

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

**“Propuesta Plan de Seguridad del Agua para el Acueducto Rural de Pita Rayada del  
cantón de Hojancha”**

Wendy Lucía Salazar Porras

CARTAGO, mayo, 2022

**TEC** | Tecnológico de Costa Rica  
Ingeniería Ambiental



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

**“Propuesta plan de seguridad del agua para el Acueducto Rural de Pita Rayada del cantón de Hojancha”**

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

**Miembros del tribunal**

---

**Ing. Macario Pino Gómez**  
**Director**

---

**MSc. Jorge Alberto Calvo Gutiérrez**  
**Lector 1**

---

**Ing. Laura Vanessa Ureña Vargas**  
**Lector 2**

---

**Dra. ir. Mary Luz Barrios Hernández**  
**Coordinador COTRAFIG**

---

**MGA. Ricardo Coy Herrera**  
**Director Escuela de Química**

---

**MSc. Diana Zambrano Piamba**  
**Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro primeramente a Dios por darme la fuerza para continuar cada día. A mis padres, Gladys Porras e Isidro Salazar, por todos los esfuerzos que han hecho durante toda su vida para que yo pueda salir adelante. A mis hermanas por apoyarme siempre. A mis abuelitos, por llenarme de tanto amor y cariño. A sami, por su amor, compañía y apoyo incondicional. A todos los estudiantes que en algún momento se han sentido insuficientes por voces ajenas a la suya, quiero decirles que son más capaces de lo que imaginan, que crean en ustedes y que sueñen en grande. Finalmente dedico este logro a mí misma, por demostrarme que, si puedo, y que soy capaz de alcanzar todo lo que me propongo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco nuevamente a Dios, por darme la oportunidad de vivir cada día y de lograr mis sueños, a mis papás, por su amor incondicional, sus chineos y el gran esfuerzo que han hecho por mí. También a mis hermanas por darme su apoyo y cariño siempre. Quiero agradecer especialmente a Sami, por su amor incondicional, por haberme ayudado, apoyado y acompañado durante toda mi etapa universitaria, por creer en mí, por secar mis lágrimas tantas veces y motivarme e inspirarme a ser mejor, y porque sin su compañía la U hubiera sido muchísimo más difícil para mí. Agradezco a mis amigos de la Universidad, por haber hecho esta etapa más amena y divertida. También le agradezco al profe Macario, por creer en mí, por confiar en mí, por tener tanta paciencia y por apoyarme tanto; así mismo agradezco a todos los profesores que enseñan con amor y dedicación y a mis lectores la Ing. Laura y el profe Jorge. Agradezco al personal de la Liga Comunal del Agua de Hojancha, a don Emel Rodríguez y a la ASADA de Pilangosta, específicamente al acueducto de Pita Rayada y todo su personal administrativo, por su cooperación en todo este proceso. Agradezco a doña Ana y don Omar por darme todo lo suficiente para sentirme en un Hogar, por cuidar de mí, y por ser una familia para mí. Agradezco a Ruby, por haberme apoyado y recibido en su salón, el cual con sus bailes y buenas vibras, recargaba la energía que necesitaba para seguir adelante con mis estudios. Agradezco a todos los estudiantes que apoyaron mi emprendimiento cuando más lo necesitaba. Y finalmente agradezco a todos los que creyeron en mí.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Objetivo general</i>	3
2.1.1	Objetivos específicos	3
<b>3</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
3.1	<i>Desarrollo sostenible</i>	5
3.2	<i>Acceso al agua potable</i>	6
3.3	<i>Salud y agua potable</i>	7
3.4	<i>Agua gestionada de forma segura</i>	8
3.5	<i>Recurso hídrico</i>	9
3.6	<i>Gestión de recurso hídrico y demanda de agua</i>	10
3.7	<i>Sistemas de abastecimiento de agua</i>	11
3.8	<i>Riesgo</i>	15
3.9	<i>Evaluación y gestión de riesgo</i>	17
3.9.1	Sistema Estandarizado de Regulación de Salud	18
3.9.2	Gestión Integral de Riesgos en ASADAs	19
3.9.3	Plan de Seguridad del Agua	21
<b>4</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>25</b>
4.1	<i>Plan de Seguridad del Agua</i>	25
4.2	<i>Formación de equipo de PSA</i>	26
4.3	<i>Diagnóstico</i>	26
4.3.1	Sistema Estandarizado de Regulación de Salud	27
4.3.2	Herramienta de Gestión Integral de Riesgos en ASADAs	27
4.4	<i>Descripción del sistema</i>	28
4.5	<i>Evaluación del sistema</i>	28
4.6	<i>Identificación de peligros</i>	29
4.7	<i>Evaluación de peligros</i>	30
4.8	<i>Medidas de mejora</i>	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
5.1	<i>Limitación del proyecto Plan de Seguridad del Agua</i>	32

5.1.1	Conformación del equipo de PSA	32
5.1.2	Equipo de soporte	32
5.2	<i>Descripción del sistema</i>	34
5.2.1	Contexto Geográfico	34
5.2.2	Descripción general del sistema	35
5.2.3	Captaciones de Nacientes	39
5.2.4	Pozo la Paulona	45
5.2.5	Quebrada la Perdiz	47
5.2.6	Tanques de almacenamiento	48
5.2.7	Red de distribución y conducción	60
5.2.8	Sistema de desinfección	61
5.3	<i>Determinación de peligros y evaluación de riesgos</i>	65
5.3.1	Determinación de peligros en el sistema de acueducto de Pita Rayada	65
5.3.2	Evaluación de riesgo y metodología SERSA	69
5.3.3	Valoración de riesgo	70
5.4	<i>Plan de mejora y modernización</i>	70
5.4.1	Medidas de mejora en las fuentes de agua	71
5.4.2	Medidas de mejora en los tanques del acueducto	72
5.4.3	Medidas de mejora en la línea de conducción y distribución	73
5.4.4	Medidas de mejora en los sistemas de desinfección	74
5.5	<i>Gestion Integral de Riesgos en Asadas</i>	75
5.5.1	Análisis de vulnerabilidad	75
5.5.2	Medidas correctivas	76
5.5.3	Valoración de la metodología PSA y las herramientas GIRA y SERSA.	79
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
6.1	<i>Conclusiones</i>	83
6.2	<i>Recomendaciones</i>	85
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>87</b>
	<b>APÉNDICES</b>	<b>91</b>
	<b>Apéndice 1: Evaluación SERSA para el acueducto de Pita Rayada</b>	<b>92</b>
	<b>Apéndice 2: Valoración de los riesgos según metodología PSA.</b>	<b>108</b>

<b>APENDICE 3: Propuestas de medidas de mejora y modernización del acueducto de Pita Rayada según metodología PSA.</b>	<b>118</b>
<b>APÉNDICE 4: Administración del riesgo: medidas correctivas de la herramienta GIRA.</b>	<b>134</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>145</b>
<b>Anexo 1: Fotos del reporte de control operativo de Pita Rayada</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 2: Fotos de las sesiones realizadas con el equipo PSA</b>	<b>148</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Cálculo del porcentaje de abastecimiento con agua de forma segura en Costa Rica. .....	9
Figura 3.2 Cobertura de agua potable en Costa Rica. ....	12
Figura 3.3 Metodología de la herramienta GIRA.....	20
Figura 3.4 Resumen de las etapas fundamentales de la elaboración de un PSA.....	23
Figura 4.1 Método semicuantitativo basado en la matriz de riesgos.....	30
Figura 5.1 Mapa de la comunidad y los componentes de del acueducto de Pita Rayada.....	34
Figura 5.2 Diagrama de flujo del acueducto de Pilangosta. ....	38
Figura 5.3 Fotos de la estructura de captación Naciente La Paulona. ....	40
Figura 5.4 Foto de la estructura de captación de la naciente Abarca 1. ....	41
Figura 5.5 Fotos de la estructura de captación de la naciente Abarca 2.....	42
Figura 5.6 Fotos de la estructura de captación de la naciente Abarca 3.....	43
Figura 5.7 Fotos de la estructura de captación de la naciente los Vargas .....	44
Figura 5.8 Fotos del Pozo la Paulona. ....	47
Figura 5.9 Fotos del estado actual de la captación de agua superficial de la Quebrada la Perdiz.....	48
Figura 5.10 Fotos del tanque de almacenamiento la Plaza.....	50
Figura 5.11 Fotos del tanque de almacenamiento la Paulona. ....	52
Figura 5.12 Fotos del tanque el Buey Negro.....	54
Figura 5.13 Imágenes del tanque los Vargas.....	55
Figura 5.14 Fotos del tanque de reunión Abarca.....	57
Figura 5.15 Fotos del tanque de almacenamiento los Abarca.....	59
Figura 5.16 Fotos del clorador del tanque la plaza.....	62
Figura 5.17 Fotos del clorador del tanque los Abarca.....	63
Figura 5.18 Resultados de control operativo de los meses de Julio, agosto y setiembre del acueducto de Pita Rayada.....	65
Figura 5.19 Resultados de evaluación GIRA en el Acueducto Pita Rayada.....	76

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1 Cálculo de cloración en el cantón de Hojancha. ....	14
Cuadro 3.2 Categorización del nivel de riesgo de SERSA.....	19
Cuadro 5.1 Equipo de PSA del acueducto de Pita Rayada.....	32
Cuadro 5.2 Equipo de soporte del PSA. ....	33
Cuadro 5.3 Coordenadas geográficas de los componentes del acueducto de Pita Rayada. .	35
Cuadro 5.4 Características de la línea de conducción. ....	60
Cuadro 5.5 Características de la red de distribución. ....	61
Cuadro 5.6 Peligros identificados en las captaciones de nacientes. ....	66
Cuadro 5.7 Peligros identificados en los tanques de almacenamiento. ....	67
Cuadro 5.8 Peligros identificados en el Pozo La Paulona. ....	67
Cuadro 5.9 Peligros identificados en la quebrada la Perdiz. ....	68
Cuadro 5.10 Peligros identificados en los sistemas de desinfección.....	68
Cuadro 5.11 Peligros identificados en la línea de conducción y red de distribución. ....	68
Cuadro 5.12 Resultados de la clasificación de riesgos de los componentes según SERSA.	69
Cuadro 5.13 Resumen de las medidas de mejora propuestas en las fuentes de agua. ....	71
Cuadro 5.14 Resumen de las medidas de mejora propuestas en los tanques. ....	72
Cuadro 5.15 Resumen de las medidas de mejora propuestas en la línea de conducción y distribución. ....	73
Cuadro 5.16 Resumen de las medidas de mejora propuestas en el sistema de desinfección. .....	74
Cuadro 5.17 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad sanitaria.....	77
Cuadro 5.18 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad Operativa.....	78
Cuadro 5.19 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de sello de calidad..	78
Cuadro 5.20 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de Emergencias. ....	79
Cuadro 5.21 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de Infraestructura. ..	79

## LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

PSA	Plan de Seguridad del Agua
OMS	Organización Mundial de la Salud
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
GIRA	Gestión Integral de Riesgos en Asadas
SERSA	Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud
AyA	Acueductos y Alcantarillados.
ONG	Organización No Gubernamental
PNUD	Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo
ASADAs	Asociaciones administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales

## **RESUMEN**

El acceso al agua debe ser segura, continua y de calidad, es uno de los aspectos más importantes a la hora de brindar un sistema de abastecimiento de agua potable, para lograrlo se debe tener control de los riesgos y peligros que pueden estar presentes en los componentes y procesos de un sistema de abastecimiento, desde la toma del agua en la fuente, hasta la llegada al consumidor. Para el control de los riesgos del acueducto, se tiene como propósito de aplicar medidas de control, de mejora y de mitigación para garantizar agua segura. En este proyecto se empleó la Guía Plan de Seguridad del Agua, acompañado de otras herramientas de gestión de riesgo como lo son el Sistema Estandarizado de Regulación de Salud (SERSA) y la Herramienta de Gestión Integral de Riesgos en ASADAs (GIRA), de manera que se identificaron, determinaron y evaluaron los riesgos presentes, con la finalidad de proponer medidas de mitigación y mejora en los distintos componentes del acueducto de Pita Rayada de Hojancha. Todo desde un enfoque comunal y participativo del ente administrador y de la comunidad usuaria del acueducto, con el acompañamiento de la estudiante tesista de Ingeniería Ambiental.

La situación resultante en los distintos componentes del acueducto fue la siguiente: en las fuentes de agua los resultados del nivel riesgo fueron muy variados, ya que se encuentran niveles desde bajo a muy alto, los tanques de almacenamiento se encuentran entre intermedio y alto, la línea de distribución, conducción y el sistema de cloración presentan riesgos muy altos. Así mismo, se presenta una mayor vulnerabilidad en las actividades de la operación del acueducto.

**Palabras clave:** Sistema de abastecimiento de agua, Gestión de riesgo, Plan de seguridad del agua, GIRA, SERSA, Hojancha.

## **ABSTRACT**

Access to water must be safe, continuous and of quality, it is one of the most important aspects when it comes to providing a drinking water supply system, to achieve this it is necessary to have control of the risks and dangers that may be present in the components and processes of a supply system, from the intake of water at the source, to its arrival at the consumer. To control the risks of the aqueduct, the purpose is to apply control, improvement, and mitigation measures to guarantee safe water. In this project, the Water Safety Plan Guide was used, accompanied by other risk management tools such as SERSA and GIRA, so that the risks present were identified, determined, and evaluated, with the purpose of proposing mitigation measures and improvement in the different components of the Pita Rayada de Hojanca aqueduct. All from a communal and participatory approach of the managing entity and the user community of the aqueduct, with the accompaniment of the thesis student of Environmental Engineering.

The resulting situation in the different components of the aqueduct was as follows: in the water sources the results of the risk level were very varied, since levels were found from low to very high, the storage tanks were between intermediate and high, the distribution line, conduction and the chlorination system present very high risks. Likewise, there is greater vulnerability in the activities of the operation of the aqueduct.

**Key words:** Water supply system, Risk management, Water safety plan, GIRA, SERSA, Hojanca.

## 1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales recursos naturales a nivel mundial, su suministro, acceso y uso son factores indispensables para la sociedad. En América Latina, el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento son fundamentales para mantener calidad de vida y salud pública mediante lo cual se contribuye efectivamente a la lucha contra las injusticias de las poblaciones a las cuales no se les concede este derecho (Soto-Cordoba et al., 2018).

La importancia que posee este recurso es tan relevante que está relacionado con varios de los objetivos de desarrollo sostenible y más precisamente en el número seis “agua limpia y saneamiento” el cual lo contempla en su totalidad. De allí nace un esfuerzo continuo para abordar los efectos perjudiciales en la salud y los impactos sociales del acceso deficiente al agua potable.

De esta forma, es esencial que el proveedor de servicios y los consumidores deban combinar la responsabilidad de ver que, los programas y políticas necesarias sean asumidas para lograr objetivos y misiones de "Proporcionar agua segura y suficiente a todos y cada uno a un costo mínimo, en términos de utilización óptima de recursos disponibles, mantenimiento adecuado de infraestructuras existentes, auto sustento, reducción de pérdidas debido a fugas, y protecciones ambientales a la degradación y presencia de contaminantes". La calidad del agua potable se deteriora durante la recolección y el almacenamiento, por lo que se hace obligatorio monitorearla en cada etapa. El deterioro en las redes de distribución representa un problema en el consumo y distribución de agua. Los principales problemas relacionados con la calidad del agua potable están asociados con las condiciones del suministro de agua en la red (Khadse et al., 2011).

