

Universidad Nacional de Costa Rica

Sede Regional Chorotega, Campus Liberia

Proyecto Final de Graduación

“Propuesta de plan operacional en el servicio de agua potable del sistema de Altamira para la ASADA de Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica”

Para optar por el grado de licenciatura en la carrera de Ingeniería Hidrológica

Sustentantes:

Jean Carlos Mayorga Chaves

504300248

Luis Diego Soto Arce

207840360

Equipo supervisor

Msc. María Teresa López Maietta

Dr. Ronald Sánchez Brenes

Msc. Adolfo Salinas Acosta

2023

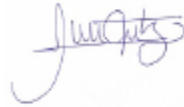
ACTA DEL TRIBUNAL

La comisión examinadora evaluó el trabajo titulado:

“Propuesta de plan operacional en el servicio de agua potable del sistema de Altamira para la ASADA de Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica”

Como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Miembros del Tribunal Evaluador



Dr. Fernando Gutiérrez Coto

Representante de Decanatura SRCH

DARINKA GRBIC GRBIC (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-08-0087-0458.
Fecha declarada: 27/02/2024 02:37:54 PM
Esta representación visual no es fuente
de confianza. Valide siempre la firma.

Dra. Darinka Grbic Grbic

Representante de la Dirección Académica, Campus Liberia

MARIA TERESA LOPEZ MAIETTA (FIRMA) Firmado digitalmente por MARIA TERESA LOPEZ MAIETTA (FIRMA)
Fecha: 2024.02.27 14:29:39

MSc. María Teresa López Maietta

Tutora

RONALD JESUS SANCHEZ BRENES (FIRMA) Firmado digitalmente por RONALD JESUS SANCHEZ BRENES (FIRMA)
Fecha: 2024.02.27

Dr. Ronald Sánchez Brenes

Lector

MSc. Adolfo Salinas Acosta

Lector

Febrero, 2023

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al éxito de este proyecto. En primer lugar, extendemos nuestro reconocimiento a la tutora María Teresa López Maietta, cuyo apoyo continuo, valiosos conocimientos y estímulo fueron fundamentales para alcanzar un proyecto de calidad. Asimismo, queremos agradecer a los asesores Ronald Sánchez Brenes y Adolfo Salinas por su dedicación, minuciosa revisión y valiosos aportes, que sin duda contribuyeron a elevar la calidad del proyecto.

Agradecemos también a todos los profesores de los diferentes cursos de la carrera de Ingeniería Hidrológica, cuya formación y conocimientos se reflejaron de manera significativa en la realización de este proyecto. Sus enseñanzas han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico y profesional.

Un agradecimiento especial se dirige a la ASADA Bijagua, que generosamente nos brindó la oportunidad de llevar a cabo este proyecto en su institución. Su colaboración y disposición fueron clave para abordar las problemáticas relacionadas con la gestión del recurso hídrico en su empresa. Este proyecto no hubiera sido posible sin el respaldo y la colaboración de todas estas personas e instituciones, y estamos profundamente agradecidos por su invaluable contribución a nuestro desarrollo académico y profesional.

DEDICATORIA

A Dios, mi familia y amigos, este logro académico es un reflejo de todo aquel apoyo que se me fue brindado de su parte; porque en ningún momento me dejaron de animar ni dejaron de creer en mí. Es por esto por lo que quiero dedicar este proyecto como un acto de amor y gratitud hacia cada uno de ustedes. Este logro académico no solo es mío, sino que también es suyo, ya que cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento de fe fue la fuerza para alcanzar este éxito.

Ing. Jean Carlos Mayorga Chaves

Quiero dedicar este proyecto a Dios, y a mi familia: mi madre Judith, quien fue un pilar fundamental en el proceso de formación como persona, y profesional. A mi hermana Yendri, mi hermano Antoni, y mi sobrina Zoemy. Porque siempre me apoyaron, y estuvieron presentes hasta cumplir con el objetivo de terminar mis estudios universitarios.

Ing. Luis Diego Soto Arce

RESUMEN

Las ASADAS tienen la responsabilidad de gestionar de manera integral el recurso hídrico para proporcionar agua potable y saneamiento a las comunidades. Esto implica un enfoque administrativo, financiero, comercial y socioambiental eficiente para asegurar la sostenibilidad de los servicios lo cual es una parte fundamental de esta gestión es el desarrollo de un plan operativo que evalúe los puntos críticos, anticipándose a posibles amenazas que puedan afectar el funcionamiento del acueducto. La implementación exitosa de estas medidas contribuye significativamente a mejorar la calidad de vida en las comunidades que dependen de este recurso hídrico esencial.

El objetivo principal de este estudio es construir una propuesta de plan operacional como herramienta que permita la mejora de la gestión del agua en el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica.

La metodología que se utilizó para lograr el objetivo fue de carácter mixto, por lo que para elaborar el plan primeramente se realizaron distintas fases donde primeramente se realizó un diagnóstico y evaluación de los principales componentes del acueducto de Altamira, luego se realizó un análisis de percepción social de los usuarios y una evaluación de personales administrativos mediante encuestas. Por añadido se evaluó la capacidad hídrica e hidráulica mediante balances hídricos y modelación hidráulica en diferentes escenarios críticos. Finalmente, con todos los recursos obtenidos a partir de lo anteriormente mencionado se generó una matriz de riesgos para priorizar los puntos críticos de cuidados y finalmente formular el plan operacional que contempla las respectivas medidas correctivas que optimizarían el funcionamiento del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua.

En general, el diagnóstico y la evaluación del acueducto de Altamira muestra un sistema de suministro de agua potable en donde algunos de los riesgos más prominentes encontrados, se incluyen la falta de protección en zonas de recarga de agua, tuberías antiguas cercanas al final de su vida útil, además, la ubicación geográfica del acueducto plantea desafíos específicos relacionados con la vulnerabilidad a eventos naturales. Así como también se destaca la gestión inadecuada en algunos componentes específicos de la infraestructura, la participación limitada y desinformación de los usuarios. Existen desafíos en la administración financiera y en la microcuenca que también emergen como preocupaciones críticas a futuro como desfases económicos, crecimiento poblacional, el aumento de infraestructura hotelera, cambio climático y la deforestación dado a que son factores se encuentran ligados con los recursos hídricos y su operación.

La propuesta del plan operativo para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua se formuló con un enfoque integral y proactivo hacia la gestión de riesgos y la mejora continua. La identificación de puntos críticos en cada componente del sistema, junto con medidas correctivas específicas para los riesgos encontrados, responsables designados y plazos claros de ejecución, reflejan que por lo general dicho plan operativo para el sistema de Altamira se basa en la sostenibilidad a largo plazo.

ABSTRACT

The ASADAS have the responsibility of comprehensively managing the water resource to provide drinking water and sanitation to the communities. This implies an efficient administrative, financial, commercial, and socio-environmental approach to ensure the sustainability of services, which is a fundamental part of this management is the development of an operational plan that evaluates critical points, anticipating possible threats that may affect operation. of the aqueduct. The successful implementation of these measures contributes significantly to improving the quality of life in communities that depend on this essential water resource.

The main objective of this study is to build a proposed operational plan as a tool that allows the improvement of water management in the Altamira system of ASADA Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica.

The methodology that was used to achieve the objective was of a mixed nature, so to prepare the plan, different phases were first carried out where first a diagnosis and evaluation of the main components of the Altamira aqueduct was carried out, then a perception analysis was carried out. of users and an evaluation of administrative personnel through surveys. In addition, the water and hydraulic capacity was evaluated through water balances and hydraulic modeling in different critical scenarios. Finally, with all the resources obtained from the, a risk matrix was generated to prioritize the critical care points and finally formulate the operational plan that contemplates the respective corrective measures that would optimize the operation of the Altamira aqueduct of the ASADA Bijagua.

In general, the diagnosis and evaluation of the Altamira aqueduct shows a drinking water supply system where some of the most prominent risks found include the lack of protection in water recharge areas, old pipes near the end of their useful life, in addition, the geographical location of the aqueduct poses specific challenges related to vulnerability to natural events. As well as the inadequate management of some specific components of the infrastructure, the limited participation and misinformation of users are also highlighted. There are challenges in financial administration and in the micro-basin that also emerge as critical concerns for the future such as economic gaps, population growth, the increase in hotel infrastructure, climate change and deforestation given that these are factors linked to water resources and their operation.

The proposed operational plan for the ASADA Bijagua Altamira system was formulated with a comprehensive and proactive approach towards risk management and continuous improvement. The identification of critical points in each component of the system, together with specific corrective measures for the risks found, designated responsible parties and clear execution deadlines, reflect that generally said operational plan for the Altamira system is based on long-term sustainability. .

CUADRO DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción al tema central del proyecto	1
1.2 Declaración del problema.....	3
1.4 Objetivo	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Alcances y limitaciones	6
1.5.1 Alcances	6
1.5.2 Limitaciones	7
1.6 Resumen del reporte	7
2. ANTECEDENTES	10
Introducción.....	10
2.1 Generalidades de la ASADA Bijagua.....	10
2.1.1. Localización.....	10
2.1.2. Actividades socioeconómicas.....	11
2.2. Características de la subcuenca	14
2.2.1 Características hidrográficas.....	14
2.2.2. Características climáticas.....	15
2.2.3. Zonas de vida	16
2.3. Contexto del acueducto de la Asociación Social Administradora de Agua Potable de Bijagua	16
Conclusión	19
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1 Introducción.....	20
3.2 Definición de conceptos claves.....	20
3.2.1 ¿Qué es una ASADA?	20
3.2.2 Acueductos	20
3.2.3 Tipo de acueducto por bombeo (pozo)	21
3.2.4 Componentes de un acueducto	21
3.2.5. Plan operativo	22
3.2.6 Conceptos de gestión integral y riesgos del agua.....	23

3.2.7 Balance hídrico	24
3.2.8 Balance hídrico en sistemas cerrados o acueductos	24
3.2.10 Modelación hidráulica de acueducto con EPANET	26
3.2.11. Conceptos básicos de hidráulica en sistemas de acueductos	27
3.3 Conclusión	28
4. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD	30
4.1 Introducción	30
4.2 Estudio ambiental	30
4.3 Estudio legal	31
4.4 Estudio social	32
4.5 Estudio técnico	34
4.6 Estudio financiero	35
4.7 Conclusión	37
5. METODOLOGÍA	39
5.1 Introducción	39
5.2 Descripción de la metodología	39
5.2.1 Balance hídrico en acueductos	40
5.2.2 Percepción social	42
5.2.3 Modelación hidráulica (EPANET)	42
5.2.4 Plan operacional	45
5.3 Tamaño de la muestra	45
5.4 Métodos y herramientas	46
5.4.1. Obtención de datos	46
5.4.2. Tratamiento o depuración de datos	47
5.4.3. Validación de datos	47
5.5. Consideraciones éticas	49
5.6 Conclusión	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1 Resultados del diagnóstico y evaluación del acueducto	51
6.1.1. Fase I. Descripción e identificación de puntos críticos de los componentes del acueducto	51
6.1.2 Fase II. Análisis de disponibilidad hídrica	70
6.1.3. Fase III. Modelación hidráulica	79
6.2 Resultados de propuesta de plan operativo	84

6.2.1 Matriz de riesgos	84
6.2.2 Elaboración del plan operativo para el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua	88
6.3 Discusión de los principales hallazgos	93
6.3.1. Evaluación y diagnóstico de los componentes del sistema	93
6.3.2. Cantidad hídrica y capacidad hidráulica.....	95
6.3.3. Matriz de riesgos	96
6.3.4. Plan operativo	97
6.4 Discusión de los resultados en función de los objetivos.....	98
6.5 Discusión de los resultados en función de la metodología aplicada	99
6.6. Discusión de la propuesta de plan	100
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
7.1 Conclusiones	102
7.1.1 Conclusiones generales.....	102
7.1.2. Conclusiones por hallazgos.....	102
7.2. Recomendaciones.....	104
7.2.1. Recomendaciones generales.....	104
7.2.2. Recomendaciones por hallazgos.....	104
8. BIBLIOGRAFÍA	106
9. ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de la ASADA Bijagua en el cantón de Upala

Figura 2.2. Práctica de la ganadería para producción de leche en la zona de estudio

Figura 2.3. Composición porcentual de la población del cantón de Upala según el distrito en el año 2023.

Figura 2.4. Delimitación de la subcuenca del Río Zapote en Bijagua, Upala, Alajuela

Figura 2.5. Tanque de almacenamiento de la fuente Bijagua 1

Figura 2.6. Fuente de producción El Roble de la ASADA Bijagua

Figura 4.1. Componentes o insumos requeridos para la elaboración del proyecto en el acueducto de la ASADA de Bijagua.

Figura 5.1. Esquema del marco metodológico del estudio de la ASADA de Bijagua.

Figura 5.2. Diagrama de flujo para la demanda de un acueducto

Figura 5.3 Esquema del plan operacional de gestión integral del recurso hídrico.

Figura. 5.4. Cronograma de actividades del estudio de la ASADA de Bijagua

Figura. 6.1. Obra de captación de la fuente del subsistema Altamira de la ASADA Bijagua.

Figura 6.2. Canales perimetrales de escorrentía de la obra de captación de la fuente de Altamira

Figura 6.3. Válvula eliminadora de aire dentro de la línea de conducción

Figura 6.4. Tubería expuesta en la línea de conducción

Figura 6.5. Tanque de almacenamiento del subsistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Figura 6.6. Presencia de musgos en una de la parte superior del tanque de almacenamiento del sistema de Altamira

Figura 6.7. Sistema de cloración del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Figura 6.8. Componentes desgastados o deteriorados del sistema de cloración del sistema de Altamira

Figura 6.10. Planos de la red de distribución del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Figura 6.11. Estructuras quiebra gradiente en la línea de distribución del acueducto de Altamira.

Figura 6.12. Tubería expuesta en la línea de distribución en el sistema de Altamira.

Figura 6.13. Calificación a la calidad del servicio de agua potable que brinda la ASADA

Figura 6.14. Opinión de las propiedades organolépticas del agua que reciben los usuarios

Figura 6.15. Opinión de los usuarios acerca de la continuidad del servicio de agua brindado en el sistema de Altamira

Figura 6.16. Opinión de los usuarios de Altamira con respecto a problemas de facturación en el servicio del agua potable

Figura 6.17. Calificación otorgada por los usuarios del sistema de Altamira con respecto a la información de la educación del consumo de agua.

Figura 6.18. Opinión de los usuarios del sistema de Altamira acerca de su inclusión en la toma de decisiones en el servicio por parte de la ASADA

Figura 6.19. Crecimiento poblacional de carácter tendencial para la proyección de demanda del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Figura 6.20. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional tendencial en el balance del sistema de Altamira

Figura 6.21. Crecimiento poblacional de carácter sostenible en el balance del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Figura 6.22. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional sostenible en el balance del sistema de Altamira.

Figura 6.23. Crecimiento poblacional de carácter exponencial para el balance del acueducto de Altamira

Figura 6.24. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional exponencial en el balance del sistema de Altamira.

Figura 6.25. Modelo hidráulico de las presiones en los diferentes nodos del sistema de Altamira para el escenario de demanda actual.

Figura 6.26. Modelo hidráulico de las presiones en los nodos del sistema de Altamira para el escenario para una demanda futura en su capacidad hidráulica.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Estadísticas de la actividad agrícola de la zona de Bijagua del cantón de Upala.

Cuadro 2.2. Estadísticas de la actividad pecuaria de la zona de Bijagua en el cantón de Upala

Cuadro 2.3 Composición de la población del cantón de Upala según el distrito en el año 2023

Cuadro 4.1. Marco legal para el proyecto a realizar

Cuadro 4.2. Inversión técnica requerida para la elaboración del estudio

Cuadro 4.3. Presupuesto total del proyecto

Cuadro 6.1. Resultados del balance hídrico en una condición tendencial de crecimiento de población y servicios.

Cuadro 6.2. Resultados del balance hídrico en una condición sostenible de crecimiento de población y servicios

Cuadro 6.3. Resultados del balance hídrico en una condición exponencial de crecimiento de población y servicios

Cuadro 6.4. Determinación de la demanda máxima horaria de la situación actual del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua.

Cuadro 6.5. Determinación de la demanda máxima horaria de una situación futura del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua operando en su capacidad hidráulica.

Cuadro 6.6. Matriz de riesgos aplicada para los diferentes componentes del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Cuadro 6.7. Propuesta de plan operativo para los componentes del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

LISTA DE SIGLAS

-ASADA: Asociación Administradora de Sistema de Acueductos y Alcantarillados Comunales.

-AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

-CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

-GIRA: Gestión Integral del Riesgo de ASADAS.

-GIRH: Gestión Integrada del Recurso Hídrico.

-OMS: Organización Mundial de la Salud.

-SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental.

-SIG: Sistemas de Información Geográfica

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordará un pequeño acercamiento al proyecto de forma que se brinda un tipo de sesión introductoria hacia la temática que pretende este mismo con el fin de entender la necesidad de la realización del proyecto. En este capítulo se abordará el tema de interés el cual corresponda a la necesidad que las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS) de nuestro país procuren realizar el correcto abastecimiento del agua potable a las distintas comunidades rurales; además de que es necesario que éstas cuenten con un plan operacional por lo tanto se realiza una inducción a esta temática que es uno de los problemas hídricos casuales en Costa Rica; en este caso se desea aplicar esto para la ASADA de Bijagua que se encuentra ubicada en el cantón de Upala en la provincia de Alajuela de Costa Rica; por lo tanto en este capítulo se aborda la debida justificación de dicho tema anteriormente expuesto, además que se proponen los objetivos a seguir en este proyecto para lograr un abastecimiento del agua eficiente y sostenible; además de apoyar con información técnica que la misma ASADA puede tomar a su favor, sin embargo también se resaltan aquellos alcances y limitaciones que quizás pudiera presentarse en este proyecto.

1.1 Introducción al tema central del proyecto

En Costa Rica, cerca del 95 % de la población en las zonas urbanas recibe agua de buena calidad, gracias a que los grandes distribuidores de agua del país cuentan con la tecnología y los recursos humanos y financieros para la adecuada gestión de abastecimiento. En las zonas rurales, esta gestión está en manos de las ASADAS, que son integradas por juntas de vecinos voluntarios; en esas zonas persisten áreas que no reciben agua potable (Córdoba, 2016).

Según los análisis efectuados, se determinó que en la mayor parte de los acueductos comunales se presentan situaciones de vulnerabilidad sanitaria de bajas a intermedias en las fuentes, tanques de almacenamiento y redes de conducción y distribución. Entre el 10% y 15% de los acueductos rurales presentan vulnerabilidades altas o muy altas por la poca capacidad operativa para brindar un mantenimiento, poniéndose en peligro la calidad del agua suministrada, donde incluso en algunas no se cuenta con sistema de desinfección. En acueductos pequeños se dificulta la inversión en este tipo de sistemas, debido a la

imposibilidad de realizar un control adecuado de la calidad del agua, por lo que no es posible garantizar que el agua que distribuyen sea apta para el consumo humano de forma que se analiza en todos los sectores posibles (Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, 2023).

En la mayor parte de las ASADAS, el personal operativo es de sólo uno o dos fontaneros y para las más grandes hay peones encargados del mantenimiento y limpieza de las redes; sin embargo, persisten condiciones de bajos ingresos, lo que imposibilita mantener las fuentes de agua, tanques de almacenamiento y otras obras en condiciones óptimas de operación y libres de contaminación. Con respecto a la presión del agua, se encontró que la mayor parte de los sistemas operan por gravedad, en condiciones topográficas abruptas donde no existen problemas con el cumplimiento de las presiones mínimas por lo que a veces es muy común tener averías en las tuberías. En las zonas planas y con caudales escasos se presentan presiones insuficientes esto debido a los diferentes obstáculos que puede enfrentar un acueducto rural en su función de abastecer el recurso hídrico. Sin embargo, salvo condiciones de fuerza mayor o por condiciones propias de las fuentes de abastecimiento, en los acueductos comunales visitados no se presentan problemas graves de interrupción del servicio en medio del abastecimiento de agua (ARESEP, 2023).

Según Acueductos y Alcantarillados (2019) "casi todas las grandes emergencias y desastres que impactan al país tienen efectos en la infraestructura de las ASADAS y por ende en los servicios que proveen. En estas circunstancias, las dificultades que enfrentan para garantizar el abastecimiento generan un ciclo de afectación que tiene efectos negativos tanto para la calidad de vida de las comunidades, como sobre las finanzas y la capacidad de recuperación de las ASADAS tanto operativa como administrativa". Lo anterior denota que muchos de los riesgos existentes en un acueducto se invisibilizan en la cotidianeidad de las operaciones, por lo que es necesario para la sostenibilidad de la ASADA poner atención a los detalles propios de la prevención, el mantenimiento y prevenir riesgos futuros.

Las ASADAS deben tener una gestión integrada del recurso hídrico para abastecer a las comunidades de agua potable y saneamiento de aguas residuales. Asimismo, realizará las labores necesarias para el adecuado funcionamiento de los sistemas administrados y para que el servicio que provea cumpla con los principios que rigen el servicio público. Además, deberá cumplir con una óptima gestión administrativa, financiera, comercial y

socioambiental para garantizar la sostenibilidad de los servicios (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2023).

Una ASADA tiene la responsabilidad de desarrollar un plan de operativo en el cual se evalúen los diferentes puntos críticos. Esto se debe a la necesidad de anticiparse a posibles amenazas que podrían poner en peligro el funcionamiento del acueducto que integra la asociación. El propósito principal es prever las consecuencias y efectos que estas amenazas puedan tener en algún momento. En este contexto, un acueducto rural debe contar con un plan operacional para asegurar que la prestación del servicio no se vea afectada. La implementación de este plan garantiza una mejor calidad de vida en las comunidades que dependen de este recurso hídrico vital (La Gaceta, 2005).

1.2 Declaración del problema

La ASADA de Bijagua es la encargada de suministrar el servicio de abastecimiento del recurso hídrico para la comunidad de Bijagua procedente del Cantón de Upala en Alajuela, Costa Rica. En esta ASADA, se cuenta con un plan previo, lo que indica que ya existe un conocimiento de las amenazas que afectan el servicio de abastecimiento de agua. Sin embargo, a pesar de la existencia del plan operacional actual, se percibe que no se abordan de manera profunda todos los efectos negativos que podrían surgir cuando estas amenazas se materializan en el acueducto. Además, se considera que este plan, al contener muchos tecnicismos, quizás no se ha ejecutado de manera óptima. Por ende, se plantea la necesidad de desarrollar un nuevo plan operacional, con el objetivo de que sea una herramienta más dinámica y viable, facilitando así una ejecución más efectiva por parte de los operadores de la ASADA.

La ASADA de Bijagua de igual forma cree que es necesario realizar una actualización de los estudios técnicos que se realizaron para la elaboración del plan anterior; por lo que desea nuevos estudios que puedan comprobar cuantitativamente la disponibilidad del recurso para brindar a la comunidad con el fin de que se pueda garantizar un uso eficiente del recurso hídrico, generando así una conciencia para evitar desperdicio a la hora de utilizarlo para brindar el servicio. Es importante considerar que la fuente de agua de dicha ASADA es de naciente y se conoce que por factores climáticos han golpeado previamente la zona, por lo que no está permitido usar el recurso ineficientemente dado a que se puede comprometer la sostenibilidad de dicha fuente de agua.

Por último, conocer la percepción social de la comunidad en cuestiones del servicio brindado es importante debido a que le brinda información a la ASADA, sobre el grado de satisfacción de sus usuarios como cliente, por lo que le permite prever posibles conflictos con estos y establecer mejores relaciones. Todo lo anterior refleja problemáticas que presenta la ASADA donde mediante este estudio se pretende realizar un análisis en los ámbitos técnicos y sociales con los cuales la ASADA pueda tener un respaldo para poder mejorar la calidad del servicio en el abastecimiento del agua y así mismo garantizar una sostenibilidad y uso eficiente del mismo.

1.3 Justificación

Las ASADAS son asociaciones comunales de sistemas de acueductos y alcantarillado; las cuales tienen como fin suministrar el recurso hídrico a una comunidad por lo general rural en las cuales el acceso al agua suele ser un tema complicado; además de que la demanda por lo general es considerable para los habitantes, por lo que es importante velar porque se logre el debido consumo del recurso hídrico en las comunidades con el fin de llevar a cabo la mejoría de la calidad de vida de las personas, y además para fomentar el desarrollo de las distintas comunidades. Lo anterior genera una necesidad de garantizar que las ASADAS logren brindar el servicio del agua de una forma eficiente para asegurar un aprovechamiento del recurso lo cual traería como resultado una mejor planificación y gestión del riesgo en las ASADAS, aspectos importantes principalmente en estas zonas en las que el acceso es escaso. En este proyecto se abordará un estudio que considerará todos aquellos aspectos y principios fundamentales para optar por un buen servicio del agua en el sistema de Altamira en la ASADA de Bijagua ubicada en Upala, Alajuela, Costa Rica en la cual se analizarán todos los factores externos que aseguren a un mejor servicio de abastecimiento del agua; este estudio se verá desde los ámbitos técnicos y socioambientales

En primer lugar, la ASADA de Bijagua ya cuenta con estudios previos, sin embargo, se desea realizar uno nuevo en el que se analice el sistema de acueducto que abastece la zona; además de los estudios anteriores se elaboró un plan operacional abarcando los posibles riesgos potenciales en el acueducto y cómo gestionarlos en la planificación del recurso hídrico. De acuerdo con lo anterior este estudio generará incentivos técnicos y socioambientales para analizar el funcionamiento del sistema de Altamira, de forma que

con estos mismos recursos se facilitaría una elaboración de un nuevo plan operativo que venga como una actualización del plan previamente elaborado.

En segundo lugar, de acuerdo con el SCIJ, (2023) en el contexto de la 'Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud', se destaca en el artículo 3° la presencia de planes operativos como estrategias de gestión de riesgos en los acueductos. Es importante señalar que estas estrategias no reemplazan la aplicación del Decreto Ejecutivo (N° 38924-S) "Reglamento para la Calidad del Agua Potable" ni el (N° 37083-S) "Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano en Establecimientos de Salud". Todos los reglamentos mencionados deben ser obligatoriamente acatados por todos los sistemas de agua en el país.

En último lugar, al tener un conocimiento detallado de cada componente que integra la infraestructura de las líneas de distribución de un acueducto, se obtiene una visión más clara de cómo se asegura el acceso al agua. Esto posibilita el análisis de posibles fallos en las tuberías, la evaluación del diseño de estas e incluso la identificación de riesgos en el sistema. Este tipo de análisis no solo facilita la toma de decisiones, sino que también contribuye a una planificación efectiva para garantizar adecuadamente el suministro de agua en términos de calidad y cantidad requeridos para una comunidad. Es importante destacar que este compromiso es de carácter obligatorio en el marco de proporcionar de manera adecuada el recurso hídrico.

Tomando en consideración todos los aspectos anteriormente mencionados; es por esto por lo que se ve como una vía muy importante para el sistema de Altamira de la ASADA de Bijagua en Upala, Alajuela, Costa Rica; pues por medio de estudios técnicos y socioambientales se brindará una base de datos y consideraciones; además de la proposición de nuevo plan operativo de forma que se actualice el estado del acueducto y generar una actualización al plan previo. Con todo esto se desea que la ASADA pueda tomar a su favor todo lo anterior con el fin de garantizar un mejor servicio en el abastecimiento de agua potable en dicha comunidad de forma que este nuevo plan sea más dinámico y generando una asesoría para entender de mejor manera las partes técnicas que podrían representar algún tipo de conflicto en el entendimiento.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo general

Construir una propuesta de plan operacional como herramienta que permita la mejora de la gestión del agua en el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar el comportamiento del acueducto del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua en el servicio de abastecimiento del agua potable mediante un diagnóstico y evaluación de los componentes del sistema, así como los usuarios y la parte organizacional del acueducto con el fin de encontrar riesgos y generar medidas correctivas que mejoren el servicio.
2. Determinar la capacidad hídrica e hidráulica del acueducto del sistema de Altamira empleando proyecciones para años futuros a partir de un balance hídrico y una modelación hidráulica para conocer la disponibilidad del recurso hídrico y su capacidad hidráulica dentro de la ASADA Bijagua.
3. Elaborar una propuesta de plan operacional mediante un diagnóstico y evaluación del sistema para el mejoramiento del servicio de agua potable del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

Se proyecta brindar la información certera de las condiciones actuales hidráulicas y operativas a la asociación comunal en la ASADA de Bijagua en Upala, Alajuela, Costa Rica. Con el fin de realizar propuestas que contribuyan a mejorar la funcionalidad de las infraestructuras, y mandos operativos del acueducto de la zona. Además, con dicho estudio se proporcionaría a la ASADA un respaldo para mejorar la calidad del servicio de agua potable del sistema.

