PSA, en donde se tome en cuenta los aspectos externados por las personas entrevistadas, por lo que reunirse a analizar y al mismo tiempo identificar patrones y tendencias en las respuestas, es una retroalimentación para obtener perspectivas del equipo. Si se da la identificación de problemas o áreas de mejora, es recomendable hacérselo llegar a los entrevistados, por lo que expresar el porqué de muchas de las respuestas puede generar confianza a los usuarios.
- En el instrumento de la percepción social se dio la redacción de preguntas entorno a la recepción de información por parte de la ASADA, ya sea por medio de la aplicación móvil de WhatsApp o la red social de Facebook de la ASADA, por lo que un mayor porcentaje de las personas encuestadas se inclinó por el grupo de WhatsApp que existe para cada sector, sin embargo, en preguntas relacionadas a la participación de actividades, asambleas o la última rendición de cuentas, la respuesta de muchas personas de la muestra indicaron desinformación, es decir, desconocían dichas actividades e incluso algunos de los abonados no se encuentran en el grupo de comunicación de WhatsApp. Contextualizando lo anterior, es recomendable realizar una encuesta para conocer la correcta recepción de información como recibos mensuales, programaciones de actividades o bien las asambleas realizadas por la Junta Directiva.
- Al realizar el estudio de percepción social, se identifica que existe una falta de conocimiento sobre las afectaciones de los componentes y de los mantos acuíferos al exponerse a actividades ganaderas, lecheras y agrícolas. Por lo tanto, se recomienda

la organización de charlas o capacitaciones hacia la población que se dedica a la ganadería/agricultura para la concientización del desarrollo responsable de estas actividades, haciendo entregas de certificaciones y/o premios para incentivar la participación. Aquí es donde entra el rol del equipo de apoyo, como por ejemplo la funcionaria del Ministerio de Salud y el funcionario de gestión ambiental de la Municipalidad de Tilarán para brindar información relevante en cuanto a las buenas prácticas y la salud pública. A su vez, se puede implementar videos conmemorativos (cláusulas informativas) en donde se sistematicen las experiencias vividas en la ASADA, para llamar la atención de las personas e incentivarlos a participar y formar parte de este tipo de actividades.

- Como se ha logrado evidenciar, las nacientes que forman parte del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora dan abasto para suministrar agua para 840 previstas, incluso muchos de los usuarios externan que el agua que les llega a sus hogares es más de la adecuada. Se puede decir que el sistema de acueducto posee un superávit hídrico, sumado a esto, esta zona del país presenta precipitaciones recurrentes. Por lo tanto, no se descarta la idea de la presencia de rebalses en el sistema, por lo que para este caso se recomienda aprovechar los rebalses y redirigirlos al manto acuífero para recargarlos y así garantizar la disponibilidad de agua en situaciones de emergencias.
- Por otro lado, se recomienda a los usuarios aprovechar el agua de lluvia para un mejor ahorro del agua potable. Esto debido a que al tratarse de una zona de alta elevación y en donde las precipitaciones son muy frecuentes, el aprovechamiento de esta agua llovida para la realización otras actividades domésticas que no necesitan de agua potabilizada. Por esta razón, es que se recomienda que cada usuario implemente un sistema de almacenaje de agua de lluvia de manera casera para así garantizar la disponibilidad del agua en la época seca, además de ser una manera esencial para el ahorro de consumo del servicio de la ASADA. A su vez, se recomienda a la Asociación que impulse a sus usuarios a realizar este tipo de prácticas por medio de afiches informativos, asambleas, rendición de cuentas o bien realizando talleres con especialistas en el tema.