Adicionalmente, la importancia para la salud pública en cuanto a la calidad del agua potable y la cantidad de agua disponible para consumo doméstico ha sido reconocida por mucho tiempo. Se han utilizado niveles de riesgo en la salud para clasificar el agua de los hogares, combinando características de calidad del agua, como la protección contra la contaminación microbiológica y la accesibilidad y criterios de disponibilidad, como la distancia a la fuente, el tiempo necesario para buscar agua y continuidad de disponibilidad de agua (Jeandron et al., 2019).

La sostenibilidad de la distribución del agua potable en los diferentes acueductos del país es

un tema complejo, multifactorial y dependiente de muchas condiciones ambientales. Los acueductos comunales son un ejemplo de colaboración, apropiamiento y gobernanza del recurso hídrico, sin embargo, a éstos se les hace difícil luchar contra todas las amenazas que se ciernen sobre el agua (Córdoba et al., 2016b). Entre las principales amenazas se incluyen microorganismos patógenos, productos químicos, componentes físicos o simplemente la falta de agua. También se pueden mencionar eventos peligrosos los cuales incluyen fuertes lluvias, roturas de tuberías, mal funcionamiento de una unidad de desinfección o cortes de energía (World Health Organization, 2014).

Los acueductos de las zonas rurales son administrados por asociaciones comunales, las cuales operan bajo un sistema de participación comunitaria y en muchas ocasiones requieren de conocimientos técnicos, herramientas e inversión adecuada. Esto dificulta su preparación ante las diferentes amenazas a las que están expuestas, incluyendo el cambio climático. Además, a esta problemática se le suma el estrés hídrico que sufre el pacífico norte del país, donde la escasez de agua es cada vez más recurrente, lo cual compromete la disponibilidad y la calidad de este.

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de abastecimiento de agua, desde la captación, hasta su utilización por los consumidores. Es por esta razón que con este proyecto se pretende utilizar herramientas de gestión de riesgo, desde un enfoque comunal, de manera que se caracterice y se describa el sistema de abastecimiento, para poder identificar todos los riesgos y peligros presentes en el acueducto rural de Pita Rayada de Hojancha. Esto se realiza con el fin de prevenir que los peligros presentes no sean más graves y que por medio de propuestas de mejora se reduzca el nivel de estos riesgos y se pueda garantizar agua segura y de calidad para la comunidad consumidora.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un Plan de Seguridad del Agua para el acueducto de Pita Rayada, Cantón Hojanca, Guanacaste – Costa Rica.

#### **2.1.1 Objetivos específicos**

Evaluar la situación de riesgo de los componentes del acueducto de Pita Rayada del Cantón de Hojanca.

Valorar los riesgos ambientales para un sistema de agua potable haciendo uso de la guía PSA y las herramientas SERSA y GIRA.

Elaborar un plan de medidas de mejora y mitigación de riesgo para el acueducto de Pita Rayada de Hojanca.





### **3 REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1 DESARROLLO SOSTENIBLE**

El agua es esencial para la conservación de la vida humana, animal y vegetal. Además, forma parte de diversas actividades productivas como la agrícola, la generación de energía hidroeléctrica, la industria, la pesca, el turismo y el transporte. La insuficiencia de agua o la sequía prolongada puede provocar la muerte generalizada y deterioro económico. En muchos países en desarrollo, existe una permanente degradación de los recursos de agua dulce – en términos de cantidad y calidad – y de los ecosistemas acuáticos. Esto implica menores beneficios, menor apoyo a la vida y mayores riesgos y peligros relacionados con el agua (Calvo-Brenes, 2019).

La disponibilidad de agua potable ha sido una de las principales preocupaciones en las últimas décadas. Ante el crecimiento de la población, el cambio de estilos de vida, mayor contaminación y urbanización acelerada, la brecha entre la demanda de agua y el suministro disponible ha aumentado (Dos Santos et al., 2017). Además, el crecimiento acelerado de la población, así como factores climáticos y antropogénicos, se suman a las razones que dan origen a esta problemática, provocando que millones de personas alrededor del mundo sufran escases de agua.

Si se quiere mitigar esta problemática, es necesario que existan alianzas entre países, para que, trabajando de manera conjunta, se cree un compromiso para lograr los objetivos de conservación, calidad y acceso al agua. La adopción de objetivos globales ayudará a las personas, las instituciones y los gobiernos de todo el mundo a ponerse de acuerdo sobre estas direcciones y esencialmente a centrarse en cosas que realmente beneficien nuestro futuro. Esta preocupación ha hecho que muchos países formen acuerdos para lograr que el acceso a agua potable de forma segura y equitativa sea manejado de la mejor forma. Así mismo se ha convertido en un reto por alcanzar en los objetivos de desarrollo sostenible.

Siguiendo el éxito alcanzado por los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que se guían por los esfuerzos de desarrollo global durante el período 2000-2015, los gobiernos de los países del mundo están negociando un conjunto de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el período 2015 - 2030. Los ODM y ODS continuarán los esfuerzos para aliviar la pobreza y agregarán desafíos para garantizar el desarrollo equitativo y la sostenibilidad

ambiental, especialmente los objetivos principales para minimizar los peligros del cambio climático causado por el hombre.

Junto con el notable progreso logrado por el mundo con los ODM, se pueden encontrar formas de alcanzar los ODS. A pesar del cinismo, la confusión y la política obstructiva que surgen en medio de los esfuerzos para erradicar la pobreza, la desigualdad y la degradación ambiental, todavía son posibles nuevos avances, las grandes potencias en el mundo pueden parecer insensibles, pero pueden cambiar (Arimbawa et al., 2020).

Los derechos humanos al agua y al saneamiento imponen obligaciones a países para garantizar que los servicios sean asequibles. Esta preocupación se refleja en el objetivo de desarrollo sostenible 6.1, que requiere un uso universal y acceso equitativo a agua potable segura y asequible para todos (WHO and UNICEF, 2017).

Además, un estudio que se enfocó en analizar el objetivo 6 “agua limpia y saneamiento”, sugiere que se necesita más esfuerzo para aumentar el acceso a mejores fuentes de agua e instalaciones de saneamiento en los hogares de poblaciones desatendidas. También es necesario abordar los factores socioeconómicos que están asociados con acceso inadecuado a servicios mejorados de agua y saneamiento (Behera et al., 2020).

Un esfuerzo que se llevará a cabo para apoyar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es el análisis de la evaluación de riesgos de salud ambiental (Arimbawa et al., 2020). En este caso en especial, enfocándose en el acceso al agua potable y la identificación, mitigación y prevención de riesgos, que pueden estar presentes en los sistemas de abastecimiento.

### 3.2 ACCESO AL AGUA POTABLE

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio que sea suficiente, inocuo y accesible. La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Es por esto que se debe realizar el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible (WHO, 2004).

La mejora del agua potable junto con el acceso al saneamiento, así como que este sea seguro, razonable y adecuado, reflejan la firme calidad de la sociedad en el manejo de problemas relacionados con problemas de salud. Esta declaración es respaldada por la Organización

Mundial de la Salud (OMS), que afirmó que el acceso al agua potable y al saneamiento son esenciales para apoyar el grado de salud, la viabilidad de la vida, el desarrollo y la mejora. El acceso al agua potable y al saneamiento juegan un papel importante en la productividad, la salud, la condición económica y la calidad de la sociedad a fin de disminuir numerosos problemas relacionados con la pobreza y la salud (Arimbawa et al., 2020).

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria es superior al costo de las intervenciones. Dicha afirmación es válida para diversos tipos de inversiones, desde las grandes infraestructuras de abastecimiento de agua al tratamiento del agua en los hogares (WHO, 2004).

Los factores socioeconómicos, culturales e institucionales están estrechamente asociados con acceso inadecuado a servicios mejorados de agua y saneamiento. De acuerdo con diversas investigaciones el acceso a un suministro público de agua no garantiza un suministro limpio y confiable, o una distribución equitativa de agua. En estudios sobre la calidad de los servicios públicos de agua, se concluye que la falta de confiabilidad, baja presión de agua, sistemas de facturación ineficiente, mantenimiento inadecuado de las instalaciones, desigualdad espacial en el servicio de entrega y la falta de participación pública, sabotean la implementación de diversas políticas relacionadas con la prestación de servicios de agua (Behera et al., 2020).

### 3.3 SALUD Y AGUA POTABLE

El grado de reducción en la calidad del acceso a agua potable estimula la aparición de enfermedades. Esta reducción comúnmente se desencadena por numerosos factores relacionados con el desarrollo y el éxito del acceso al agua limpia, como el aspecto financiero, institucional, técnico y político (Arimbawa et al., 2020).

La falta de acceso adecuado a los servicios puede resultar en una baja calidad de vida y pérdida económica (Rahut et al., 2015). La ausencia de agua potable limpia y segura puede causar una variedad de enfermedades transmitidas por el agua, que a su vez puede imponer

costos económicos a las personas en situación de pobreza en dos maneras. Primero, las personas que sufren de las enfermedades transmitidas por el agua tendrán que visitar hospitales para recibir tratamiento, que aumentará sus gastos de salud. Segundo, la pérdida de empleo durante el período de enfermedad afecta negativamente los medios de vida de las personas de bajos recursos. Es por esto que representa un riesgo importante para los humanos, la salud y sostenibilidad ambiental (Schmitt et al., 2017).

Si no se garantiza la seguridad del agua, los consumidores pueden quedar expuestos al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Por esto es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, ya que posee la capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad abastecida (WHO, 2004).

### 3.4 AGUA GESTIONADA DE FORMA SEGURA

El servicio de agua potable gestionado de forma segura se define como aquel que está ubicado en las instalaciones, disponible cuando sea necesario y libre de contaminación. La importancia crítica del agua limpia y accesible se prioriza en el objetivo de desarrollo sostenible número seis, y el indicador para el ODS 6.1 el cual está centrado sobre "la proporción de la población que utiliza servicios de agua potable gestionada de forma segura" (Li et al., 2020).

Una fuente de agua mejorada debe tener el potencial de entregar agua segura por naturaleza de su diseño y construcción. Estos incluyen suministros en tubería (como hogares con agua del grifo en su vivienda o patio) y suministros sin tubería (como perforaciones, pozos y manantiales protegidos, agua de lluvia y envasados o agua entregada).

Según WHO & UNICEF (2017) aproximadamente tres de cada 10 personas en todo el mundo, o 2,1 mil millones de personas, aún carecen de servicios de agua potable gestionados de forma segura. Si estas condiciones de acceso y calidad no mejoran, los problemas de salud en las personas aumentarán día con día. Además, poseer agua segura y de calidad es un derecho humano, el cual debe respetarse y ser accesible para todos por igual.

Un estudio de Angulo (2021) realizado en el año 2020 señala que el 93,5% de los costarricenses posee agua potable en sus viviendas, esto es un 0,5% más que en el 2019. Este incremento del 0,5% es un dato importante en el mejoramiento de calidad de vida de los

ciudadanos, validación del derecho al agua, afianzar la consecución del objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); reduce el acceso a fuentes de agua vulnerables a contaminación. En la figura 3.1 se muestra el incremento que se ha tenido a través de los años en cuanto al abastecimiento de agua gestionada de forma segura en Costa Rica.

<b>Abastecimiento de agua gestionado en forma segura. 2015-2020 (porcentaje)</b>						
<b>Clasificación</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
	91,20	91,80	93,90	92,40	93	93,50
<i>Agua potable gestionada de forma segura</i>						
Servicio básico	8,20	7,70	5,70	7,20	6,60	6,30
Servicio limitado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Servicio no mejorado	0,60	0,50	0,40	0,40	0,40	0,20
Sin servicio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Figura 3.1 Cálculo del porcentaje de abastecimiento con agua de forma segura en Costa Rica. Fuente (Angulo, 2021).*

### 3.5 RECURSO HÍDRICO

Costa Rica es un país privilegiado con respecto a la cantidad de ríos y mantos acuíferos que posee; desafortunadamente, los niveles de contaminación de los ríos que atraviesan zonas de alta densidad poblacional son altos. El incremento de agentes contaminantes en las aguas es cada vez mayor debido a actividades antropogénicas. Tanto así que cada año se registran más de 1000 nuevos contaminantes en las aguas producto de la actividad industrial (Calvo-Brenes, 2019).

La gestión de los recursos hídricos y las actividades humanas potencialmente contaminantes en la cuenca de captación influye en la calidad del agua aguas abajo y en los acuíferos. A su vez, esto interviene en las operaciones de tratamiento que se precisarán para garantizar la seguridad del agua, pero puede ser preferible adoptar medidas preventivas que mejorar los tratamientos (WHO, 2004).

Además, compartir agua entre actividades de producción agrícola, desarrollo económico y el mantenimiento del ecosistema es cada vez más difícil, y muchos de los conflictos hídricos han causado un desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua. Este es un tema complejo, por lo que es necesario conciliar el desarrollo económico con cantidades racionadas de agua en un territorio y con usos múltiples, entre los cuales el suministro público de agua potable tiene prioridad.

### 3.6 GESTIÓN DE RECURSO HIDRÍCO Y DEMANDA DE AGUA

Según de Andrade Santana et al., (2019) la gestión de la demanda de agua consiste en la implementación de cualquier medida diseñada para permitir el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos. Estos cubren tecnología, opciones legales y educativas, así como aquellas que son caracterizadas por incentivos económicos. La demanda de agua está cambiando y el paradigma de gestión del agua está bajo un desafío constante. Se pueden implementar alternativas tecnológicas para mejorar la eficiencia del suministro y el uso del agua, como el control de las pérdidas en redes de distribución y el uso de dispositivos de ahorro de agua en edificios.

La demanda de agua continúa creciendo en muchas regiones de mundo en relación con el crecimiento de la población y diversas medidas dirigidas a los administradores del agua están implementando el aumento del suministro. Es por esta razón que es esencial que se implementen acciones de gestión de la demanda de agua para la conservación de los recursos hídricos. La aplicación conjunta de nuevas tecnologías, productos y acciones más eficientes resultan considerables en el ahorro de consumo de agua (Vieira et al., 2017).

Centrándose en influir en el consumo y promover la eficiencia del uso del agua, la gestión de la demanda de agua es útil para obtener una prestación de servicios de agua sostenible, especialmente en regiones áridas y semiáridas y en condiciones extremas como sequías. Debido a esto la gestión de la demanda debe considerarse como un complemento relevante para el suministro de agua, porque los recursos hídricos pueden ser escasos en estas regiones (Xiao et al., 2016).

La demanda de agua está estrictamente relacionada con la forma en la que la consumimos y el uso racional que le demos. Las normas sobre el agua de consumo pueden diferir, en naturaleza y forma, de unos países o regiones a otros. No hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y la aplicación de normas, es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes y en proyecto relativas al agua, a la salud y al gobierno local, así como evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos de cada país. Los métodos que pueden funcionar en un país o región no necesariamente podrán transferirse a otros países o regiones. Para desarrollar un marco reglamentario, es fundamental que cada país examine sus necesidades y capacidades (WHO, 2004).