Se busca, mediante los estudios realizados, elaborar una guía para un plan operacional lo cual permitirá identificar las amenazas potenciales que podrían afectar la integridad y

calidad del recurso hídrico en el acueducto. Se busca fomentar una gestión integral del recurso con los usuarios, algo que en este momento la ASADA no posee. Este enfoque generaría una visión más completa del acueducto y fomentaría una gestión integral que contribuirá a optimizar la calidad de los servicios proporcionados a los usuarios abastecidos en el sistema de Altamira.

1.5.2 Limitaciones

La principal limitación es que el acueducto carece de información hidrometeorológica determinante que permita conocer las condiciones de disponibilidad en la fuente principal del suministro. Lo que se deriva en incertidumbre de las condiciones reales y actuales que afronta la ASADA. Otra de las limitantes con las que se cuenta en este estudio es que la ASADA de Bijagua se encuentra a una distancia considerable del lugar de residencia de los sustentantes; por lo que el presupuesto es limitado para realizar giras de campo para la ejecución de las diversas actividades que se abordan dentro de este estudio, por lo que se aprovechará cada gira realizada para poder cumplir con los objetivos de este estudio.

1.6 Resumen del reporte

Este estudio se basa en el estilo de Evans et al. (2014), propuesto en la literatura llamada "How to Write a Better Thesis". Por lo que la estructuración de los distintos capítulos dentro de este estudio se da de la siguiente forma:

Capítulo 1. Introducción del proyecto de estudio.

En este capítulo, se abordó el acercamiento al proyecto brindando una sesión introductoria hacia la temática que pretendía abordar, con el fin de comprender la necesidad de llevar a cabo el proyecto. Se proporcionó una introducción al tema de interés, correspondiente a la necesidad de que las ASADAS en Costa Rica procuren el abastecimiento adecuado de agua potable en las comunidades rurales. Se hizo hincapié en la importancia de contar con un plan operacional, abordando esta temática como uno de los problemas hídricos habituales en el país. En este caso, se aplicó este enfoque al sistema de Altamira de la ASADA de Bijagua, ubicada en el cantón de Upala, en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Se justificó debidamente la elección de este tema y se propusieron los objetivos del proyecto, orientados a lograr un abastecimiento eficiente y sostenible de agua. Además, se proporcionó información técnica que la misma ASADA podría utilizar a su favor. También se resaltaron los alcances y limitaciones que podrían presentarse en el proyecto. En fin, en

este capítulo se plantearon las metas del proyecto con el fin de mejorar el servicio de agua potable en la ASADA de Bijagua.

Capítulo 2. Antecedentes.

En este capítulo, se describieron aspectos fundamentales acerca de la zona de estudio donde estaba ubicada la ASADA de Bijagua. Se detalló la descripción de la región, abordando aspectos esenciales como las actividades socioeconómicas, características demográficas, ubicación de la subcuenca, hidrografía y condiciones climáticas. También se exploraron antecedentes y sucesos históricos a lo largo del tiempo relacionados con el acueducto de la ASADA de Bijagua.

Capítulo 3. Marco Teórico.

En este capítulo, se abordaron conceptos y teorías clave que resultaron de gran utilidad para orientar la forma en que se llevó a cabo el estudio. Este enfoque contribuyó a comprender en su totalidad todo lo que se pretendía realizar para cumplir con los objetivos establecidos en el estudio de la ASADA de Bijagua.

Capítulo 4. Prefactibilidad.

En este capítulo se consideraron los aspectos de estudios de prefactibilidad con el fin de demostrar que la realización del estudio propuesto en el acueducto de la ASADA de Bijagua cumple con los estándares principales para que se pueda llevar a cabo el proyecto de forma correcta. Para este caso se tomaron en cuenta los estudios de ámbito ambiental, legal, social, técnico y financiero ya que se consideran que son las prefactibilidades vitales para que este proyecto se pueda realizar de forma correcta.

Capítulo 5. Metodología.

En este capítulo, se explorarán todos los procedimientos y técnicas necesarios para el adecuado uso del equipo y herramientas en la elaboración de los distintos puntos de análisis deseados en el acueducto de la ASADA de Bijagua, ubicada en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. A través de la aplicación de estos métodos, se busca alcanzar los objetivos propuestos en este estudio, con el propósito de mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable.

Capítulo 6. Resultados y discusión

En este capítulo, se pueden visualizar los resultados obtenidos en el estudio aplicado para el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua, es decir, que se abordaron todos aquellos recursos cuantitativos y cualitativos que proporcionan información del diagnóstico aplicado dentro de los principales componentes del sistema de Altamira como las inspecciones de las diferentes estructuras, las encuestas a los usuarios, la evaluación administrativa y entre otros. Además, también se plasmaron los análisis de capacidad hídrica e hidráulica en diferentes escenarios futuros para visualizar el comportamiento del acueducto de Altamira en el período de tiempo analizado y con sus respectivos parámetros. Finalmente, con base todo el diagnóstico y evaluación del sistema se logró realizar una matriz de riesgos priorizando puntos críticos para la elaboración del plan operacional.

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

Este capítulo constituye la culminación de la evaluación del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua, proporcionando una visión general de los resultados obtenidos y discutidos. Este enfoque sintético busca ofrecer una visión panorámica del estado del acueducto y las futuras estrategias que se pueden implementar de forma general más allá de lo que ya fue propuesto en el plan operacional y toda la evaluación realizada en Altamira.

2. ANTECEDENTES

Introducción

En este capítulo, se proporciona una descripción detallada de la zona de estudio que alberga la ASADA de Bijagua. Se abordan aspectos fundamentales, como la caracterización de la región, las actividades socioeconómicas predominantes, datos demográficos relevantes, la ubicación de la subcuenca, la red hidrográfica y las condiciones climáticas. Además, se incluyen antecedentes y sucesos históricos significativos a lo largo del tiempo relacionados con el acueducto de la ASADA de Bijagua.

2.1 Generalidades de la ASADA Bijagua

2.1.1. Localización

La comunidad donde se encuentra el sistema de Altamira de la ASADA de Bijagua posee su influencia, se encuentra ubicada en la provincia de Alajuela en el cantón de Upala, específicamente dentro del distrito de Bijagua, el cual tiene las coordenadas de 10°44´03” latitud norte y 85°03´33” longitud oeste lo cual lo anterior es equivalente dentro del sistema de CRTM05 a 390874 E y 1199180 N. La zona en la que se encuentra el sistema de Altamira de la ASADA de Bijagua se ubica dentro de la subcuenca del Río Zapote; por lo que se considera en general toda esta subcuenca en cuestión de los objetivos propuestos de este estudio, donde de forma general se caracteriza como una zona rural donde existen ciertas viviendas y lugares comerciales propios de la zona (Figura 2.1).

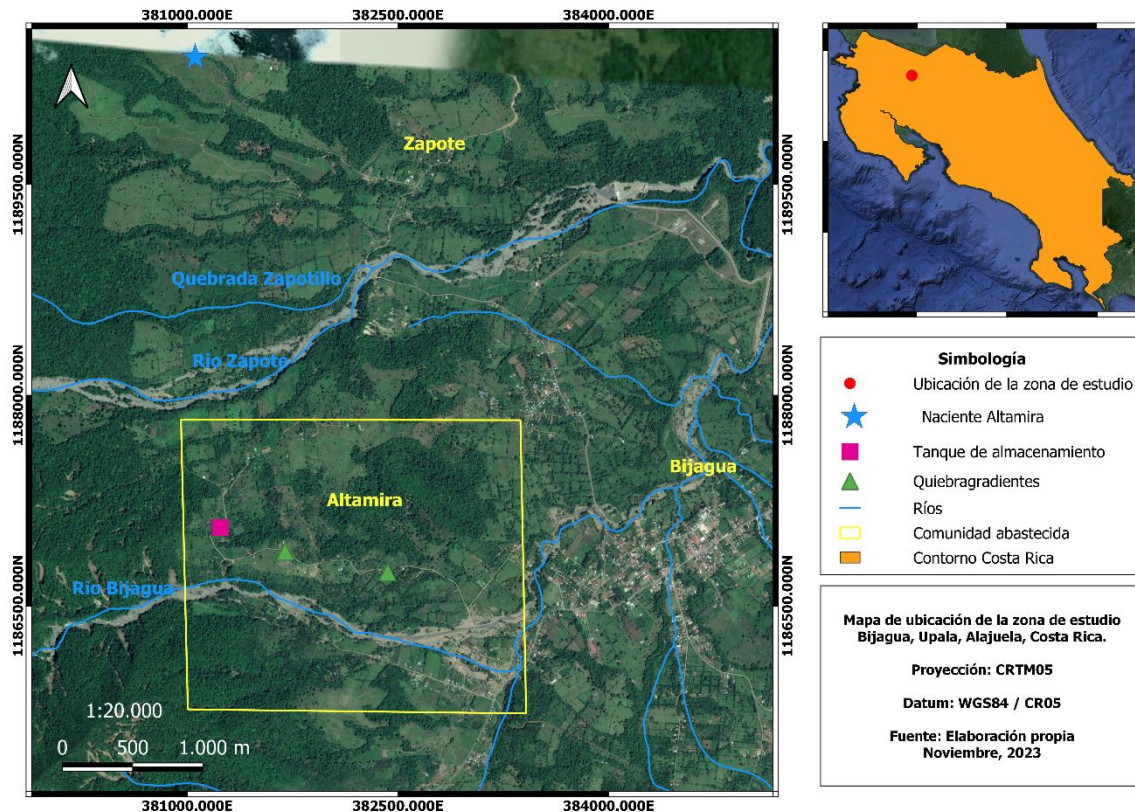


Figura 2.1. Ubicación del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.1.2. Actividades socioeconómicas

El distrito de Bijagua de Upala es una localidad que se ubica entre dos conocidos volcanes, Miravalles y Tenorio, y entre dos poblaciones urbanas, Cañas y Upala; donde esta situación le brinda unas características especiales de riqueza tanto de tipo biofísico, como socioeconómico. Dentro de este distrito se concentran diversas actividades productivas, donde se puede destacar que entre las principales prácticas socioeconómicas es que grandes extensiones de terrenos son dedicadas a la ganadería para la lechería dadas las condiciones climáticas favorables que se presentan en esas zonas. La mayor parte de los productores locales venden la leche a la Cooperativa Dos Pinos. Sin embargo, una minoría se dedica a la producción de leche y sus derivados para consumo local (Cortés & Villalobos, 2005).



Figura 2.2. Práctica de la ganadería para producción de leche en la zona de estudio

Fuente: Cortés & Villalobos, 2005.

Además de la ganadería de leche la cual es considerado como la más representativa; también existen otros tipos de ganadería como de carne y de doble propósito; también entre otra de las actividades socioeconómicas de la zona se encuentra la agricultura de consumo local donde predominan el arroz, el frijol, el maíz, el plátano, tiquizque, yuca, ñame, palmito, café, naranja, hortalizas y entre otros (Sánchez, 2021). En los cuadros 2.1 y 2.2 se muestran algunas estadísticas acerca de las actividades socioeconómicas de la zona de Bijagua del cantón de Upala descritas anteriormente.

Cuadro 2.1. Estadísticas de la actividad agrícola de la zona de Bijagua del cantón de Upala.

Actividad	Hectáreas	Producción	Rendimientos	Destino de la producción %
Piña	1825	10950 kg	6 ton	Exportación
Plátano	105	157.5 ton	1.5 ton	Mercado Nacional/Exportación
Cacao	550	137500 kg	250 kg	Mercado Nacional
Yuca	650	162500 kg	250 qq	Exportación
Tiquizque	53	13250 qq	250 qq	Exportación
Frijol	550	11 qq	20 qq	Mercado Nacional
Arroz	450	36000 qq	80 qq	Mercado Nacional
Maíz	125	5000 qq	40 qq	Mercado Nacional
Ayote	35	210 ton	6 ton	Mercado Nacional

Modificado: MAG, 2020

Cuadro 2.2. Estadísticas de la actividad pecuaria de la zona de Bijagua en el cantón de Upala

Actividad	Producción	Ha o cantidad	Rendimientos	Destino de producción %
Ganadería de carne	22355	85	263 kg	Mercado Nacional
Ganadería de leche	162000	45	3600 kg	Mercado Nacional
Ganadería doble propósito	1228500	650	1890 kg	Mercado Nacional

Modificado: MAG 2020

2.1.3 Aspectos demográficos

De acuerdo con Villalobos 2014, el cantón de Upala es el número 13 de la provincia de Alajuela, que consta de ocho distritos: Upala (Centro), Aguas Claras, San José, Bijagua, Delicias, Dos Ríos, Yolillal, Canalete. Está situado en la zona fronteriza con Nicaragua, con una población cercana a los 56.000 habitantes, dispersa en el territorio (27,65 habitantes por km²) (Cuadro 2.3 y Figura 2.3)

Cuadro 2.3. Composición de la población del cantón de Upala según el distrito en el año 2023

Distrito	Población	Porcentaje (%)
Upala	17 144	31
Aguas Claras	5 739	10
San José	8 863	16
Bijagua	5 397	10
Delicias	5 538	10
Dos Ríos	4 064	7
Yolillal	4 175	7
Canalete	5 253	9
Total	56 173	100

Modificado: INEC, 2023

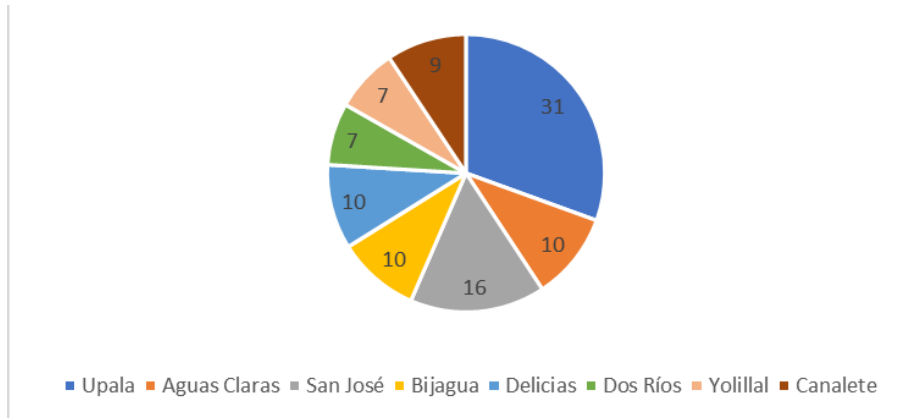


Figura 2.3. Composición porcentual de la población del cantón de Upala según el distrito en el año 2023.

Fuente: Elaboración propia, 2023

La ASADA Bijagua se ubica dentro del distrito de Bijagua; donde se concentran alrededor de 5397 personas. Dentro del distrito se destacan los barrios de Altamira, Carlos Vargas y los poblados Bijagua centro, El Salto, Ángeles, Achiote, Cuesta Pichardo, Chorros, Florecitas, Flores, Higuierón, Jardín, Macho, Pata de Gallo (San Cristóbal), Pueblo Nuevo, Reserva, San Miguel, Santo Domingo, Zapote. La ASADA de Bijagua se encuentra dentro del poblado de Bijagua centro, el cual es una zona rural y dentro del acueducto se abastecen 150 abonados, por lo que se puede decir que abarca una pequeña porción de la población total del distrito.

2.2. Características de la subcuenca

2.2.1 Características hidrográficas

De acuerdo con la municipalidad de Upala (2023), el sistema fluvial del cantón de Upala corresponde a la subvertiente norte de la vertiente del Caribe; el cual pertenece a las cuencas de los ríos Zapote y Frío. La primera es drenada por el río Pizote al que se le unen los ríos Bochínche, Caño Blanco, Cucaracho y sus afluentes los ríos Blanco, Azul, Francia, Mariposa, Elba, Negro y Pénjamo; así como por el río Caño Negro y sus tributarios Jalapiedra, Frijoles, Aguas Verdes, Negro, Raudales; lo mismo que por el río Zapote con sus afluentes los ríos Bijagua, Oro, Higuierón, Canalete, Salto, Chimurria y Achiote; al igual por ríos Las Haciendas, Guacalillos, Caño Negro, Rito, Cabeza de León y el Caño Aguas Negras.

Estos cursos de agua nacen en la zona y presentan un rumbo de sur a norte y de suroeste a noreste, hasta desembocar en el lago de Nicaragua, en la República del mismo nombre. Los ríos Las Haciendas y Rito son límites cantonales; el primero con La Cruz de la provincia de Guanacaste y el otro con Los Chiles. En la zona se encuentran las lagunas El Pinol y Camelias.

Con respecto con la ASADA Bijagua; está se encuentra situada dentro de la subcuenca del río Zapote. En ella, se encuentran ríos representativos en los que tiene confluencia como el río Zapote, el río Bijagua, río El Salto y el río Higuerón (Figura 2.4).

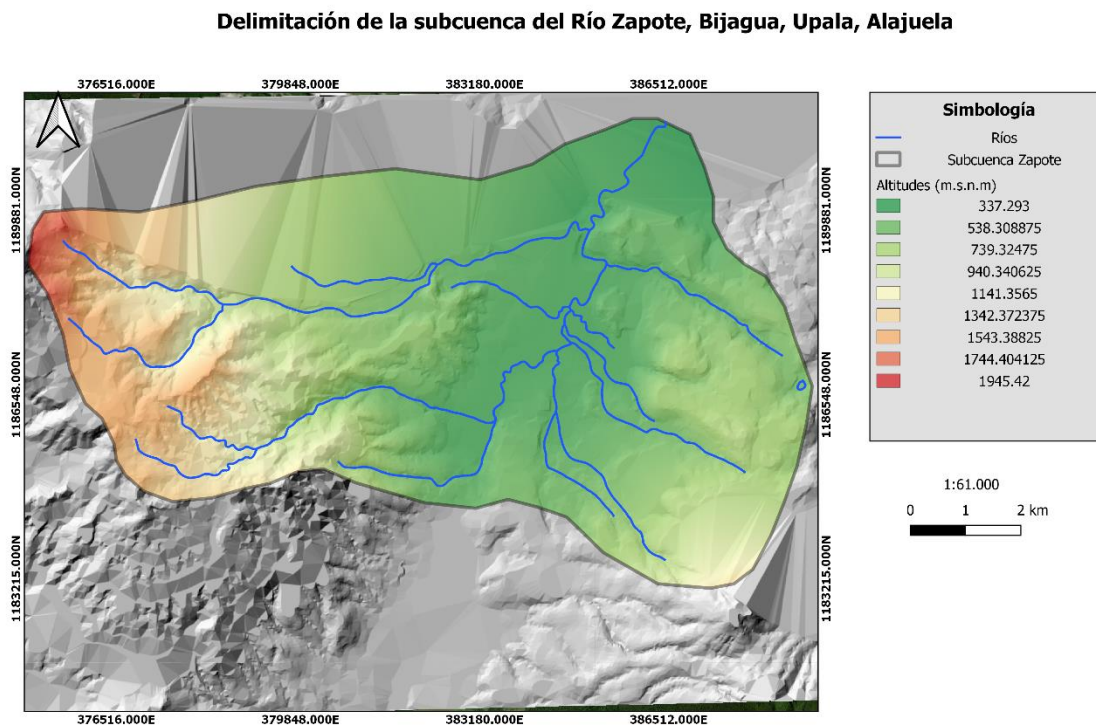


Figura 2.4. Delimitación de la subcuenca del Río Zapote en Bijagua, Upala, Alajuela

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2. Características climáticas

Según Villalobos (2014), en la subcuenca del río Zapote en el distrito de Bijagua se encuentra en la zona tórrida, por lo tanto, tiene un clima tropical (estación seca y lluviosa). El invierno va de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas ocasionadas por los frentes fríos del norte. La precipitación es variable, en promedio oscila entre 2000 mm/año en las llanuras de Upala hasta 5000

mm/año en los macizos volcánicos de la zona. La temperatura media mensual máxima es de 34° C y la media mensual mínima es de 22° C, con un promedio de 32° C. Se encuentra una precipitación promedio de 2.589 mm anuales y una humedad relativa durante el mes más seco, que es abril, de un valor medio de 75%.

Las precipitaciones comprendidas entre los 3000 – 4000 mm anuales se presentan en la parte Suroeste del territorio en los distritos de Dos Ríos, Aguas Claras y Bijagua, los cuales representan las mayores elevaciones del Cantón Upala. Es de destacar que las características anteriores no se presentan de forma constante en el cantón por los cambios climáticos de las últimas décadas, los cuales se han caracterizados por periodos de sequía que afectan las distintas actividades agropecuarias de la zona.

2.2.3. Zonas de vida

Para entender de mejor manera el comportamiento climático del territorio se analizan dos aspectos: el primero tomando en cuenta las zonas de vida según la clasificación de Holdridge bajo el enfoque de zonas bioclimáticas que forman parte del concepto de grandes paisajes. La subcuenca del Río Zapote nace en el sector donde se ubica el volcán Miravalles la clasificación es de bosque pluvial montano bajo y premontano, siguiendo la línea de la sierra se localiza un sector de bosque muy húmedo premontano, a la altura del cerro Montezuma la categorización es del tipo bosque pluvial premontano. A partir de la delimitación de las mayores elevaciones de la cuenca, se mantiene un tramo longitudinal caracterizado por bosque muy húmedo tropical, seguido de un bosque muy húmedo premontano transición a basal, luego de bosque húmedo tropical transición a per húmedo finalizando a lo largo del área fronteriza con una cobertura de bosque húmedo tropical (Instituto Meteorológico Nacional, 2011).

2.3. Contexto del acueducto de la Asociación Social Administradora de Agua Potable de Bijagua

De acuerdo con la ASADA Bijagua (2023), a inicios de los años 60's, surgió la necesidad de obtener agua potable para los primeros pobladores de Bijagua. Fue entonces cuando aproximadamente en 1965, unidos por la necesidad común localizaron el actual nacimiento Bijagua 1 en ese entonces conocida como nacimiento Jara y con todas sus limitaciones, pero con gran esmero lograron construir la primera captación e instalar las primeras tuberías de conducción 100mm y 62 mm y distribución de 50 mm, 38 mm y 25 mm hasta el pueblo. El sistema fue administrado por un comité administrador del acueducto rural, Juramentado por la Asociación de desarrollo Integral de Bijagua.

Con el pasar de los años y aproximadamente en 1985 debido al gran crecimiento demográfico del centro de Bijagua, la población optó por extenderse a las zonas altas de la zona, áreas de actividades agrícolas y ganaderas que no contaban con el recurso hídrico, por otro lado, el sistema ya existente, que a pesar de poseer una fuente con cantidad y calidad de agua no podía solventar el problema en el momento debido a la diferencia de nivel de esta con las zonas en crecimiento. Siempre unidos y con el carácter emprendedor del Bijagueño, se inició la búsqueda de una fuente de agua potable que proveería el agua a los nuevos poblados.

Luego de intensas búsquedas en las faldas del Volcán Tenorio, se localizó a 6 kilómetros una excelente naciente, el cual el 1 de abril de 1981, en la cual le otorgaban la concesión para el uso del agua del nacimiento en mención. Debido a muchos inconvenientes que tuvo el señor Esquivel con el transporte del agua hasta su finca, se llegó a un acuerdo en que el nacimiento fuera aprovechado por la comunidad e iniciar un proyecto en ese momento de construir un acueducto nuevo para la zona alta de Bijagua, proveniente de lo que hoy conocemos como nacimiento el Roble (Figura 2.6), rodeado y protegido por la majestuosidad del Parque Nacional Volcán Tenorio. Fue entonces en donde el comité inició la búsqueda de ayuda y fondos para la realización del proyecto. El AyA extendió la mano a esta comunidad y con el aporte de materiales y tubería, así como de maestro de obras, inició la construcción del nuevo acueducto con aporte en horas trabajo de todos los futuros beneficiarios del sistema. Los materiales se subían en carreta hasta donde llegara, luego a caballos y mulas, hasta llegar arriba (1380 msn) a hombros de los vecinos de la zona, así también se subió la tubería de 100 mm y 75 mm instalada en el sistema. A finales de 1989 ya se disfruta del nuevo sistema de abastecimiento el Roble, solventando las necesidades de la zona y con una proyección de 20 años de servicio.

Con la disponibilidad de agua potable en todas estas zonas, se aceleró el crecimiento poblacional y comercial de la comunidad de Bijagua, y sumado a la ausencia de hidrómetros se comenzó a notar problemas de abastecimiento del servicio; por tal razón alrededor del año 2000, se iniciaron gestiones para un fortalecimiento del acueducto Bijagua, nacimiento Bijagua. Por medio de la Asociación de Desarrollo Integral de Bijagua se logró obtener la aprobación de un proyecto con la Unión Europea y el BCIE, el cual se desarrolló a mediados del año 2010, en el cual se captó un nuevo nacimiento (Bijagua 2), se construyó un tanque de almacenamiento de 100 m³ y se instaló tubería de distribución de 150 mm hasta el centro

de la comunidad, el cual dio un gran urgido respiro al sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de Bijagua.

Se logra constituir por primera vez la ASADA Bijagua en el año 2010, pero es hasta el 11 de febrero del 2011 en que se logra iniciar la administración del acueducto como tal, debido a los trámites de inscripción legal. En la actualidad esta ASADA ha realizado diversos estudios técnicos para mantener la sostenibilidad del recurso hídrico; por lo que cuenta con un plan operacional, por lo que puede decirse que ya existe un indicio donde se conocen aquellas amenazas que están atentando el buen servicio en el abastecimiento del recurso hídrico; sin embargo a pesar del plan operativo actual, se cree no se tienen en cuenta todos los efectos negativos de una forma profunda que se pueden generar cuando dichas amenazas se manifiestan en el acueducto, además de que se considera que este plan operacional; al tener muchos aspectos estrictamente técnicos quizás no se ha podido ejecutar de la mejor manera de forma que se pretende realizar un nuevo plan operacional del recurso hídrico con el fin de que este sea una herramienta más dinámica y que sea más viable para que los operadores de la ASADA le brinden una ejecución más correcta.



Figura 2.5. Tanque de almacenamiento de la fuente Bijagua 1

Fuente: Elaboración propia, 2023



Figura 2.6. Fuente de producción El Roble de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

Conclusión

A lo largo de este capítulo, se ha presentado una amplia gama de aspectos que proporcionan datos e información relevante sobre la zona de estudio. Estas diversas características son pertinentes para la evaluación del estudio, abordando no solo la ASADA de Bijagua, sino también su evolución a lo largo del tiempo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Introducción

En este capítulo, se abordaron conceptos y teorías clave que resultan de gran utilidad para orientar la forma en que se llevará a cabo el estudio. Esto contribuirá a comprender a fondo todo lo que se pretende realizar para cumplir con los objetivos establecidos en el estudio de la ASADA de Bijagua.

3.2 Definición de conceptos claves

Con respecto a la elaboración de un plan operacional para el sistema de Altamira dentro de la ASADA Bijagua, es primordial recapitular conceptos acerca de las ASADAS, acueductos, gestión de los riesgos, balances hídricos, y conceptos de hidráulica básica para poder entender lo que se abordará a lo largo de este estudio. Por lo anteriormente expuesto es importante considerar las siguientes definiciones clave:

3.2.1 ¿Qué es una ASADA?

Las ASADAS según La Gaceta N° 150 (2005), se definen como Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales, que asumen un convenio de delegación con el AyA para la prestación del servicio de agua potable. Son regidas por el Reglamento de Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales. En este reglamento se especifica que el fin de las ASADAS es la construcción, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas de acueductos y alcantarillados delegado por el AyA; a su vez deberán velar por la conservación y aprovechamiento racional de las aguas y la vigilancia y control de su contaminación o alteración (La Gaceta, 2005)

3.2.2 Acueductos

De acuerdo con Sanabria, (2023) se le conoce como acueducto a un sistema de abastecimiento de agua es aquel que recoge el agua desde la fuente de captación, que puede ser una naciente u ojo de agua; un pozo o un río y la lleva, a través de tuberías, a cada una de las viviendas o hacia una fuente de uso público. Las fuentes públicas tienen como propósito abastecer a aquellas personas que no tienen agua en su casa. El sistema de agua lo conforman los diferentes elementos y componentes de la obra física, así como las actividades que se realizan para el adecuado tratamiento, almacenamiento y distribución del agua.

Es necesario saber calcular también la presión, la velocidad; como el tamaño y mejor ubicación de las tuberías y obras de concreto como tanques de almacenamiento y

captaciones. El diseño del acueducto debe contemplar, además, estudios topográficos de la zona, para conocer distancias, altitudes y la localización de las viviendas e instalaciones comunales a donde se quiere llevar agua.

Una vez conocido los diferentes componentes de la zona, y correctamente definido el lugar de origen del recurso que se desea sustraer el agua para consumo. Se debe considerar el tipo de acueducto que mejor se adapte a las necesidades de los usuarios para suministrar este volumen hidráulico.