Referencias Bibliográficas

- Amador, J-A., Laporte, S. y Rafael, C. (2000). Cuenca del Río Arenal: Análisis de los eventos Niño de los años 1992-93, 1994-95 y 1997-98. *Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 7(1), pp. 1-20. Revisado desde <https://acortar.link/t4WINx> [Consultado 20-05-2023].
- ASADA Tronadora. (06 de septiembre de 2023). Resumen: Feria del Agua ASADA Tronadora 2023. Facebook. <https://acortar.link/rJjZGg> [Consultado 29-10-2023].
- ASADA Tronadora. (25 de septiembre de 2023). Innovación – Implementación. Aplicación Appsheet. Facebook. <https://acortar.link/k1ZQvN> [Consultado 29-10-2023].
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2023). Tarifas vigentes de agua potable. Revisado desde <https://acortar.link/reXQqT> [Consultado 25-05-2023].
- Banco Mundial. (2022). Un mundo con seguridad hídrica para todos. Revisado desde <https://acortar.link/Thopyt> [Consultado 19-05-2023].
- Barrantes, W. (2017). Informe de gestión en cumplimiento con Artículo N° 12 de la Ley General de Control Interno. D-1-2005-CO-DFOE. Revisado desde <https://acortar.link/Knyp3z> [Consultado 18-06-2023].
- Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A. y Stevens, M. (2009). Manual para el Desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Revisado desde <https://acortar.link/iaC7JG> [Consultado 15-06-2023].
- Behar, D. (2008). Metodología de la Investigación. Editorial Shalom. [Consultado 22-06-2023]
- Cambronero, S. (2020). Plan de Seguridad del Agua ASADA Tronadora. Revisado desde <https://acortar.link/xqblYa> [Consultado 13-10-2023].

- Castro, J. y Obando, M. (2022). “Propuesta de Plan de Seguridad del Agua para la gestión integral del recurso hídrico en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Peñas Blancas, Abangares, Costa Rica. *Proyecto Final de Graduación para Licenciatura*. Revisado desde <https://acortar.link/nvhIW7> [Consultado 7-04-2023]
- Cedeño, N. (2012). La investigación mixta, estrategia andragógica fundamental para fortalecer las capacidades intelectuales superiores. RES NON VERBA. Revisado desde <https://acortar.link/96J2T2> [Consultado 17-06-2023].
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2016). Plan de gestión integral del recurso hídrico, estudio de caso cuenca del río Arenal, con el fin de lograr la gestión integral de la cuenca hidrográfica. Revisado desde <https://acortar.link/2xFRbg> [Consultado 20-05-2023].
- Chán, M. (2012). Métodos de almacenamiento del agua: Un elemento clave para la adaptación al cambio climático. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Revisado desde <https://acortar.link/ZVV4nI> [Consultado 28-05-2023]
- Constitución Política de Costa Rica [Const]. Art. 50. 3 de julio de 1994 (Costa Rica).
- Contraloría General de la República. (2022). Resolución Kilometraje R-DC-00061-2022. Revisado desde <https://acortar.link/G93GYv> [Consultado 09-06-2023]
- Diario Oficial La Gaceta. (1995). Código de Ética Profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. N° 209. Revisado desde <https://acortar.link/7guEl4> [Consultado 17-06-2023]
- Dirección de Agua. (2023). ASADAS en Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/SQempd> [Consultado 27-06-2023]
- Evans, D., Gruba, P. y Zobel, J. (2014). How to Write a Better Thesis. Third Edition. Springer International Publishing Switzerland. [Consultado 12-08-2023]