Además, en algunas ocasiones, la falta de compromiso del gobierno, la corrupción y la ausencia de los marcos económicos y regulatorios refuerzan los problemas que existen en la gestión del agua. En este sentido, es necesario mejorar la evaluación de la efectividad del gobierno en asuntos relacionados al agua y su impacto en la implementación de gestión de los recursos hídricos. Así como es necesario tomar decisiones responsables para determinar y priorizar las acciones necesarias para mejorar todo lo relacionado con el agua, su demanda, y consumo (Neto, 2016).

En algunos países, la responsabilidad puede recaer en un organismo de protección del medio ambiente, mientras que en otros pueden tener cierta responsabilidad las oficinas de salud ambiental de los gobiernos locales. En el caso de Costa Rica, la autoridad de salud encargada de realizar protocolos de vigilancia y aplicar medidas para garantizar la seguridad del agua potable en abastecimientos comunitarios y domésticos, es el Ministerio de Salud. De igual forma evalúa la calidad y los servicios que suministran los proveedores de servicio de agua potable en este país. Parte de estas acciones es guiar y suministrar herramientas de evaluación y mitigación del riesgo para que sean aplicadas en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Las autoridades regionales de medio ambiente o de salud pública tienen la importante responsabilidad de participar en la elaboración de planes de gestión integrada de los recursos hídricos para garantizar la máxima calidad posible de la fuente de agua de consumo. Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo son: un «marco» para la seguridad del agua que comprenda metas de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto, y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente (WHO, 2004).

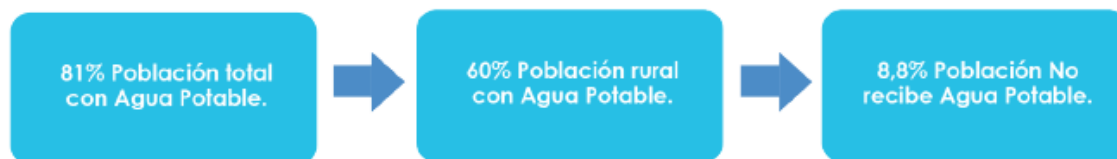
### 3.7 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Existen diversos tipos de sistemas de abastecimiento de agua de consumo, desde los muy grandes que abastecen a poblaciones urbanas de decenas de millones de personas, a los pequeños sistemas comunitarios que proporcionan agua a poblaciones muy pequeñas. En la mayoría de los países, existen tanto fuentes comunitarias como sistemas de abastecimiento por tuberías. Los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (con o sin tuberías)



gestionados por comunidades, son frecuentes en todo el mundo, tanto en países desarrollados como en desarrollo. La definición concreta de sistema comunitario de abastecimiento de agua de consumo es variable; si bien una definición basada en el tamaño de la población o en el tipo de suministro puede ser adecuada en muchas circunstancias, los sistemas de abastecimiento de agua de consumo de las pequeñas comunidades y los de los pueblos y ciudades de mayor tamaño se diferencian por sus sistemas de administración y gestión. La administración y operación de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios dependen en mayor medida de miembros de la comunidad que, con frecuencia, no cuentan con capacitación y que a veces no cobran por el servicio prestado (WHO, 2004). En Costa Rica, cerca del 95 % de la población en las zonas urbanas recibe agua de buena calidad; sin embargo, en las zonas rurales persisten áreas que no reciben agua potable. En la figura 3.2 se puede observar el estado de la cobertura de agua potable en Costa Rica, donde se indica que solo el 60% de la población rural posee agua potable, y que, además, de la población total de Costa Rica, el 8,8 % no recibe agua potable.

El Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillado de Costa Rica (AyA) es el principal proveedor de agua, pero hay muchas entidades privadas como los Comités de Acueductos y Alcantarillados Rurales (CAAR), Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS) y otras organizaciones privadas que operan acueductos, pozos y / o manantiales (Córdoba et al., 2016a) (Soto-Córdoba et al., 2016).



*Figura 3.2 Cobertura de agua potable en Costa Rica.  
Fuente: (MIDEPLAN, 2018)*

Los habitantes rurales son atendidos en su mayoría por ASADAs, asociaciones administradoras de agua creadas a partir del año 2011 por ley, a solicitud del AyA las cuales son integradas por juntas de vecinos voluntarios (asociaciones para la gestión de acueductos) (Córdoba et al., 2016a). Los principales proveedores de agua poseen experiencia, presupuesto y habilidades técnicas en como tener una adecuada gestión del agua. En las zonas rurales sucede lo contrario, pues en la mayoría no hay gestión técnica acertada, pero, en

cambio, la comunidad coopera y se organiza para proporcionar un consumo limpio y seguro del agua.

En Costa Rica, las ASADAs proporcionan servicios de agua potable y saneamiento a alrededor del 28,7% de la población del país, principalmente en zonas suburbanas y comunidades rurales, pero la gran mayoría de estas Asociaciones requiere desarrollar las habilidades necesarias y tener acceso a conocimientos, herramientas e inversión adecuada, con el fin de hacer frente a las diferentes amenazas a las que están expuestas, incluyendo el cambio climático. 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 (Alfaro & Alfaro, 2019).

En muchos casos, el proveedor del agua no es responsable de la gestión de las fuentes, en la cuenca donde se ubican las captaciones, del agua que se suministra a las comunidades. El proveedor de agua desempeña las responsabilidades relativas a las cuencas de captación, tales como: participar en actividades interinstitucionales de gestión de los recursos hídricos; comprender los riesgos que producen las actividades e incidentes potencialmente contaminantes; y utilizar esta información para evaluar los riesgos a los que se expone el sistema de abastecimiento de agua de consumo y elaborar y aplicar estrategias adecuadas de gestión. Aunque los proveedores de agua de consumo posiblemente no realicen estudios de las cuencas de captación y evaluaciones del riesgo de contaminación por su cuenta, forma parte de sus funciones reconocer su necesidad e iniciar la colaboración interinstitucional, por ejemplo, con las autoridades de salud y de medio ambiente, a este respecto (WHO, 2004).

Las autoridades locales de salud ambiental desempeñan con frecuencia una función importante en la gestión de los recursos hídricos y el abastecimiento de agua de consumo. Dicha función tiene facultad para autorizar o no, en la misma, actividades que pudieran afectar a la calidad del agua de origen. Puede también incluir la comprobación y auditoría (vigilancia) de la gestión de los sistemas formales de abastecimiento de agua de consumo. Las autoridades locales de salud ambiental proporcionarán asimismo orientación específica a comunidades o a personas concretas sobre el diseño, la ejecución y la corrección de

deficiencias de sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitario y doméstico, y pueden ser también responsables de la vigilancia del abastecimiento comunitario y doméstico de agua de consumo.

Según el informe del estado de la nación del año 2021, el 16,85% de las ASADAs dejó de realizar los muestreos que exige el Ministerio de Salud y el 8,97% dejó de aplicar cloración a los sistemas de acueductos, aunque únicamente el 1% de las ASADAs despidió personal y el 0,27% no contaba con personal suficiente para la atención de los sistemas de cloración de agua (Angulo, 2021).

En el cuadro 3.1 se muestra la situación de cloración para el cantón de Hojancha para el año 2020.

*Cuadro 3.1 Cálculo de cloración en el cantón de Hojancha.*

Cantón	Población Total	Población con potabilidad	Población con cloración
HOJANCHA	7.963	5.940	6.076

*Fuente: (AyA, 2021)*

De esta forma, se tiene claro que lograr garantizar la seguridad del recurso hídrico y la calidad de agua de consumo es un trabajo en conjunto y que se debe trabajar desde un punto preventivo en la gestión de riesgo. Según WHO (2004) para que los programas de gestión de la calidad del agua, así como los de gestión de demanda de agua de consumo comunitaria sean eficaces y sostenibles, es preciso que cuenten con el apoyo activo y la participación de las comunidades locales. Éstas deben participar en todas las etapas de dichos programas: los estudios iniciales; las decisiones sobre la ubicación de pozos, la ubicación de los puntos de extracción de agua o la creación de zonas de protección; el monitoreo y la vigilancia de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo; la notificación de averías, la realización de tareas de mantenimiento y adopción de medidas correctivas; y las actividades de apoyo, incluidas las relativas a prácticas de saneamiento e higiene.

Puede haber comunidades que cuenten ya con un alto grado de organización y tomen medidas sobre cuestiones relativas a la salud o al abastecimiento de agua de consumo, mientras que otras pueden carecer de un sistema de abastecimiento de agua de consumo bien desarrollado. En situaciones como estas, será más arduo y llevará más tiempo lograr la participación de la comunidad para reunir a las personas, resolver las diferencias, acordar objetivos comunes y

adoptar medidas. Con frecuencia, será preciso realizar visitas, posiblemente durante varios años, para proporcionar apoyo y aliento, y para asegurarse de que las estructuras creadas para el suministro de agua potable continúan funcionando. Puede ser de muy buena ayuda establecer programas de educación en materia de higiene y salud para garantizar que la comunidad conozca sobre la importancia de la calidad del agua de consumo y su relación con la salud, reconozca la importancia de la vigilancia y la necesidad de responder, comprenda el proceso de vigilancia y tenga conocimiento de los requisitos relativos a la protección del suministro de agua de consumo de la contaminación.

### 3.8 RIESGO

El concepto de riesgo según lo define Retana (2012) es un término que está en función de los componentes de amenaza y vulnerabilidad. Aquellas regiones del país donde la amenaza y la vulnerabilidad coincidan serán las zonas de mayor riesgo futuro y por ende, sus poblaciones serán las que mayor riesgo presenten. Por otra parte, la gestión de riesgos exige la determinación de los peligros potenciales y de sus fuentes, los posibles sucesos peligrosos, y una evaluación del nivel de riesgo que presenta cada uno, de manera que se prevenga que estos sucedan o que aumente su gravedad (WHO, 2004).

Costa Rica a través de los años ha experimentado gran cantidad de amenazas naturales, asociadas a su ubicación, así como su estructura geológica y características climáticas. Se estima que la crisis climática podría generar una reducción en las precipitaciones en la región norte del país, provocando así futuras amenazas en cuanto a sequías y demanda de agua. Además, las precipitaciones también sufren marcadas alteraciones, incluida la aparición de huracanes, los cuales han causado y podrían llegar a causar daños en la infraestructura de acueductos, creando así una alta vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento.

El Gobierno de Costa Rica procedió a la oficialización en el año 2018 de la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático, la cual reconoce que el cambio climático puede ocasionar múltiples afectaciones en materia de recurso hídrico entre las cuales se puede mencionar: la disminución en la disponibilidad del recurso para la operación de plantas hidroeléctricas afectando la matriz energética del país, las variaciones en el régimen de lluvias que desencadenan condiciones de estrés hídrico, la reducción de la oferta de agua para

uso y consumo humano, las afectaciones derivadas por eventos extremos de inundaciones sobre la infraestructura de soporte de los servicios públicos, entre otros (Murillo, 2019).

El territorio costarricense, y en general toda Centroamérica, son los “puntos calientes” de cambio climático más prominentes del trópico, debido a la disminución de las precipitaciones en el trimestre junio-agosto, observada en los registros históricos y en simulaciones de 20 modelos globales usando diferentes escenarios de emisiones (Rogério dos Santos Alves; Alex Soares de Souza, 2014).

La época seca del Pacífico amenaza la oferta hídrica, presionada por un aumento en la demanda debido al aumento de población. Esta condición de riesgo se puede notar más pronunciada en el Pacífico Norte y en la Región Central.

Los cantones de mayor población, con grupos dependientes, se verán seriamente amenazados por la disponibilidad del recurso hídrico. En la zona del Pacífico Norte los cantones que poseen mayor población dependiente son Nicoya, Nandayure, Tilarán, Hojancha y Santa Cruz (Retana, 2012).

El Pacífico Norte es la región donde los eventos secos son más frecuentes, más extensos y de mayor magnitud. Lo anterior, sumado a la fragilidad social y económica hace de Guanacaste la región con mayor riesgo ante eventos extremos secos.

En el escenario de alto desarrollo humano, la mayor vulnerabilidad se encuentra en Limón y Guanacaste, lo que refleja una baja capacidad de respuesta ante los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. También en el escenario normal y en el de retroceso, estas provincias son identificadas como las más vulnerables. Particularmente en el caso de Guanacaste, bajo los tres escenarios Nicoya presenta niveles altos de vulnerabilidad y Hojancha niveles medios. Estos factores, sumados al crecimiento de la población, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la contaminación inciden en un aumento en la demanda de agua y generan tensiones para garantizar la disponibilidad y calidad de este recurso (Baltodano Fuentes, 2012).

Si un nivel de riesgo es alto porque está compuesto mayormente por la vulnerabilidad, existe la posibilidad de trabajar en la organización del sistema social para disminuir la posibilidad de impactos negativos ante un evento extremo. Sin embargo, cuando el nivel de riesgo es alto porque la amenaza es su principal componente, el margen de trabajo se reduce en cuanto a disminuir la vulnerabilidad se refiere. Es necesario entonces una visión futura para gestionar

el riesgo, con planes de aumento de la resiliencia del sistema social, aunque su vulnerabilidad no cambie con el tiempo (Retana, 2012).

### 3.9 EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGO

La aplicación de un enfoque integral a la evaluación y la gestión de los riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo aumentan la confianza en la inocuidad del agua. Este enfoque conlleva la evaluación sistemática de los riesgos en la totalidad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo —desde el agua en origen y la cuenca de captación al consumidor— y la determinación de las medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, así como de métodos para garantizar el funcionamiento eficaz de las medidas de control. Incorpora estrategias para abordar la gestión cotidiana de la calidad del agua y hacer frente a las alteraciones y averías (WHO, 2004).

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de abastecimiento de agua, desde la captación, hasta su utilización por los consumidores. Dado que muchos aspectos de la gestión de la calidad del agua de consumo no suelen ser responsabilidad directa del proveedor de agua, es fundamental adoptar un sistema de colaboración entre los múltiples organismos que tienen responsabilidades en aspectos específicos del ciclo del agua, para garantizar su participación en la gestión de la calidad del agua (WHO and UNICEF, 2017).

La vigilancia es una actividad de investigación que se realiza para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua de consumo. La vigilancia contribuye a proteger la salud pública fomentando la mejora de los llamados «indicadores de servicio» del abastecimiento de agua de consumo: calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (poblaciones con acceso fiable), asequibilidad y continuidad.

La autoridad de vigilancia debe tener competencia para determinar si un proveedor de agua está cumpliendo sus obligaciones. La vigilancia requiere un programa sistemático de estudios, que pueden incluir auditorías, análisis, inspecciones sanitarias y, en su caso, aspectos institucionales y comunitarios. Debe abarcar la totalidad del sistema de agua de consumo, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación, las infraestructuras de conducción, las plantas de tratamiento, los embalses de almacenamiento y los sistemas de distribución (WHO, 2004).