3.2.3 Tipo de acueducto por bombeo (pozo)

De acuerdo con Sanabria (2023), cuando la comunidad se ubica en un nivel más alto que la fuente de abastecimiento; como en este caso donde la fuente hídrica es de origen subterráneo. Se requiere utilizar bombas para elevar el agua desde la cuota más baja, hasta su distribución en las viviendas. Ya que estas bombas impulsan el agua hacia los tanques de almacenamiento, y distribución en la comunidad. Existen dos tipos de bombas; las bombas eléctricas y las de motor que funcionan con gasolina o diésel. A su vez, los componentes que se pueden tener en un sistema de abastecimiento son los siguientes.

3.2.4 Componentes de un acueducto

Sanabria, (2023), menciona que, acerca de las estructuras o componentes básicos para que un acueducto pueda funcionar y cumplir en su misión de abastecer el agua potable a una comunidad en específico. Entre dichos componentes se mencionan:

- **Obras de captación**

Las captaciones o tomas son estructuras de cemento que tienen como propósito recoger el agua de manantiales y escorrentías para llevarla al tanque de almacenamiento con el fin de abastecer a las comunidades. Estas pueden ser de provenir de aguas superficiales o subterráneas

- **Captaciones de aguas subterráneas.**

Son las que utilizan las fuentes superficiales como las nacientes, así como las subsuperficiales como drenajes o pozos de poca profundidad o acuíferos separados por medio de la perforación de pozos profundos. La forma de las captaciones varía de acuerdo con la topografía del terreno y el tipo de sistema que se va a instalar. Estas captaciones pueden ser por pozos los cuales permiten la utilización de aguas subterráneas. En este sistema, el agua se extrae del pozo y, con ayuda de una bomba, se eleva al tanque de almacenamiento.

- **Líneas de conducción**

Es la tubería que conduce el agua desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento, por eso se llama línea de conducción. Existen dos tipos como la **línea aductora** que es la que se usa en sistemas de abastecimiento de agua por gravedad para unir la captación de agua al tanque de almacenamiento a como también existe la **línea de impelencia** la cual es la que cumple la misma función solo que en este caso funciona por bombeo por estar ubicado el tanque más alto que la toma.

- **Tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento o distribución ayuda a asegurar el abastecimiento de agua, al permitir almacenarla para utilizarla en las horas y épocas de mayor demanda. El reservorio de agua también evita tener que suspender el servicio mientras se hacen reparaciones o actividades de mantenimiento en la captación o en la conducción. Los tanques se construyen generalmente en las zonas más altas o montados sobre estructuras de concreto o metal con el fin de que el agua alcance la altura necesaria para que baje por gravedad hacia la comunidad.

- **El hipoclorador para tratamiento o desinfección**

El hipoclorador es un pequeño tanque ubicado en la parte superior del tanque de almacenamiento. En este se coloca la solución a base de cloro que se usa para desinfectar el agua del reservorio.

- **Redes de distribución**

Está formada por tubería más delgada que va de la línea de conducción hasta las conexiones domiciliarias o las fuentes públicas.

- **Válvulas**

Son instrumentos mecánicos que tienen como función cerrar, abrir o regular la salida del agua. Las válvulas, así como las llaves deben protegerse dentro de cajas construidas, especialmente para este fin, con tapa de metal o cemento. Estas cajas deben estar enterradas o protegidas para que no les pasen por encima.

3.2.5. Plan operativo

Un plan operativo es definido como un instrumento que permite asegurar la calidad e inocuidad del agua de manera que sea apta para consumo humano, esto mediante la

identificación y priorización de peligros y eventuales riesgos en los sistemas de abastecimiento y todos sus componentes. Las pruebas realizadas normalmente en un sistema de abastecimiento de agua potable no son suficientes para garantizar la calidad del líquido a los consumidores; razón por la cual recomienda una evaluación basada en los riesgos a los cuales se expone el sistema de abastecimiento, identificados por medio de los PSA, los cuales se evalúan desde la fuente de captación hasta el consumidor (Montero & Moreno, 2018). Por lo general, los planes se basan en definiciones básicas como las siguientes:

3.2.6 Conceptos de gestión integral y riesgos del agua

- **Gestión integral del agua**

La Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) se define como un proceso que fomenta la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados. Su objetivo principal es maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (Montero & Moreno, 2018).

- **Amenazas**

Se refieren al peligro latente de que ocurra un fenómeno, ya sea de origen natural o humano, con la capacidad de causar daños a la infraestructura y afectar el funcionamiento de la ASADA. Además, estos riesgos pueden interrumpir el abastecimiento normal del servicio de agua a sus abonados, tanto en cantidad como en calidad. (Paniagua & Rodríguez, 2019).

- **Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad de una ASADA se define como la probabilidad de ser impactada por una amenaza. Esta probabilidad se deriva de las condiciones específicas de exposición a la amenaza, la fragilidad de aspectos administrativos, operativos, sanitarios e infraestructurales, así como de las capacidades de la ASADA para anticipar, resistir y recuperarse de los efectos del impacto (Paniagua & Rodríguez, 2019).

- **Gestión del riesgo**

Es el proceso de evaluación de riesgos en el cual una ASADA aplica la identificación y el análisis de amenazas y vulnerabilidades en su entorno. Este proceso tiene como objetivo el desarrollo de medidas preventivas, de mitigación y de reducción de posibilidades de

desastre. Además, incluye la preparación, atención y recuperación ante impactos eventuales (Paniagua & Rodríguez, 2019).

- **Medidas de mitigación**

Son aquellas acciones, planes o procesos que buscan reducir la vulnerabilidad ante un suceso y su posible impacto negativo. La Herramienta GIRA ayuda a la ASADA a identificar su grado vulnerabilidad, de manera que pueda implementar medidas de mitigación (Paniagua & Rodríguez, 2019)

3.2.7 Balance hídrico

A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del ser humano. El conocimiento de la estructura del balance hídrico es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de estos (Sokolov & Chapman, 1974). Existen diversos tipos de balance hídrico; como el balance de suelos, el balance de sistemas cerrados como acueductos, balance hídrico superficial de cuenca y entre otros.

3.2.8 Balance hídrico en sistemas cerrados o acueductos

Los modelos de balance de agua en proyectos cerrados son una herramienta que permite proyectar, pronosticar y conocer con un alto grado de certeza los requerimientos y factores importantes a la hora de realizar proyectos hidrológicos. El balance hídrico de un acueducto consiste en comparar la producción de las fuentes de abastecimiento (pozos y nacientes) contra la demanda de la población atendida según (AyA, 2019). Para realizar este tipo de cuantificación se necesitan datos de oferta hídrica, demanda, poblacionales, caudales de diseño, dotaciones y entre otros.

$$\text{Balance hídrico} = \text{Producción de fuente (l/s)} - \text{Demanda Actual (l/s)} \text{ Ec. (3.1)}$$

- **Dotaciones**

Para poder definir el caudal de operación del sistema en el período escogido, es necesario determinar el consumo por habitante para luego estimar la demanda total de agua en el acueducto. El consumo promedio por persona en un día se denomina dotación y se expresa normalmente en litros por habitante por día y sus unidades suelen expresarse como L/hab/día, aunque también es muy común que se expresen como “lpd”. Para efectuar el cálculo de la dotación se deben tener datos estadísticos del consumo pasado en la población. El consumo total se puede dividir en el consumo doméstico, industrial, comercial,

uso público y además incluye las pérdidas de agua en el sistema (agua no controlada) de acuerdo con (Bejarano, 2013).

- **Caudales de diseño**

De acuerdo con Bejarano, (2013), para poder diseñar las distintas obras hidráulicas que conforman el acueducto, se debe calcular el caudal de diseño del sistema. Lo más frecuente es trabajar con tres tipos de caudales, estos son:

- Caudal medio promedio

Es el caudal promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario. Se calcula de la siguiente forma (expresado en litros por segundo):

$$Q \text{ promedio} = \frac{\text{Población (hab)} \times \text{Dotación (lpd)}}{86400} \text{ Ec (3.2)}$$

Donde

Q promedio es el caudal promedio en m³/s

P es la población de personas que abastecer

D es la dotación para la característica respectiva para dicha población

- Caudal máximo diario

Es la demanda máxima que se presenta un día del año. Es decir, representa el día de mayor consumo del año y se calcula de la siguiente forma; donde k1 es un factor de seguridad máximo diario:

$$Q \text{ máx diario} = k1 * Q \text{ promedio Ec (3.3)}$$

Q máximo es el caudal máximo diario en m³/s

Q promedio es el caudal promedio en m³/s

k1 es el factor de seguridad que rige el AyA o el CFIA

- Caudal máximo horario

Es la demanda máxima que se presenta en una hora de un año completo. Se determina de la siguiente forma; teniendo en consideración que k_2 también corresponde a un factor de seguridad máximo horario:

$$Q \text{ máx horario} = k_2 * Q \text{ promedio Ec (3.4)}$$

Q máximo es el caudal máximo horario en m^3/s

Q promedio es el caudal promedio en m^3/s

k_2 es el factor de seguridad máximo horario que rige el AyA o el CFIA

- **Proyecciones futuras poblacionales**

La determinación de la cantidad de agua que debe suministrar un acueducto es uno de los parámetros básicos de análisis y diseño de este. Para determinar el volumen de agua necesario para el acueducto se deben estudiar factores fundamentales; donde uno corresponde a los datos poblacionales que debe abastecer dicho acueducto. Lo más usual cuando se analiza o diseña un acueducto es estimar la población futura que debe abastecer dicho acueducto. Existen muchos métodos para estimar el crecimiento de una población, estos son utilizados tanto en estudios demográficos como en estudios ambientales; algunos de los más usados son el método aritmético, geométrico, exponenciales y entre otros (Bejarano, 2013).

3.2.10 Modelación hidráulica de acueducto con EPANET

De acuerdo Filian (2004), EPANET es un programa orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad de esta, que ha tenido aceptación a nivel mundial, desde su lanzamiento. El autor del software ha usado algoritmos de cálculos más avanzados con una interfaz gráfica fácil de usar.

Es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento depósitos. EPANET determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo. Además del conocimiento de la concentración de diferentes componentes químicos, es posible determinar la edad del agua en la red de las tuberías, así como estudios de la

procedencia del agua en cada punto de la red. En este software se tratan todos los conceptos teóricos, componentes, y accesorios que son fundamentales para conformar un sistema de acueducto, donde se destacan entre los más importantes los siguientes:

3.2.11. Conceptos básicos de hidráulica en sistemas de acueductos

- **Altura piezométrica**

Si en un tubo por el que circula agua a presión se aplican a las paredes tubos piezométricos verticales, el agua se eleva en cada uno de ellos a una altura piezométrica en metros igual a P/Y . En donde P es la presión en kilogramos por centímetro cuadrado en el interior de la tubería e Y el peso específico del agua ($1\ 000\ \text{kg/m}^3$) (ATRIUM Instalaciones de Agua, s.f.).

- **Presión**

El agua ejerce un empuje o presión sobre la pared del tubo o depósito que la contiene, y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado - atmósferas - metros por columna de agua. En el seno de una corriente uniforme, el valor es el mismo para todos los puntos de una sección transversal (ATRIUM Instalaciones de Agua, s.f.). De acuerdo con Filián (2004) "las tuberías pueden abrirse o cerrarse en momentos predeterminados o cuando existan unas condiciones específicas, como por ejemplo cuando el nivel del tanque cae o llega a determinado punto, o cuando la presión en los nudos cae o llega a determinados valores con el uso de los controles". Por lo que es importante considerar y saber los factores que influyen la presión.

- **Coefficiente de rugosidad de las tuberías**

El coeficiente de rugosidad de Manning es un índice que indica la resistencia de un flujo en un canal, es esencial para comprender la dinámica del agua. Por esta razón, y debido a la posibilidad de calcular este coeficiente, se busca determinar la influencia que la pendiente de un canal tiene en el coeficiente de rugosidad de Manning (Araya et al., 2018).

Pérdidas de carga por fricción

Los líquidos no son perfectos ya que son viscosos en mayor o menor grado y se desarrollan en ellos, al moverse, esfuerzos tangenciales que influyen notablemente en los caracteres del movimiento. La carga H no se mantiene constante, sino que una parte de ella se emplea en vencer la resistencia que se opone al movimiento del líquido la cual está también relacionada a la rugosidad del tipo de material del cual se encuentra conformado la tubería. A esta pérdida de H se le denomina pérdida de carga (ATRIUM Instalaciones de Agua,

2023). Las pérdidas de carga por fricción se pueden calcular por diferentes métodos los cuales son los métodos de Hazen-Williams, el de Darcy-Weisbach y el de Chezy-Manning

De acuerdo con Filián 2004:

➤ Hazen-Williams

Es el método más utilizado; sin embargo, no puede utilizarse para líquidos distintos del agua, y fue desarrollada originalmente solo para flujo turbulento.

➤ Darcy-Weisbach

Desde el punto de vista académico, este método es el más correcto, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes.

➤ Chezy-Manning

Este método es más utilizable para canales y tuberías de gran diámetro donde la turbulencia es muy desarrollada.

• **Pérdidas menores**

Las pérdidas menores son debidas al incremento de la turbulencia cuando el flujo pasa por un codo o un accesorio. La importancia de incluir o no tales pérdidas dependen del tipo de red a modelar y de la precisión de los resultados deseados. Para tenerlas en cuenta hay que incluir entre los datos de la tubería el coeficiente de pérdidas menores, El valor de la pérdida será el producto de dichos coeficientes por la altura dinámica de la tubería (Filián, 2004) En la siguiente ecuación se ve el criterio que se utiliza para calcular estas pérdidas.

$$hL = K * \frac{v^2}{2 * g} \text{ Ec 3.5}$$

Donde

HL corresponde a las pérdidas por fricción en la tubería

v se refiere a la velocidad del agua mediante la tubería

g corresponde al factor de la gravedad

3.3 Conclusión

En este capítulo se ha brindado con todos los conceptos y teorías anteriormente abordados a lo largo de este, una gran parte de los conceptos necesarios para comprender acerca de las diferentes temáticas que se verán a lo largo de este estudio en la ASADA de Bijagua en Upala, Alajuela, Costa Rica.

4. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

4.1 Introducción

En este capítulo se consideraron los aspectos de estudios de prefactibilidad con el fin de demostrar que la realización del estudio propuesto en el acueducto de la ASADA de Bijagua cumple con los estándares principales para que se pueda llevar a cabo el proyecto de forma correcta. Para este caso se tomaron en cuenta los estudios de ámbito ambiental, legal, social, técnico y financiero ya que se consideran que son las prefactibilidades vitales para que este proyecto se pueda realizar de forma correcta.

4.2 Estudio ambiental

Existen una serie de actividades, obras o proyectos para las cuales se ha determinado un impacto ambiental potencial muy bajo, según las condiciones técnicas expuestas en la presente resolución, que deberán cumplir, cuando corresponda, únicamente con el trámite administrativo ante las Municipalidades, el Ministerio de Salud (MINSA), o en su defecto, ante la Administración Forestal del Estado (o AFE), para lo cual paralelamente, deberán velar por el cumplimiento de los reglamentos específicos que regulan la actividad sometida a aprobación, y aplicar el Código de Buenas Prácticas Ambientales (Secretaría Técnica Nacional Ambiental, 2016).

El estudio ambiental para la ejecución de un proyecto es un aspecto muy determinante considerar dado a que este evalúa la magnitud de impacto que puede tener el proyecto en el ámbito del medio ambiente. La entidad encargada de cerciorarse o dar el visto bueno de la viabilidad ambiental del proyecto corresponde al SETENA dado a que esta institución el cual en la Resolución N° 2373-2016-SETENA la cual tiene como nombre "Resolución Comisión Plenaria de Proyectos de Muy Bajo Impacto" menciona lo siguiente a cerca de los proyectos considerados de muy bajo impacto ambiental: "Se refiere a las actividades humanas que, cumpliendo lo dispuesto en este Acuerdo, no provocan destrucción o alteración de significancia negativa del ambiente, ni generan residuos o materiales tóxicos o peligrosos y no representan una desmejora significativa de la calidad ambiental del entorno en general o alguno de sus componentes en particular".

Entrando en términos de este estudio en la ASADA de Bijagua; al ser una actividad en la cual se recopilan datos y se usan herramientas técnicas para recolectar información referente al recurso hídrico y su abastecimiento dentro del mismo acueducto rural de forma que se va realizar un estudio con el fin de mejorar distintos aspectos dentro de la ASADA; se considera que este no generará afectaciones que puedan comprometer el estado de los

recursos dentro de la zona de interés, en especial, el recurso hídrico. Además, en la misma resolución mencionada anteriormente considera en el artículo 5 una actividad como está como una de las que no necesitan una evaluación ambiental, “Estudios o actividades necesarios, para obtener información en la elaboración de herramientas o instrumentos de evaluación de impacto ambiental”.

Entonces, teniendo claro todo lo expuesto anteriormente en cuestión de las actividades a realizar dentro de este estudio. Se puede considerar que en el ámbito ambiental no habrá algún factor que pueda afectar el estado normal de este, por lo tanto, se considera que este estudio es viable ambientalmente.

4.3 Estudio legal

Para el estudio legal es importante conocer y revisar la normativa de la legislación costarricense referente a los temas que se abordan dentro de este estudio. O, por el contrario, si existen oposiciones dentro del marco legal para poder llevar a cabo la realización del proyecto dentro del acueducto de la ASADA de Bijagua (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Marco legal para el proyecto a realizar

Marco legal	Artículo	Descripción
Constitución política de Costa Rica	50	En este apartado se menciona que todas las personas tienen el derecho al acceso al agua potable dando esta actividad como un aspecto de prioridad, además estar en un ambiente sano y equilibrado dando el agua como un bien común
Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N° 42582-S-MINAE	44	Se expresa que las ASADAS deberán contar con un estudio actualizado mediante el cual se determine la capacidad hídrica e hidráulica del sistema administrado. Los estudios técnicos de estos sistemas deberán ser realizados por la ASADA con el respaldo técnico de un profesional responsable, debidamente incorporado al Colegio Profesional de su área respectiva. Es responsabilidad compartida de la ASADA y el profesional responsable velar por la correcta aplicación de la normativa técnica, políticas y directrices emitidas por AyA.
Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N° 42582-S-MINAE	46	La ASADA deberá llevar a cabo las acciones pertinentes para garantizar que todas las nuevas o futuras conexiones de servicios a los sistemas, se otorguen de acuerdo con sus capacidades hídrica e hidráulica. Cuando sea necesario, la persona interesada en el nuevo servicio, a su costa deberá realizar las mejoras requeridas para aumentar su capacidad para que las prestaciones de los servicios cumplan los principios de cantidad, calidad y continuidad, ajustándose a la normativa técnica, así como a las disposiciones emitidas o validadas por AyA.
Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S	47	La ASADA deberá contar con un Plan de Gestión de Riesgos o Plan de Seguridad del Agua, para evitar la afectación a la prestación de los servicios. Este plan implementará una metodología que le permita administrarlos reduciendo la consecuencia y la probabilidad.

4.4 Estudio social

El hecho de presentar un estudio social cuando se realiza un proyecto es de gran importancia debido a que; es un aspecto clave conocer la percepción de todos los actores sociales claves involucrados en la zona de interés donde se está abordando un proyecto tal como en el caso de este estudio; conocer la opinión pública social brinda una mayor seguridad de que el proyecto cumpla con sus propuestos previamente estipulados. Adaptándose, para el caso de este estudio en la ASADA de Bijagua; primeramente, se tomó en cuenta todas las partes interesadas del recurso hídrico tanto como la parte administrativa y la parte beneficiaria del servicio del agua potable; de forma general se contabilizaron alrededor de 156 personas donde 10 de estas representan a la junta directiva de la ASADA

de Bijagua, 144 representan a los usuarios beneficiarios del recurso hídrico y 2 representan a los ingenieros que desarrollarán el proyecto.

En este proyecto se identificaron los siguientes actores clave o por así decirlo aquellas partes interesadas las cuales se encuentran en una relación con el proyecto en la ASADA de Bijagua. Estos son los siguientes:

- Junta Directiva de la ASADA de Bijagua
- AyA
- Municipalidad de Upala
- Usuarios de la comunidad de Bijagua

Una vez identificados todas las partes interesadas con respecto al funcionamiento de la ASADA de Bijagua; en primer plano toda la junta directiva se encuentra de acuerdo con la realización del estudio en su acueducto comunal, ya que ven como un buen incentivo conocer la realidad del funcionamiento de la ASADA en el abastecimiento del servicio de agua potable; además como una oportunidad de saber cómo mejorar el sistema y obtener recursos como por ejemplo lo es un nuevo plan operacional de gestión de la ASADA. Por otra parte, en segundo plano para conocer la perspectiva de las personas beneficiarias de la comunidad; se realizaron encuestas a una muestra de la comunidad en está para conocer si ellos como una parte interesada del acueducto se encontraban a gusto con la realización del estudio participar en dar su opinión relacionada con su experiencia recibiendo el servicio del agua potable; en donde se obtuvo un 100% conformidad de parte de los beneficiarios en la realización del estudio y de participar en una sección de este mismo.

En el proceso de comprender la percepción de todas las partes interesadas respecto al funcionamiento del acueducto de Bijagua, se llevó a cabo una explicación detallada del estudio y de las actividades planificadas. Se hizo hincapié en la importancia de comunicar estos aspectos tanto a los miembros de la junta directiva de la ASADA como a los beneficiarios del servicio de agua en Bijagua. Se les informó que, para asegurar un funcionamiento eficiente del acueducto en el suministro de agua potable en la zona rural, es crucial considerar los conceptos básicos de sostenibilidad. Esto garantiza un uso óptimo del agua y su mejor aprovechamiento, tanto para el consumo humano como para actividades socioeconómicas dentro de la comunidad, contribuyendo así a su desarrollo.

Considerando todos los factores expuestos anteriormente se considera que la ejecución de este proyecto o estudio no tiene ninguna oposición por parte de las partes interesadas del funcionamiento del acueducto de Bijagua, de forma que los objetivos de este no atentan contra el bienestar social de la comunidad ni tampoco en su cultura y principios propios de los habitantes de Bijagua; más bien el estudio trae consigo una serie de beneficios que son incentivos potenciales para la mejora del servicio del agua tanto como para el consumo humano como para las actividades socioeconómicas de la zona. Por lo tanto, se considera que este proyecto es viable socialmente.

4.5 Estudio técnico

El estudio técnico para la ejecución de proyectos de inversión cobra relevancia dentro de la evaluación de un proyecto ya que en él se determinan los costos en los que se incurrirán al implementarlo, por lo que dicho estudio es la base para el cálculo financiero y la evaluación económica del mismo. Un proyecto de inversión debe mostrar, en su estudio técnico, las diferentes alternativas para la elaboración o producción del bien o servicio, de tal manera que se identifiquen los procesos y métodos necesarios para su realización, de ahí se desprende la necesidad de maquinaria y equipo propio para la producción, así como mano de obra calificada para lograr los objetivos de operación del producto, la organización de los espacios para su implementación, la identificación de los proveedores y acreedores que proporcionen los materiales y herramientas necesarias para desarrollar el producto de manera óptima, así como establecer un análisis de la estrategia a seguir para administrar la capacidad del proceso para satisfacer la demanda durante el horizonte de planeación (López, 2023).

Adaptándose al caso de estudio en el acueducto de la ASADA de Bijagua de acuerdo con los objetivos propuestos. Se planifica la necesidad de una cierta serie de insumos necesarios para abordar la realización del proyecto tales como distintos softwares y herramientas tecnológicas (Figura 4.1).



Figura 4.1. Componentes o insumos requeridos para la elaboración del proyecto en el acueducto de Altamira de la ASADA de Bijagua.

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.6 Estudio financiero

Cuando se habla de un estudio financiero se conoce que estos consisten en identificar, ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, es decir, todos los ítems de inversiones, ingresos y costos que puedan deducirse de los estudios previos, para elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales con el fin de evaluar el proyecto y determinar su rentabilidad (Ruíz, 2005). Para el caso de este estudio en el funcionamiento de la ASADA de Bijagua se consideraron los gastos capitales (CAPEX) y los gastos operativos (OPEX) en donde los gastos monetarios se resuelven entre los desarrolladores del proyecto y de parte de la junta directiva de la ASADA.

De forma resumida los costos se dividen en los costos directos e indirectos donde, los costos directos se pueden considerar como los insumos o herramientas tecnológicas que son requeridas para la elaboración del proyecto; mientras que lo indirectos son gastos que ocurren en cambios de bienes asociados durante el proyecto. Para los costos directos se incluyeron los gastos de insumos técnicos tales como datos meteorológicos, datos de extracción de la fuente, datos de medición de agua contabilizada a los usuarios, computadoras, teléfonos los cuales son los insumos o herramientas que necesitan presupuestación. Mientras que para los costes indirectos se tomaron las giras de campo

para las diversas evaluaciones y las giras de fontanero; finalmente se incluyen como otros gastos los imprevistos que comprenden alrededor de un 10% del total,

Mientras tanto es importante resaltar la parte de los costos en la inversión de la parte técnica los cuales corresponden a datos meteorológicos, datos de extracción, datos de macro y micro medición y entre otros; donde en fin dichos datos se visualizarán en el desglose final del presupuesto se toma entre la parte de datos pertinentes y el equipo y herramientas de trabajo (Cuadro 4.2)

Cuadro 4.2. Inversión técnica requerida para la elaboración del estudio

Insumo o herramienta	Cantidad	Costo (₡)
Microsoft Excel	2	-
Google Forms	1	-
EPANET	1	-
Computadoras	2	800000
Datos de extracción de la fuente	1	148650
QGIS	2	-
Teléfonos	2	600000
Datos de medición de agua contabilizada a los usuarios	1	136465
Datos meteorológicos	1	150402
Giras de campo	8	35850

Seguidamente podemos observar cual será la inversión final del proyecto. Se incluyen distintos costos directos e indirectos.

Cuadro 4.3. Presupuesto total del proyecto

Costos	Desglose	Valor unitario (₡)	Cantidad	Valor total (₡)
Directos	Acceso a base de datos	453 517	1	453 517
	Equipo o herramientas	1 400 000	1	1 400 000
Indirectos	Giras de campo ingenieros	35 850	8	286 800
	Gira de campo fontanero	7 000	6	42 000
Otros	Honorarios	3 572 500	2	6 145 000
	Imprevistos	10% del total	1	532 731
	IVA	13% del total	1	692 551
TOTAL				8 292 599

Cabe aclarar que ciertos de los gastos tales como computadoras, teléfonos, softwares de paga, giras son gastos que son asumidos por los ingenieros desarrolladores con el apoyo de la empresa de la ASADA con los fines de trasladarse, comida y hospedaje si fuese necesario; mientras que gastos como el fontanero y los datos propios son asumidos por la ASADA de Bijagua. Al final de realizar dicho estudio financiero correspondiente al proyecto en el siguiente gráfico se muestra cual sería el financiamiento de las partes interesadas o actores clave para que este se pueda llevar a cabo con éxito.

4.7 Conclusión

A partir de todos los factores abordados y expuestos anteriormente se considera que la realización de este estudio cumple con todos los requisitos de prefactibilidad posible en los ámbitos ambiental, social, legal, técnico y financiero que abarca este proyecto. De esta

forma, se puede generar el estudio de manera exitosa para el acueducto de la ASADA de Bijagua en su abastecimiento y servicio del agua potable.

5. METODOLOGÍA

5.1 Introducción

En este capítulo se abordó todos los procedimientos y técnicas necesarias para el correcto uso del equipo y herramientas en la elaboración de los distintos puntos de análisis que se desean estudiar en el acueducto de la ASADA de Bijagua en el cantón de Upala, Alajuela, Costa Rica. De forma que mediante de todos estos métodos se pueda llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos en este estudio para la misma con el fin de mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable.

5.2 Descripción de la metodología

En este estudio, se utilizó una metodología mixta, abordando aspectos tanto en el ámbito cualitativo como cuantitativo. Se caracterizaron ciertos criterios mediante la recopilación de datos con el fin de obtener la información diversa requerida y analizarla para cumplir con parte de los objetivos propuestos, como la percepción social sobre el servicio del acueducto de Bijagua y la generación del plan operacional. Por otro lado, se abordaron secciones donde se recopilaban datos para realizar cuantificaciones o cálculos de variables importantes para el estudio. En este caso, esto incluyó el balance hídrico como del acueducto, así como las modelaciones hidráulicas (Figura 5.1).