- García, F., Arce, A. y Fonseca, A. (2015). Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el acueducto de Jacó, Puntarenas, Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/NEmFhr>. [Consultado 10-05-2023]
- Global Water Partnership. (2017). La situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada. <https://acortar.link/lwNodA> [Consultado 17-07-2023]
- Gobierno de Costa Rica. (2020). Inversión de ₡4.392 millones en Acueducto de Liberia Beneficia a cerca de 12.000 personas. [Sitio Web]. Presidencia de la República. Revisado desde <https://acortar.link/fCxNKc> [Consultado 31-07-2023].
- Guillén, S. (2022). Determinantes de diseño institucional que inciden sobre el desempeño del Sistema de Innovación de las ASADAS en la Región Chorotega de Costa Rica. *Tesis de Maestría*. Revisado desde <https://acortar.link/zXOQ3n> [Consultado 10-04-2023].
- Gutiérrez, I. (2022). Evaluación operativa de dos ASADAS de la Región Chorotega, Costa Rica para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento que mejore su gestión. *Proyecto Final de Graduación para Licenciatura*. Revisado desde <https://acortar.link/nkxXVm> [Consultado 3-04-2023].
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. Revisado desde <https://acortar.link/LuVm2m> [Consultado 27-06-2023]
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). Política Nacional para el Subsector de Agua Potable de Costa Rica 2017 – 2030. Revisado desde <https://acortar.link/mHdboO> [Consultado 27-05-2023].
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2023). Nuestra historia. Revisado desde <https://acortar.link/A39h3V> [Consultado 27-05-2023].
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (2015). Suelos de Costa Rica de orden Andisol. Revisado desde <https://acortar.link/Cp19WK> [Consultado 19-05-2023].

- Jiménez, S. (2017). Proceso de seguimiento para la implementación de mejoras técnicas y administrativas en cinco ASADAS del Corredor Biológico Garcimuñoz, Alajuela. II Etapa 2017. Revisado desde <https://acortar.link/bQtZWz> [Consultado 25-05-2023].
- Lafragua, J. (2008). Elaboración de Balances Hídricos por Cuencas Hidrográficas y Propuestas de Modernización de las Redes de Medición en Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/XRRIKx> [Consultado 20-05-2023].
- León, R. (2019). Propuesta de plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados. Revisado desde <https://acortar.link/ewbycO> [Consultado 10-03-2023]
- Lossio, M. (2012). Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. Universidad Piura, Perú. Revisado desde <https://acortar.link/r5ICNT> [Consultado 28-05-2023].
- Mendoza, M. (2008). Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán, Honduras. Revisado desde <https://acortar.link/lpKYR9> [Consultado 27-05-2023]
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2015). Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria – Caracterización del cantón de Tilarán. Revisado desde <https://acortar.link/cpQ9Im> [Consultado 19-05-2023].
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2009). Política Hídrica Nacional. Revisado desde <https://acortar.link/ued0UO> [Consultado 27-05-2023].
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2016). Resolución Comisión Plenaria Proyectos de muy Bajo Impacto. Resolución N. °2373- 2016-SETENA. Revisado desde <https://acortar.link/yI8nFo> [Consultado 10-06-2023].
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2012). Guía Metodológica de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Acueducto y Alcantarillado Sanitario en Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/uveAQb> [Consultado 27-05-2023].

- Ministerio de Salud. (2019). Guía de Inspección para Calidad de Agua Potable-SERSA. Revisado desde <https://acortar.link/trDGfy> [Consultado 07-05-2023]
- Ministerio de Salud. (2023). Calidad del Agua Potable. Revisado desde <https://acortar.link/NQU9hV> [Consultado 28-05-2023].
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2023). Lista de salarios mínimos. Revisado desde <https://acortar.link/vktxAL> [Consultado 09-06-2023]
- Montero, A. y Moreno, T. (2018). Propuesta de Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el Acueducto Municipal de la comunidad del cantón del Jiménez, Cartago, Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/yCwUgK> [Consultado 10-03-2023]
- Montiel, A. (2007). En qué consiste un Acueducto Rural. *Revista Hidrogénesis*, 5 (1), pp. 32-34. Revisado desde <https://acortar.link/ftT661D> [Consultado 27-05-2023].
- Mora-Alvarado, D., Barboza-Topping, R. y Orozco-Gutiérrez, J. (2019). Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica. Revisado desde <https://acortar.link/YJZA1x> [Consultado 27-05-2023].
- Morales, Y., Gonzáles, O. y Echeverría J. (2000). Análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 22 (4), pp. 46-50. Revisado desde <https://acortar.link/KmqIJF> [Consultado 28-05-2023].
- Navarro-Garro, A., Arara-Rodríguez, F., Pérez-Murrillo, D., Moreira-Segura, C. y Estrada-Ugalde, M. (2013). Vulnerabilidad de los sistemas de acueductos rurales: cómo identificarla. *Tecnología en Marcha*, 26 (3), pp. 63-74. Revisado desde <https://acortar.link/1vdRNP> [Consultado 27-05-2023]
- Navarro, M. (2022). Evaluación de herramientas de gestión integral de riesgo y de planes de mejora y eficiencia de acueductos, desarrolladas por el AYA-PNUD, en tres ASADAS del Pacífico Norte de Costa Rica, durante el 2019. Revisado desde <https://acortar.link/o9kILj> [Consultado 27-04-2023]
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Agua Limpia y Saneamiento: Por qué es importante. Revisado desde <https://acortar.link/BFZ4bZ> [Consultado 12-05-2023].