La posibilidad que los sistemas de abastecimiento de agua potable estén expuestos a sufrir riesgos en alguno de sus componentes, las autoridades del territorio costarricense, responsables de vigilar y proporcionar agua segura para todos sus consumidores, establecen herramientas de evaluación y gestión de riesgo, entre las cuales destacan el Sistema Estandarizado de Regulación de Salud (SERSA), la Herramienta de Gestión Integral de Riesgos en ASADAs (GIRA) y la guía para Planes de Seguridad del Agua (PSA). De esta manera, mediante su aplicación, se pueden identificar peligros y diferentes niveles de riesgo, los cuales podrán ser mitigados y prevenidos mediante la implementación de medidas y propuestas de mejoras para los acueductos.

### **3.9.1 Sistema Estandarizado de Regulación de Salud**

SERSA es un Sistema de Evaluación de Riesgos en Seguridad e Higiene, el cual es una herramienta basada en la metodología de análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), siendo esta la principal plataforma para la legislación internacional y las buenas prácticas de fabricación para los sectores de la industria alimentaria (Zambrano, 2012).

SERSA es aplicado por el Ministerio de Salud de Costa Rica en los sistemas de abastecimiento de agua con el fin de identificar los niveles de riesgos asociados en los diferentes componentes de los sistemas de agua y sugerir medidas preventivas a seguir, entendiéndose el riesgo como la probabilidad de que un agente contaminante, se presente en el agua, y cause daño a la salud humana (Zambrano, 2012).

Para la evaluación de los riesgos existen 10 preguntas en cada uno de los componentes las cuales son respondidas en sitio mediante de una inspección sanitaria o visita de evaluación. Cada respuesta tiene el mismo peso, por lo cual la valoración final se hace a través de la sumatoria de preguntas contestadas afirmativamente y esta indicará el nivel de riesgo en la componente evaluada. El nivel de riesgo y el código de color asociado con el número de respuestas afirmativas se presentan en el cuadro 3.3 a continuación.

Cuadro 3.2 Categorización del nivel de riesgo de SERSA.

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.

Fuente: Reglamento para la calidad del Agua Potable, Decreto N 38924-S. (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015)

La herramienta SERSA identifica factores de riesgo y determina niveles de riesgo (muy alto, alto, intermedio, bajo y nulo) (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015), de acuerdo a los factores identificados en las estructuras durante las visitas de campo.

### 3.9.2 Gestión Integral de Riesgos en ASADAs

La herramienta GIRA ha sido desarrollada mediante el Proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de las ASADAs para enfrentar riesgos del Cambio Climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica” que se implementa en una colaboración entre AyA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el auspicio del Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF). El objetivo de este proyecto es mejorar el abastecimiento de agua y promover prácticas sostenibles de agua entre los usuarios de ASADAs y los sectores productivos mediante la incorporación de medidas de adaptación basadas en los ecosistemas y con amplia participación comunitaria para abordar la vulnerabilidad hidrológica relacionada con el clima. En esta dirección, GIRA provee una metodología que permite fortalecer las capacidades de las Juntas Directivas, personal técnico y administrativo de la ASADAs para la identificación, evaluación y administración de los riesgos que pueden afectar a sus sistemas y a los servicios que brindan, y desarrollar los procedimientos necesarios para la prevención y mitigación de riesgos, así como dar respuesta de emergencia y recuperarse ante eventuales impactos de las amenazas (Alfaro & Alfaro, 2019).



Para el desarrollo de esta herramienta se utilizan como insumos, varios instrumentos de gestión de riesgo para operadores de servicios de agua potable, tales como el Plan de Seguridad del Agua, el manual de Gestión Integral del Riesgo para Organizaciones Comunitarias del Agua, el manual de Atención Emergencias y Desastres del AyA, el manual de Entes Operadores del Programa Sello de Calidad Sanitaria del Laboratorio Nacional de Aguas y la Guía de Inspección SERSA del Ministerio de Salud.

En esta herramienta se identifican los riesgos y se realiza un diagnóstico del nivel de este. Además, se analiza la vulnerabilidad a la que está expuesto, esta se define como la probabilidad de una ASADA de ser impactada por una amenaza, debido a las condiciones propias de su exposición a la amenaza, su fragilidad administrativa, operativa, sanitaria y de infraestructura, y de sus capacidades para anticipar, resistir y recuperarse de los efectos del impacto.

De esta forma es posible priorizar las necesidades de la ASADA para elaborar planes de acción en materia de gestión de riesgos mediante los cuales se identifican y analizan las amenazas y vulnerabilidades de la ASADA y su entorno, con el fin de desarrollar las medidas para prevenir, mitigar y reducir las posibilidades de que se produzca un desastre, así como las medidas de preparación, atención y recuperación ante eventuales impactos. En la figura 3.3 se encuentra un resumen de las etapas de la herramienta GIRA.

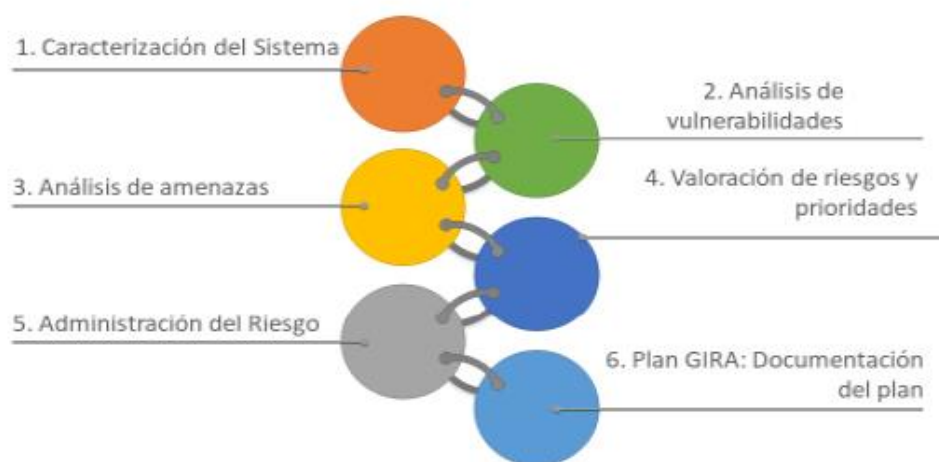


Figura 3.3 Metodología de la herramienta GIRA.  
Fuente (Alfaro & Alfaro, 2019)

### **3.9.3 Plan de Seguridad del Agua**

El monitoreo para garantizar un servicio de agua potable gestionado de forma segura es a menudo lento, complejo y costoso (Breach, 2012). Además, no se puede garantizar un servicio de agua potable útil y gestionado de forma segura a través de únicamente la dependencia de las pruebas de calidad del agua.

La forma más efectiva para garantizar la seguridad del servicio de agua es adoptar un sistema preventivo en el marco de gestión. La OMS ha estado promoviendo este enfoque desde 2004 mediante el uso del PSA, un programa integral en el marco de la gestión de riesgos en agua potable (WHO, 2004).

Un plan de seguridad del agua es un enfoque sistemático de gestión de riesgos que abarca todos los pasos del suministro de agua desde la fuente hasta el consumidor (Li et al., 2020). El método PSA proporciona un medio para identificar sistemáticamente el potencial de los peligros, evaluándolos en función de la gravedad y probabilidad de que este suceda. De esta manera se busca fortalecer o crear sistemas de gestión de riesgos para mitigar los posibles riesgos en el suministro de agua y / o calidad.

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. El PSA se ha desarrollado para organizar y sistematizar las prácticas de gestión del agua de consumo aplicadas desde hace largo tiempo y para garantizar que dichas prácticas son aptas para gestionar la calidad del agua de consumo (WHO, 2004). Específicamente, el método de PSA se basa en los principios y pasos del concepto de barrera múltiple y análisis de peligros y control de puntos críticos (Tsoukalas & Tsitsifli, 2018). Desde que los PSA fueron introducidos en las directrices de la OMS para la calidad del agua potable, un número creciente de estudios se han centrado en este y se han aplicado en muchos países (Baum & Bartram, 2018). La evidencia de otros países indica que los PSA ayudan a promover la mejora continua de todos los pasos y prácticas clave que conducen para garantizar la calidad y seguridad del agua.

Los objetivos principales de un PSA para garantizar la aplicación de prácticas adecuadas en el abastecimiento de agua de consumo son la reducción al mínimo de la contaminación de las aguas de origen, la reducción o eliminación de los contaminantes mediante operaciones

de tratamiento y la prevención de la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la manipulación del agua de consumo. Estos objetivos son aplicables tanto a los grandes sistemas de distribución de agua por tuberías, como a los pequeños sistemas de abastecimiento comunitarios y a los sistemas domésticos (WHO, 2004).

Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, debe prestarse atención especial a la aplicación de un marco para la seguridad del agua y de planes de seguridad del agua. Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso: a) evaluar el conjunto del sistema, para determinar los posibles peligros a los que puede estar expuesto, b) determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo para garantizar la eficacia de las barreras del sistema y c) elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes. Estos son los tres componentes de un PSA, que conforman un sistema completo y estructurado para proporcionar un agua segura (WHO and UNICEF, 2017).

Para la elaboración y aplicación de un PSA, cada sistema de abastecimiento de agua potable de considerar lo siguiente: (1) Equipo para desarrollar y adoptar la metodología de PSA, (2) Determinar todos los peligros y eventos peligrosos que afecten la seguridad del sistema de manera integral (desde la captación, tratamiento y distribución), (3) Evaluar riesgos a cada peligro y evento peligroso, (4) Validar la eficiencia de control y barrera, (5) Determinar casos de nuevos controles y mejoras, (6) Plan de evaluación y mejora continua, (7) Demostrar que la seguridad del sistema se mantiene de forma permanente y (8) Mantener registros constantes, transparentes y fidedignos (León, 2019).

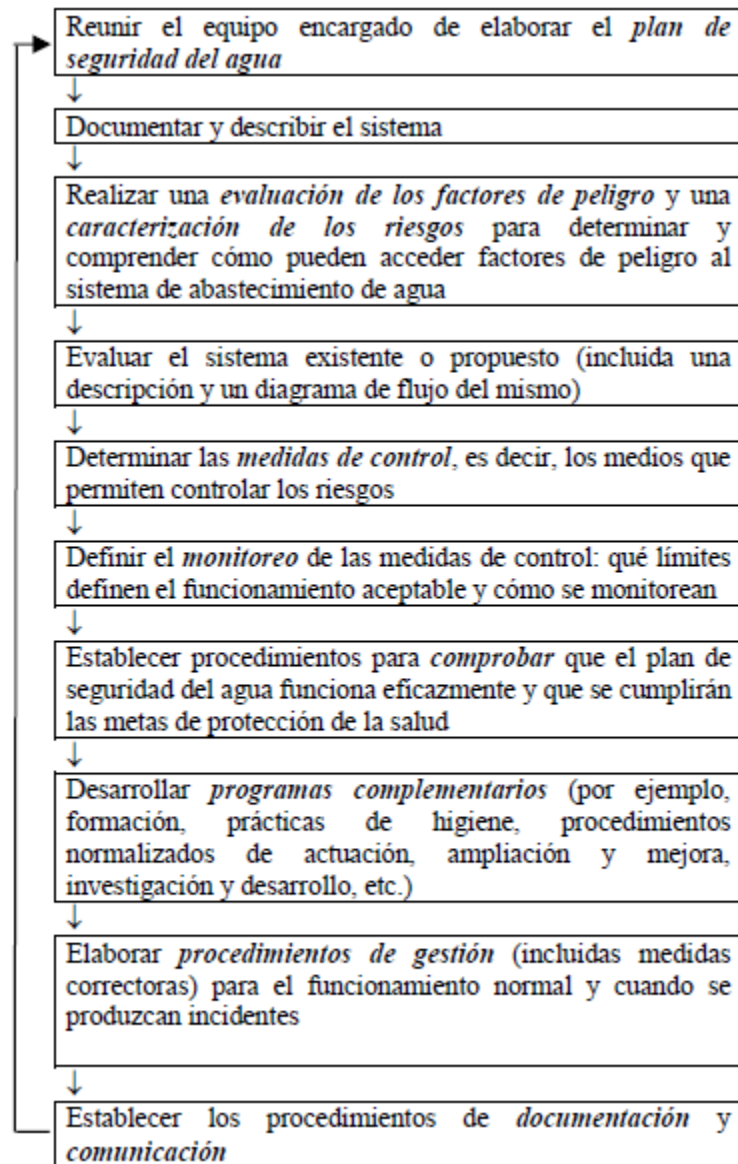


Figura 3.4 Resumen de las etapas fundamentales de la elaboración de un PSA.  
Fuente: (WHO, 2004)

La identificación de riesgos de manera conjunta entre los miembros de las ASADAs genera que se dé un compromiso por mejorar la situación actual. La percepción de las características del riesgo, en conjunto con las creencias causales moldea la visión y la importancia que se le da a este. En general, las personas apoyan políticas que ellos esperan sean efectivas en la reducción de los riesgos percibidos como mayores. Si una comunidad percibe que no hay cambios en el abastecimiento de agua cuando en realidad sí los hay, puede que no respondan a las estrategias que se generen, al punto de afectar la salud y el bienestar humanos y llevando así a incrementar la vulnerabilidad (Baltodano Fuentes, 2012).

En muchas regiones se tiene una visión limitada de los problemas relacionados con los recursos hídricos de su territorio (de Andrade Santana et al., 2019). Y La determinación de la seguridad, o de qué riesgo se considera aceptable en circunstancias concretas, es un asunto que concierne al conjunto de la sociedad.

Un concepto importante para mejorar la seguridad del agua de consumo es la realización de mejoras progresivas conducentes a la consecución de objetivos a largo plazo. Ya que las prioridades establecidas para remediar los problemas más urgentes pueden vincularse a objetivos de mejora a largo plazo. Según lo indicado por WHO (2004), deben crearse sistemas de documentación y mecanismos adecuados para facilitar el compromiso y la participación de los interesados. En el caso de este estudio se puede aplicar lo anterior, con los planes de seguridad del agua y la aplicación de herramientas de evaluación de riesgo como GIRA, creando una línea base e insumos que permiten que esto suceda.

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la realización del PSA en el acueducto de Pita Rayada, se siguió la guía de la “Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores del agua de consumo” (OMS, 2009) desarrollada por la OMS, así como International Water Association (IWA). Adicionalmente se aplicaron las herramientas GIRA del PNUD y la herramienta SERSA del Ministerio de Salud, como herramientas complementarias al PSA.

Las principales etapas que se abordaron fueron: Descripción general del acueducto, evaluación, determinación de los riesgos, evaluación de los riesgos presentes, propuestas de medidas de mejora y mitigación de riesgos.

La herramienta SERSA del Ministerio de Salud se aplicó como parte del diagnóstico, la evaluación y la identificación de riesgos de los componentes del sistema. Por otra parte, la herramienta GIRA fue utilizada como ayuda complementaria en varias etapas como evaluación del sistema y medidas de mejora, sin embargo, la herramienta GIRA permite la evaluación y gestión de riesgo por sí sola, y por lo tanto sus resultados se utilizaron y discuten de forma individual en este documento.