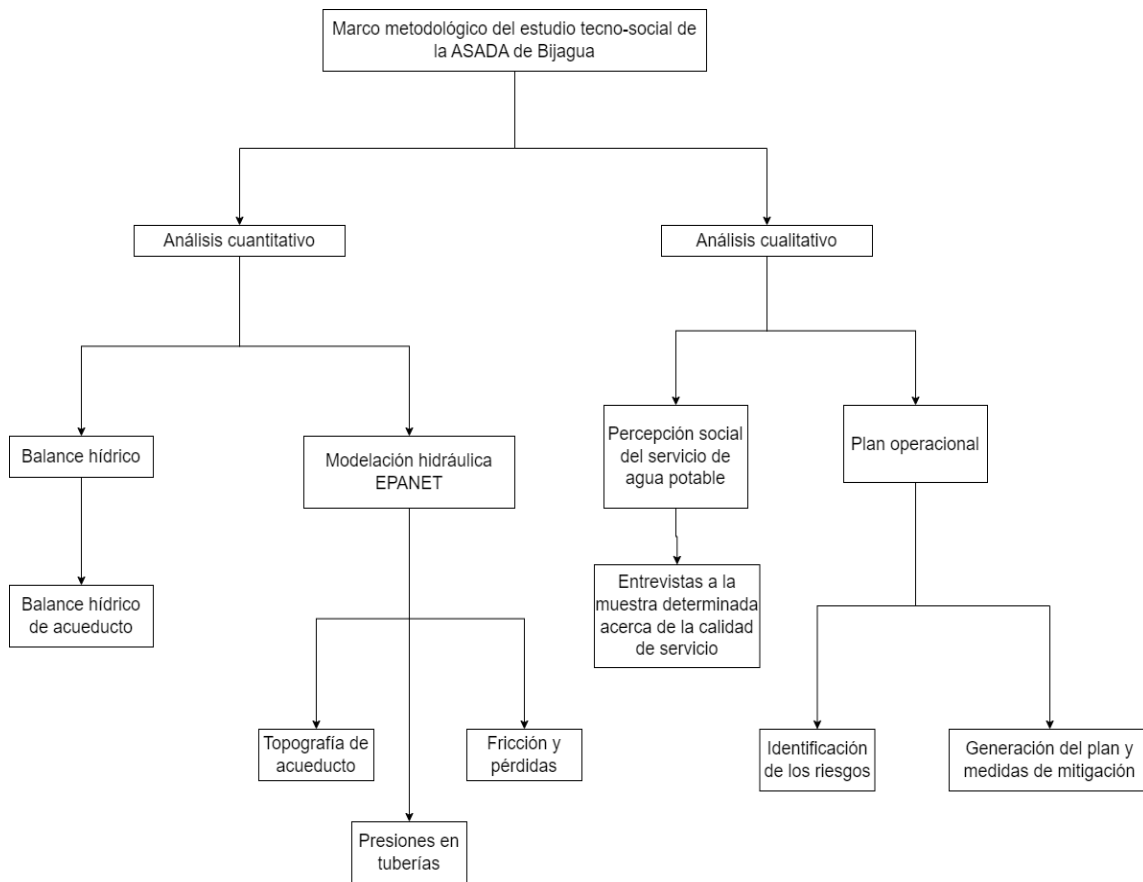


Figura 5.1. Esquema del marco metodológico del estudio de la ASADA de Bijagua.

Fuente: Elaboración propia, 2023

5.2.1 Balance hídrico en acueductos

Con base en el conocimiento de la oferta disponible a través de la fuente de abastecimiento de la ASADA de Bijagua y los datos diarios de extracción, se llevó a cabo el balance hídrico para determinar la disponibilidad de agua en el acueducto. En este proceso, se utilizó la ecuación específica para realizar dicho balance:

$$\text{Balance hídrico} = \text{Oferta} - \text{Demanda y Agua no Contabilizada} \quad \text{Ec 5.1}$$

Teniendo en cuenta, los factores como dotaciones, caudales de diseños, proyecciones poblacionales como factores, inicialmente la oferta hídrica existente en un acueducto en este caso la obtenemos acerca de los datos de extracción de la fuente de abastecimiento que es en este caso corresponde a un pozo. Por otro lado, la demanda depende de muchos factores como ya se han mencionado son las dotaciones, caudales de diseño y proyecciones poblaciones futuras utilizando el método y los datos de micromedición brindados por la ASADA (Figura 5.2).

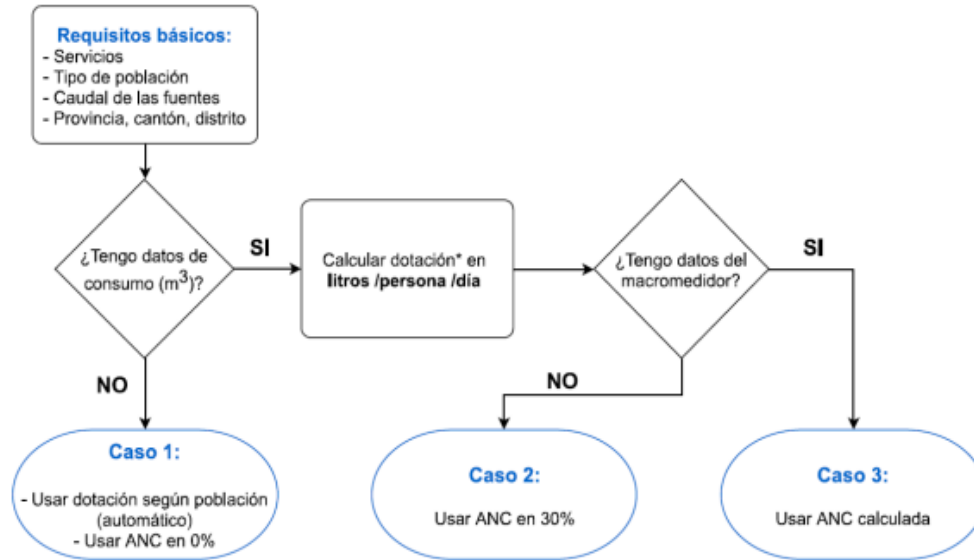


Figura 5.2. Diagrama de flujo para la demanda de un acueducto

Fuente: AyA, 2019

Una vez aplicado el balance hídrico para el acueducto, es importante considerar el respectivo significado de los resultados que se obtienen y lo que puede representar en términos hídricos para la ASADA. Por lo que la metodología del AyA dicta la siguiente interpretación para los diferentes valores de balances independientemente de los factores de evaluación propuestos para el análisis de capacidad hídrica del acueducto (Figura 5.3).




Resultado del balance hídrico		Interpretación
	Positivo	La producción de las fuentes del sistema es suficiente para satisfacer la demanda actual.
	Cercano a cero	La producción de las fuentes del sistema es suficiente para satisfacer la demanda actual, pero no es suficiente para brindar el servicio a nuevos usuarios.
	Negativo	La producción de las fuentes del sistema no es suficiente para satisfacer la demanda actual ni la de futuros usuarios.

Figura 5.3. Interpretación de los resultados del balance hídrico de acueducto.

Fuente: AyA, 2019

5.2.2 Percepción social

Conocer la perspectiva o la percepción social de los usuarios relacionada con la calidad del servicio del acueducto de la ASADA de Bijagua es importante para tener una mejoría en el abastecimiento del agua potable en dado caso en el que quizás existan ciertas inconformidades de parte de los abonados. Además de que para la generación del plan operacional es un punto clave incluir a esta población como una parte interesada dado a que también va a definir ciertos criterios de este. En la sección 5.3 se muestra el cálculo del tamaño de la muestra de usuarios a estudiar en la percepción social, y además todos los que fueron escogidos tienen las mismas condiciones a los no escogidos; lo que hace que de igual manera la información que se obtuvo de la percepción social sea representativa para este estudio

Para saber la perspectiva de los usuarios ante el servicio brindado por la ASADA de Bijagua se realizaron encuestas o entrevistas presenciales a personas elegidas aleatoriamente (anexo 11). En el anexo 10 se puede observar el instrumento empleado y el contenido de preguntas que se aplicaron en las encuestas a los usuarios de Altamira de la ASADA Bijagua

En estas encuestas se les preguntó acerca de temas básicos de calidad de agua como por ejemplo, si existe algún olor o color inusual, asuntos correspondientes a la disponibilidad de agua, si cuentan siempre con el servicio del recurso hídrico, si alguna vez han tenido algún altercado o problemática por el agua y entre otras preguntas pertinentes para conocer su opinión pública con respecto a los procedimientos que está realizando la ASADA para cumplir en su garantía de brindar el servicio de agua potable.

5.2.3 Modelación hidráulica (EPANET)

EPANET 2.0 es un programa que realiza simulaciones que ayudan a predecir el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en el sistema de distribución de agua en diferentes espacios de tiempo (Calderón, 2007). Realizando una modelación hidráulica nos permite visualizar el comportamiento total de las tuberías y ver cuáles pueden ser los parámetros que están afectando u ocasionando la constante avería; donde para esta modelación es importante contar con cálculos anteriores como consumos, demandas, ANC y entre otros conceptos.

Primeramente, para realizar la modelación hidráulica del acueducto en EPANET se debe incluir la información topográfica lo cual es importante debido a las cargas existentes piezométricas; donde seguidamente es importante acotar los datos hidráulicos donde principalmente se debe diseñar las tuberías en el sistema de acueducto en análisis e introducir todas las variables que son pertinentes para este tipo de característica del acueducto tal como, diámetro, espesor, material y su respectiva rugosidad, y entre otros parámetros. Con las tuberías diseñadas en sus parámetros y con la respectiva topografía a lo largo del acueducto como datos preliminares en la modelación hidráulica se tienen que considerar diversos criterios como:

- **Ecuación de continuidad**

La forma para deducir la velocidad de un flujo en un sistema de conducción cerrado es a través del principio de continuidad por lo que el agua es incompresible, las variables de densidad son iguales según (Calderón, 2007); por lo que se considera la siguiente ecuación

$$A1 * V1 = A2 * V2 \text{ Ec 5.2}$$

Donde

A1 es el área antes de una reducción o ampliación de la tubería

V1 es la velocidad que se tiene antes de dicho

A2 es el área después de una reducción o ampliación de la tubería

V2 es la velocidad que se tiene después de dicho cambio

Al igual que se debe considerar La ecuación general de la energía está basada en la ecuación de Bernoulli. La ecuación de Bernoulli reúne variables que se deben considerar en el estudio de una línea de conducción, estas son los diferentes tipos de energías que se ven involucradas, como lo es la energía potencial (elevación), la cinética (velocidad) y la de flujo (presión) de acuerdo con (Calderón 2007).

$$\frac{P1}{\gamma} + Z1 + \frac{V1^2}{2g} = \frac{P2}{\gamma} + Z2 + \frac{V2^2}{2g} \text{ Ec.5.3}$$

Donde

P corresponde a la presión en un punto inicial y un punto final

Y corresponde al peso específico del agua

V corresponde a la velocidad en un punto inicial y un punto final

Z corresponde a la altura en un punto inicial y un punto final

g corresponde a la gravedad

Finalmente, de acuerdo con (Calderón, 2007) en la modelación hidráulica es sumamente importante considerar La pérdida de energía en una conducción cerrada solo se puede producir por la fricción de líquido, esto debido a que la velocidad debe mantenerse en tanto el área sea la igual, y la energía potencial depende únicamente de la posición. Esta energía se conoce como pérdida de cabeza por fricción y se expresa por la ecuación de Darcy—Weisbach en donde la fórmula que expresa su teoría corresponde:

$$h_f = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \text{ Ec 5.4}$$

Donde

h_f son las pérdidas por fricción

f es el factor de Darcy dependiente al tipo de tubería

L es la longitud de la tubería a lo largo del sistema

v es velocidad existente entre las tuberías

d es el diámetro de las tuberías

g es la gravedad

Para el caso de este estudio se empleó el programa de EPANET para realizar una modelación hidráulica del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua en distintos escenarios de demanda; por lo que primeramente se simuló la red de acueducto del sistema mediante una base de datos brindada por la ASADA, en la cual se incluyen diferente información como los principales nodos del sistema, topografía de nodos, diámetros de tuberías, rugosidad de material, longitudes de tubería y las respectivas demandas existentes a lo largo de las tuberías. Finalmente se obtuvieron diversos modelos hidráulicos en diferentes escenarios de demanda primeramente para encontrar puntos críticos en términos de presión y velocidad dentro de las tuberías, así como también encontrar la capacidad hidráulica del acueducto.

5.2.4 Plan operacional

La ASADA de Bijagua cuenta con un plan desactualizado por lo que se considera que es un punto débil no contar con un nuevo registro de la condición actual del acueducto; por lo que en este estudio se generó un plan operacional; en esta sección se realizó una combinación de la herramienta GIRA del PNUD, 2019 y de la metodología propuesta de Bartram et al., (2009). Principalmente para generar un plan operacional; donde se expone que primeramente se deben tomar momentos preliminares donde se debe formar equipo que tomará el plan del riesgo; donde seguidamente se da una evaluación del sistema tanto como del acueducto, identificación de los riesgos o peligros, medidas de control y clasificación de los riesgos donde acto seguido se genera la ejecución mantenimiento de un plan de mejora para obtener de forma definitiva un monitoreo de que las medidas de mitigación utilizadas están surtiendo efecto y al igual verificar la eficacia del plan; donde acto seguido es importante realizar una gestión y comunicación del mismo (Figura 5.4).

5.3 Tamaño de la muestra

Para este caso en la ASADA de Bijagua la población es finita la cual corresponde a los 144 abonados de la comunidad de la zona de estudio anteriormente mencionada; donde para este caso se puede calcular la muestra con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * ((N - 1) + Z^2) * p * q} \text{ Ec 5.5}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

Z = Valor crítico

d= Nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 - p).

La suma de la p y la q siempre debe dar 1. Por ejemplo, si p= 0.8 q= 0.2

Donde en este caso de asume un nivel de precisión absoluta o "margen de error" de un 5% considerando un 95% de confianza donde para este porcentaje se tiene un Z crítico 1.96,

también para las proporciones necesarias se considera el criterio que describe Maule, (2014) " cuando se desconoce la proporción aproximada de referencia se le debe asignar un valor de $p=0.95$ y $q=0.05$ para maximizar el tamaño de la muestra".

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * ((N - 1) + Z^2) * p * q}$$

$$n = \frac{144 \text{ abonados} * (1.96)^2 * 0.95 * 0.05}{(0.05)^2 * ((144 \text{ abonados} - 1) + (1.96)^2) * 0.95 * 0.05}$$

$$n = 49 \text{ abonados}$$

Por lo tanto, con todos los aspectos anteriormente descritos se obtiene que el tamaño la muestra para este caso en el estudio de la ASADA de Bijagua corresponde a 49 abonados.

Finalmente, el método de muestreo que se empleó fue el aleatorio simple el cual garantiza que todos los individuos que componen la población de estudio tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. Esta significa que la probabilidad de selección de un sujeto a estudio "x" es independiente de la probabilidad que tienen el resto de los sujetos que integran forman parte de la población de estudio (Otzen & Manterola, 2017). Esto debido a que es importante conocer la opinión de cualquier abonado de la ASADA de Bijagua en cuestiones del servicio de abastecimiento de agua potable.

5.4 Métodos y herramientas

Principalmente se deben destacar las herramientas que son claves para lograr los objetivos propuestos y realizar las diferentes metodologías que se pretenden abordar a lo largo del proyecto. Donde dichos métodos y herramientas claves para cada procedimiento corresponden a:

5.4.1. Obtención de datos

- Balance hídrico

Para el procedimiento del balance hídrico en la cuantificación de la capacidad hídrica del acueducto; la obtención de los datos necesarios para realizar este procedimiento fue importante consultar a la base de datos de registro de la ASADA de información de macro y micromedición, además de la extracción de la fuente del recurso hídrico de la misma. También se consiguió información de los servicios que se prestan dentro de la ASADA mediante inspección de la zona de estudio.

- Percepción social

Con respecto a la percepción social acerca del servicio de agua potable y del manejo que le brinda la ASADA, se obtuvieron los datos mediante encuestas o entrevistas a la muestra determinada anteriormente de los usuarios de la asociación. De forma que proponen preguntas convenientes para verificar la calidad del servicio de agua de la ASADA.

- Modelación hidráulica

En la modelación hidráulica, se llevaron a cabo giras de campo para realizar diagnósticos de puntos críticos y reconocimientos de la topografía del acueducto. Además, se realizaron consultas en las bases de datos de la ASADA para obtener información relevante acerca de la composición del acueducto, incluyendo números de tuberías, diámetros y otros componentes hidráulicos esenciales para llevar a cabo con éxito la modelación.

- Plan operacional

Parte de los datos utilizados para la formulación de la propuesta de plan operacional se obtuvo como resultado de los procedimientos previos. Específicamente, estos procedimientos sirvieron como insumos esenciales para generar el plan operacional de gestión integral del recurso. Además, se llevaron a cabo visitas de campo a diversas zonas del acueducto y sus alrededores con el objetivo de identificar riesgos latentes que pudieran amenazar la eficacia del servicio.

5.4.2. Tratamiento o depuración de datos

El tratamiento o depuración de los datos, tanto cualitativos como cuantitativos, se llevó a cabo mediante el uso de bases de datos o hojas de cálculo como Excel. Este procesamiento era esencial para preparar los datos para su posterior inserción en programas como EPANET o para el cálculo de balances hídricos. Asimismo, se emplearon estas herramientas para la elaboración de gráficos y la derivación de medidas correctivas basadas en los datos recopilados, contribuyendo así al análisis de la percepción social y al plan operacional de gestión integral. Además, se hizo uso de sistemas de información geográfica como QGIS, proporcionando una herramienta adicional para tratar datos que no pudieron ser abordados en campo, pero que eran útiles para cumplir con los procedimientos establecidos en los objetivos propuestos.

5.4.3. Validación de datos

- Balance hídrico

Después de llevar a cabo el tratamiento de los datos necesarios para este procedimiento, se procuró realizar la validación de los datos con el objetivo de obtener un producto final: una visualización de la capacidad hídrica de la ASADA para los años proyectados durante el estudio. Esta visualización permitiría realizar diversos análisis, incluyendo la determinación de la disponibilidad hídrica de las fuentes.

- Percepción social

Luego de tratar los datos de la percepción social, se buscó obtener insumos finales que pudieran adaptarse a la gestión integrada del recurso hídrico. Este proceso consideró las partes interesadas, especialmente los usuarios, y su percepción respecto al servicio de agua proporcionado por la ASADA. El objetivo era que estas percepciones aportaran consideraciones significativas para la generación de medidas correctivas, las cuales podrían ser incorporadas dentro del plan operacional de la ASADA.

- Modelación hidráulica

Después de realizar el tratamiento de los datos para generar el modelo hidráulico del acueducto en la modelación hidráulica, se llevó a cabo la validación de los resultados, identificando puntos críticos dentro del sistema. A partir de estos resultados, se obtuvo una visualización detallada y se generaron recomendaciones sobre diversas variables hidráulicas del acueducto. El objetivo de este proceso era desarrollar medidas correctivas que previnieran problemas en la operación del servicio de agua dentro de la ASADA.

- Plan operacional

Luego de completar el tratamiento de datos para la formulación de una propuesta de plan operacional para la ASADA de Bijagua, se buscó validar los datos mediante la obtención del plan final. La ruta esquemática para generar este insumo se muestra en la siguiente figura.

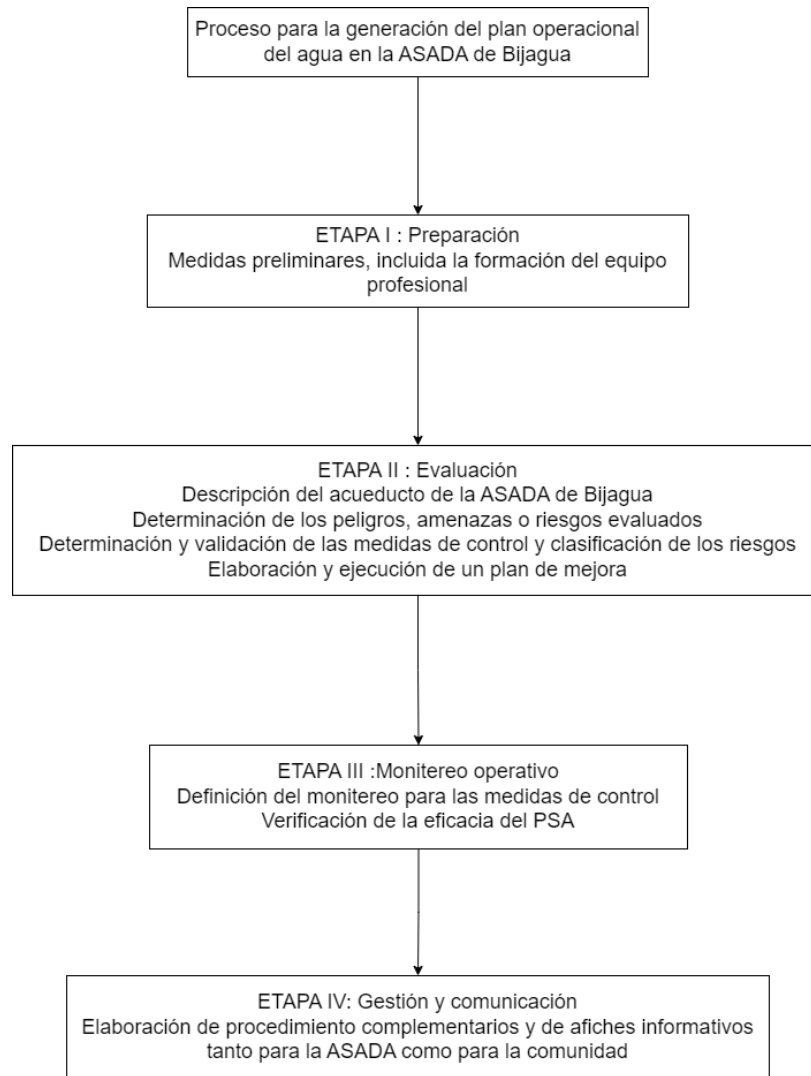


Figura 5.4. Esquema del plan operacional del recurso hídrico.

5.5. Consideraciones éticas

En este apartado, se realizaron una serie de consideraciones éticas para la ejecución del estudio en la ASADA de Bijagua, ubicada en Upala, Alajuela, Costa Rica. Los autores del proyecto asumieron el compromiso de llevar a cabo su trabajo con la máxima responsabilidad profesional y ética a lo largo de las diversas instancias del estudio. Se aplicó el proyecto siguiendo los principios éticos propios de los ingenieros hidrológicos. La confidencialidad de cualquier tipo de dato o información relevante con respecto a la ASADA de Bijagua se consideró fundamental, y se garantizó la ejecución del proyecto con la debida importancia y en beneficio exclusivo de la institución. El objetivo primordial fue contribuir al mejoramiento del servicio de agua potable que brinda la ASADA a los usuarios de dicha zona de estudio.

5.6 Conclusión

A lo largo de este capítulo, se describieron los procedimientos que se implementaron durante el estudio para cumplir con los objetivos propuestos. En el siguiente capítulo, se detallarán y desglosarán los resultados obtenidos de la aplicación de estos procedimientos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicada la metodología descrita en el capítulo 5, se obtuvieron los siguientes resultados en la propuesta de plan operacional para el acueducto de Altamira, perteneciente a la ASADA de Bijagua en Upala, Alajuela, Costa Rica. Los resultados abarcan diversos aspectos relacionados con la gestión y operación del acueducto, proporcionando un panorama integral de las acciones propuestas para mejorar su funcionamiento y servicio.

6.1 Resultados del diagnóstico y evaluación del acueducto

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al diagnóstico y la evaluación aplicada al acueducto de Altamira, ubicado en la ASADA Bijagua. Es importante destacar que esta evaluación general del acueducto se llevó a cabo en tres fases, las cuales son las siguientes:

6.1.1. Fase I. Descripción e identificación de puntos críticos de los componentes del acueducto

Dentro del diagnóstico y la evaluación del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua, se identificaron los diferentes componentes que constituyen su funcionamiento. Estos elementos van desde la parte estructural del acueducto, de la parte social con sus usuarios y su parte organizacional en aspectos administrativos. Con respecto a los componentes estructurales de la red del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua, se puede reconocer la captación, las líneas de conducción y distribución, el tanque de almacenamiento y el equipo de desinfección del agua (Figura 6.1)

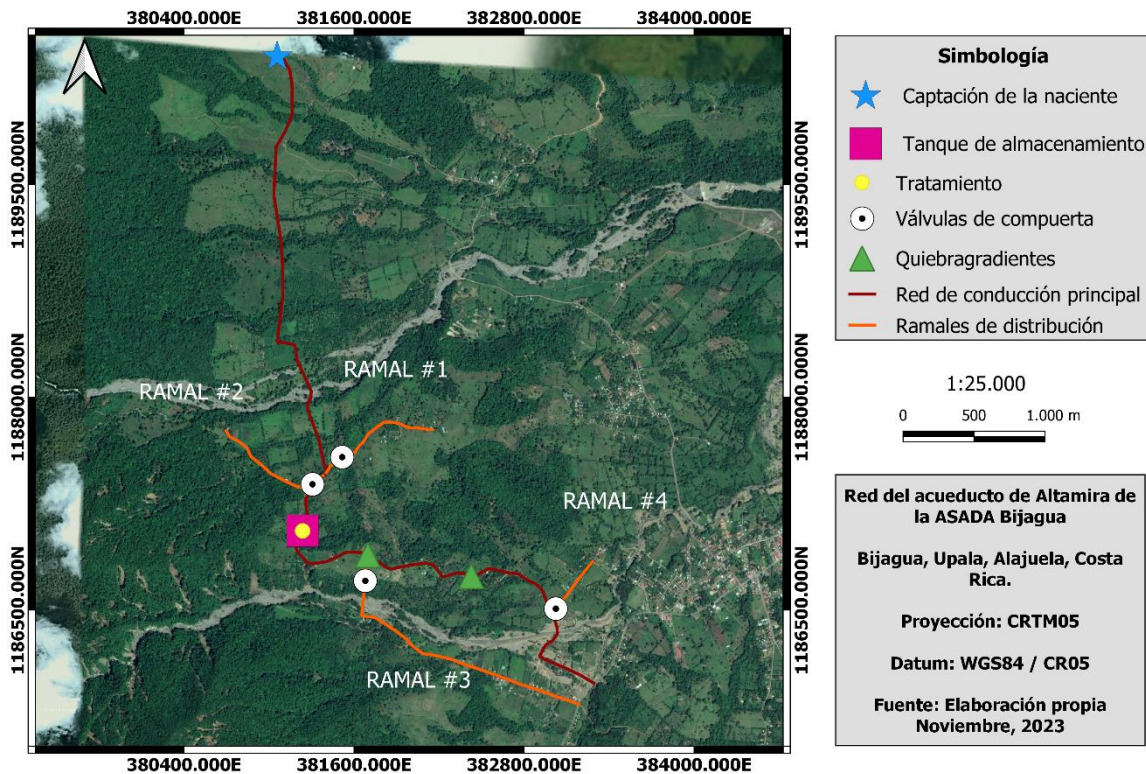


Figura 6.1. Composición de la red del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

Es fundamental recalcar que, para la elaboración del diagnóstico y la evaluación del acueducto, fue necesario identificar los principales componentes tanto estructurales como sociales y administrativos, así como comprender su forma de operación. Este proceso se describe a continuación:

- **Obra de captación**

El sistema de Altamira es abastecido por una naciente que lleva el mismo nombre; esta proviene del volcán Miravalles. La naciente que se encarga de abastecer el agua se encuentra registrada ante el Ministerio de Ambiente y Energía, y dispone de un control de calidad vigente. La naciente dispone una caja de manantial que se encuentra sellada y en buen estado.

Es importante destacar la fuente de producción al ubicarse en las zonas altas de la cuenca del río Zapote en las faldas del volcán Miravalles; se ubica dentro de una zona donde no existe influencia antropogénica de forma que no existen actividades agrícolas ni industriales

cerca de la estructura de captación por lo que se puede decir que no existen focos de contaminación en el entorno que la rodea en al menos en un radio de 1 km (Figura 6.2). Sin embargo, se debe considerar que por su ubicación en zonas altas la obra de captación está expuesta a problemáticas como deslizamientos y deforestación lo que podría representar un riesgo para la estructura ya que se pueden producir fugas a raíz de estas problemáticas.