- Organización Mundial de la Salud. (1948). ¿Cómo define la OMS la salud? Revisado desde <https://acortar.link/f0BcxZ> [Consultado 25-05-2023].
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Revisado desde <https://acortar.link/dUAVmv> [Consultado 19-05-2023].
- Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. (2013). Guía Metodológica para la Elaboración de Planes de Seguridad del Agua. Revisado desde <https://acortar.link/Dh54Wn> [Consultado 08-06-2023]
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA) en Pequeñas Comunidades. Revisado desde <https://acortar.link/IYL5RU> [Consultado 28-05-2023].
- P.E de la Nación. (2022). *Programa Estado de la Nación, Consejo Nacional de Rectores*. CONARE. Revisado desde <https://acortar.link/aYTCEa> [Consultado 12-05-2023].
- Paniagua, H. y Rodríguez, A. (2019). Guía de Gestión Integral de Riesgos para ASADAS (GIRA). Revisado desde <https://acortar.link/ujMVXE> [Consultado 25-05-2023].
- Porras, A. (2017). Tipos de muestreo. Centro Público de Investigación CONACYT. Repositorio CENTROGEO. Revisado desde <https://acortar.link/czbvU> [Consultado 17-06-2023]
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023). En el PNUD creemos que trabajando juntos podemos afrontar con éxito los retos del agua para el desarrollo sostenible. Revisado desde <https://acortar.link/v2Ogap> [Consultado 27-05-2023].
- Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. *Boletín Electrónico*, 8, pp. 1-12. Revisado desde <https://acortar.link/UskiVr> [Consultado 27-05-2023].
- Sapag, J., Sapag, R. y Sapag, N. (2014). Preparación y Evaluación de Proyectos. McGraw-Hill Education. Revisado desde <https://acortar.link/rJE4T5> [Consultado 08-06-2023]

Sistema Costarricense de Información Jurídica (2015). Reglamento para la Calidad del Agua Potable. N° 38924-S. Revisado desde <https://acortar.link/EdiQJY> [Consultado 18-06-2023]

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (1997). Reglamento de las Asociaciones Administradora de Acueductos y Alcantarillados. Norma N° 29100. Revisado desde <https://acortar.link/7vM261> [Consultado 26-05-2023].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2005). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales. Revisado desde <https://acortar.link/X40tID> [Consultado 17-07-2023]

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2014). Reglamento prestación de los servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes. Artículo N°5. Revisado desde <https://acortar.link/jpKLIf> [Consultado 23-06-2023]

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2015). Reglamento para la calidad del Agua Potable. Reglamento N° 38924-S. Revisado desde <https://acortar.link/EdiQJY> [Consultado 08-06-2023].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2018). Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud. Directriz N° 032-S. Revisado desde <https://acortar.link/9tMKfe> [Consultado 21-05-2023].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2020). Política Regulatoria sobre el acceso al agua potable y saneamiento de aguas residuales. Resolución RE-0231-JD-2020. Revisado desde <https://acortar.link/6Y51RH> [Consultado 09-06-2023].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2020). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales. N° 42582-S-MINAE. Revisado desde <https://acortar.link/PMSnPg> [Consultado 10-06-2023].

Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2020). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales. Directriz N° 42582-S. Revisado desde <https://acortar.link/yTrzhb> [Consultado 28-05-2023]

- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2021). Reglamento de gastos de viaje y de transporte para funcionarios públicos. Revisado desde <https://acortar.link/C1JcvU> [Consultado 10-06-2023]
- Soto, J. (2021). Diseño de un sistema de medición de agua no contabilizada en la Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Tronadora de Tilarán. Informe de especialidad de Licenciatura. Revisado desde <https://acortar.link/q7kcyd> [Consultado 22-03-2023]
- Tchobanoglous, G. y Burton, F. (1998). Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización, 3 edn. McGraw-Hill. España.
- Torres, K. (2023). Entrevista hacia la administradora de la ASADA Tronadora realizada por las sustentantes Katherine Salas y María Silva. [Realizado 19-05-2023].
- Vargas, J. (2000). Manual de operación, mantenimiento y administración de un acueducto rural. Revisado desde <https://acortar.link/vA3IIE> [Consultado 27-05-2023]
- Vigo, R. (2014). Ética profesional: especificidad, importancia y actualidad. Prudentia Iuris, 78. Revisado desde <https://acortar.link/09qa7a> [Consultado 18-06-2023]

Anexos

Anexo 5.1 Categorización del nivel de riesgo de la fuente.

Número de respuestas "SI"	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	Azul	---
1-2	Bajo	Celeste	Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.
3-4	Intermedio	Verde	Solicitar plan de acción correctiva por medio de orden sanitaria al operador para corregir situación en un plazo de 1 mes.
5-7	Alto	Amarillo	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 1 mes para obtener evidencia de mejoras.
8-10	Muy alto	Rojo	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria.

Nota: Por cada respuesta "SI", se determine la clasificación del riesgo y se procede con las acciones según se indique.

Fuente: Ministerio de Salud, 2019.

Anexo 5.2 Categorización nivel de riesgo para el tanque de almacenamiento.

Número de respuestas "SI"	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	Azul	---
1-2	Bajo	Celeste	Notificar al representante legal del ente operador del acueducto, para que realice las mejoras correspondientes, en un plazo de 1 mes.
3-4	Intermedio	Verde	Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
5-7	Alto	Amarillo	Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso del tanque de almacenamiento, las acciones deben coordinarse con el Nivel Central y Regional, además del AyA, en caso necesario.
8-10	Muy alto	Rojo	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden.

Nota: Por cada respuesta "SI", se determine la clasificación del riesgo y se procede con las acciones según se indique.

Fuente: Ministerio de Salud, 2019.

Anexo 5.3 Categorización del nivel de riesgo de la línea de conducción y la red de distribución.

Número de respuestas “SI”	Clasificación de riesgo	Código de colores	Acciones para disminuir los factores de riesgo
0	Nulo	Azul	---
1-2	Bajo	Celeste	Solicitar plan de acción al operador para corregir situación con urgencia. Plazo 5 días hábiles.
3-4	Intermedio	Verde	Emitir orden sanitaria al operador para corregir los factores de riesgo detectados en un plazo de 5 días hábiles.
5-7	Alto	Amarillo	Elaborar plan de emergencia y sensibilizar a la comunidad sobre los riesgos. Girar orden sanitaria con un Plazo de 5 días hábiles para obtener evidencia de mejoras.
8-10	Muy alto	Rojo	Girar orden sanitaria y convocatoria urgente a los actores sociales claves para ejecutar en el menor plazo, las acciones correctivas necesarias. Plazo de 1 mes para verificar cumplimiento de la orden sanitaria.

Nota: Por cada respuesta “SI”, se determine la clasificación del riesgo y se procede con las acciones según se indique.

Fuente: Ministerio de Salud, 2019.

Anexo 5.4 Distribución detallada del presupuesto de proyecto según cada actividad.