### **4.1 PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA**

La metodología del PSA consiste en una estrategia de gestión de los riesgos que actúa en todo el trabajo que se realiza en un servicio de abastecimiento, para proporcionar agua inocua de forma continua. El PSA debe ser dinámico y práctico, y no simplemente un procedimiento operativo más. Un PSA no puede ser únicamente un estudio teórico, sino que debe incluir visitas a las instalaciones para verificar la información y los sistemas del proceso con los que cuenta el servicio de abastecimiento de agua. En las visitas a las instalaciones debe recabarse la opinión de quienes prestan sus servicios en el acueducto como administradores y personal operativo quienes son los encargados del buen funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de agua (OMS, 2009).

En este caso, el desarrollo del PSA, se realizó mediante visitas a los diversos componentes del sistema, y mediante reuniones presenciales en las cuales se discutía cada una de las etapas, y mediante la implementación de actividades dinámicas que incluía la participación de todas

las personas integrantes del equipo de PSA, se recolectó toda la información necesaria para crear la propuesta de PSA para el acueducto de Pita Rayada.

#### 4.2 FORMACIÓN DE EQUIPO DE PSA

Esta etapa consiste en reunir a un equipo de personas del servicio de abastecimiento de agua, y también, en algunos casos, de un grupo más amplio de interesados, que tendrán la responsabilidad colectiva de comprender el sistema de suministro de agua y determinar qué peligros pueden afectar a la calidad y seguridad del agua a lo largo de la cadena de suministro. El equipo de PSA fue integrado por la junta directiva del acueducto de Pita Rayada, el presidente de la ASADA de Pilangosta, miembros de la comunidad, y mi persona (estudiante tesista, Wendy Salazar). Con este equipo se realizaron un total de 10 sesiones presenciales, una vez por semana, durante los meses de julio a setiembre del 2021. Mediante estas sesiones se realizaron todas las actividades que comprenden el desarrollo del PSA y de la aplicación de la herramienta GIRA. Estas sesiones se realizaron en las aulas de la escuela pública de la comunidad de Pita Rayada

#### 4.3 DIAGNÓSTICO

Para la realización de la evaluación de la situación actual de los riesgos de los componentes del acueducto, se realizó mediante visitas de campo a los diferentes componentes del acueducto. La primera visita se realizó el 20 de julio del 2021, en horas de la mañana, con la participación del administrador del acueducto, don Félix Elizondo. En esta visita se analizó y se observó el estado de todos los componentes, se recolectaron todos los datos necesarios, así como fotos de cada componente, para conocer la situación actual y para realizar posteriormente un análisis de mayor profundidad con el equipo del PSA. Además, se realizó la aplicación de la herramienta SERSA mediante los cuestionarios en cada componente del acueducto.

La segunda visita de campo se realizó el 29 de julio del 2021 para visitar la fuente superficial de la quebrada la Perdiz, ya que en la primera visita no pudimos tener acceso a ésta. Finalmente, la tercera visita se realizó el 9 de octubre del 2021 para terminar de recolectar datos sobre aspectos de seguridad y terminar de verificar la información recolectada

anteriormente, con el fin de tener un diagnóstico completo y suficiente información para analizar correctamente todos los riesgos y peligros presentes. Toda esta información recolectada en las visitas fue compartida, estudiada y analizada posteriormente con el equipo del PSA.

#### **4.3.1 Sistema Estandarizado de Regulación de Salud**

SERSA se aplicó como parte de la evaluación e identificación de riesgos de los componentes del sistema. Los cuestionarios aplicados fueron: Fuentes de agua (nacientes y superficial), tanques de almacenamiento, desinfección, línea de conducción y línea distribución. Se aplicó un cuestionario por cada componente. Cabe recalcar que los cuestionarios empleados son una adaptación de los cuestionarios SERSA del decreto 38924-S del Reglamento para la calidad del agua potable (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015), los cuales siguen la misma línea de evaluación. Esta evaluación se realizó el día 20 de julio del 2021. Los resultados de los cuestionarios de SERSA se encuentran en el apéndice 1 y se discuten más adelante en el apartado 5 de este documento.

#### **4.3.2 Herramienta de Gestión Integral de Riesgos en ASADAs**

GIRA es una herramienta de gestión de riesgos la cual está programada en excel, con el fin, que a través del ingreso de datos específicos del acueducto y contestando los formularios y preguntas solicitadas, se pueda conocer el estado de vulnerabilidad del acueducto y además sugiere medidas de mejora según la situación de riesgos obtenida.

La herramienta también fue aplicada como parte del diagnóstico y evaluación del sistema actual, de manera que se conoció el estado de vulnerabilidad que posee el acueducto de Pita Rayada. La misma se desarrolló con la participación de los miembros del equipo de PSA mediante 4 sesiones presenciales, entre los meses de setiembre y octubre del 2021, en las cuales se realizaban actividades y se iba anotando los datos y las preguntas de la herramienta GIRA en el programa en Excel.



#### 4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La descripción detallada del sistema de suministro de agua es necesaria para el proceso de evaluación de riesgos subsiguiente. En esta etapa se debe proporcionar información suficiente para determinar qué puntos del sistema son vulnerables a eventos peligrosos, los tipos de peligros relevantes, y las medidas de control.

Para la descripción del sistema del acueducto de Pita Rayada, se utilizaron dos procedimientos. El primero fue la descripción del sistema como lo indica el manual del PSA, sin embargo, como bien lo explica este manual, no existe una metodología como tal a desarrollar para la realización del PSA, por lo anterior se decidió hacer una descripción por parte de los miembros del equipo del PSA, con la participación de mi persona (estudiante tesista), haciendo uso de la siguiente metodología: con las fotos recolectadas en las visitas de campo, se proyectaron y se mostraron a todo el equipo del PSA de forma que en subgrupos formados por los miembros de las sesiones, se describiera cada uno de los componentes tomando en cuenta las siguientes características: dimensiones, medidas de seguridad (candado, malla, tapa), frecuencia de limpiezas, materiales, ubicación, entre otros. Con la descripción dada por los miembros del equipo y las consideraciones de mi persona, se llegó a una descripción detallada y actualizada del sistema de suministro de agua. En esta misma etapa se desarrolló un diagrama de flujo para conocer cada uno de los procesos, el flujo del agua.

Por otra parte, el segundo procedimiento fue haciendo uso de la herramienta GIRA, siguiendo todos los pasos que la herramienta trae como tal. Estos resultados se complementaron con el primer procedimiento desarrollado como parte de la guía del PSA.

#### 4.5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

Haciendo uso de las herramientas SERSA y GIRA, se procedió con la evaluación del sistema. En este caso se analizaron los formularios de SERSA, así como los resultados obtenidos, a todos los miembros del equipo del PSA, para que ellos observaran e identificaran cual era el estado actual de los riegos o las deficiencias presentes en cada componente del acueducto. Además, como parte de la herramienta GIRA, se aplicaron los cuestionarios para evaluar las vulnerabilidades del sistema en 4 áreas: sanitaria, infraestructura, administrativa y operativa.

Cabe destacar que para la determinación de la vulnerabilidad sanitaria que emplea la herramienta GIRA, se utilizan los cuestionarios de SERSA.

#### 4.6 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Esta etapa consiste en identificar todos los posibles peligros de tipo biológico, físico y químico asociados con cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo que pueden afectar a la seguridad del agua, así como determinar todos los peligros y eventos peligrosos que pueden contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento. Se deben considerar todos los aspectos del sistema de abastecimiento (incluyendo la captación, fuentes de agua y hacer referencia al diagrama de flujo para la potabilización y distribución). La determinación de los peligros se realiza mediante visitas sobre el terreno además de análisis de la documentación disponible del acueducto. La inspección visual de aspectos como las zonas adyacentes a los puntos de captación y los demás componentes puede revelar peligros que no se habrían detectado mediante análisis de la documentación.

El proceso realizado en este proyecto fue el siguiente; una vez que se tiene la descripción del sistema, y se conoce la situación actual, se realizó la identificación de peligros y la determinación de los riesgos presentes en los diferentes componentes del acueducto. El procedimiento consistió en analizar cada componente por separado (cinco captaciones de nacientes, una captación superficial, un pozo, cinco tanques de almacenamiento, un tanque de reunión, la desinfección, la línea de distribución y la línea de conducción), mediante la ayuda de un video beam se proyectaban las fotos de cada componente, y con la participación de los miembros del equipo del PSA, se planteaban y se contestaban las siguientes preguntas: “¿qué podría pasar aquí o qué podría salir mal aquí?”; es decir, qué peligros o eventos peligrosos podrían producirse.

Una vez identificados todos los posibles peligros y riesgos, se enlistaron de acuerdo con los que poseía cada componente, para posteriormente continuar con la siguiente etapa, y evaluar cada uno de estos peligros y analizarlos por separado dependiendo de las características y el estado de vulnerabilidad de cada componente.

Cabe destacar que los peligros identificados no son solo los mencionados por los miembros del equipo del PSA, sino que también los observados e identificados por la persona experta que realizó las visitas de campo a cada uno de los componentes.

#### 4.7 EVALUACIÓN DE PELIGROS

El riesgo asociado a cada peligro puede describirse determinando la probabilidad de que se produzca (por ejemplo, “segura”, “posible” o “excepcional”) y evaluando la gravedad de las consecuencias en caso de producirse (por ejemplo, “insignificantes”, “graves” o “catastróficas”). El objetivo debe ser distinguir entre riesgos significativos y riesgos menos significativos. Esto se logra elaborando un cuadro en el que se registran de forma sistemática todos los posibles eventos peligrosos y peligros asociados, junto con una estimación de la magnitud del riesgo.

En este caso se utilizó el método semicuantitativo sugerido en guía del PSA de la OMS, el cual comprende la estimación de la probabilidad o frecuencia y la gravedad o consecuencia. En la figura 4.1, se muestra la matriz de este método.

		Gravedad de la consecuencia				
		Efecto nulo o insignificante - Clasificación: 1	Efecto en el cumplimiento leve - Clasificación: 2	Efecto organoléptico moderado - Clasificación: 3	Efecto reglamentario grave - Clasificación: 4	Efecto catastrófico en la salud pública - Clasificación: 5
Probabilidad o frecuencia	Casi siempre / Una vez al día - Clasificación: 5	5	10	15	20	25
	Probable / Una vez por semana - Clasificación: 4	4	8	12	16	20
	Moderada / Una vez al mes - Clasificación: 3	3	6	9	12	15
	Improbable / Una vez al año - Clasificación: 2	2	4	6	8	10
	Excepcional / Una vez cada 5 años - Clasificación: 1	1	2	3	4	5
Puntuación del riesgo		<6	6-9	10-15	>15	
Clasificación del riesgo		Bajo	Medio	Alto	Muy alto	

Figura 4.1 Método semicuantitativo basado en la matriz de riesgos.  
Fuente (OMS, 2009).

#### 4.8 MEDIDAS DE MEJORA

Los planes de mejora o modernización pueden incluir programas a corto, medio o largo plazo. Pueden necesitarse recursos considerables y, por consiguiente, debe realizarse un análisis pormenorizado y una clasificación cuidadosa de los riesgos de conformidad con la evaluación del sistema. Puede ser oportuno establecer un orden de prioridad de las mejoras y realizarlas

en varias fases. La ejecución de los planes de mejora o modernización debe controlarse para confirmar que las mejoras se han realizado, que son eficaces y que se han realizado las actualizaciones pertinentes del PSA. Debe asignarse a cada mejora definida una fecha de ejecución y un “responsable” que se ocupe de la ejecución.

De esta manera, luego de haber evaluado los peligros y clasificarlos según su nivel de riesgo en bajo, medio, alto, o muy alto, se procedió a realizar otro cuadro donde para cada peligro, se buscó una solución o medida de mejora. Estas medidas de mejora fueron propuestas en conjunto con los miembros del equipo del PSA, y con la supervisión de la persona experta, de forma que las medidas de mejora fueran eficientes y las indicadas para cada tipo de peligro y para cada componente. Además, en el cuadro de mejoras realizado, también se incluía un plazo de tiempo aproximado, un monto aproximado de inversión, y quienes serían los responsables de implementarlas y darles seguimiento. El plazo de tiempo se estimó según la dificultad y la accesibilidad de implementar dichas mejoras, sin embargo, queda a criterio del equipo del PSA si seguir la guía de priorización del nivel de riesgo de los peligros e implementar primero las medidas que corresponden a los riesgos más altos.

Además de las medidas de mejoras hechas y propuestas detalladamente por el equipo del PSA y la persona experta, también se tienen las medidas de mejora que sugiere la herramienta GIRA según la evaluación de los riesgos y vulnerabilidades que esta herramienta realiza. Así mismo, se tiene un cuadro de monitoreo donde se puede verificar el estado de continuidad, aplicación y realización de estas medidas de mejora. Cabe destacar que la herramienta GIRA es programada en Excel por lo tanto las medidas de mejora son automáticas y generalizadas. Finalmente, con todos los datos recolectados en las visitas a campo, las sesiones realizadas con el equipo del PSA, e investigación propia, y el análisis detallado de todos los peligros y riesgos, y sus respectivas medidas de mejora, se pudo concluir el respectivo documento de PSA del acueducto de Pita Rayada.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 LIMITACIÓN DEL PROYECTO PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA

La ASADA de Pilangosta se ubica en el cantón de Hojancha, de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Esta ASADA está compuesta por dos Acueductos: el Acueducto de Pilangosta, que abastece a la comunidad de Pilangosta, y el Acueducto de Pita Rayada, el cual abastece a la comunidad de Pita Rayada. Este proyecto tiene como alcance realizar un Plan de Seguridad del Agua para el acueducto de Pita Rayada, el cual, aunque pertenece a la ASADA de Pilangosta, trabaja de forma independiente, con una comunidad diferente y con su sistema de abastecimiento propio.

#### 5.1.1 Conformación del equipo de PSA

La conformación del equipo del Plan de Seguridad del Agua se realiza con el objetivo de dar seguimiento, así como cumplir de la mejor manera todo lo acordado en el Plan. En el Cuadro 5.1 se presentan los representantes del Acueducto de Pita Rayada que participaron en las sesiones del PSA.

*Cuadro 5.1 Equipo de PSA del acueducto de Pita Rayada*

<b>Nombre</b>	<b>Apellido</b>	<b>Puesto</b>
Emel	Rodríguez	Presidente
Félix	Elizondo	Administrador
Ovidio	Elizondo	Usuario
Liliana	Elizondo	Tesorera
Juan Carlos	Elizondo	Fontanero
Lucía del Carmen	López	Usuaría

#### 5.1.2 Equipo de soporte

Se incluye el personal de la Liga Comunal del Agua, los actores principales de la comunidad tales como los vecinos, instituciones públicas, ONG's, comercios, Ministerio de Salud, la Municipalidad, la Asociación de Desarrollo, entre otros actores, los cuales son parte integral

en el desarrollo del PSA, de forma que pueden apoyar, colaborar y contribuir en acciones del proceso de elaboración del PSA de forma conjunta de apoyo al acueducto y a la comunidad usuaria. En el Cuadro 5.2 se muestran los actores involucrados en el equipo de soporte del PSA del acueducto de Pita Rayada.