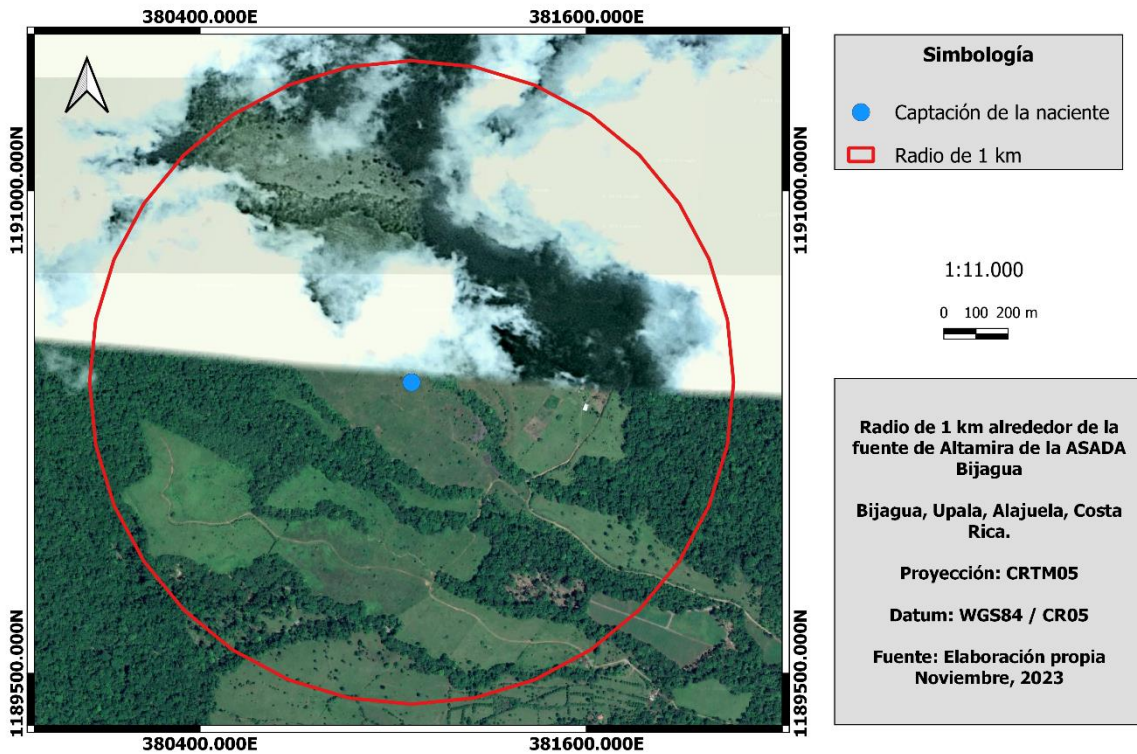


Figura 6.2. Radio de 1 km alrededor de la fuente de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

A partir de la inspección visual realizada, se observó que la obra de captación del sistema de abastecimiento de agua potable de Altamira consiste en una estructura de concreto rodeada de bosque primario. Esta obra está ubicada a 700 metros de la calle pública y cuenta con una malla de protección adecuada que regula el acceso de las personas, excepto para los operadores técnicos encargados del mantenimiento de la infraestructura.

Cabe destacar que, la obra de captación se caracteriza por su apropiada rotulación y sistema de pintado, asimismo, esta cuenta con tapas de acero inoxidable para evitar la corrosión, que poseen un cierre hermético que impide la intromisión de insectos y entre

otros factores al tanque. En general se puede decir que el estado del concreto en la mayoría de sus superficies y losa superior no presenta grietas que puedan representar algún riesgo para el correcto funcionamiento de la estructura (Figura 6.3).



Figura 6.3. Obra de captación de la fuente del subsistema Altamira de la ASADA Bijagua.

Fuente: Soto, 2023

Alrededor de la estructura se localizan canales de escorrentía para desviar el agua de lluvia, los cuales mensualmente se someten a una limpieza para evitar la acumulación de sedimentos, rocas, hojas y otros residuos (Figura 6.4). Es preciso señalar que, la obra de captación se encuentra en medio de un bosque, por lo que la caída de las hojas de los árboles y la germinación de las hierbas alrededor de la estructura es un proceso común que puede afectar la obra de captación. También se reconoce que la estructura de captación posee de respiraderos.



Figura 6.4. Canales perimetrales de escorrentía de la obra de captación de la fuente de Altamira

Fuente: Soto, 2023

- **Línea de conducción**

La línea de conducción del subsistema de Altamira es el siguiente componente luego de que el agua ha pasado por el proceso de captación, por lo que es desde este punto que inicia el transporte del agua hasta el tanque de almacenamiento para el suministro del agua potable. La línea de conducción se compone de una red de tubería de PVC de alrededor de unos 22 km de largo hasta el tanque de almacenamiento en la cual los diámetros varían de 150 mm a 100 mm, lo cual equivale de 5 a 3 pulgadas respectivamente. Entre los principales accesorios que componen la línea de conducción se encuentran válvulas liberadoras de aire las cuales cumplen la función de permitir la entrada de aire durante el vaciado para igualar la presión interna y externa evitando el efecto vacío dentro del tanque y su deterioro (Figura 6.5).



Figura 6.5. Válvula eliminadora de aire dentro de la línea de conducción

Fuente: Soto, 2023

El diagnóstico de la estructura del acueducto es complejo al encontrarse enterrada, lo que complica la evaluación precisa del estado de la tubería. No obstante, en algunos tramos, las tuberías quedan expuestas debido a la necesidad de transportar el agua sobre un río. Esta exposición al ambiente se convierte en un punto vulnerable, ya que la tubería al aire libre está sujeta a diversos riesgos. Entre estos, se incluyen la posibilidad de que caigan árboles que puedan dañar la tubería o el riesgo de que sea arrastrada por un caudal de avenida del río por el cual pasa (Figura 6.6).



Figura 6.6. Tubería expuesta en la línea de conducción

Fuente: Soto, 2023

- **Tanque de almacenamiento**

En el tanque de almacenamiento es donde se da la recolección de las aguas provenientes de la fuente de Altamira, listo para entrar a la distribución a los diferentes servicios que cubre el acueducto. Este posee una malla de protección para limitar el acceso de personas, animales u otro agente que pueda representar un foco de contaminación, además a simple vista tanto externa como internamente el tanque se encuentra debidamente rotulado, cercado y con pintura anticorrosiva. La cubierta metálica está asegurada, de manera que no entra ningún elemento externo en el agua almacenada. La tubería que llega al tanque (aducción) y la tubería que sale del tanque (conducción) no presenta fugas, y está debidamente rotulada y pintada. Asimismo, pudo observarse que la parte interna del tanque tiene el funcionamiento adecuado. No existen daños en la infraestructura y tampoco existe algún riesgo de fuga o contaminación del agua almacenada (Figura 6.7).



Figura 6.7. Tanque de almacenamiento del subsistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Soto, 2023

El tanque de almacenamiento a pesar de no tener daños significativos a nivel estructural en la infraestructura. Por otro lado, al tanque ubicarse en una zona más baja que la captación ya se encuentra en influencia con viviendas cercanas o parcelas de ganado lo cual son puntos importantes de destacar.

Por otro lado, se destaca que el sistema de desinfección se encuentra ubicado encima del tanque. Este tanque opera habitualmente para garantizar la calidad del agua potable que será distribuida a la red del subsistema de Altamira de la ASADA Bijagua. Se identifican riesgos significativos en la ubicación del tanque de abastecimiento, especialmente asociados a fenómenos no recurrentes, como terremotos o inundaciones. El tanque está situado justo encima de una falla tectónica, y su proximidad al río Bijagua representa una vulnerabilidad adicional. Ya se ha observado la influencia del río, como evidenciado por el desprendimiento de material cercano durante una avenida causada por el huracán Otto.

- **Tratamiento del agua**

El sistema con el cual se brinda el procedimiento de la desinfección al agua para cumplir con la potabilización del recurso hídrico dentro del subsistema de Altamira; se encuentra encima del tanque de almacenamiento; donde el cual el método consiste en la cloración; de forma que se utiliza un sistema en donde se le inyecta tres pastillas de cloro al agua

para lograr la desinfección para poder enviar dicho recurso a la línea de distribución, por lo general el proceso de incorporar las pastillas de cloro se aplica una vez a la semana. Dado a que se considera de que dicha dosis es suficiente para realizar la desinfección de manera constante por una semana (Figura 6.8).



Figura 6.8. Sistema de cloración del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Soto, 2023

Dentro del diagnóstico de las estructuras de desinfección se debe destacar dentro del sistema de desinfección del sistema de Altamira no existe interrupciones en el flujo de agua a este por lo que se puede decir que se mantiene funcionando de manera constante. Con respecto al estado de la estructura, no se visualizan fugas u obstrucciones en su red; sin embargo, en algunos componentes se ve el sistema un poco deteriorado además de presentar corrosión en los componentes metálicos como válvulas que abren o cierran la inyección de cloro al agua lo que puede significar que no tienen un mantenimiento en la limpieza de inyectores y sustitución de componentes desgastados (Figura 6.9).



Figura 6.9. Componentes desgastados o deteriorados del sistema de cloración del sistema de Altamira

Fuente: Soto, 2023

Otro de los puntos que debe satisfacer un diagnóstico de una estructura de desinfección es poder percibir el olor y sabor a cloro en el agua que se está tratando; en este caso se percibió un olor fuerte a cloro en una de las estructuras de distribución cercanas en la salida de agua del tanque ya previamente tratada; sin embargo, en otras zonas más abajo no se percibió este detalle. Es importante también tener en cuenta que se poseen registros de los diferentes parámetros como el cloro residual para verificar que se cumple con la normativa; y en este caso no se cuenta con dicho registro.

- **Línea de distribución**

La línea de distribución del subsistema de Altamira es el componente donde el agua tratada en el tanque de almacenamiento sale para ser repartida a los usuarios del acueducto para el suministro del agua potable. La línea de distribución se compone de una red de tubería de PVC que se subdivide a lo largo del acueducto de Altamira en 4 ramales de distribución; en la cual los diámetros varían de 50 mm a 38 mm, lo cual equivale de 2 pulgadas a pulgada y media respectivamente (Figura 6.10).

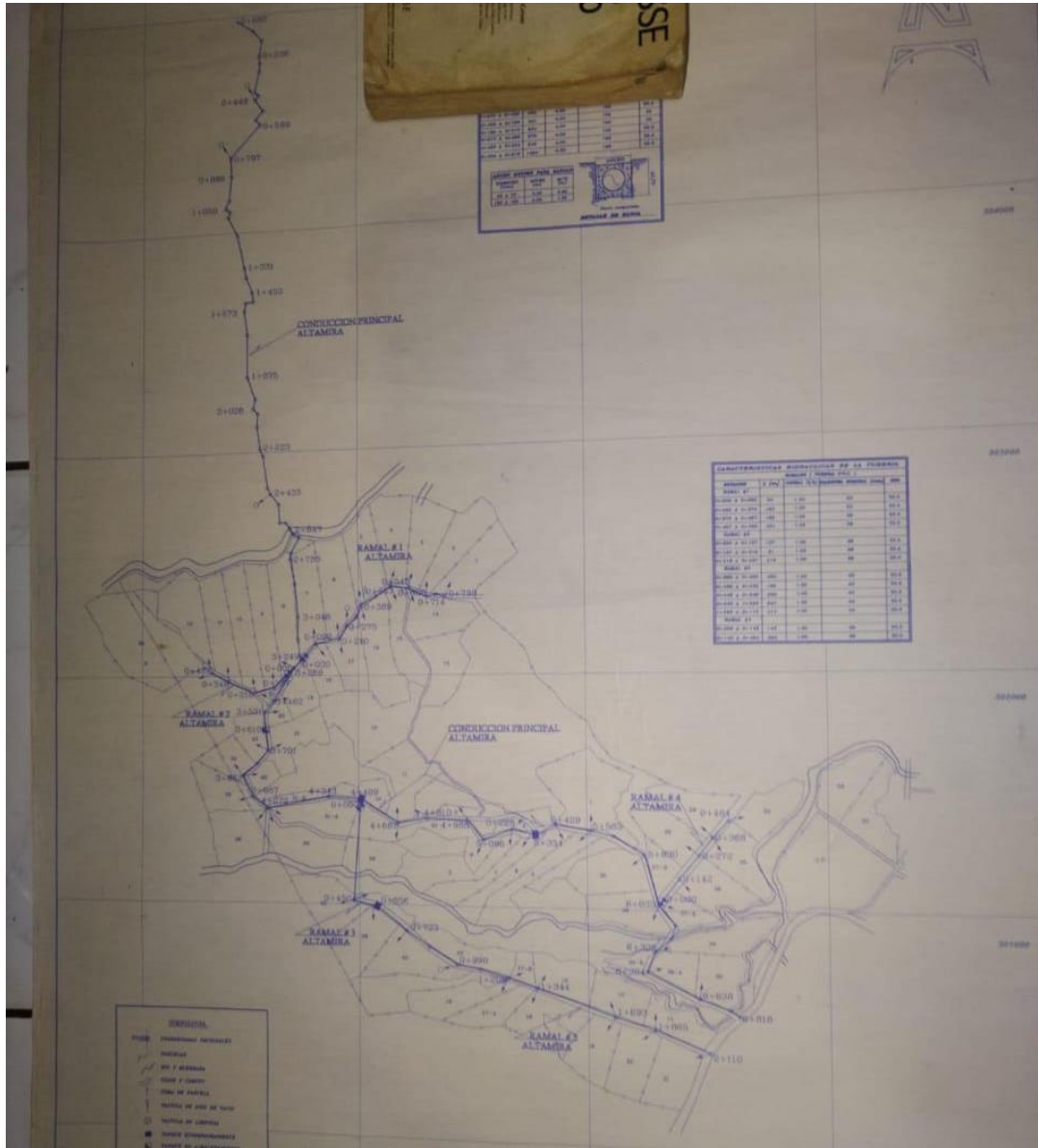


Figura 6.10. Planos de la red de distribución del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Soto, 2023

Entre los principales accesorios que componen la línea de distribución se encuentran estructuras quebra gradientes; las cuales son tanques construidos con el propósito de quebrar la presión o gradiente de la tubería, llevando el agua a la presión atmosférica (presión cero). Esto con el propósito de adecuar la presión a la capacidad de la tubería o a los requerimientos de la red de distribución. Por lo general estas estructuras se encuentran

compuestas de concreto y aplicando la inspección visual se puede decir que estos se encuentran en estado intermedio debido a que se encuentra sellados y pintados adecuadamente, sin embargo, algunos presentan ciertas grietas y concreto desgastado dado a que en estas estructuras la ASADA les brinda poco mantenimiento, además de que por lo general no cuentan con mallas de protección adecuadas por lo que se encuentran expuestos a problemáticas como vandalismo (Figura 6.11).



Figura 6.11. Estructuras quiebra gradiente en la línea de distribución del acueducto de Altamira.

Fuente: Soto, 2023

El diagnóstico de la línea de distribución, al igual que en ciertas partes de la línea de conducción, revela que en su mayoría está enterrada. No obstante, existen situaciones en las cuales se ve obligada a exponerse al ambiente, especialmente cuando cruza intersecciones con ríos. En estas áreas, hay partes de la tubería que quedan expuestas, lo que genera vulnerabilidades ante desastres naturales que podrían dañar la infraestructura (Figura 6.12).



Figura 6.12. Tubería expuesta en la línea de distribución en el sistema de Altamira.

Fuente: Soto, 2023

En general la red de distribución no presenta fugas visibles, sin embargo, no implica que no existan; además de que se lleva un registro de las presiones y cloro residual con las cuales llega el agua a los distintos servicios, así como también se cuenta con la presencia de un fontanero el cual se encarga de darle mantenimiento a las principales estructuras que componen esta línea. Finalmente, se tiene la presencia de micromedidores en la mayor parte de la cobertura de los servicios que abastece el servicio de Altamira; además de contar con planos o croquis referentes a la línea de distribución que brindan información clave de esta estructura del acueducto de Altamira.

Otros componentes de acueducto

Una vez realizada la evaluación en los diferentes componentes que brinda el funcionamiento del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua; es importante destacar otros componentes de importancia en la búsqueda de diagnosticar vulnerabilidades en todos sus aspectos. Por tanto, se destaca un análisis en las siguientes áreas:

- **Usuarios**

Para analizar este aspecto del acueducto; la mejor forma para abordarlo se da mediante la percepción social de los usuarios referente al servicio del abastecimiento del agua potable que brinda el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua por lo que se abordan temas de

calidad del agua, constancia de interrupciones, facturación, información brindada, problemáticas y entre otros aspectos.

Analizando la percepción de los usuarios en términos de la calidad del servicio brindado por la ASADA a través del acueducto de Altamira. Se puede observar casi que en su mayoría los usuarios encuestados le brindan una calificación al servicio otorgado de “bueno” a “excelente”; por lo que se puede decir que se encuentran satisfechos con el servicio que se les es otorgado por parte de la institución. Sin embargo, desglosando lo anterior se observa que alrededor de un 89% considera que el servicio es sobresaliente, de igual manera el 11% restante tiene la percepción de que el servicio es bueno, pero existen áreas de mejora para que sea más provechoso (Figura 6.13).

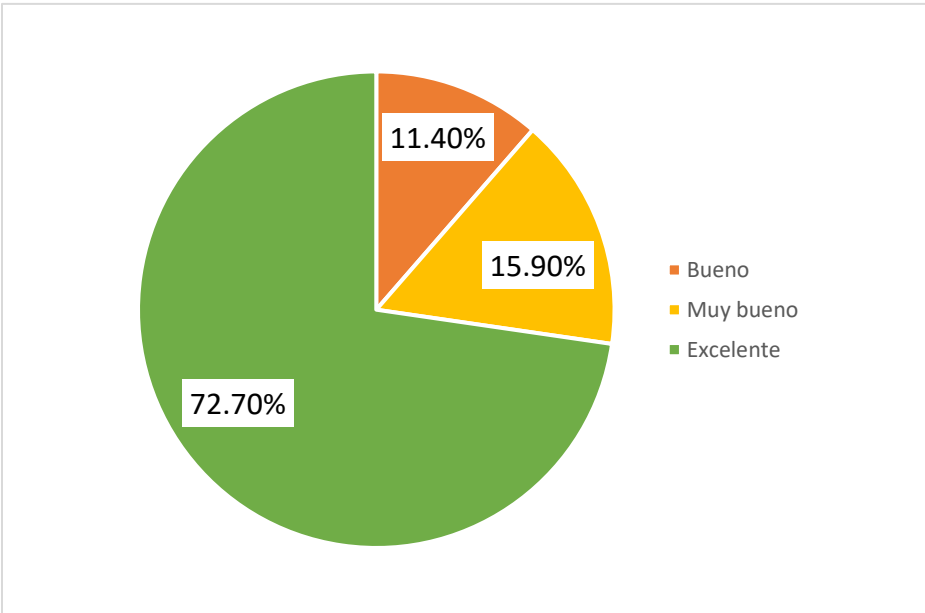


Figura 6.13. Calificación a la calidad del servicio de agua potable que brinda la ASADA

Fuente: Elaboración propia, 2023

Por otro lado, se puede apreciar dentro de la opinión de los usuarios su perspectiva acerca de las propiedades organolépticas (color, sabor y olor) que posee el agua que llega a sus casas de habitación. De forma que se obtiene que la mayoría de los usuarios del sistema consideran que el agua que se les brinda posee las condiciones organolépticas adecuadas debido a que cumple con el color, sabor y olor dando como resultado un 95%; sin embargo, existe una pequeña porción que expresa que no, debido a que han presenciado un excesivo

olor a cloro. Un punto importante de lo anterior es que por lo general las personas encuestadas que dieron esta respuesta se ubican geográficamente cerca del tanque de almacenamiento; lugar donde se da el proceso de desinfección (Figura 6.14)

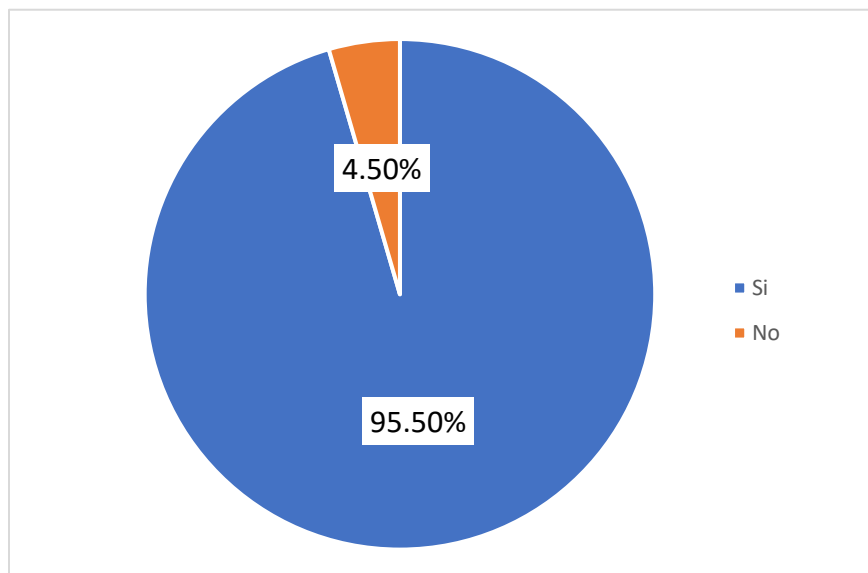


Figura 6.14. Opinión de las propiedades organolépticas del agua que reciben los usuarios

Fuente: Elaboración propia, 2023

Abordando la temática de la continuidad del servicio proporcionado por la ASADA Bijagua a través del sistema de Altamira, se observa que, según la percepción de los usuarios, alrededor del 69% indica que nunca han experimentado cortes o interrupciones en el servicio durante el último año. Sin embargo, un 31% señala que sí se han presentado rara vez durante el mes, indicando que al menos una vez al mes se ha interrumpido el servicio de agua potable en el sistema de Altamira (Figura 6.15).

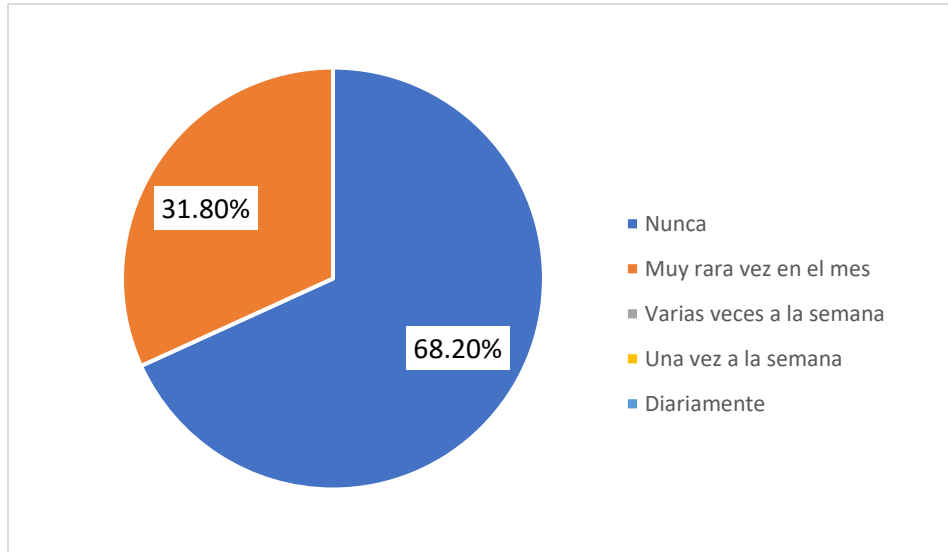


Figura 6.15. Opinión de los usuarios acerca de la continuidad del servicio de agua brindado en el sistema de Altamira

Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto a la opinión de los usuarios del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua con respecto a la presencia de problemáticas con incongruencias en la facturación. Se puede visualizar que un 73% de los usuarios del sistema de Altamira no han presentado problemas de facturación en el servicio del agua potable brindado por la ASADA. Sin embargo, existe un 27% que si han presentado incongruencias las que tuvieron que reportar para lograr un arreglo de pago; obteniéndolo de manera exitosa (Figura 6.16).

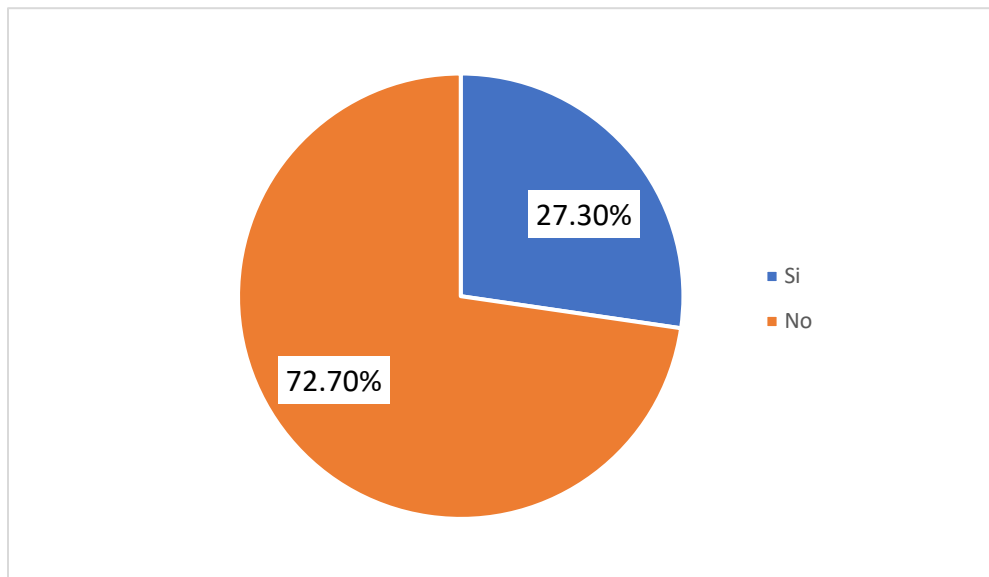


Figura 6.16. Opinión de los usuarios de Altamira con respecto a problemas de facturación en el servicio del agua potable

Fuente: Elaboración propia, 2023

Seguidamente se puede apreciar la calificación de los usuarios del sistema de Altamira con respecto al acceso que poseen a información correspondiente de la educación en el consumo de agua potable por parte de la ASADA. Se puede observar que un 22.7% de los usuarios del sistema de Altamira dictan que no tienen mucho conocimiento y que la información proporcionada por parte de la ASADA es “mala”, mientras un 30.9% indica que es regular. Por otro lado, un 23.45% expone que la información que se propone es aceptable dado a que se destacan aún aspectos de mejora, y finalmente un 9.35% y un 13.60% indican que si se tiene conocimiento del consumo racional del agua potable y que la ASADA brinda información de “buena” a “excelente” con respecto al uso consciente del recurso hídrico (Figura 6.17).

De forma general los porcentajes de “malo” y “regular” indican que existe alrededor de un 53.6% que de los usuarios de Altamira que piensan que no se le ha brindado información con respecto a la educación del consumo del agua potable y que desconocen un poco el tema. Mientras que el 46.4% (comprendido por las categorías “aceptable”, “bueno” y “excelente”) restante si tiene conocimiento del uso racional del agua potable y que si ha tenido información por parte de la ASADA.

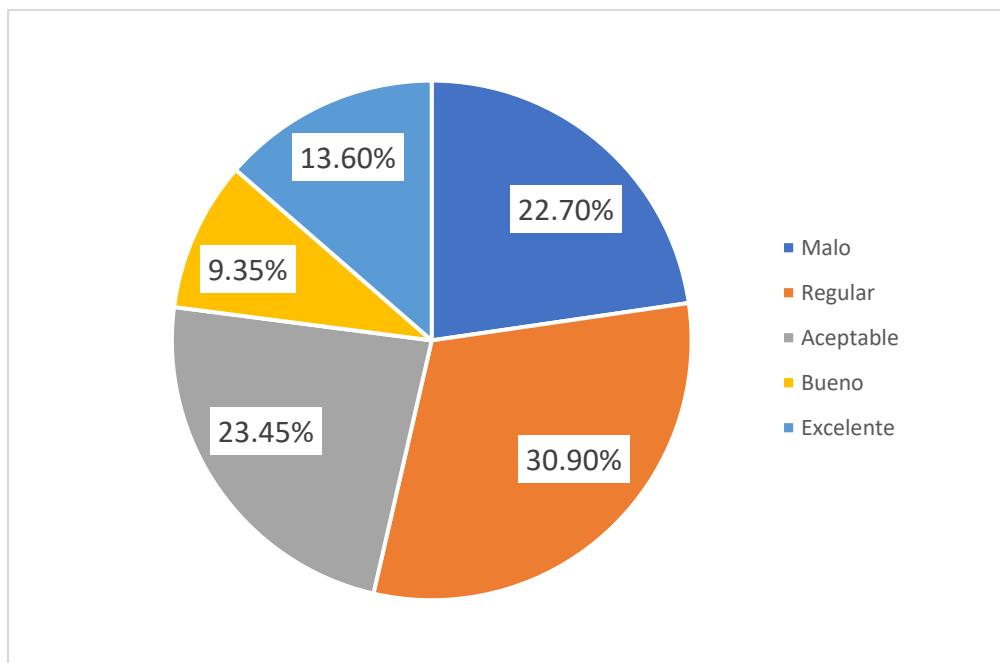


Figura 6.17. Calificación otorgada por los usuarios del sistema de Altamira con respecto a la información de la educación del consumo de agua.