Tipo	Actividad	Materiales	Total
CAPEX	Contacto inicial con la ASADA (llamada/correo)	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
		• Pólizas	€17 850.00
	Primera visita de reconocimiento de la ASADA	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Búsqueda de información complementaria	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Redacción de Capítulo I - Introducción	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
	Redacción de Capítulo II - Antecedentes	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Visita ASADA para delimitar la problemática	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00

		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Redacción de Capítulo III – Marco Teórico	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Redacción de Capítulo VI - Prefactibilidad	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Gira de campo a Naciente Yolanda Peraza	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Reunión con Junta Directiva de la ASADA	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
	Redacción de Capítulo V - Metodología	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Correcciones del anteproyecto	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
	Actividad en la ASADA de reforestación	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Presentación del anteproyecto	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
OPEX	Reunión con la Junta Directiva, Ministerio de Salud y Municipalidad de Tilarán	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Reunión para la conformación del equipo	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00

		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00
		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
	Cuatro giras de campo a las fuentes	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€110 000.00
		• Meriendas	€60 000.00
		• Transporte	€33 000.00
		• Equipo de protección personal	€17 000.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€5 000.00
		Equipo de mediciones de análisis de calidad de agua	€365 000.00
	Procesamiento de información	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Interpretación de datos obtenidos para la etapa	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Redacción de resultados	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Aplicación instrumento de percepción social	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€110 000.00
		• Meriendas	€60 000.00
		• Transporte	€33 000.00
		• Equipo de protección personal	€17 000.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€5 000.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
		Materiales para entrevistas	€30 000.00
	Instrumento SERSA	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Procesamiento de información	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Redacción de Capítulo VI - Resultados	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
	Taller para recomendaciones	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• Alimentación	€27 500.00
		• Meriendas	€15 000.00

		• Transporte	€8 250.00
		• Equipo de protección personal	€4 250.00
		• Charlas escuelas	€30 000.00
		Materiales de talleres	€25 000.00
		• Botiquín de Primeros Auxilios	€1 250.00
	Elaboración del PSA	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
			€0.00
	Redacción de Capítulo VII - Conclusiones	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
			€0.00
	Redacción de Capítulo VIII Recomendaciones	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
		• 1 mes factura telefónica	€20 000.00
		• 1 mes de servicio de internet	€44 600.00
	Correcciones e imprevistos	• Equipo computacional personal	€0.00
		• Paquete Office	€0.00
		• Software QGIS	€0.00
	Honorarios Profesionales	• Dos profesionales ad. Honoren.	€3 792 312.00
Total			€5 676 962.00

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.1 Cambio de las tuberías en el sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora



Fuente: ASADA Tronadora (2023).

Anexo 6.2 *Aplicación de la Guía de inspección para la calidad de agua potable-SERSA, para el acueducto de la ASADA Tronadora*

<https://acortar.link/ZcRHcm>

Fuente: Ministerio de Salud, 2019; modificado por Salas y Silva, 2023.

Anexo 6.3 *Plan de Seguridad del agua con metodología GIRA de la ASADA Tronadora*

<https://acortar.link/KaSFH4>

Fuente: Cambronero (2020).

Anexo 6.4 *Aplicación implementada en la ASADA Tronadora para una mejor gestión.*



Fuente: ASADA Tronadora (2023).

Anexo 6.5 Resumen de actividades realizadas en la Feria del Agua.

Resumen: FERIA DEL AGUA ASADA TRONADORA 2023

Del 28 al 31 de Agosto
Celebramos juntos 22 años de constitución!

Lunes, 28 de Agosto

Apertura Feria

- Reunión mensual con el Comité Local del Corredor Biológico Lago Arenal Tenorio.
- Aprobación apoyo Proyecto Construcción.
- Tour del Agua con el CBLAT y estudiantes de secundaria.

Martes, 29 de Agosto

- Charlas educativas estudiantes de primaria.
- Tour del agua con estudiantes de secundaria.