*Cuadro 5.2 Equipo de soporte del PSA.*

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>	<b>Puesto</b>	<b>Función en el equipo PSA</b>
Eduardo Pineda	Municipalidad	Alcalde de la Municipalidad de Hojancha	Colaboración en recursos económicos y en préstamo de servicios de maquinaria pesada.
María Venegas	PNUD	Representante en Guanacaste	Posibles fondos no reembolsables Capacitaciones
Steve Mack	Fondo Comunitario Guanacaste	Representante en Guanacaste	Posibles fondos para donaciones.
Catalino Carrillo Carrillo	Asociación de Desarrollo Integral de Huacas	Presidente	Ayuda comunitaria.
Karina Díaz	Comité cantonal de emergencias	Presidenta	Colaboración en situaciones de riesgo y emergencia.
Ronald Vargas	A y A	Promotor Social	Colaboración directa por parte del AyA. Asesoría técnica.
Stephanny Carvajal	Ministerio de Salud	Funcionaria encargada de gestión ambiental	Colaboración en situaciones de riesgo y emergencias.
Emel Rodríguez	Liga Comunal del Agua	Presidente de la Liga Comunal del Agua	Capacitaciones, asesorías técnicas, instalación y venta de insumos.

## 5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 5.2.1 Contexto Geográfico

El acueducto de Pita Rayada inició sus labores en el año 1971. En un principio fue un acueducto independiente, muy pequeño para consolidarse como ASADA, es por esto que para el año 2020, se dio un proceso de integración en el cual, este acueducto de Pita Rayada se unió a la ASADA de Pilangosta. De esta forma, la ASADA se convierte en el administrador de dos acueductos: Pilangosta y Pita Rayada, pero cada acueducto tiene juntas administrativas independientes, así como temas de operación y financieros también son independientes.

El acueducto de Pita Rayada posee 78 abonados, abastece a una población de 273 habitantes aproximadamente. Las personas que están encargadas de operar este acueducto son: Administrador: Félix Elizondo, Tesorera: Liliana Elizondo y fontanero: Juan Carlos Elizondo. Además, cuentan con el apoyo de la junta administrativa de la ASADA Pilangosta. En la Figura 5.1 se puede observar un mapa elaborado en QGIS, de los principales componentes que forman el acueducto de Pita Rayada, ubicados geo espacialmente, mediante la aplicación móvil de GPS, Mobile Topographer.

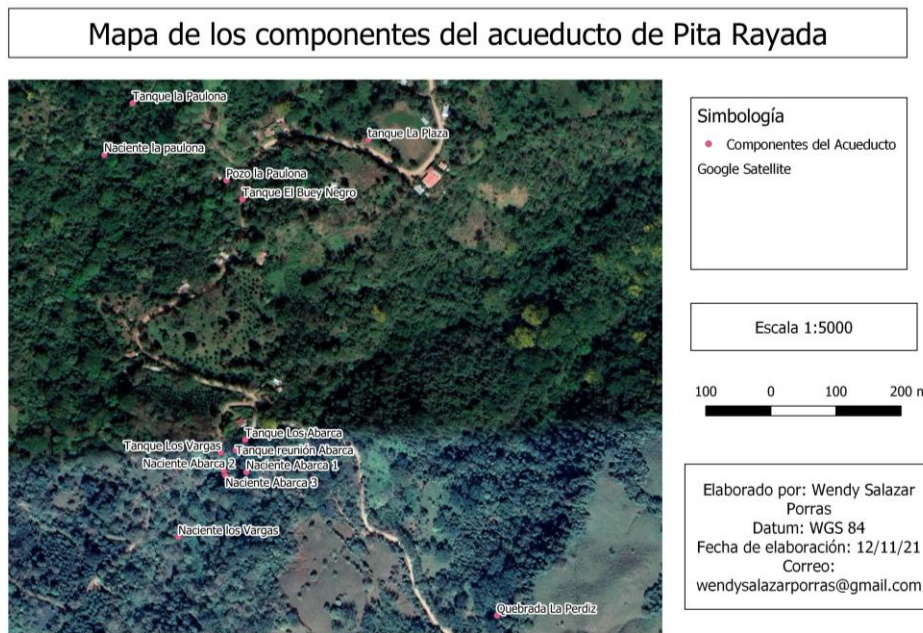


Figura 5.1 Mapa de la comunidad y los componentes de del acueducto de Pita Rayada.  
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 5.3 se muestran los componentes del acueducto de Pita Rayada con sus respectivas coordenadas geográficas.

*Cuadro 5.3 Coordenadas geográficas de los componentes del acueducto de Pita Rayada.*

<b>Componente</b>	<b>Altitud (metros sobre el elipsoide)</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Naciente la Paulona	543.99	10.038132	-85.388006
Naciente Abarca 1	639.10	10.033735	-85.385996
Naciente Abarca 2	606.35	10.033757	-85.386317
Naciente Abarca 3	629.80	10.033686	-85.386288
Naciente los Vargas	656.15	10.032827	-85.386942
Quebrada la Perdiz	583.44	10.031758	-85.382476
Pozo la Paulona	571.86	10.037785	-85.386293
Tanque Alm. la Plaza	533.32	10.038352	-85.384311
Tanque Alm. el Buey negro	561.58	10.037522	-85.386065
Tanque Alm. la Paulona	517.74	10.038851	-85.387611
Tanque Alm. los Abarca	625.55	10.034183	-85.386014
Tanque Alm. Los Vargas	628.56	10.034004	-85.386354
Tanque de reunión Abarca	633.96	10.034040	-85.386146

### **5.2.2 Descripción general del sistema**

El acueducto de Pita Rayada posee dos sistemas de abasto de agua, cinco nacientes, un pozo y una fuente superficial de una quebrada, la cual se usa únicamente en épocas críticas, como lo es la época seca, cuando las fuentes de agua de nacientes no son suficientes para cumplir con la demanda de agua para atender la comunidad. Además, se cuenta con cinco tanques de almacenamiento, de los cuales solo dos poseen sistema de desinfección. Los sistemas de nacientes y fuentes superficiales funcionan por gravedad.

Las nacientes se nombran de la siguiente manera: “abarca 1,2 y 3”, “La Paulona” y “Los Vargas”; el pozo denominado “pozo La Paulona” y una quebrada denominada “La Perdiz”; cinco tanques de almacenamiento llamados “Tanque La Plaza”, “Tanque La Paulona”,



“Tanque el Buey Negro”, “Tanque Los Abarca” y “Tanque los Vargas”. Además, se tiene dos sistemas de desinfección, ubicados en el “Tanque los Abarca” y en el “Tanque la Plaza”. El caudal captado de la naciente los Vargas pasa al tanque de los Vargas, no se realiza desinfección, y se distribuye agua cruda sin desinfección a dos casas. El rebalse del tanque los Vargas se dirige al tanque de reunión Abarca. Este tanque de reunión, además, de tener como caudal de entrada el rebalse de tanque los Vargas, también le ingresan los caudales de las nacientes Abarca 1, 2 y 3, para un total de 4 caudales de entrada. Este tanque de reunión Abarca lleva el agua de las citadas fuentes directamente al tanque de almacenamiento de los Abarca.

En el tanque Los Abarca se tiene desinfección; este es un clorador de cámara seca y el cloro se proporciona por medio de pastillas de Hipoclorito de Calcio. Seguidamente el caudal de salida de Los Abarca forma parte de la red principal, para distribuir agua clorada a una parte de la comunidad (15 casas aproximadamente).

La red de conducción que sale del tanque de Los Abarca se une con la red de conducción del tanque de almacenamiento del Buey Negro.

El pozo y el tanque Buey Negro se encuentran ubicados en una misma propiedad, el agua extraída del pozo es bombeada a este tanque, actualmente no se posee sistema de desinfección. El tanque de almacenamiento el Buey Negro se une a la red principal, con el caudal que proviene del tanque Los Abarca. En épocas de lluvia, las nacientes dan abasto, y en este periodo se utiliza del pozo, por lo anterior el flujo de agua por la red principal es solo, el agua proveniente del tanque Los Abarca y en ocasiones se le agrega el caudal del tanque de almacenamiento del Buey Negro para reforzar si es necesario. En época seca (pocas lluvias) la situación es crítica y se realiza el cierre de la conexión con el tanque de almacenamiento de Buey Negro, se procede al bombeo del pozo y se lleva la red principal., y se procede con la distribución a una parte de la población, importante anotar que el agua del pozo no posee desinfección.

De esta forma al tanque de La Plaza le entra el caudal de la red principal con el agua proveniente del tanque Los Abarca, y además el agua del tanque de Buey Negro, en caso de que se utilice el pozo como se explicó anteriormente. En el tanque de La Plaza también se posee desinfección. Como el caudal de entrada (que proviene del Tanque los Abarca), ya viene clorada, en ocasiones las concentraciones de cloro se alteran (sobre carga de cloro). En

época seca, al utilizarse el pozo y recibir este caudal como entrada, se cierra la llave que conduce el agua del tanque Los Abarca para que abastezca a las casas que están en sectores anteriores, y de esta forma se deja pasar el agua del tanque del Buey Negro, de manera que en ese tipo de situaciones existe desinfección únicamente en el agua que proviene del pozo. Por otra parte, se tiene la captación de la naciente de la Paulona, la cual se dirige al tanque de almacenamiento la Paulona. Este tanque no posee desinfección.

Por último, se tiene la caja de llaves donde se controlan las tuberías que vienen de la red principal (proveniente de tanque La Plaza), y la tubería que proviene del tanque la Paulona. en época lluviosa, cuando la naciente La Paulona tiene suficiente agua, se utiliza esta fuente de agua para distribuirla a la última sección de la comunidad, y como se explicó anteriormente, hay un sector de aproximadamente 27 casas que reciben agua cruda.

Así mismo, en época seca, la Naciente la Paulona no es suficiente para abastecer este sector, por lo tanto, se cierra esta tubería en la caja de llaves, y se abre la que proviene del tanque de almacenamiento La Plaza, por lo tanto, en época seca este sector de 27 casas si recibe agua con desinfección.

La distribución se puede observar en el diagrama de flujo en la Figura 5.2.

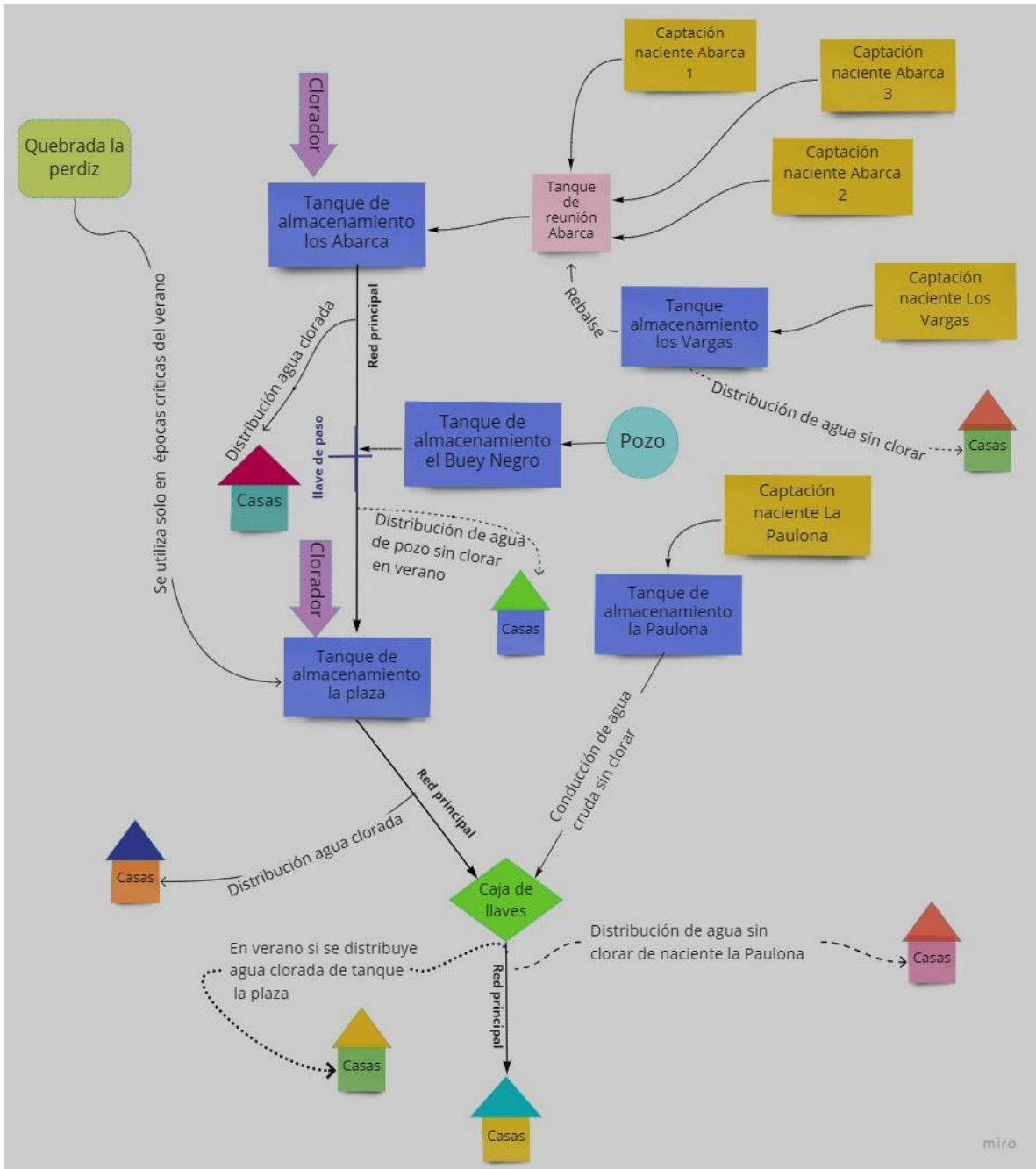


Figura 5.2 Diagrama de flujo del acueducto de Pilangosta.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3 Captaciones de Nacientes

#### *Naciente la Paulona*

La naciente la Paulona está ubicada aproximadamente a 400 metros, de la calle principal de la comunidad de Pita Rayada. Se puede ingresar primeramente en motocicleta, y después se debe caminar aproximadamente 200 metros más.

Esta naciente posee una estructura de captación en concreto, de medidas aproximadas de 0,40 m x 0,50 m x 0,60 m. La estructura posee una tapa, en material de concreto, sin embargo, no se encuentra en las mejores condiciones ya que los bordes tienen forma irregular por donde se podrían infiltrar aguas de escorrentía y pequeños objetos, que pueden afectar la calidad del agua. (Figura 5.3; Foto 1).

En aspectos de aseo y limpieza, se puede observar la presencia de agua estancada en los extremos de la estructura, así como moho y algunas hojas.

También cabe destacar que a 25 metros de la estructura de captación pasa un pequeño riachuelo, que en épocas lluviosas su caudal puede crecer y afectar la estructura de captación, ya que el nivel del riachuelo crece y puede infiltrarse en la estructura de captación, modificando la calidad del agua de la naciente aumentando la turbiedad y la presencia de sedimentos. La estructura de captación posee unas paredes perimetrales de concreto (Figura 5.3; Foto 1), para evitar que el caudal del riachuelo no sobre pase la altura y no ingrese a la captación, sin embargo, esto no es suficiente, ya que no garantiza que el agua no ingrese a la captación.