Fuente: Elaboración propia, 2023

Enseguida, se muestra la opinión de los usuarios con respecto al tema de su inclusión en la toma de decisiones por parte de la ASADA. Se puede observar que casi alrededor de un 70% de los usuarios del sistema de Altamira indica que la ASADA no los ha tomado en cuenta en el proceso de toma de decisiones (Figura 6.18).

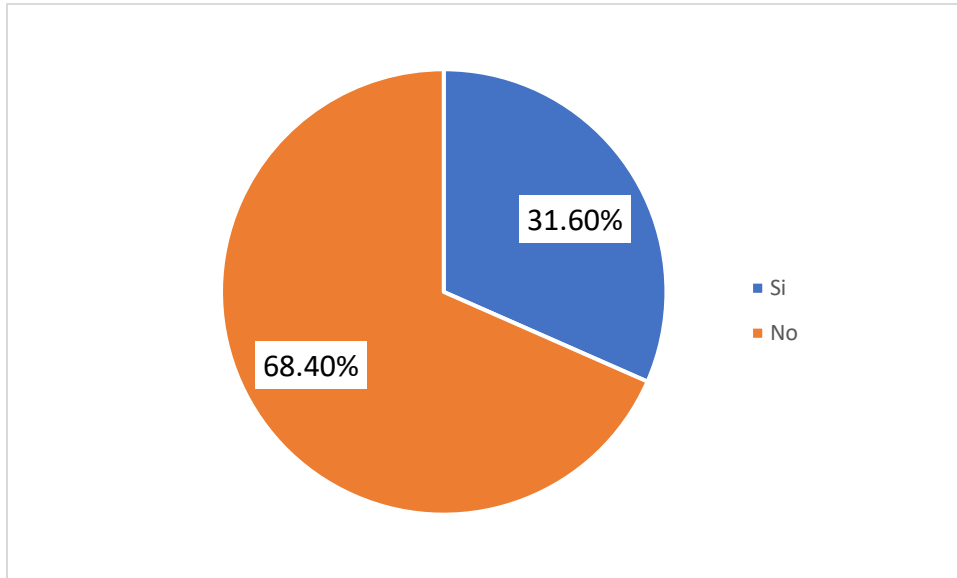


Figura 6.18. Opinión de los usuarios del sistema de Altamira acerca de su inclusión en la toma de decisiones en el servicio por parte de la ASADA

Fuente: Elaboración propia, 2023

- **A nivel administrativo y operativo**

El aspecto administrativo y operativo del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua se analiza mediante la búsqueda de posibles vulnerabilidades en estas áreas. Por lo tanto, es fundamental realizar un análisis finanzas que se han aplicado al acueducto. Asimismo, resulta relevante destacar la presencia o ausencia de aspectos críticos que deben ser considerados por quienes gestionan el recurso hídrico dentro del sistema. Esto incluye la revisión de registros de parámetros, historiales de mantenimiento, y otros factores que pueden tener un impacto en la eficiencia y la operatividad del sistema.

Se llevó a cabo un detenido análisis de su carácter administrativo y financiero. Este proceso exhaustivo buscó identificar tanto los aspectos positivos como aquellos que podrían haber representado desafíos para el adecuado funcionamiento y desarrollo sostenible de la infraestructura hídrica. En un primer plano, la ASADA cuenta con un convenio de delegación del AyA, otorgándole así el permiso para gestionar y proporcionar el recurso hídrico a la comunidad. La ASADA Bijagua cuenta con un respectivo equipo administrativo, desde secretaría, tesorero y la presencia de fontaneros especializados añadía un elemento positivo, asegurando un mantenimiento técnico adecuado y operación.

El suministro anual de estados financieros al AyA y la tenencia de libros contables y de actas de asambleas actualizados reflejaban una gestión administrativa transparente y eficiente. Aunque se identificó que los libros de la junta directiva estaban algo desactualizados, no era un hecho recurrente, lo que sugiere que este aspecto podría haberse abordado con relativa facilidad. Se debe destacar que la presencia de una bodega para materiales de operación y la implementación de planes de mantenimiento y operación para los diversos componentes del acueducto eran prácticas que fortalecían la capacidad de respuesta ante posibles eventualidades.

Sin embargo, se identificaron riesgos que merecen atención tal, así como la ausencia de un proceso formal de rendición de cuentas y transparencia hacia la comunidad podría haber afectado la confianza de los usuarios. Además, la participación de menos del 50% de los socios en las asambleas sugería una falta de involucramiento, lo que podría haber obstaculizado la toma de decisiones cruciales.

En el sentido económico se tiene que destacar que la ubicación geográfica de la zona, propensa a fenómenos naturales, planteaba un desafío financiero importante. La necesidad de incrementar los presupuestos para prevenir y gestionar daños a las estructuras debido a eventos naturales era una consideración seria. Otro aspecto a tener en cuenta eran los desfases económicos generados por las tarifas reguladas por la ARESEP, lo que podría haber impactado la estabilidad financiera a largo plazo.

6.1.2 Fase II. Análisis de disponibilidad hídrica

En la fase del balance hídrico se evalúa la disponibilidad de agua de las fuentes de producción del sistema de Altamira; en este caso es pertinente conocer que se deben realizar diferentes escenarios de consumo y demanda futura que puede existir en el acueducto. De forma previa es importante considerar que la evaluación del balance hídrico se realiza tomando en cuenta ciertos datos de entrada; donde es pertinente reconocer que el acueducto de Altamira posee una producción de fuente de 35 l/s en la cual de acuerdo con los aforos aplicados en esta se ha presentado que posee un porcentaje de reducción anual de 3.5% por efectos de cambio climático; además que el sistema cuenta con una cobertura de 144 servicios.

En el fundamento del balance de acueducto que se aplica en este estudio se consideró un porcentaje de agua no contabilizada de un 30% ya que en la red de Altamira no se cuenta con registros de macromedición; solo se tienen registros de micromedición. Por lo tanto, se

considera la dotación máxima que aporta el acueducto al sistema como el mayor valor de agua que se otorga en el servicio del agua potable por parte de la ASADA.

Dentro del balance se llevó a cabo un análisis a lo largo de un período de 50 años, con evaluaciones en intervalos de cada 10 años. En general, en los escenarios de consumo planteados se variará el porcentaje de crecimiento poblacional anual, ya que esta variable influye en la capacidad de los servicios que el acueducto de Altamira podrá abastecer en el futuro. Los parámetros que rigen los escenarios mencionados anteriormente que fueron analizados en este estudio son los siguientes:

- Escenario I: El crecimiento poblacional es del 1%
- Escenario II: Dentro del período de estudio se alcanza un máximo de crecimiento poblacional del 3%
- Escenario III: El crecimiento poblacional es el más crítico donde se alcanza un máximo de 6%

Escenario I – Crecimiento poblacional tendencial

En este escenario se plantea aplicar el balance hídrico de forma que el porcentaje de crecimiento poblacional sea considerado tendencial; es decir, que la forma en la que incrementen los servicios sea el comportamiento esperado que se han generado en proyecciones como los estudios que ha planteado el INEC. Por tanto, se empleará un 1% de crecimiento poblacional a lo largo del período de estudio (Figura 6.19)

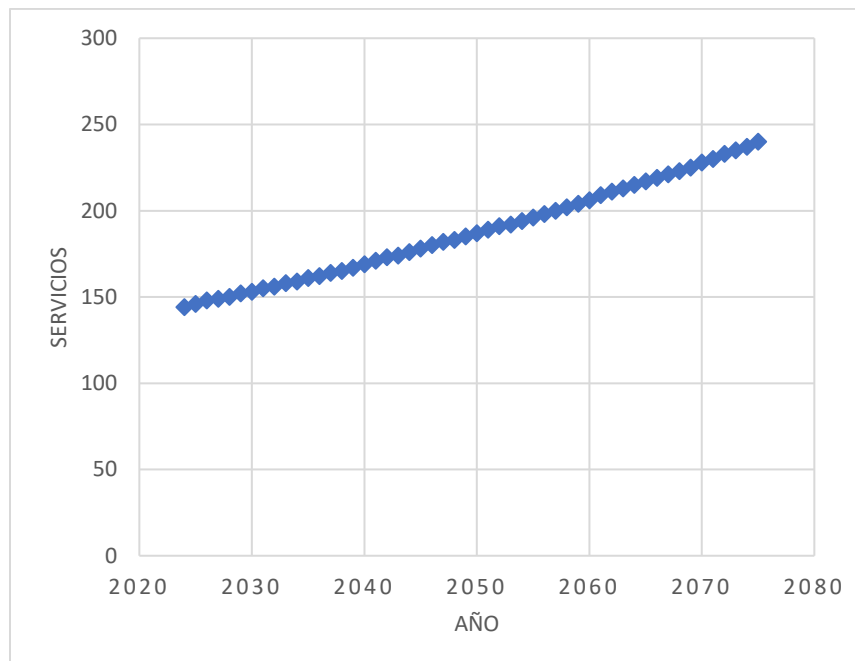


Figura 6.19. Crecimiento poblacional de carácter tendencial para la proyección de demanda del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

El Cuadro 6.1 expone los resultados de las proyecciones derivadas de la aplicación del balance hídrico de acueductos, según los registros de aforos de las fuentes de abastecimiento a nivel anual. A partir de dicho de este se puede observar que el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua cuenta con capacidad hídrica para poder incorporar nuevos servicios dentro del período de estudio de 50 años para un escenario de crecimiento poblacional tendencial.

Cuadro 6.1. Resultados del balance hídrico en una condición tendencial de crecimiento de población y servicios.

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance (l/s)	Interpretación
2024	144	2.13	35.00	32.87	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2034	159	2.35	30.09	27.74	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2044	176	2.59	25.87	23.28	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2054	194	2.86	22.24	19.38	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2064	215	3.16	19.12	15.96	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2074	237	3.50	16.44	12.94	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios

Fuente: Elaboración propia, 2023

Asimismo, se muestra un gráfico que nos visualiza la producción vs la demanda para el escenario de crecimiento poblacional tendencial en el balance hídrico de acueducto del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua. A partir de este gráfico se puede analizar como la producción decrece con respecto pasa el tiempo dentro del período de estudio de 50

años debido al porcentaje de reducción de la fuente. Además, se puede observar que para un escenario de crecimiento poblacional tendencial la demanda aumenta levemente a lo largo del tiempo (Figura 6.20).

Por lo que de forma general se evidencia la capacidad hídrica que posee el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua dentro del período de estudio de 50 años para un escenario de crecimiento poblacional tendencial, ya que, a pesar de la disminución de la producción, la demanda se encuentra lejos poder igualarla.

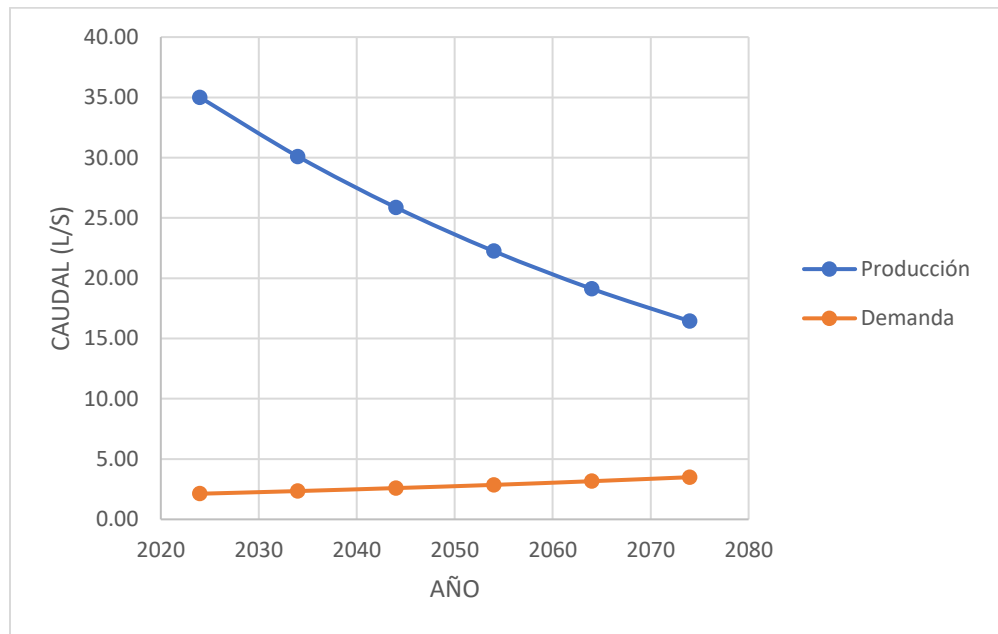


Figura 6.20. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional tendencial en el balance del sistema de Altamira

Fuente: Elaboración propia, 2023

Escenario II – Crecimiento poblacional sostenible

Dentro de este escenario en el balance hídrico se supuso que el porcentaje de crecimiento poblacional va a ser proyectado de manera que este posea un comportamiento racional o sostenible; por lo que los servicios aumentarán de una mayor manera que el escenario anterior; sin embargo, se mantendrán de una forma gradual. Por tanto, se alcanzará un porcentaje de crecimiento de 3% como máximo; debido a que se desea plantear que existe una entrada de población y de nuevas actividades económicas que el acueducto de Altamira debe de abastecer. Cabe aclarar que el porcentaje de crecimiento no será aplicado de forma constante dentro del período de estudio; si no que en los primeros 25 años se

tendrá un porcentaje de crecimiento poblacional 2.5%, y finalmente en los siguientes 25 años se aumentará a 3% (Figura 6.21).

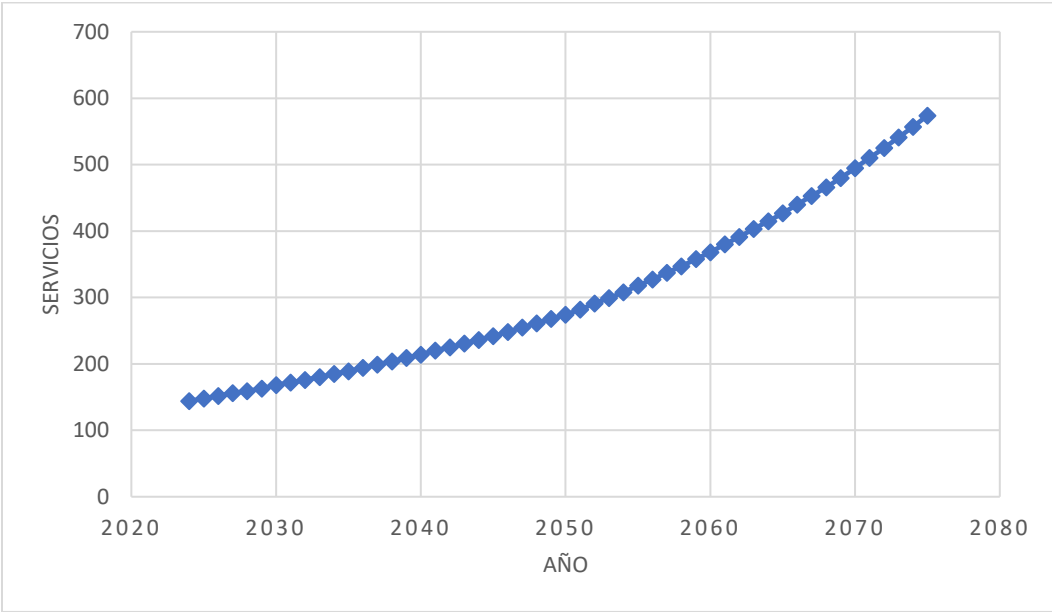


Figura 6.21. Crecimiento poblacional de carácter sostenible en el balance del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Fuente: Elaboración propia, 2023

El Cuadro 6.2 expone los resultados de las proyecciones derivadas de la aplicación del balance hídrico de acueductos, según los registros de aforos de las fuentes de abastecimiento a nivel anual. Se puede apreciar que el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua posee capacidad hídrica para incorporar nuevos servicios en dado caso que existiera un escenario de crecimiento poblacional sostenible dentro del período de estudio de 50 años. Por lo que, a pesar de tener un incremento considerable en comparación con el escenario anterior, el acueducto sigue teniendo capacidad hídrica.

Cuadro 6.2. Resultados del balance hídrico en una condición sostenible de crecimiento de población y servicios

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance (l/s)	Interpretación
2024	144	2.13	35.00	32.87	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2034	185	2.72	30.09	27.37	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2044	236	3.48	25.87	22.39	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2054	308	4.54	22.24	17.70	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2064	415	6.11	19.12	13.01	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2074	557	8.22	16.44	8.22	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios

Fuente: Elaboración propia, 2023

A partir del balance hídrico estudiado en el período de estudio se muestra un gráfico que nos visualiza el comportamiento de la producción vs la demanda para el escenario de crecimiento poblacional sostenible en el balance hídrico de acueducto del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua. Por lo que se puede apreciar que la producción al igual que en el escenario anterior decrece debido al porcentaje de reducción que posee la fuente; mientras que la demanda posee un aumento considerable por el crecimiento poblacional propuesto para este escenario (Figura 6.22).

De forma general se puede visualizar que en este escenario de crecimiento poblacional sostenible evidencia que el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua sigue teniendo capacidad hídrica para nuevos servicios dentro del período de 50 años estudiado, sin embargo, la demanda se acerca cada vez más a igualar a la producción lo cual es un aspecto que se debe considerar.

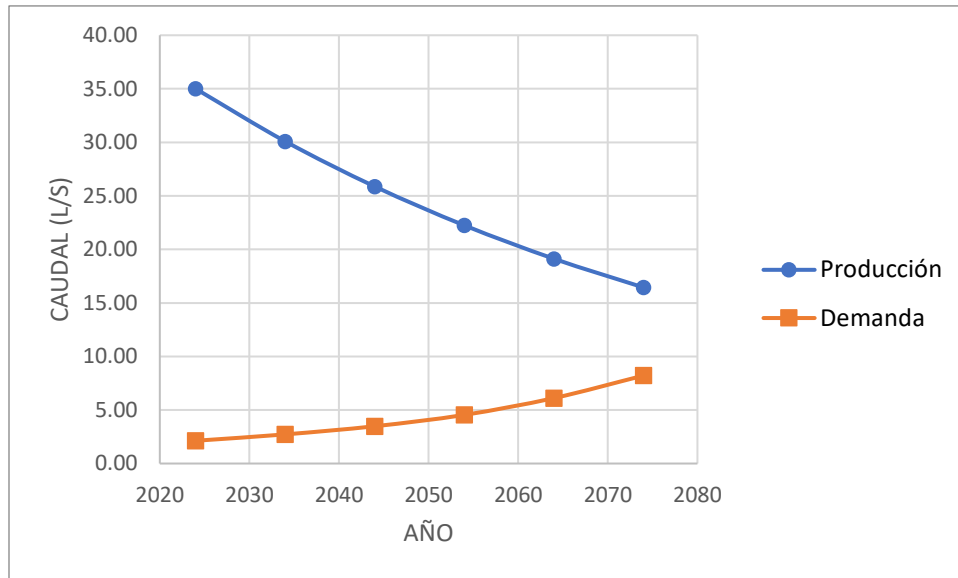


Figura 6.22. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional sostenible en el balance del sistema de Altamira.

Fuente: Elaboración propia, 2023

Escenario III – Crecimiento poblacional exponencial

Finalmente, en este escenario dentro del balance hídrico se desea que el porcentaje de crecimiento poblacional sea proyectado de una manera más acelerada de forma que se vaya formando una tendencia exponencial de crecimiento poblacional; esto con el fin de verificar si el acueducto de Altamira actual puede soportar un crecimiento acelerado sin realizar mejoras dentro de su sistema; el escenario supondrá una alta tasa de población entrante al año y en los servicios lo que significa un mayor desarrollo productivo que hace que requiera más demanda de la usual. Por tanto, se alcanzará un porcentaje de crecimiento de 6% como máximo. Cabe aclarar que el porcentaje de crecimiento no será aplicado de forma constante dentro del período de estudio; si no que en los primeros 25 años se tendrá un porcentaje de crecimiento poblacional 5%, y finalmente en los siguientes 25 años se aumentará a 6% (Figura 6.23).

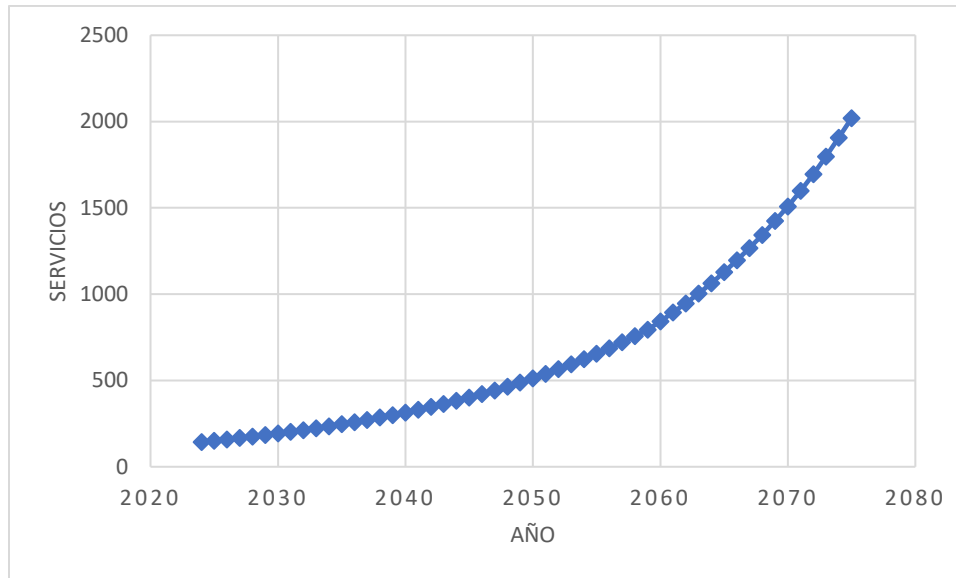


Figura 6.23. Crecimiento poblacional de carácter exponencial para el balance del acueducto de Altamira

Fuente: Elaboración propia, 2023

El Cuadro 6.3 expone los resultados de las proyecciones derivadas de la aplicación del balance hídrico de acueductos, según los registros de aforos de las fuentes de abastecimiento a nivel anual. Se puede visualizar que el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua posee capacidad hídrica para incorporar nuevos servicios en dado caso que existiera un escenario de crecimiento poblacional exponencial dentro los primeros 40 años del período de estudio de 50 años, en los últimos 10 años se empieza a ver como el acueducto empieza a tener problemas en términos de capacidad hídrica. Por lo que, el incremento que produce el escenario de crecimiento poblacional exponencial evidencia la necesidad de ir buscando nuevas fuentes a partir del 2064 para abastecer el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua .

Cuadro 6.3. Resultados del balance hídrico en una condición exponencial de crecimiento de población y servicios

Año	Servicios	Demanda (l/s)	Producción (l/s)	Balance (l/s)	Interpretación
2024	144	2.13	35.00	32.87	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2034	235	3.47	31.65	28.19	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2044	383	5.64	28.63	22.98	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2054	624	9.20	25.89	16.69	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2064	1064	15.70	23.41	7.71	ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios
2074	1906	28.12	21.18	-6.95	Desabastecimiento y racionamiento del servicio

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la figura 6.24 se muestra un gráfico que nos visualiza la producción vs la demanda para el escenario de crecimiento poblacional sostenible en el balance hídrico de acueducto del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua. Se visualiza como la producción decrece al igual que los escenarios anteriores, sin embargo, para un crecimiento poblacional exponencial, al existir un aumento más marcado se puede ver como la demanda sobrepasa la demanda alrededor del 2064.

Lo anterior es un hecho que hace que el acueducto de Altamira ya no se encuentra en capacidad hídrica para incorporar nuevos servicios dentro de los últimos años del período de estudio de 50 años analizado.

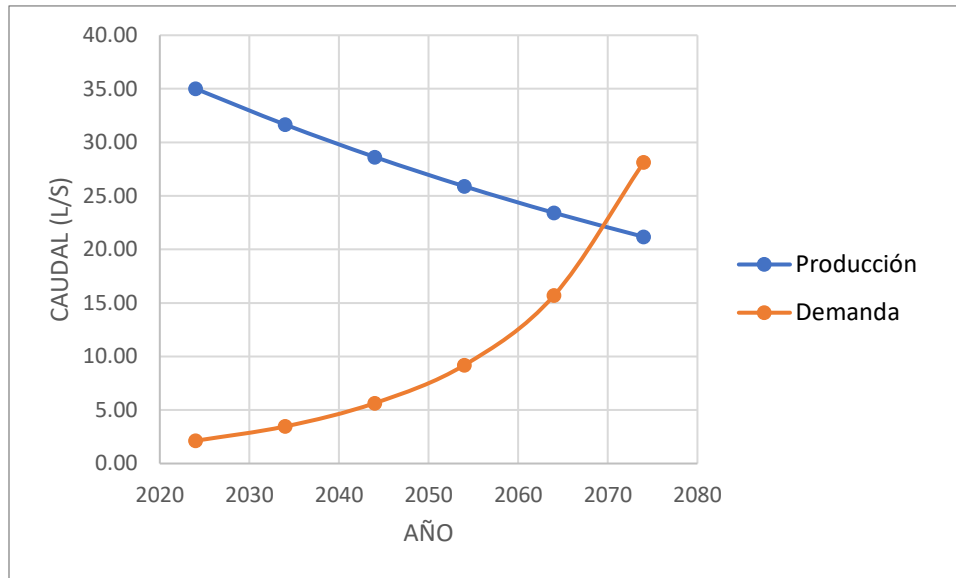


Figura 6.24. Producción vs Demanda para el escenario de crecimiento poblacional exponencial en el balance del sistema de Altamira.

Fuente: Elaboración propia, 2023

6.1.3. Fase III. Modelación hidráulica

Conociendo las condiciones del sistema de Altamira en cuestiones de cantidad del agua para el servicio de abastecimiento; otro detalle importante el cual se debe evaluar dentro de la red de acueducto; corresponde al cumplimiento de la capacidad hidráulica para solventar la demanda del consumo de agua existente dentro del sistema. Por lo tanto, en esta fase se aplicará un análisis del comportamiento hidráulico para el sistema de Altamira en 2 escenarios; el primero corresponderá a la situación actual de funcionamiento de la red de acueducto; y el otro escenario corresponderá a una situación futura en la cual se exponga la mayor demanda que puede trasegar el subsistema de Altamira dentro de sus redes. Dentro del análisis hidráulico del comportamiento del sistema de Altamira; es importante información clara de la red; por lo tanto, conlleva una recopilación clara de factores como longitudes de tuberías, rugosidad de tubería, topografía, diámetros de tubería y caudales de demanda, los cuales son aspectos que tienen un impacto en el análisis de las variables importantes de análisis hidráulico como lo son las presiones en los diferentes puntos de las redes del sistema y las velocidades de flujo existentes entre las tuberías (Figura 6.9).

Como consideraciones generales del modelo hidráulico del sistema de Altamira, es importante destacar que se realizó el análisis en un período de régimen permanente. Esto

implica que los caudales de demanda se comportarán de manera constante dentro de la red de acueducto. Aunque en la realidad estos caudales pueden variar según el período horario, la aplicación de un flujo constante facilita la comprensión del funcionamiento del sistema de Altamira en un punto máximo, donde se está distribuyendo toda la demanda de la red de acueducto.

- **Situación de demanda actual**

Primeramente, en el análisis hidráulico del sistema de Altamira se debe realizar el modelo de la situación actual de demanda dentro del acueducto de Altamira primeramente porque es va a ser un punto de partida para poder realizar el escenario de demanda futuro. Es importante analizar si existen anomalías con la demanda actual que posee el acueducto en términos de presiones y velocidades. Por lo tanto, se tiene que la demanda actual del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua posee una demanda total de 2.1 l/s la cual es la suma de las demandas de todos los ramales de distribución del acueducto siendo el total de los 144 servicios actuales que se encuentra operando (Cuadro 6.4).

Cuadro 6.4. Determinación de la demanda máxima horaria de la situación actual del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua.

Ramal de distribución	Caudal máximo horario de demanda (l/s)
# 1	0.29
# 2	0.54
# 3	0.67
# 4	0.6
Total	2.1

Fuente: Elaboración propia, 2023

Dentro del modelo hidráulico para el escenario de demanda actual, se puede observar que el modelo del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua opera en cuestiones de presión en un rango de 10 m – 90 m. Donde realmente los puntos de mayor importancia crítica son en los nodos que la presión se encuentra por debajo de los 10 m de presión y por encima de 70 m de presión; donde se puede evidenciar que si existen algunos puntos que operan en dichas condiciones de importancia respectivamente (Figura 6.25).