Miércoles, 30 de Agosto

- Charlas educativas estudiantes primaria.
- Tour del agua con estudiantes de secundaria.

Jueves, 31 de Agosto

RENDICIÓN DE CUENTAS

Informe a la comunidad de Tronadora referente a lo que hemos venido realizando y lo que aún nos falta por realizar.

Charlas Impartidas:

- Manejo de Cuencas Hidrológicas.
- Recurso Hídrico y Mantos Acuíferos.
- Incendios Forestales.
- Calidad del agua.
- Información ASADA Tronadora.
- Cambio climático.
- Polinización.

Tanques Visitados:

- El Centro.
- El Roble.
- Silencio.






Nuestro AGRADECIMIENTO sincero a todos los que nos acompañaron y formaron parte de esta "Primera Feria del Agua ASADA Tronadora 2023"








ASADA SOMOS TODOS!

Fuente: ASADA Tronadora, 2023.

Anexo 6.6 Stand informativo de la ASADA que conformó la Feria del Agua.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.7 Charlas educativas realizadas en la Escuela de Tronadora y la Escuela El Silencio.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.8 Registro de miembros del equipo de trabajo del PSA.

Etapas I - Conformación del Equipo de Trabajo

Lugar Tronadora, Tilarán, Guanacaste
 Fecha 12 de setiembre, 2023

Nombre Completo	Entidad	Cargo	Función en el equipo	Información del contacto
Engracia Rivas ortega	—	Fiscal	Junta Directiva	81039795
Silvia Orlando E	5 0266 0716	Tesorero	Junta Directiva	86919891
Carlos J Compostierro	5 0269 0163	Vocal	Junta Directiva	87.54.9689
Anabelle Arce Moreira	2 0352 0107	Vicepresidenta	Junta Directiva	86569983
Ms. Estelma Orietta Gutierrez	5 0185 0966	Presidenta	Junta Directiva	87060578
Andrés Andrés Campa Saldaña	5 0366 0602	Secretario	Junta Directiva	8967 8969

ASADA Tronadora, Tilarán

UNA UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.9 Registro de miembros del equipo de trabajo del PSA.

Etapas I - Conformación del Equipo de Trabajo

Lugar Tronadora, Tilarán, Guanacaste
 Fecha 11 de setiembre, 2023

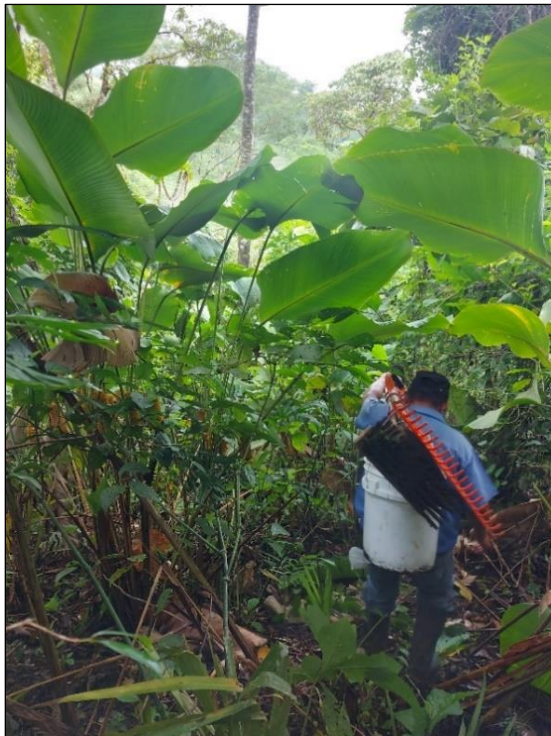
Nombre Completo	Entidad	Cargo	Función en el equipo	Información del contacto
Moises Salas Umaña	5-396-481	Fontonero	Fontanería	87669753
Manuel Morales Alvarado	20620268	fontanero	fontanero	87691530
Diego Hernández	5207928	Fontanero	Fontanero	88161312
Florencia Álvarez Congo	5 328449	Oficinista	Oficinista	2693-13-07
Fernando Torres T.	5-372-738	Administrador	Administración	8728-07-13
Katherine Salas Kniland	504280363	Estudiante	Ingeniería	89462050
Mario Silva Aguilar	504340743	Estudiante	Ingeniero	8528-8881