En cuanto a la seguridad, no posee ningún sistema de protección, ya que no se cuenta con malla perimetral de protección y tampoco con candado de seguridad en la tapa. Tampoco cuenta con respiradero, y no tiene registros de medición de caudales o aforos periódicos.



Foto 1. Tapa y estructura de captación.



Foto 2. Paredes perimetrales de protección

Figura 5.3 Fotos de la estructura de captación Naciente La Paulona.  
Fuente: elaboración propia.

### ***Naciente Abarca 1***

La naciente Abarca 1, es la primera de las 3 nacientes de “Abarca”, llamadas así debido a que este es el apellido del dueño del territorio donde se localizan, junto con el tanque de reunión y el tanque de almacenamiento Abarca.

Posee una estructura de captación construida en concreto con dimensiones aproximadas de 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m, no posee tapa, pero se encuentra en proceso de construcción, tampoco posee candado o algún sistema de seguridad y no cuenta con malla perimetral (Figura 5.4).

No posee respiradero, y además se dificulta hacer aforos ya que la tubería de salida se encuentra subterránea. Cabe destacar que tampoco hay registros de las mediciones de caudal. La tubería de salida es en PVC, de una pulgada, el rebalse es de PVC y una pulgada.



*Figura 5.4 Foto de la estructura de captación de la naciente Abarca 1.  
Fuente: elaboración propia.*

### ***Naciente Abarca 2***

La naciente Abarca 2 posee una estructura deteriorada y con poca frecuencia de limpieza. Las paredes son de concreto en tres de sus extremos, con el objetivo de brindar protección, y en la parte de arriba como tapa se utiliza una lata de zinc, sin embargo, aún con esas medidas de protección existe la posibilidad que algún animal se pose sobre la estructura de la tapa, ocasionado un daño de la tapa y la captación quede libre a la descarga de aguas de escorrentía, objetos grandes o alguna sustancia contaminante.

A pesar de que posee unas paredes perimetrales de aproximadamente 1 metro de alto, estas no son suficientes para reemplazar la malla de protección perimetral, además, el perímetro que se forma entre ellas es muy angosto, lo cual dificulta el acceso en caso de hacer limpiezas, así mismo, la tapa es muy pesada, aspecto que también dificulta el proceso de limpieza.

La tapa no posee candado de seguridad, y tampoco respiradero. La tubería de salida es subterránea, y cabe destacar que no hay registros de las mediciones de caudal. Además, la

tubería de salida es la misma que utilizan como tubería de limpieza, lo cual dificulta aún más este proceso. Figura 5.5, Fotos 1 y 2.



*Figura 5.5 Fotos de la estructura de captación de la naciente Abarca 2.  
Fuente: elaboración propia.*

### ***Naciente Abarca 3***

La naciente Abarca 3, la estructura de captación fue remodelada hace poco y está en mejores condiciones (Figura 5.6, Foto 1). Estructura construida en material de concreto, posee una protección con paredes externas (Figura 5.6 Foto 2), que le proporcionan una seguridad adicional. Además, posee una tapa metálica color rojo, la cual protege a la naciente del ingreso de cualquier animal o de la infiltración de alguna sustancia o sólidos, sin embargo, la tapa aún no posee candado de seguridad.

Al igual que las nacientes anteriores de Abarca, no posee registros periódicos de mediciones de aforos, sin embargo, según lo indica el administrador y el fontanero, el caudal que tienen registrado que proporciona la naciente Abarca 3 es de 0,9 L/s, según las mediciones realizadas por ellos mismos.



Foto 1. Estructura de captación de la naciente Abarca 3.

Foto 2. Borde perimetral de concreto para la protección de la estructura de captación.

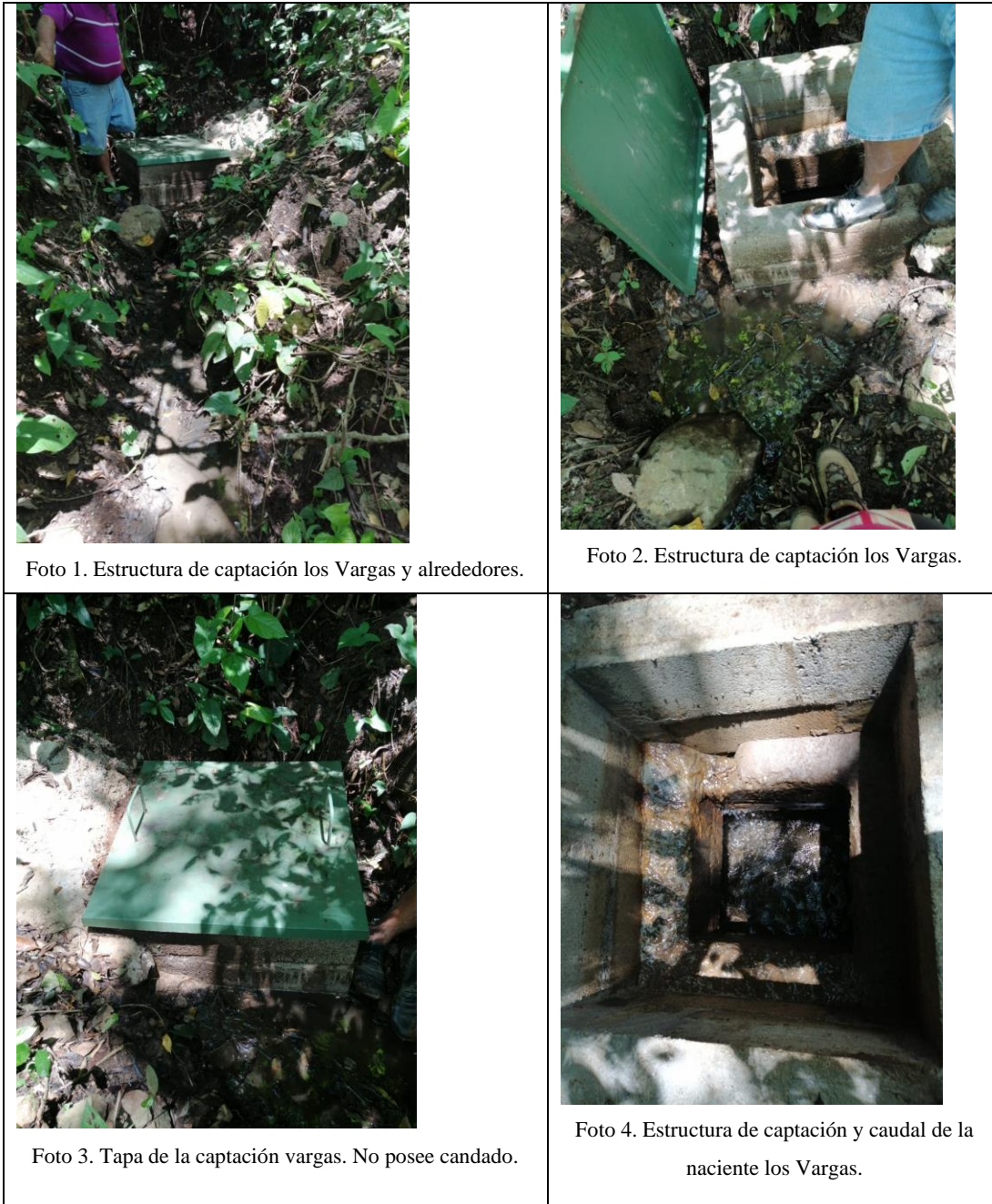
*Figura 5.6 Fotos de la estructura de captación de la naciente Abarca 3.  
Fuente: elaboración propia.*

### ***Naciente Los Vargas***

La naciente Los Vargas está ubicada arriba de las nacientes Los Abarca, (Figura 5.1) con una altitud de 659 metros sobre el elipsoide (mayor altitud de todas las nacientes), aproximadamente a 500 metros de la calle principal de Pita Rayada, su ingreso es caminando. La estructura de captación interna está hecha de concreto con medidas aproximadas de 0,3 m largo x 0,4 m ancho x 0,45 m de altura (Figura 5,7: Foto 4); y además posee unas paredes de protección en el borde perimetral (Figura 5.7: Foto 2) con dimensiones aproximadas de 0,4 m x 0,5 m x 0,3 m. Además, posee una tapa metálica de color verde (Figura 5.7: Foto 3) la cual se coloca sobre las paredes de protección, y de esta manera evita que se infiltre alguna sustancia contaminante o algún animal, sin embargo, queda expuesta al vandalismo ya que la tapa no posee candado de seguridad. Tampoco posee respiradero.

En la estructura de captación de Los Vargas ingresan dos nacientes, las cuales son recogidas en esta estructura, y que son conducidas hasta el tanque Los Vargas, en manguera de una pulgada. Cabe destacar que no posee malla de protección perimetral (Figura 5.7, Foto 1) y tampoco se han realizado aforos nunca.





*Figura 5.7 Fotos de la estructura de captación de la naciente los Vargas*

*Fuente: elaboración propia*

#### **5.2.4 Pozo la Paulona**

El acueducto de Pita Rayada posee únicamente un pozo, el cual fue construido en el año 2015 y se utiliza más que todo en época seca cuando las nacientes disminuyen su caudal y la oferta no es suficiente para la demanda de la comunidad; de esta manera el pozo actúa como una fuente de refuerzo. En la misma propiedad donde se ubica el pozo, se ubica el tanque el Buey Negro, donde se almacena el agua que es bombeada. Cabe destacar que en esta propiedad ubican estos dos componentes, el lugar completamente protegido por una malla perimetral (Figura 5.8, Foto 6), con su respectivo portón de ingreso y candado de seguridad.

El pozo es perforado y el diámetro del tubo es de 6 pulgadas. La profundidad del pozo es de 40 metros, y la bomba se encuentra sumergida a una profundidad de 35 metros. La salida del tubo se puede observar en la Figura 5.8; Foto 3, y en la foto 5, se observa el panel de control de la bomba y el pozo, la cual se encuentra dentro de una pequeña bodega ubicada contiguo al pozo (Figura 5.8; Foto 1).

El caudal mínimo del pozo es de 0,5 L/s. Durante la época lluviosa (meses de junio, julio agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero) la bomba trabaja aproximadamente 4 horas a la semana y en época seca (meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo) la bomba arranca cada 10 minutos y descansa media hora. La bomba puede operar sin que se seque el pozo durante 24 horas en época lluviosa, y en época seca, cuando el tiempo es crítico, solo 10 minutos continuos. En época seca el pozo se utiliza aproximadamente durante 5 horas por día.



Foto 1. Casetilla donde se ubica la bomba.



Foto 2: Administrador Felix Elizondo y estudiante Wendy Salazar, en visita al pozo.



Foto 3. salida del tubo desde lo hondo del pozo.



Foto 4. Candado se seguridad en el pozo.



Foto 5. Panel de control del pozo.



Foto 6. Propiedad y malla perimetral.

Figura 5.8 Fotos del Pozo la Paulona.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.5 Quebrada la Perdiz

La Quebrada Perdiz es la última fuente de agua del acueducto de Pita Rayada, es la única fuente de agua superficial en el acueducto. Esta quebrada se utiliza únicamente en los tiempos más críticos de la época seca, donde las nacientes no dan abasto con la demanda de agua de la comunidad.

La estructura de captación del agua superficial es simplemente una “chorrea” de cemento a la cual conectan una tubería de manguera de 2 pulgadas de diámetro, para que transporte el agua recolectada (Figura 5.9, Foto 2), posteriormente se hace una reducción a 1 pulgada de diámetro en tubería de manguera. No posee ningún tipo de rejilla o filtro que retenga sólidos grandes y sedimentos, tampoco se poseen desarenadores o alguna especie de filtro que sirva de pretratamiento. El agua simplemente es conducida desde la toma de la quebrada hasta el tanque de almacenamiento La Plaza, donde la entrada al tanque es en tubería de manguera de 1 pulgada de diámetro, donde se realiza la desinfección.

Cabe destacar que en el terreno donde se ubica la quebrada, aguas arriba aproximadamente a 50 metros, existe una casa, la cual puede ser posible que deseche sus aguas grises y residuales, ya que esta casita solo posee tubería, y no tienen ningún sistema de tratamiento, por lo tanto, podrían contaminar el agua de la quebrada. También es posible que, al estar ubicada en un potrero, se presente el ingreso ganado, o que haya presencia de animales silvestres como

monos, garrobos o ratas, por lo tanto, el agua de la quebrada también podría ser contaminada con heces de estos animales, ya que en la toma del agua de la quebrada no existe ningún tipo de protección y se encuentra completamente a la intemperie (Figura 5.9, Foto 1).

Cabe destacar que, al no ser una fuente oficial, no se realizan exámenes de calidad periódicamente, no se le realiza control operativo y tampoco se realizan aforos.



Foto 1. Vista superior de la toma de agua de la Quebrada la Perdiz.

Foto 2. Vista inferior de la conducción de agua de la Quebrada la Perdiz.

*Figura 5.9 Fotos del estado actual de la captación de agua superficial de la Quebrada la Perdiz.  
Fuente: Elaboración propia.*

## 5.2.6 Tanques de almacenamiento

El acueducto de Pita Rayada posee 5 tanques de almacenamiento de agua, de los cuales solo 2 poseen el sistema cloración, por lo tanto, solo en los tanques de La Plaza y Los Abarca, tienen proceso de desinfección del agua antes de ser distribuida a la comunidad. Además, existe un tanque de reunión, el cual es el encargado de reunir los caudales de las 3 nacientes de Los Abarca, y el rebalse del tanque de los Vargas. A continuación, se detalla cada uno de los tanques que componen el sistema de Pita Rayada.

### ***Tanque de almacenamiento la Plaza***

Esta estructura como su nombre lo dice, está ubicado cerca de la plaza de la comunidad de Pita Rayada, en un costado de la carretera Hojancha-Huacas-Nandayure. Construido en concreto con medidas aproximadas de 5 m largo x 5 m ancho x 1,6 m altura, con paredes exteriores de color celeste. Su capacidad es de 40 000 litros. La tubería de entrada, salida y rebalse son de PVC y diámetro 1 pulgada, solo la tubería de limpieza es un diámetro de 2 ½ pulgada. No se poseen registros de aforos por lo tanto no hay datos del caudal de entrada al tanque. A este tanque ingresan los caudales del rebalse del tanque Los Abarca, y del tanque Buey Negro; en época seca, ingresa el caudal de la Quebrada la Perdiz.

No posee malla de protección, posee una acera en concreto perimetral en la base del tanque de 50 cm de ancho, lo cual no cumple con lo requerido que es de mínimo 1 metro. (Figura 5.10, Foto 3). No posee escalera externa, para poder subir a la parte superior del tanque, se utiliza una piedra; no posee escalera interna, y las paredes internas no poseen pintura.

En la parte superior se ubica solo una tapa de metal (Figura 5.10, Foto 2), la cual posee su respectivo candado de seguridad, sin embargo, no se puede observar bien el ingreso del agua al tanque. También es importante mencionar que no se tiene respiradero.

Cerca de la tapa, está ubicado el clorador, el cual funciona con pastilla, es importante mencionar que en este tanque no se tiene control de rebalse, por lo tanto, en ocasiones cuando el agua rebalsa y el fontanero no se da cuenta, se desperdicia agua clorada, generando gasto de cloro reflejado en gastos económicos para el acueducto y pérdida de agua.