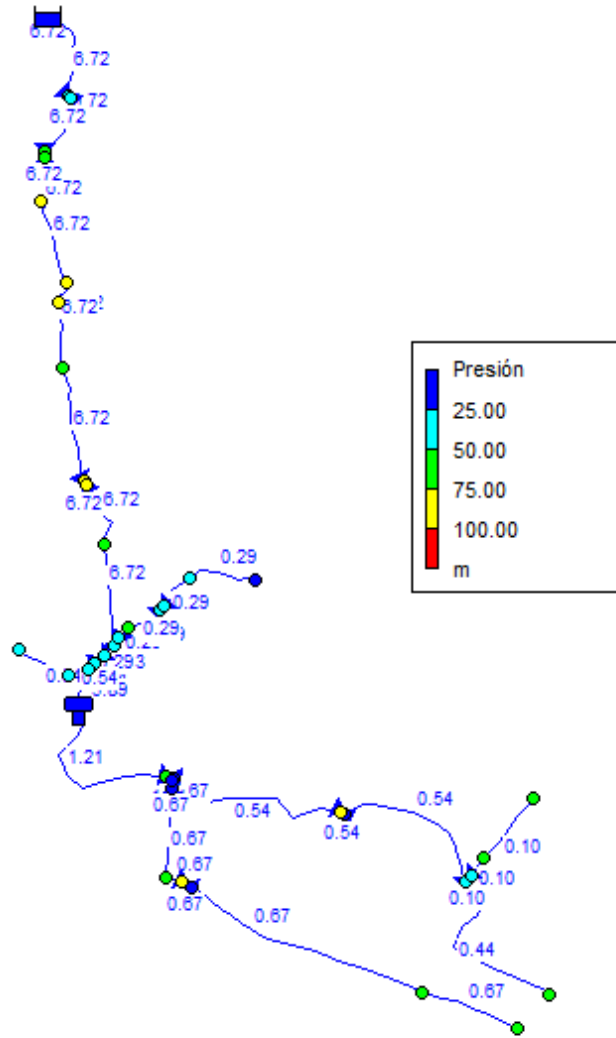


Figura 6.25. Modelo hidráulico de las presiones en los diferentes nodos del sistema de Altamira para el escenario de demanda actual.

Fuente: Elaboración propia, 2023

- **Situación de demanda futura en su capacidad hidráulica máxima**

Conociendo el comportamiento del acueducto dentro de la demanda actual; es importante aplicar un escenario donde se demuestre el comportamiento de la red de acueducto dentro de una demanda futura; esto a efectos de conocer la capacidad hidráulica del sistema ante una demanda futura y también para conocer cuántos servicios más podría abastecer el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua. Es por esto por lo que en este escenario se aumenta gradualmente la demanda dentro de los ramales de la línea de distribución

manteniendo la misma infraestructura sin cambios del acueducto de Altamira de forma que se va encontrando su capacidad hidráulica. Se debe destacar que dentro de la modelación hidráulica de este modelo; se tomó como indicador, la variable de presión y velocidad, de modo que la demanda se irá aumentando en los diferentes ramales del acueducto hasta donde el acueducto en términos de presión y velocidad lo permitan.

Lo anterior quiere decir que, las presiones y velocidades en el modelo de la red de acueducto Altamira se encontrará dentro del límite permisivo entre 10 mca – 70 mca para la presión; y no más de 3 m/s para la velocidad. Por lo general al aumentar la demanda, las presiones irán disminuyendo entonces se aumentará la demanda hasta que los principales nodos de distribución se encuentren cerca del límite mínimo de presión, también a su vez se irá cuidando a su vez que el caudal de demanda no genere velocidades mayores a 3 m/s, por lo que llegando a presiones mínimas y no sobrepasando la velocidad máxima se dirá que se habrá encontrado la capacidad hidráulica del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua (Cuadro 6.5).

Cuadro 6.5. Determinación de la demanda máxima horaria de una situación futura del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua operando en su capacidad hidráulica.

Ramal de distribución	Caudal máximo horario de demanda (l/s)
# 1	1.17
# 2	1.8
# 3	3.67
# 4	2.07
Total	8.71

Fuente: Elaboración propia, 2023

Asimismo, se puede observar el modelo correspondiente para la situación de demanda futura dentro del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua operando dentro de su capacidad hidráulica. El comportamiento del acueducto de Altamira al incrementar gradualmente las demandas en los nodos de distribución del sistema; por lo que en comparación con las presiones de la demanda actual; se puede observar cómo al aumentar el caudal de demanda, hace que disminuya la presión en los puntos más bajos de los ramales; por lo que están dentro del límite permisivo mínimamente con 10 mca. Por lo tanto, se puede decir que el sistema de Altamira soporta un aumento de 8.71 l/s teniendo sus presiones en el mínimo permitido según la normativa.

El caudal de demanda futuro que se aplicó en este escenario para determinar la capacidad hidráulica del sistema de Altamira, realizando los respectivos cálculos por lo general aportaría para brindarle abastecimiento unos 522 servicios; lo cual, en comparación con la demanda actual de 144 servicios, significaría aproximadamente 3.625 veces la demanda actual; aumentando 378 servicios de más (Figura 6.26).

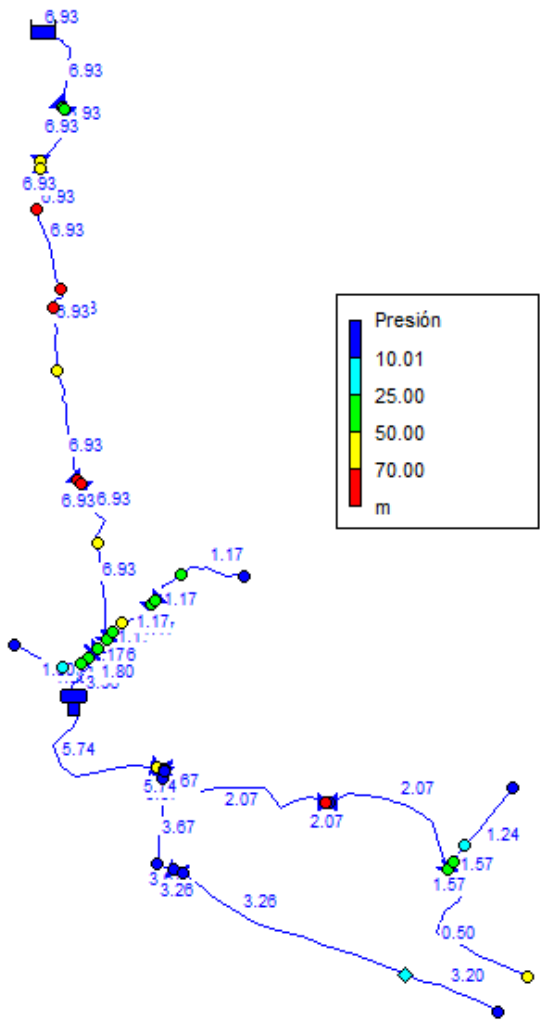


Figura 6.26. Modelo hidráulico de las presiones en los nodos del sistema de Altamira para el escenario para una demanda futura en su capacidad hidráulica.

Fuente: Elaboración propia, 2023

6.2 Resultados de propuesta de plan operativo

Una vez realizado el respectivo diagnóstico y haber identificado diferentes puntos críticos en los diversos componentes y aspectos que están ligados al comportamiento, funcionamiento y operación del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua. Se procedió a realizar la propuesta del plan operativo.

6.2.1 Matriz de riesgos

En la matriz de riesgos se consideró la recopilación de todos los puntos críticos encontrados previamente en el diagnóstico del sistema de Altamira en sus diferentes etapas o componentes. Esto quiere decir que se toma en cuenta infraestructura del sistema (captación, conducción, tanque de almacenamiento, tratamiento y distribución), usuarios, área administrativa, microcuenca y entre otros factores.

Cuadro 6.6. Matriz de riesgos aplicada para los diferentes componentes del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Componente	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo
Captación	Presencia de hojas, raíces y maleza exterior del tanque de captación	Físico. Biológico	5	1	5	Bajo
	Falta de macromedición	Físico	4	4	16	Muy alto
	Ausencia de protección de zonas de recarga de agua	Físico, Químico, Biológico	5	4	20	Muy alto
	Deslizamientos	Físico	1	4	4	Bajo
Línea de conducción	Posibles daños por tubería expuesta	Físico	4	3	12	Alto
	Presencia de fincas ganaderas en el trayecto de conducción	Físico, Químico, Biológico	4	1	4	Bajo
	Tuberías antiguas cercanas de cumplir su vida útil	Físico	5	4	20	Muy alto
	Válvulas de aire desgastadas o dañadas por ganado	Físico	4	2	8	Moderado
Tanque de almacenamiento	Terremotos o sismos	Físico	1	4	4	Bajo
	Inundaciones	Físico	1	4	4	Bajo
Tratamiento de agua	Componentes desgastados y presencia de corrosión en válvulas	Físico	5	2	10	Moderado
	Presencia de turbiedad en ciertos puntos de evaluación	Físico, Químico, Biológico	3	3	9	Moderado
	Tubímetros en mal estado	Físico	4	3	12	Alto
	Percepción de fuerte olor a cloro en estructuras cercanas	Químico	2	3	6	Moderado

Componente	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo
Línea de distribución	Tanques quebragradientes con agrietamientos	Físico	5	3	15	Alto
	Ausencia de malla de protección de tanque quebragradientes	Físico	5	3	15	Alto
	Vandalismo en estructuras expuestas	Físico	2	3	6	Moderado
	Tubería antigua cercana de cumplir su vida útil	Físico	5	4	20	Muy alto
	Planos viejos y desactualizados	Físico	5	2	10	Moderado
Usuarios	Poca o nula participación en la toma de decisiones del servicio	Físico	4	2	8	Moderado
	Información limitada de la calidad del agua potable	Físico	2	2	4	Bajo
	Sector de abonados con poco conocimiento en la educación en el consumo del agua potable	Físico	4	2	8	Moderado
Área administrativa y financiera	Libros de actas de junta directiva desactualizados	Físico, Administrativo	2	2	4	Bajo
	Poca participación de socios en Asambleas	Físico, Administrativo	3	3	9	Moderado
	Desfases en regulaciones tarifarias por parte de la ARESEP	Físico, Legal, Administrativo, Económico	4	3	12	Alto
	Fuente ubicada en propiedad privada	Físico, Administrativo	5	2	10	Moderado

Componente	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación del riesgo
Área administrativa y financiera	Riesgos climáticos aumentan los costos de operación	Físico, Administrativo, Económico	1	4	4	Bajo
	Poca de rendición de cuentas a la comunidad	Físico, Administrativo	4	1	4	Bajo
Microcuencia	Crecimiento poblacional	Físico	2	4	8	Moderado
	Deforestación	Físico	4	4	16	Muy alto
	Cambio climático	Físico, Químico, Biológico	2	4	8	Moderado
	Aumento de infraestructura hotelera en zonas cercanas a fuentes de agua	Físico	3	4	12	Alto
	Falta de alcantarillado de aguas residuales	Físico, Químico, Biológico	4	5	20	Muy alto
	Agroquímicos y residuos sólidos	Físico, Químico, Biológico	3	5	15	Alto

Fuente: Elaboración propia 2023

6.2.2 Elaboración del plan operativo para el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua

Finalmente, una vez concluida las fases previas de diagnósticos, y análisis hídricos e hidráulicos de la red de acueducto del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua, se procedió a la formulación de la propuesta de plan operativo que puede ser ejecutado sobre el sistema de Altamira. Para la generación de la propuesta de este plan se basó en los puntos críticos que propician una vulnerabilidad considerable sobre la red de acueducto en análisis encontrados en la matriz de riesgos; por tanto, el plan operativo se conformará por el componente del sistema, el punto crítico encontrado, medidas correctivas para respectivo riesgo, el responsable para ejecutar las acciones correctivas y finalmente el tiempo plazo para ejecutar dichas medidas

Entre los componentes del sistema de Altamira debido a que es necesario tener un seguimiento de los puntos críticos identificados en estos que se abordan dentro del plan operativo se encuentran los siguientes:

- Captación
- Línea de conducción/ distribución
- Tanque de almacenamiento
- Tratamiento
- Área administrativa
- Usuarios
- Microcuenca

A continuación, se detalla la propuesta de plan operativo para los diferentes componentes del sistema de Altamira y sus puntos críticos identificados con sus respectivas medidas correctivas, responsables y tiempo estimado de ejecución. (Cuadro 6.7).

Cuadro 6.7. Propuesta de plan operativo para los componentes del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

Componente	Punto crítico	Medidas correctivas	Responsable	Tiempo de ejecución
Captación	Presencia de hojas, raíces y maleza exterior del tanque de captación	Elaborar un programa de mantenimiento para la estructura	Fontaneros o técnicos capacitados	10 meses
		Implementar barreras físicas alrededor del tanque para evitar crecimiento antimaleza		
	Falta de macromedición	Implementación de medidores de macromedición en puntos estratégicos del flujo de agua	Junta administrativa	1 año y 2 meses
	Ausencia de protección de zonas de recarga de agua	Identificar, delimitar y zonificar las áreas de protección	Contratación externa por parte de la junta administrativa	1 año y 6 meses
		Aplicar constante monitoreo para asegurar la protección de estas		
Deslizamientos	Crear planes de emergencia para la estructura de captación en caso de suceder este fenómeno no recurrente	Junta administrativa	1 año	
Línea de conducción y distribución	Tubería expuesta	Aplicar un recubrimiento protector a las secciones de tuberías expuestas	Junta administrativa - Fontaneros	11 meses
	Tuberías antiguas cercanas de cumplir su vida útil	Planificar un plan de reemplazo gradual priorizando las secciones críticas de las tuberías al cumplir con la vida útil	Junta administrativa - Fontaneros	2 años y 6 meses
	Válvulas de aire desgastadas o dañadas	Reemplazo de las válvulas demasiado gastadas o dañadas por válvulas más resistentes	Fontaneros	1 año
		Instalar barreras físicas para evitar que el ganado se acerque		
Tanques quebragradientes con fisuras leves	Reparación de las fisuras o refuerzo estructural de los quebragradientes	Fontaneros o técnicos capacitados	11 meses	

Componente	Punto crítico	Medidas correctivas	Responsable	Tiempo de ejecución
Línea de conducción y distribución	Vandalismo en estructuras expuestas	Instalación de cercado o barreras físicas para proteger las estructuras	Junta administrativa	1 año y 1 mes
	Planos viejos y desactualizados	Realizar una actualización de los datos de la línea de acueducto	Junta administrativa	10 meses
Tanque de almacenamiento	Riesgos producidos por fenómenos no recurrentes	Crear planes de emergencia para la estructura de captación en caso de suceder el fenómeno; o evaluarse la posibilidad de una reubicar el tanque	Junta administrativa	1 año y 5 meses
Tratamiento	Componentes desgastados y presencia de corrosión en válvulas	Sustitución de componentes desgastados, asientos de válvulas corroídas por piezas nuevas de calidad en el equipo de desinfección	Junta administrativa - Fontaneros	1 año y 3 meses
	Presencia de turbiedad en ciertos registros del equipo de desinfección	Limpieza de la acumulación de suciedad del equipo Implementar sistemas de filtración en el equipo para evitar partículas	Junta administrativa - Fontaneros	1 año
	Tubímetros en mal estado	Reemplazo de tubímetros con componentes internos dañados o defectuosos	Fontaneros	11 meses
Usuarios	Poca participación en la toma de decisiones del servicio	Amplificar el porcentaje de socios con usuarios que representen los intereses de la comunidad en la toma de decisiones	Junta administrativa	10 meses
		Organizar eventos comunitarios que involucren actividades lúdicas y educativas para fortalecer relación entre el usuario y la ASADA		
	Información limitada de la calidad del agua potable	Fomentar la comunicación abierta y transparente a los usuarios de la gestión del servicio, calidad del agua	Junta administrativa	7 meses

Componente	Punto crítico	Medidas correctivas	Responsable	Tiempo de ejecución
Usuarios	Sector de abonados con poco conocimiento en la educación en el consumo del agua potable	Aumentar la cobertura y métodos de divulgación de los programas de la conciencia del uso racional del agua	Junta administrativa	8 meses
Área administrativa y financiera	Poca participación de socios en Asambleas	Implementar incentivos para fomentar la participación, como sorteos, reconocimientos o pequeños beneficios para aquellos que asistan regularmente a las reuniones.	Junta administrativa	1 año y 3 meses
		Realizar feedback y monitoreo continuo a los socios y realizar evaluaciones periódicas para ajustar las estrategias de participación según sus necesidades y expectativas.		
	Desfases en regulaciones tarifarias por parte de la ARESEP	Proponer una diversificación de ingresos relacionados con el agua de forma que la prestación del servicio no sea el único	Junta directiva	1 año y 6 meses
Planificar estrategias a largo plazo frente a déficits temporales o desfases económicos				
	Posible aumento de costos de operación por eventos climáticos	Desarrollar planes de respuesta a eventos climáticos y programas de preparación para minimizar daños y gastos adicionales	Junta directiva	11 meses

Componente	Punto crítico	Medidas correctivas	Responsable	Tiempo de ejecución
Microcuenca	Inminente crecimiento poblacional	Desarrollar planificación estratégica a largo plazo que tome en cuenta las proyecciones de crecimiento poblacional y la posible expansión gradual de la infraestructura	Junta administrativa	1 año y 6 meses
		Realizar una planificación urbana para garantizar que el crecimiento poblacional sea sostenible considerando la disponibilidad de agua	Contratación externa por parte de la junta administrativa	
	Deforestación	Aumentar los programas de reforestación en puntos críticos de la microcuenca	Junta administrativa	1 año y 3 meses
		Realizar campañas de educación ambiental.		
	Cambio climático	Fortalecer programas de adaptación al cambio climático y desarrollo de estrategias que afronten el fenómeno	Contratación externa	1 año y 4 meses
	Aumento de infraestructura hotelera en zonas cercanas a fuentes de agua	Aplicar regulaciones de forma que los nuevos desarrollos locales propicien un uso sostenible del agua	Junta administrativa y contratación externa	2 años
		Control del desarrollo hotelero con autoridades locales para asegurar sostenibilidad de las fuentes de agua		
	Falta de alcantarillado de aguas residuales	Desarrollo de un plan integral de alcantarillado sanitario que identifique las áreas sin cobertura y críticas	Junta administrativa	2 años y 6 meses
Agroquímicos y residuos sólidos	Aplicar monitoreo constante mediante análisis periódicos de aguas para detectar presencia de contaminantes agroquímicos	Junta administrativa y autoridades locales	1 año y 7 meses	
	Desarrollar programas de educación a las comunidades locales sobre prácticas sostenibles y disposición de residuos			

Fuente: Elaboración propia, 2023

6.3 Discusión de los principales hallazgos

Una vez descritos los resultados obtenidos en el estudio de diagnóstico y propuesta de plan operativo para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua, es importante resaltar los principales hallazgos encontrados en este estudio. Donde se detallan las principales evaluaciones de los diferentes componentes del sistema, los análisis hídricos e hidráulicos, matriz de riesgos y plan operativo.

6.3.1. Evaluación y diagnóstico de los componentes del sistema

Analizando primeramente las evaluaciones realizadas en los diferentes componentes del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua; se tienen las siguientes consideraciones:

- **Infraestructura**

De forma general la infraestructura que compone el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua cumple en su mayoría con las normativas que impone el AyA en su esquema estructural; sin embargo, es importante resaltar los puntos críticos de mayor interés en las mismas.

Primeramente, es importante resaltar que las tuberías de conducción y distribución son relativamente antiguas (Figura 6.10) y se encuentran de forma cercana a cumplir con su vida útil, lo cual hace que sea un aspecto crítico de importancia de cara al futuro. Dado que cuando éstas alcancen su límite útil pueden empezarse a generar problemáticas en el suministro del agua.

En segundo lugar, el sistema de tratamiento es otro de los elementos de infraestructura con cierta vulnerabilidad ya que por lo general presenta componentes desgastados y tubímetros en mal estado (Figuras 6.8 y 6.9). Donde además se suma la presencia de turbiedad. Por otro lado, es importante resaltar que ciertos puntos como líneas de conducción y distribución, tanque de almacenamiento y captación son vulnerables a fenómenos naturales que puedan dañar la infraestructura y la operación del sistema en caso de suceder.

- **Usuarios**

Dentro del marco comunal, los usuarios son la parte interesada del recurso hídrico a la cual la ASADA le brinda el servicio de abastecimiento del agua potable; para este caso se conoció la percepción social en cuánto al servicio que le brinda la ASADA Bijagua mediante el sistema de Altamira. De forma general los usuarios en su mayoría muestran un grado de satisfacción grande en cuánto a términos de calidad del servicio, propiedades

organolépticas y continuidad; dado a que brindan calificaciones de “aceptable” a “excelente” (Figuras 6.13, 6.14 y 6.15) respectivamente para los tres términos en análisis.

Sin embargo, es importante destacar que cierta cantidad de usuarios destacan que no tienen mucho conocimiento o no se le ha brindado información con respecto a la educación del consumo del agua potable; siendo casi un 53.6% con calificaciones de malo a regular; mientras que el resto si tiene conocimiento, pero más por enseñanza propia que por haber obtenido información por parte de la ASADA (Figura 6.17). Además, alrededor de un 70% de los usuarios del sistema de Altamira expresan que la ASADA no los ha tomado en cuenta en el proceso de toma de decisiones y a su vez no reciben información de la calidad del agua potable y la rendición de cuentas respectiva (Figura 6.18).

Lo anteriormente mencionado son aspectos importantes dentro del funcionamiento de un acueducto; ya que, para lograr una optimización del servicio, los usuarios son una vía para hacerlo, dado a que son los que conocen mejor la calidad del servicio del acueducto, además que pueden realizar aportes importantes en la toma de decisiones. También es importante que los usuarios tengan en cuenta la conciencia y la educación del consumo de agua potable así mismo como la información de su calidad; de forma que se pueda lograr una amplia sostenibilidad en el servicio de agua potable.

- **Administrativo**

La ASADA Bijagua muestra una consolidación significativa en su carácter administrativo, respaldada por la delegación del AyA y un equipo administrativo bien estructurado, incluyendo roles clave como secretaría, tesorero y fontaneros especializados. Este enfoque organizativo positivo garantiza un mantenimiento técnico adecuado y una operación eficiente del acueducto. Además, la transparencia administrativa se destaca a través de la presentación anual de estados financieros al AyA y la tenencia de libros contables y actas de asambleas actualizados, lo que sugiere una gestión eficiente y clara.

Sin embargo, se identificaron áreas de riesgo, siendo la falta de un proceso formal de rendición de cuentas y transparencia hacia la comunidad un punto crítico. Esta deficiencia podría haber afectado la confianza de los usuarios, destacando la importancia de fortalecer la comunicación y participación comunitaria. La participación de menos del 50% de los socios en las asambleas también plantea preocupaciones sobre el nivel de involucramiento de la comunidad en la toma de decisiones cruciales. La falta de participación puede

obstaculizar la capacidad de la ASADA para abordar efectivamente los desafíos y necesidades locales.

En cuanto al aspecto económico, la ubicación geográfica propensa a fenómenos naturales presenta un desafío financiero importante. La necesidad de aumentar los presupuestos para prevenir y gestionar daños a las estructuras debido a eventos naturales destaca la vulnerabilidad financiera de la ASADA ante factores externos. Además, los desfases económicos generados por las tarifas reguladas por la ARESEP representan otro riesgo, ya que podrían impactar la estabilidad financiera a largo plazo de la ASADA. Estos riesgos están influenciados por factores externos, por lo que la gestión efectiva de estos desafíos será crucial para garantizar el desarrollo sostenible y la eficiencia continua del acueducto.

6.3.2. Cantidad hídrica y capacidad hidráulica

En términos de cantidad y disponibilidad del recurso hídrico, el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua cuenta con una gran ventaja debido a que la producción real de la fuente con el mismo nombre alberga alrededor de 70 l/s – 83 l/s. Sin embargo, es importante conocer cómo puede comportarse la disponibilidad del recurso hídrico en el transcurso de los años considerando los posibles aumentos de la demanda dentro del sistema. Además, que por lo general la fuente de Altamira es compartida con otra ASADA aledaña por lo tanto al final la ASADA de Bijagua cuenta con una mitad de la producción real

Dentro de los balances hídricos empleados en los diferentes escenarios propuestos en este estudio se partió de la suposición de una producción de 35 l/s; la cual es la extracción actual que se posee de la fuente para brindar el servicio; se estima que en un período de 50 años la ASADA cuenta con capacidad hídrica para un escenario de crecimiento poblacional tendencial (1%) (Cuadro 6.1). Aún para el escenario de crecimiento poblacional sostenible (3%), la ASADA cuenta con capacidad hídrica para nuevos servicios dentro del período de 50 años (Cuadro 6.2). Finalmente, para el exponencial (6%) ante el crecimiento poblacional más crítica en los últimos diez años del período de estudio analizado es importante encontrar nuevas fuentes; llegando a posibles desabastecimientos en años próximos en caso de no encontrar fuentes (Cuadro 6.3).

Es importante destacar que dentro de los aforos de extracción de la fuente es importante se evidencia una reducción anual de 3.5% que puede ser a efecto del cambio climático; por lo que es importante aplicar estudios en la fuente para conocer más acerca del comportamiento de está dentro de los próximos años.

Por otro lado, con respecto a términos hidráulicos mediante el modelo hidráulico empleado en este estudio, se analizó a partir de la demanda actual pueden existir puntos en los cuales se opera en presiones más bajas que el límite permitido (10 mca) principalmente en la red de distribución; así como también se opera en presiones por encima del límite permitido (70 mca) principalmente en la red de conducción (Figura 6.25). Por lo que es importante dar un seguimiento en estos puntos en caso de que se materialicen efectos debido a estas condiciones de operación que en este caso corresponden desabastecimiento (presiones bajas) o roturas de tuberías y fugas (presiones altas).

En la determinación de la capacidad hidráulica de la red de acueducto de Altamira; mediante el modelo hidráulico realizado en este estudio. Se obtiene de acuerdo de forma que se utilizaron las presiones y velocidad en las tuberías como variables para encontrarlo de modo que se aumentó la demanda hasta que estas variables lo permitieran cumpliendo con la normativa.

Por lo que se estima el sistema permite distribuir alrededor de un caudal de alrededor de 8.71 l/s (Cuadro 6.5); donde realizando los respectivos cálculos por lo general aportaría para brindarle abastecimiento alrededor de unos 522 servicios; lo cual, en comparación con la demanda actual de 144 servicios, significaría aproximadamente 3.625 veces la demanda actual; aumentando 378 servicios de más. De acuerdo con lo anterior se puede decir que en caso de que el acueducto de Altamira requiera expandirse más; este necesita aplicar modificaciones en su infraestructura para poder abarcar más servicios.

6.3.3. Matriz de riesgos

En la matriz de riesgos realizada (Cuadro 6.6), se pueden observar la totalidad de los riesgos encontrados para el sistema de Altamira, sin embargo, los riesgos con una mayor puntuación en la calificación son los que se consideran de difícil tratamiento (mayores a 10) y por lo tanto de mayor atención, lo que obliga que la ASADA y entes institucionales deban tomar medidas para mitigar y compensar los efectos adversos que puedan ocurrir debido a estos. Entre los principales riesgos de mayor atención se tienen a nivel estructural la antigüedad de las tuberías de conducción y distribución, además también en el sistema de desinfección; a nivel de microcuencia fenómenos como el cambio climático, falta de alcantarillado sanitario, crecimiento poblacional y ausencia de delimitación de zonas de protección. También es importante reconocer aquellos riesgos encontrados también de puntuación intermedia (entre 5- 10) no pueden ser ignorados ya que es necesario aplicar medidas en quizás menor medida para que en un futuro no se materialicen y lleguen

aumentar la calificación de vulnerabilidad dentro del sistema de Altamira en la ASADA Bijagua.

Dentro de la matriz de los riesgos también se evidencia la presencia de riesgos con puntuación baja (entre 0-5) que, por lo general por su poca frecuencia de materialización, por lo general son considerados como de efecto nulo; sin embargo, es de importancia tomarlos en cuenta. En este caso para el acueducto de Altamira la mayor parte de los riesgos de carácter bajo los comandan riesgos por fenómenos naturales donde si bien no suceden siempre, es importante estar preparados en caso de requerir atenderlos.