ASADA Tronadora, Tilarán

UNA UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.10 Acceso a la naciente Los Álvarez.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.11 Naciente Mario Fuentes con la infraestructura obstruida.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.12 *Naciente Alberto González con ausencia de malla de protección.*



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.13 *Actividades agrícolas cerca de las viviendas en el sector “Llama Azul”.*



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.14 *Actividades ganaderas cerca de las viviendas de la comunidad en el sector “La Esperanza”*



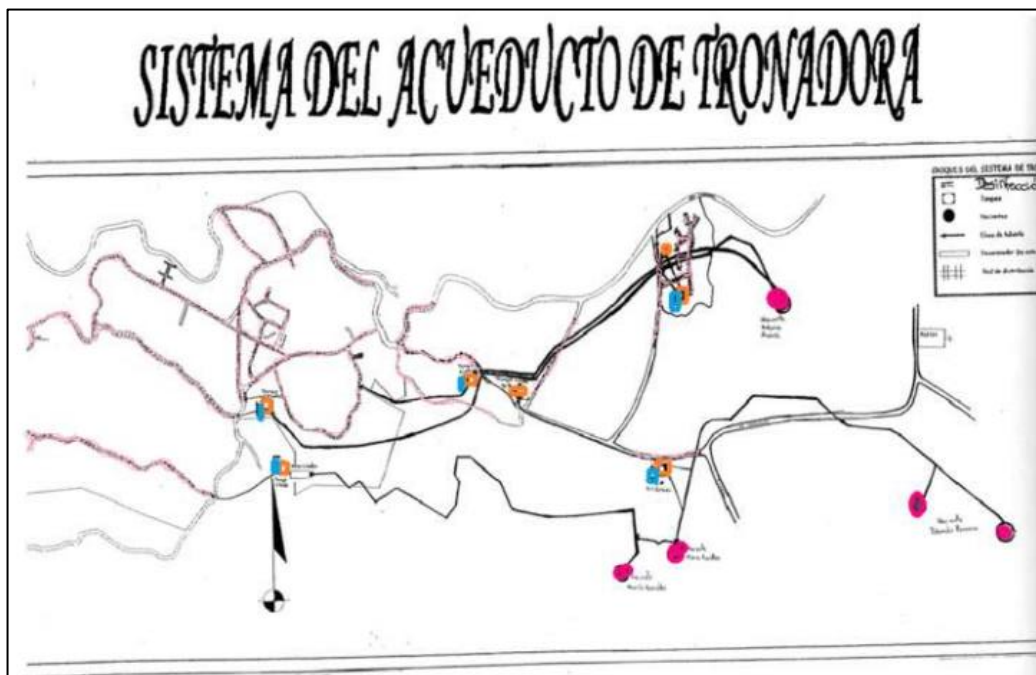
Fuente: Elaboración propia, 2023

Anexo 6.15 *Implementación de un sistema de agua de lluvia por uno de los usuarios en el sector El Roble.*



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Anexo 6.16 Planos desactualizados del sistema de acueducto de Tronadora.



Fuente: ASADA Tronadora (2023).

Anexo 6.17 Visita de campo con el equipo de fontanería a los componentes del sistema de acueducto de la ASADA de Tronadora



Fuente: Elaboración propia, 2023

Anexo 6.18 *Aplicación del instrumento de percepción social a vecinos del sector Linda Vista.*



Fuente: Elaboración propia, 2023

Anexo 6.19 *Propuesta de Plan de Seguridad del Agua*

<https://acortar.link/Ujvyly>

Fuente: Elaboración propia, 2023