6.3.4. Plan operativo

Una vez especificados los riesgos que pueden generar vulnerabilidad dentro de los diferentes componentes del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua; se formula el plan operativo (Cuadro 6.7) con sus respectivas medidas correctivas, responsables de ejecutar dichas acciones y tiempo plazo de ejecución. El plan operativo propuesto por lo general responde a los puntos críticos o focos de vulnerabilidad de los diferentes riesgos encontrados donde evidentemente es importante considerar los de mayor puntuación de gravedad dentro del sistema de acueducto. Entre los principales puntos críticos de mayor atención se destacan las siguientes propuestas de medidas correctivas dentro del plan:

En el acueducto de Altamira se encontraron diversas vulnerabilidades estructurales como agrietamientos en tanques quiebragrados, falta de protección de pasos elevados en los que se recomienda reforzar estructuralmente dichas estructuras, sin embargo, a nivel estructural uno de los riesgos más importantes es que las tuberías de la línea de conducción y distribución están muy cerca a cumplir con su vida útil y esto genera un riesgo bastante alto en el acueducto por lo que se propuso aplicar un reemplazo gradual priorizando las secciones críticas de las tuberías al cumplir con la vida útil por lo que recomienda ir cambiando las tuberías con mayores cargas o criticidad en el acueducto. Esta acción debe realizarse por miembros de la junta directiva, fontaneros, actores claves en la operación el acueducto.

También un asunto de total relevancia dentro del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua es que por ubicación geográfica es una zona propensa a fenómenos naturales; como terremotos, inundaciones y deslizamientos. Es por esto por lo que a pesar de que estos son riesgos bajos debido a su poca probabilidad de materialización; es importante anticiparse a estos para evitar problemas de operación y suministro cuando estos se presenten; por lo que se propuso crear planes de emergencia para la estructura de

captación en caso de suceder fenómenos no recurrentes, además de implementar programas de preparación para minimizar daños y gastos adicionales; esto realizado por la junta directiva y contratación externa.

A nivel de microcuenca se considera que el crecimiento poblacional y el aumento de infraestructura hotelera y deforestación son de los principales riesgos que se pueden vivir dentro del área de influencia del acueducto de Altamira; y estos factores se encuentran ligados con los recursos hídricos, por lo que se propone en el plan poner más atención a estos y que se realice una planificación urbana para garantizar que el crecimiento poblacional sea sostenible considerando la disponibilidad de agua, y así como también tener un control del desarrollo hotelero con autoridades locales para asegurar sostenibilidad de las fuentes de agua. Estas acciones deben llevarse a cabo miembros de la junta directiva, fontaneros, actores claves involucrados en la operación el acueducto en un tiempo aproximado al plazo de ejecución estimado.

6.4 Discusión de los resultados en función de los objetivos

Una vez concluido el proyecto, se considera que se alcanzaron los objetivos propuestos para este estudio; donde se tiene la siguiente discusión de los resultados en función de los objetivos de una forma detallada:

Objetivo específico 1: Mediante las giras de campo realizadas a la zona de estudio se logró de gran manera evaluar los diferentes componentes del sistema de Altamira donde se identificaron puntos críticos, desde la captación hasta la distribución del sistema. También mediante la aplicación de encuestas in situ a la comunidad se logró obtener la percepción social de los usuarios mediante una muestra de 50 personas. Finalmente, mediante reuniones con la parte organizacional de la ASADA se logró identificar ciertos puntos críticos dentro de este otro componente del acueducto Altamira.

La evidencia de todos los resultados que corroboran que este objetivo fue cumplido satisfactoriamente, se puede observar en la sección 6.1.1 que tiene como nombre “Fase I. descripción e identificación de puntos críticos de los componentes del acueducto”

Objetivo específico 2:

La determinación de la capacidad en términos hídricos e hidráulicos se logró mediante la aplicación del balance hídrico y modelación hidráulica. En las secciones 6.1.2 y 6.13 las cuales tienen como nombre “ Fase II - Análisis de disponibilidad hídrica” y “ Fase III - modelación hidráulica” se generó toda la información de carácter técnico que respaldan los

escenarios planteados de análisis hídrico y de capacidad hidráulica en condiciones de proyecciones futuras de demanda del recurso hídrico; por lo que se concluye que este objetivo fue ejecutado con éxito en este estudio.

Objetivo específico 3:

El plan operativo para el sistema de agua Altamira de la ASADA Bijagua fue generado a partir de toda la información obtenida en el proyecto en la sección 6.2.2. Se plasmó en forma de una matriz de riesgos clasificando los puntos más vulnerables del sistema.

6.5 Discusión de los resultados en función de la metodología aplicada

Discutiendo los resultados en función de la metodología aplicada, dado a que el objetivo general era formular una propuesta de plan operativo para el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua; se considera que normalmente la realización de planes operativos en Asociaciones Comunales de Sistemas de Acueducto y Alcantarillados; pueden ser formulados de manera flexible, existen metodologías como las que impone el AyA o la Organización Mundial de la Salud en la identificación de riesgos y medidas correctivas las cuales son viables. Sin embargo, la formulación de los planes operativos queda mucho al criterio del profesional que lo realiza, debido a que variables y alcances desea abordar en la evaluación de un sistema de acueducto.

Por ejemplo en el caso de la generación de una propuesta de plan operativo para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua; se basó combinación de metodologías del AyA y de de Bartram et al, 2009; donde se evaluaron los diferentes componentes del sistema a nivel estructural, usuarios y administrativo; enumerando los diferentes puntos críticos o vulnerables con sus respectivas medidas correctivas, sin embargo, se consideró importante incluir temáticas de disponibilidad y capacidad hidráulica las cuales normalmente en las diferentes metodologías de formulación de planes no son incluidas. De manera general se considera que la metodología aplicada para generar la propuesta de plan operativo para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua fue funcional y flexible para poder cumplir los objetivos.

En perspectiva de mejora, se considera que existen diversas consideraciones que podrían ser optimizadas dentro de la metodología aplicada empleada para recopilar la información para la formación del plan en las cuales se destaca que:

- Dentro del balance hídrico de acueducto es importante considerar que la metodología aplicada no considera escenarios de variabilidad climática; por lo que

no existen escenarios de años secos o húmedos, como única variable referente a esto se tiene a un posible porcentaje de reducción de las fuentes producto al cambio climático. Sin embargo, se aplica en el modelo de forma constante, por lo que normalmente en la realidad no significa que funcione en una reducción constante

- Así mismo también en los análisis hídricos, se considera que debe existir más instrumentos técnicos que consideren condiciones de recarga de las fuentes para poder aplicar balances hídricos con mayor precisión.
- Dentro del análisis hidráulico se considera que se puede mejorar la metodología aplicada realizando mediciones de presión en los diferentes puntos del acueducto. Así como también recopilar informaciones exactas del comportamiento de las demandas a las diferentes horas del día; esto con el fin de producir una mayor validación de confiabilidad de los resultados en el modelo.
- Los planes operativos deben asegurar contemplar condiciones de disponibilidad y capacidad hidráulica de los sistemas; además de la identificación de riesgos y formulación de medidas correctivas. Además, también se debe considerar instrumentos técnicos de carácter económico para abordar de mejor manera la implementación de medidas correctivas que se ajusten a las condiciones actuales de la ASADA.

6.6. Discusión de la propuesta de plan

La propuesta de plan operativo desarrollado para abordar los riesgos identificados en el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua representa un paso significativo hacia la mitigación de vulnerabilidades en este sistema crucial. Sin embargo, es esencial reconocer que ningún plan puede eliminar por completo todos los riesgos, y esta propuesta no es una excepción. Aunque se han considerado medidas correctivas detalladas, responsables de su ejecución y plazos de implementación, es importante destacar que la realidad operativa y las condiciones cambiantes pueden presentar desafíos imprevistos en la ejecución de este plan.

Una autocrítica constructiva sugiere que el plan podría beneficiar de una mayor profundización en la consideración de aspectos económicos y financieros. La implementación de medidas correctivas a menudo depende de recursos financieros y técnicos, y este plan podría explorar más a fondo las estrategias para asegurar que los recursos estén disponibles de manera sostenible a lo largo del tiempo. Además, aunque se ha mencionado la importancia de abordar temas de disponibilidad y capacidad hidráulica,

podría considerarse una evaluación más detallada de cómo estas cuestiones afectan directamente a la operatividad y la calidad del servicio para los usuarios.

Por lo que, si bien el plan operativo es un paso positivo hacia la gestión de riesgos en el acueducto de Altamira, es necesario reconocer sus limitaciones y buscar formas de mejorarlo. Un manejo financiero, una mayor atención a la sostenibilidad de los recursos y una evaluación más profunda de la capacidad hidráulica podrían enriquecer aún más este enfoque para minimizar las vulnerabilidades del sistema de agua potable en el futuro.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez plasmados y respectivamente analizados los resultados obtenidos en el estudio de diagnóstico de los diferentes componentes de acueducto, y la generación de la propuesta de plan operativo realizado para minimizar los puntos críticos existentes para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua. Se pueden afirmar las diferentes conclusiones y recomendaciones correspondientes:

7.1 Conclusiones

7.1.1 Conclusiones generales

Se logró realizar la evaluación y el diagnóstico del acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua con éxito mediante las giras de campo; de forma que se logró detallar el estado de cada componente estructural del sistema. También se abordaron dentro del diagnóstico otras áreas como son los usuarios mediante la percepción social a partir de encuestas y el área administrativa mediante encuestas con funcionarios de la junta directiva.

Se determinó la capacidad hídrica e hidráulica del sistema de Altamira satisfactoriamente mediante el balance hídrico de acueducto en los diferentes escenarios de crecimiento poblacional. A partir de la modelación hidráulica en el software de EPANET partiendo de los límites permisibles se indican en la normativa del AyA.

A partir de toda la información recolectada a lo largo de este estudio en la evaluación o diagnóstico del sistema de Altamira; se creó una matriz de riesgos en la cual se detallan todos los puntos críticos dentro del acueducto. Para así formular el plan operativo con sus respectivas medidas correctivas, responsables y tiempo de ejecución; cumpliendo de manera satisfactoria el objetivo general de este estudio.

7.1.2. Conclusiones por hallazgos

Un porcentaje de los usuarios expresan que no han recibido información suficiente sobre la educación en el consumo de agua potable por parte de la ASADA. Además, la mayoría de los usuarios consideran que la ASADA no los ha incluido en el proceso de toma de decisiones en relación con el servicio de agua. Por lo que se considera necesario aplicar una estrategia de inclusión de los usuarios dentro de la gestión del recurso hídrico del sistema de Altamira de la ASADA Bijagua

En general, el diagnóstico y la evaluación del acueducto de Altamira muestra un sistema de suministro de agua potable que a nivel estructural se encuentra en correcto estado en la mayoría de sus componentes. Sin embargo, se identifican ciertas áreas de atención ya que importante resaltar que las tuberías de conducción y distribución son relativamente antiguas

que las tuberías se encuentran de forma cercana a cumplir con su vida útil. Además, la ubicación geográfica del acueducto plantea desafíos específicos relacionados con la vulnerabilidad a eventos naturales.

En términos de disponibilidad hídrica, el acueducto de Altamira cuenta con una considerable reserva de su producción real de alrededor de 70 l/s; sin embargo, como la ASADA comparte dicha fuente con otra, al final solo cuenta con la mitad de está (35 l/s). Entonces para los diferentes escenarios de crecimiento poblacional planteados dentro del acueducto, la producción de extracción (35 l/s) es suficiente para abastecer en escenarios de crecimiento poblacional tendencial y sostenible; sin embargo, en un caso exponencial es importante buscar nuevas fuentes en los últimos años del período de estudio analizado de 50 años. Es importante destacar que dentro de los aforos de extracción de la fuente se evidencia una reducción anual de 3.5% que puede ser a efecto del cambio climático.

El sistema de Altamira puede manejar un aumento sustancial en la demanda, alcanzando una capacidad hidráulica máxima con una demanda de alrededor de 8.71 l/s dado a que la infraestructura actual podría soportar hasta 522 servicios adicionales, lo que representa un aumento considerable. Lo anterior destaca que, en caso de sobrepasar la capacidad hidráulica dentro del sistema de Altamira, es necesario planificar dentro de los diversos aspectos la posible expansión del sistema.

Algunos de los riesgos más prominentes encontrados para el sistema de Altamira se incluyen la falta de protección en zonas de recarga de agua, tuberías antiguas cercanas al final de su vida útil, y la posibilidad de daño por eventos naturales como deslizamientos e inundaciones. Así como también se destaca la gestión inadecuada en algunos componentes específicos de la infraestructura, la participación limitada de los usuarios y desafíos en la administración financiera también emergen como preocupaciones críticas a futuro.

La propuesta del plan operativo para el sistema de Altamira de la ASADA Bijagua se formuló con un enfoque integral y proactivo hacia la gestión de riesgos y la mejora continua. La identificación de puntos críticos en cada componente del sistema, junto con medidas correctivas específicas, responsables designados y plazos claros de ejecución, reflejan que por lo general dicho plan operativo para el sistema de Altamira se basa en la sostenibilidad a largo plazo.

7.2. Recomendaciones

7.2.1. Recomendaciones generales

Con respecto al plan operativo propuesto para el acueducto de Altamira de la ASADA Bijagua se recomienda el compromiso continuo de todos los involucrados en la ejecución del plan operativo. Esto incluye a la junta administrativa, fontaneros, stakeholders y cualquier otro personal asignado debido a que es esencial mantener la participación y la conciencia sobre la importancia de cumplir con las medidas propuestas. Así como también es importante Integrar sistemas de monitoreo continuo para evaluar el estado de la infraestructura y la efectividad de las medidas correctivas.

7.2.2. Recomendaciones por hallazgos

Ante la proximidad al límite de vida útil de las tuberías de conducción y distribución, se recomienda desarrollar un plan estratégico para la renovación gradual de estas infraestructuras. Esto podría incluir la identificación de secciones prioritarias y la asignación de recursos para su reemplazo. Entre los principales beneficios se destaca que garantiza un suministro de agua continuo y de calidad, la reducción del riesgo de fallas inesperadas y la mejora de la eficiencia operativa a largo plazo. La ejecución podría extenderse a varios años, requiriendo recursos financieros para materiales y mano de obra especializada

Conociendo que existe una cierta vulnerabilidad a eventos naturales debido a la ubicación geográfica, es esencial desarrollar planes de contingencia específicos con ayuda de contratación externa o aporte de instituciones relacionadas con el tema de los fenómenos naturales y cambio climático. De forma que se podrían incluir estrategias para hacer frente a deslizamientos de tierra, inundaciones u otros eventos climáticos extremos que podrían afectar la infraestructura. Se sugiere que la ASADA, en colaboración con agencias gubernamentales especializadas en gestión de riesgos y cambio climático, lidere esta iniciativa. La contratación de consultores externos especializados podría ser necesaria para un análisis más profundo. La elaboración y puesta en marcha de los planes de contingencia podría llevar entre 1 año y 2 años, dependiendo de la complejidad del análisis y la coordinación necesaria.

Se recomienda realizar estudios de variación y reducción de los caudales de producción de la fuente de suministro de Altamira; para corroborar el comportamiento ante el fenómeno del cambio climático y así tener resultados certeros de la disponibilidad hídrica en Altamira. Para en dado caso formular e implementar estrategias de adaptación específicas para contrarrestarlo por lo general estas estrategias podrían incluir la optimización de la captación y gestión sostenible de la fuente.

En caso de que el sistema opere más allá de su capacidad hidráulica en un futuro, se deben considerar posibles mejoras tales como aumentar los diámetros de tuberías lo que garantizaría un funcionamiento eficiente y evitaría presiones bajas en puntos críticos durante picos de demanda de agua; por lo general la ejecución de estas mejoras podría llevar varios meses a un par de años, y se requerirían recursos financieros para materiales y mano de obra especializada. La colaboración efectiva con autoridades locales y reguladoras sería clave, al igual que la comunicación transparente con la comunidad para informar sobre las mejoras planificadas y posibles inconvenientes temporales en el suministro de agua.

Se recomienda implementar programas de capacitación para el personal encargado de la ejecución del plan. Esto con énfasis en la importancia de las medidas correctivas y su impacto en la sostenibilidad a largo plazo del sistema.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Córdoba S., S. M., Gaviria M, L. & Pino G., M. (2016). Situación de la gestión del agua potable en las zonas rurales de la provincia de Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha. vol.29. N°5 Cartago, Costa Rica. 2016
- ARESEP. (2023). ASEREP fiscaliza labor de ASADAS. Recuperado de <https://aresep.go.cr/participacion/noticias/1589-aresep-fiscaliza-labor-de-asadas>
- La Gaceta. (2005). Aspectos básicos de las ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf>
- Paniagua A., H. & Rodríguez A., N. (2019). Gestión Integral del Riesgo en ASADAS: Guía de Trabajo para ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Guia%20GIRA%20ASADAS.pdf>
- SCIJ. (2023). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N° 42582-S-MINAE. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92344&nValor3=122228&strTipM=TC
- Cortés G. & Villalobos V. (2005). Bijagua: lugar de diversidad y contrastes. Revista Herencia Vol. 18 (2): 37-45, 2005
- Municipalidad de Upala (2023). Datos generales de Upala. Recuperado de <https://muniupala.ungl.go.cr/index.php/mn-conozcanos/mn-micanton/datos-generales>
- INDER (2015). Plan de Desarrollo Rural del Territorio Guatuso-Upala-Los Chiles: Conocido como Norte-Norte 2015-2020. Recuperado de <https://www.inder.go.cr/nortenorte/PDRT-Guatuso-Upala-LosChiles.pdf>
- Villalobos J. (2014). Aspectos Físicos del Cantón de Upala: Generalidades del Cantón. Recuperado de https://muniupala.ungl.go.cr/images/PDF/Generalidades_del_Cantn_de_Upala.pdf
- ASADA de Bijagua (2023). Reseña Histórica del acueducto de la ASADA de Bijagua. Recuperado de <https://www.acueductobijagua.com/historia/>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020). Caracterización de la Agencia de Upala. Recuperado de https://www.mag.go.cr/regiones/huetar_norte/caracterizacion-AEA-Upala.pdf
- INEC (2023). Proyecciones demográficas 2011-2025 según grupos de edades, provincia, cantón y distrito. Recuperado de <https://inec.cr/es/tematicas/listado?topics=91%252C646&page=2>
- IMN (2011). Estudio de cuencas hidrográficas: cuenca Río Zapote. Recuperado de <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/EstudioCuencas/EstudioCuencas-cuencaRioZapote.pdf>
- Sánchez K. (2021). Determinación del balance hídrico del suelo como insumo técnico base para la gestión integral de la cuenca alta y media del río Zapote, Alajuela, Costa Rica. Proyecto de Graduación para optar por el grado de ingeniería hidrológica. Sede Regional Choroteja, Liberia, Guanacaste, febrero 2021
- La Gaceta. (2005). Aspectos básicos de las ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf>
- Sanabria, A. (2023). Operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua. Recuperado de https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/3_5_fasciculo_4___operacion_y_mantenimiento.pdf
- Filián E, G. A. (2004). Utilización de EPANET a un sistema de agua potable. Para optar por el título de Ingeniería Civil. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil, Ecuador, 2004.
- AyA (2019). Manual de uso de la calculadora de balance hídrico para ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20Calculadora%20Balance%20Hidrico.pdf>
- AyA. (2016). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Sistema Pluvial*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Laboratorio Nacional de Aguas.

- ATRIUM Instalaciones del Agua. (2023). Conceptos básicos de hidráulica. Recuperado de https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/libros/uni_03/hidraulica.PDF
- Bejarano S., E. (2013). Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora. Para optar el grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, 2013
- Araya I., A., González C., V. & Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Manning con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. Revista INGENIERÍA UC, vol. 25, núm. 1, 2018.
- Sokolov, A., & Chapman, T. (1974). Métodos de cálculo del balance hídrico: guía internacional de investigación y métodos. Madrid: UNESCO.
- Paniagua A., H. & Rodríguez A., N. (2019). Gestión Integral del Riesgo en ASADAS: Guía de Trabajo para ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Guia%20GIRA%20ASADAS.pdf>
- Montero A., R. & Moreno U., T. (2018). Propuesta de Plan de Seguridad el Agua (PSA) para el acueducto municipal de la comunidad de Jiménez, Cartago, Costa Rica. Para optar por el grado de Licenciatura de Gestión Ambiental con énfasis en tecnologías limpias. Facultad de ciencias de tierra y mar, Escuela de ciencias ambientales, Heredia, Costa Rica, 2018
- SETENA. (2016). Resolución comisión plenaria para proyectos de muy bajo impacto. Recuperado de <http://www.setena.go.cr/Downloads/documentos/Normativa/RES-2373-2016.pdf>
- López P., E. & González N., N. (2023). Estudio técnico: elemento indispensable en la evaluación de inversión de proyectos. Recuperado de <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/no56/estudiotecnico.pdf>
- Ruiz B., J. (2005). Estudio financiero Presupuestos Enfoque de planeación y control de recursos. 2da. edición. p 11. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1153/4/T-ESPE-021594-4.pdf>
- SCIJ. (2022). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales N° 42582-S-MINAE. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?para m1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92344&nValor3=122228&strTipM=TC

- SCIJ. (2022). Reglamento para la calidad del Agua Potable No 38924-S. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?para m1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=101480&strTipM=TC
- Calderón M., P. (2007). Optimización del sistema de distribución de agua potable en la comunidad de Marsella. Para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, Costa Rica
- Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, 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, 2009.
- Otzen, T. & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudiar. Int. J. Morphol. Vol.35 N°.1. Temuco, marzo 2017
- AyA (2019). Manual de uso de la calculadora de balance hídrico para ASADAS. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20Calculadora%20Balance%20Hidrico.pdf>

9. ANEXOS



Anexo 1. Gira de campo realizada en la inspección de la fuente de abastecimiento del acueducto de Altamira



Anexo 2. Evacuación del exceso de escorrentía en la captación de agua de la fuente de Altamira



Anexo 3. Válvulas controladoras de presión en la red de distribución del sistema de Altamira



Anexo 4. Verificación de la altura del agua del tanque de almacenamiento del sistema de Altamira.



Anexo 5. Ubicación de un guindo correspondiente del río Bijagua cercano al tanque de almacenamiento.



Anexo 6. Ubicación de hidrantes en la red de distribución del sistema de Altamira



Anexo 7. Comunidad de Altamira



Anexo 8. Invernadero de una persona usuaria para reforestar zonas críticas del río Bijagua

FICHA DE CAMPO 2

CAPTACIÓN DE NACIENTES O MANANTIALES

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto: _____

Nombre de la Naciente o Manantial: _____ Número de registro en MINAE: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.: _____

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA NACIENTE O MANANTIAL	SÍ	NO
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación)		
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?		
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?		
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de captación?		
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).		
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

Captación: Caseta () A nivel () Enterrada () Semi-enterrada ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

FICHA DE CAMPO 3

POZO

I-) INFORMACION GENERAL

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto: _____

Nombre del Pozo: _____ Número de registro en MINAE: _____

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud: _____

Tipo Pozo: Excavado () Perforado () Profundidad: _____ mts.

Tipo de Extracción: Manual () Bomba Manual () Bomba Eléctrica ()

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL POZO	SÍ	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA FUENTE (POZO, NACIENTE, AGUA SUPERFICIAL).

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de las fuentes de abastecimiento las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Por cada respuesta "SI" en cualquiera de las fichas, determine la clasificación del riesgo y proceda con las acciones según se indique. 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.

FICHA DE CAMPO 4

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

I-) INFORMACION GENERAL

Dirección Regional de Rectoría de la Salud:

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre acueducto:

Nombre del Tanque: _____

Dirección:

Funcionario del acueducto: _____

Teléfono: _____

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.:

Tipo Tanques: Elevado () A nivel () Enterrado () Semi-enterrado ()

Material del Tanque: Concreto () Plástico () Metálico ()

Frecuencia de Limpieza: Anual () Semestral () Trimestral () Mensual () No se sabe ()

Nunca () Otra () _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?		

8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?		
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?		
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "Sí")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

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 Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Los SI son factores de riesgo. 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.

FICHA DE CAMPO 5

LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

I-) INFORMACION GENERAL

Dirección _____ Área _____ Rectora _____ de _____ Salud:

Fecha: _____ Hora: _____ Nombre _____ acueducto:

Funcionario del acueducto: _____ Teléfono:

Número de reparaciones por fugas durante cada mes:

Nombre del funcionario del Ministerio de Salud.:

Material de líneas de conducción: PVC() Hierro galvanizado() Otros:

Material de la tubería de distribución: PVC() Hierro Galvanizado() Mixto() Otro() _____

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SÍ	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		

10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		
TOTAL DE FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (Total de "SI")		

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Cada factor de riesgo implica acciones que deben tomarse para eliminar cada uno de los que se presente. En el caso de la línea de conducción y red de distribución, las acciones deben coordinarse con el Nivel Regional y Nivel Central además del AyA, en caso necesario.

Los SI son factores de riesgo. 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.

Anexo 9. Guías de inspección para calidad de agua potable-SERSA, Decreto No. 38924-S.

Fuente: Ministerio de Salud, 2022.

Percepción social usuarios Altamira ASADA Bijagua

Descripción del formulario

Cuál sector de Altamira se está realizando la encuesta *

Texto de respuesta breve

¿El agua que le brinda la ASADA llega directamente hasta su hogar o tiene que ir a recoger agua hasta algún punto de referencia? *

- Directamente hasta el hogar de residencia
- Se debe trasladar para recoger agua hacia un punto de referencia

¿Usted se abastece únicamente con el agua que le brinda la ASADA, o existe alguna otra fuente de abastecimiento ajena como pozos o tomas superficiales? *

- Sí
- No

¿En temas de calidad del agua usted satisfecho con el agua potable que brinda la ASADA? *
(escala numérica del 1 al 10).

Texto de respuesta breve
.....

¿Se siente seguro del agua potable que está consumiendo de la ASADA? *

Sí

No

¿Considera usted que el agua que le llega a su casa se encuentra en un color, olor y sabor aceptable? *

Sí

No

En dado caso que la pregunta anterior haya respondido que "No", especifique porque considera que el agua no tenga un color, olor o sabor aceptable

Texto de respuesta breve
.....

¿La ASADA le brinda información sobre la calidad del agua potable regularmente? (escala numérica del 1 al 10). *

Texto de respuesta breve

.....

¿Le gustaría tener más información sobre el agua potable en su zona? *

Sí

No

¿Considera usted que la ASADA toma en cuenta a la comunidad en la toma de decisiones referente al servicio de agua del acueducto? *

Si

No

¿Con qué frecuencia sufren cortes o interrupciones en el servicio del agua? *

Diariamente

Una vez a la semana

Varias veces a la semana

¿Cuándo se presenta algún tipo de desperfecto en el servicio del agua, considera que se resuelve con prontitud? *

- Sí
- No

¿Considera usted que la ASADA brinda acceso a agua potable en todas las zonas del sector de Altamira? *

- Sí
- No

En dado caso que en la pregunta anterior la respuesta haya sido "No", especifique porque considera que no cubre el acceso de agua a todas las zonas de Altamira

Texto de respuesta largo

.....

¿Te sientes satisfecho con la disponibilidad del agua potable en la ASADA? (escala numérica del 1 al 10). *

Texto de respuesta breve

.....

Normalmente que usos le otorga usted al agua que le brinda la ASADA *

Texto de respuesta breve
.....

¿Has tenido problemas o incongruencias con la facturación del agua potable en la ASADA? *

Sí

No

En dado caso que en la pregunta anterior haya dicho que "Sí" ha presentado incongruencias en la facturación, especifique más de la situación

Texto de respuesta breve
.....

¿Se le ha brindado a usted información sobre la educación en el consumo de agua potable? *
(escala numérica del 1 al 10).

Texto de respuesta breve
.....

¿Le interesa aprender más sobre las prácticas de ahorro de agua potable? *

Sí

Dentro de la comunidad que abarca el sistema de Altamira de la ASADA, ¿Qué afectaciones ambientales o actividad de la zona que pueda provocar algún daño en la comunidad? *

Texto de respuesta largo

¿Usted identifica algún tipo de problemática ya sea ambiental o administrativa dentro del sistema que pueda provocar un deterioro o representar un riesgo en la calidad del servicio del agua potable? *

Sí

No

En dado caso que la respuesta anterior haya sido "Sí", especifique que problemática logra identificar

Texto de respuesta breve

¿Se encuentra usted satisfecho con el servicio de agua potable en general que brinda la ASADA? (escala numérica del 1 al 10). *

Texto de respuesta breve

...



¿Usted cree que el servicio del agua potable que le brinda la ASADA necesita mejorar en ciertos aspectos? *

Sí

No

En dado caso que su respuesta anterior haya sido "Sí", especifique que aspectos puede mejorar

Texto de respuesta largo

¿Usted como usuario del sistema de abastecimiento de la ASADA, estaría dispuesto a participar en la búsqueda y ejecución de alternativas o mejoras para optimizar el servicio del agua del acueducto? *

Sí

No

Anexo 10. Instrumento para la aplicación de encuestas para los usuarios del sistema de Altamira



Anexo 11. Realización de encuestas a los usuarios del acueducto de Altamira para conocer la percepción social