Es importante mencionar que este tanque tiene una grieta en la mitad de la estructura debido a que se le puso una columna mediadora cuando se construyó, lo que provocó que se le hiciera esa grieta, por lo tanto, tiene fugas de agua, que además de provocar pérdida de agua, se genera humedad permanente en las paredes externas del tanque. (Figura 5.10, Foto 4).

Cabe destacar que la frecuencia de limpieza no es muy periódica, ya que según lo indica el personal de la ASADA, los tanques se limpian cada 6 meses.



Foto 1. Tanque la plaza, se puede apreciar la pintura, el clorador en la parte superior, y la piedra que se utiliza como escalera externa.



Foto 2. Tapa del tanque, se ve el ingreso de la tubería donde se realiza la cloración. Se dificulta observar la entrada de caudal al tanque por la posición donde esta ubicada la tapa.



Foto 3. Acera perimetral existente actualmente.



Foto 4. Lana de humedad provocada por la grieta en el tanque.

*Figura 5.10 Fotos del tanque de almacenamiento la Plaza.*

*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Tanque de almacenamiento la Paulona***

Está ubicado dentro de un potrero, para ganado, en el cual solo se puede acceder caminando, o en moto. Le ingresa el caudal de la naciente la Paulona (Figura 5.11, Foto 2), la captación se ubica aproximadamente a 250 metros.

Las dimensiones del tanque son 3 m ancho x 3 m largo x 2 m altura, con un volumen de almacenamiento de 18 000 litros, y está construido en concreto. No se encuentra en buen estado de pintura de las paredes exteriores (Figura 5.11, Foto 1), en las paredes internas no poseen pintura, por lo tanto, se dificulta observar el fondo del tanque. (Figura 5.11 Foto 4). Cabe destacar que este tanque posee condiciones más desfavorables y se realizan pocas acciones de limpieza.

Posee una tapa metálica, no posee candado de seguridad, así mismo la tapa no posee un borde de seguridad sanitaria para evitar el ingreso de agua al tanque (Figura 5.11, Foto 3). Por lo cual se encuentra vulnerable a cualquier tipo de contaminación o vandalismo.

No posee malla perimetral, ni la acera en concreto en la base del tanque perimetralmente, tampoco cuenta con escalera externa ni interna. Otro aspecto importante es que no se realiza desinfección al agua antes de ser distribuida a las casas generando un grave riesgo a la salud de las personas que la consumen. Tampoco se realizan aforos.





Foto 1. Tanque de almacenamiento la Paulona.



Foto 2. Tubería de entrada al tanque del caudal de agua que proviene de la naciente la Paulona.



Foto 3. Tapa del tanque de almacenamiento la Paulona.



Foto 4. Interior del tanque la Paulona, vista desde la tapa. No se puede observar con claridad el fondo del tanque.

*Figura 5.11 Fotos del tanque de almacenamiento la Paulona.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Tanque de almacenamiento el Buey Negro***

El tanque de almacenamiento el Buey Negro, se utiliza específicamente para recolectar el caudal que se obtiene del pozo, por lo tanto, si el pozo no se usa, este se mantiene vacío, de

lo contrario se mantiene lleno y su nivel de agua va a depender de la demanda. En este tanque no se tiene sistema de cloración, debido a que el agua va directamente al tanque La Plaza, donde si hay clorador; sin embargo, antes de llegar al tanque La plaza, si se distribuye a dos casas, sin tener ningún tipo de desinfección.

El tanque es de Polietileno, de color negro y tiene capacidad para almacenar un volumen de 22 000 litros de agua. La tubería que conduce el agua del pozo al tanque es de 1 ¼ pulgadas de diámetro de PVC, además posee una tubería de rebalse de 2 ½ pulgadas PVC; cabe destacar que la bomba está programada para que cuando el tanque rebalse, la bomba se apague.

El tanque no posee escalera externa ni tampoco interna, lo cual dificulta su acceso, tampoco posee candado en la tapa, sin embargo, el tanque se encuentra dentro de una propiedad cerrada con malla (Figura 5.12; Foto 1), la cual tiene su respectivo portón con candado (Figura 5.12; foto 2), por lo tanto, tiene una barrera de protección ante el acceso de personas ajenas a la administración, sin embargo, esta medida no sustituye la necesidad de candado de seguridad (Figura 5.12; Foto 4).

Así mismo el tanque no posee la acera perimetral requerida, solo un pequeño planché donde está montado (Figura 5.12; Foto 3); cabe destacar que no posee sujetadores o algún tipo de soporte que lo mantenga firme en el suelo, por lo tanto, existe alta vulnerabilidad de que se pueda volcar ante cualquier eventualidad o movimiento sísmico.



Figura 5.12 Fotos del tanque el Buey Negro.  
Fuente: Elaboración propia

### ***Tanque de almacenamiento los Vargas***

El tanque Los Vargas posee una capacidad de 1 000 litros. Como se puede observar en la Figura 5.13, Foto 1, es de color negro y de Polietileno. La tubería de entrada es de manguera de 1 pulgada de diámetro, y el agua proviene de la naciente Los Vargas, la cual está ubicada aproximadamente a 250 metros de distancia. De este tanque, se distribuye a dos casas en tubería de manguera de 1 pulgada de diámetro. El rebalse, se conduce al tanque de reunión

Los Abarca en tubería de manguera de 1 pulgada de diámetro. Cabe destacar que este tanque no posee desinfección, por lo tanto, se distribuye agua que no cumple normativa, a dos hogares de la comunidad de Pita Rayada.

El tanque no posee acera perimetral en la base del tanque, ni malla perimetral de protección, así como tampoco candado de seguridad en la tapa. No tiene sujetadores que le den algún tipo de soporte para evitar que se vuelque. No se hacen aforos regularmente, por lo que no tiene registros del caudal de ingreso. Además, no posee escalera externa ni interna para subir e ingresar al tanque, lo cual dificulta el acceso seguro a su interior. Tampoco posee respiradero.



Foto 1. Tanque de almacenamiento los Vargas, se puede observar la tubería de entrada y el planché de cemento en el que está ubicado.



Foto 2. Vista superior del tanque, se puede observar la tapa y el nivel de agua.

*Figura 5.13 Imágenes del tanque los Vargas.  
Fuente: Elaboración propia*

### ***Tanque de reunión Abarca***

El tanque de reunión Los Abarca, está construido en concreto, ubicado unos metros antes del tanque de almacenamiento de Los Abarca (Figura 5.14; Foto 1).

Posee de dimensiones 0,6 m de ancho x 0,6 m de largo x 1 m de alto, le ingresan las siguientes nacientes: Abarca 1, Abarca 2, Abarca 3, y el rebalse del tanque de Los Vargas, las tuberías

que conducen el agua a este tanque son en tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro. Las aguas recolectadas en este tanque de reunión son llevadas al tanque Los Abarca en tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro.

Como se puede observar en la Figura 5.14; Fotos 1 y 2, el ingreso de las tuberías no se encuentra en buenas condiciones, ya que la instalación de estas permite que haya fugas y parte del caudal de ingreso se desperdicie. Además, como se puede notar en la Figura 5.14; Foto 1, existen tuberías con daños los cuales deben ser remediados mediante el cambio del tramo con fugas con tubería nueva.

La pintura de las paredes del tanque se encuentra deteriorada, y además se puede observar que tienen un poco de lana y hojas en la superficie y extremos del tanque, por lo cual es recomendable que se aumente la frecuencia de limpieza y se pinte para darle protección a la estructura, un mejor aspecto y condiciones más higiénicas.

Tampoco posee malla de protección, y en la tapa no se tiene candado de seguridad que proteja el agua de cualquier tipo de contaminación, o para evitar algún acto de vandalismo (ver Figura 5.14; Foto 3).

Cabe recalcar que cuando el tanque Abarca se llena, automáticamente cierra su entrada, esto para evitar rebalse de agua ya clorada, situación que no se cumple en el tanque de reunión Los Abarca, donde el rebalse cae al cauce del río Abarca. Es importante mencionar que no se realizan aforos.



Foto 1. Tanque de reunión abarca. Se observa la entrada y salida de caudales.



Foto 2. Se observa como hay fugas de agua debido a la mala conexión de tuberías.



Foto 3. Tapa del tanque reunión abarca, aún no posee candado o sistema de seguridad.



Foto 4. Vista superior del tanque de reunión, se puede observar el nivel de agua.

*Figura 5.14 Fotos del tanque de reunión Abarca.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Tanque de almacenamiento Los Abarca***

El tanque los Abarca almacena el agua que proviene de las nacientes Abarca 1, 2 y 3, y el rebalse del tanque de los Vargas. Posee las siguientes dimensiones de 4 m ancho x 4 m largo x 2 m alto (Figura 5.15, Foto 1). La tubería de entrada al tanque es de 1 pulgada de diámetro de PVC (Figura 5.15, Foto 2). Cabe destacar que en este tanque hay desinfección, y que

además posee un sistema de boya (Figura 5.15, Foto 3), la cual una vez el tanque está lleno se cierra la entrada del agua.

En la parte superior del tanque se ubican 2 tapas con sus respectivos candados (Figura 5.15, Foto 4), donde se puede observar el ingreso del agua al tanque, y el estado del agua, al no estar pintado por dentro de un color claro, se dificulta observar cómo se encuentra realmente el agua. Cabe destacar que el tanque no posee acera perimetral en la parte baja de las paredes, ni malla perimetral, así como tampoco respiradero en la parte superior.

Este tanque es una de las estructuras principales, dado que aquí se almacena gran parte del agua de la comunidad. De este tanque se distribuye agua a 15 casas aproximadamente; el rebalse es conducido directamente al tanque La Plaza. En época seca, se clora en ambos tanques (La Plaza y Abarca), sin embargo, en época lluviosa, cuando hay suficiente agua y gran parte del agua distribuida desde el tanque Abarca se va directamente a almacenarse en el tanque La Plaza, la administración tomó la decisión de suspender la cloración en el tanque de la Plaza por reclamos de la comunidad al decir que el agua tenía mucho sabor a cloro.



Foto 1. Tanque de almacenamiento los Abarca.



Foto 2. Tubería de entrada al tanque los Abarca.



Foto 3. Entrada del caudal al tanque los Abarca.



Foto 4. Parte superior del tanque los Abarca, se pueden observar ambas tapas con su respectivo candado.

Figura 5.15 Fotos del tanque de almacenamiento los Abarca.  
Fuente: Elaboración propia.



### 5.2.7 Red de distribución y conducción

Las redes de distribución y conducción están construidas en tubería de PVC y en algunos tramos con manguera. En su mayoría se encuentra ubicada subterránea, existen algunos tramos a la intemperie, sin ningún soporte y protección. También hay presencia de pequeñas fugas que son reparadas provisionalmente, pero en algunos tramos es necesario que se cambie la tubería para que las fugas no sean recurrentes y evitar la aparición de estas.

A continuación, se muestra el Cuadro 5.4, con la información detallada de la línea de conducción, incluyendo longitud, material y el diámetro respectivo por tramo. Esta información fue recolectada en las sesiones de PSA, según lo indicado por el administrador y el fontanero del acueducto. Al no poseer croquis ni estudio técnico, estos datos son aproximados.

*Cuadro 5.4 Características de la línea de conducción.*

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Material</b>	<b>Diámetro</b>
Naciente Vargas	Tanque Vargas	200	Manguera	1 pulg
Tanque Vargas	Caja de registro	50	Manguera	1 pulg
Capt. Abarca 3	Caja de registro	30	PVC	1 pulg
Capt. Abarca 2	Caja de registro	20	PVC	1 pulg
Capt. Abarca 1	Caja de registro	20	PVC	1 pulg
Caja de registro	Tanque Abarca	100	PVC	1 pulg
Tanque Abarca	Tanque Plaza	600	PVC	1 pulg
Tanque pozo	Tanque Plaza	250	PVC	1 pulg
Captación la Paulona	Tanque Paulona	150	Manguera	1 pulg
Tanque la Paulona	Caja de llaves	900	Manguera	1 pulg

Así mismo se tiene la red de distribución principal. Estas están formadas por los siguientes tramos los cuales se muestran en el Cuadro 5.5. El procedimiento de recolección de los datos fue el mismo utilizado en la línea de conducción.

Cuadro 5.5 Características de la red de distribución.

Ramales	Longitud (m)	Material	Diámetro
La escuela	600	PVC	1 pulg
Anexo Escuela	600	PVC	½ pulg
Sector parte baja	50	PVC	½ pulg
Red principal	3000	PVC	2 pulg
Los Vargas	50	PVC	½ pulg

### 5.2.8 Sistema de desinfección

#### *Clorador del Tanque la Plaza*

El sistema de desinfección del tanque la Plaza consiste en un clorador de cámara húmeda, el cual había sido adquirido por medio del AyA (Figura 5.16, Foto 1).

Este clorador funciona con pastillas, las cuales se colocan en la estructura de plástico y estas al estar en contacto con el ingreso de un pequeño caudal de agua disuelve la pastilla de hipoclorito de calcio, de manera que el caudal de salida del clorador va a ser una solución de cloro, que luego ingresa al tanque y se mezcla con todo el volumen de agua que hay dentro del tanque.

No se tienen mediciones de la concentración de la solución de cloro que ingresa al tanque, ni del caudal de la solución de cloro que ingresa al tanque, así como tampoco registros de los niveles de cloro residual dentro del tanque. La frecuencia con que agregan pastillas de cloro es aproximadamente una pastilla por semana, según lo indica el fontanero del acueducto. Al no poseer boya, el sistema de desinfección clora durante el día y la noche, sin embargo, como la demanda es alta, en pocas ocasiones hay rebalse, según indica el fontanero. No obstante, esta situación no fue corroborada.

Cabe destacar que el clorador no posee un sistema de seguridad o una casetilla que lo proteja de factores externos como el sol y la lluvia, la cual puede deteriorar el material y disminuir su vida útil.



Foto 1. Clorador del tanque la plaza.



Foto 2. Entrada al tanque del caudal del clorador.



Foto 3. estructura interna del clorador

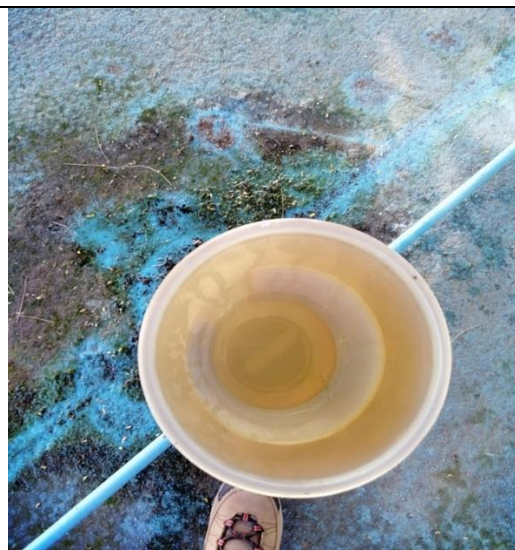


Foto 4. Lugar donde se coloca la pastilla de cloro.

*Figura 5.16 Fotos del clorador del tanque la plaza.  
Fuente: Elaboración propia.*

### ***Clorador tanque Los Abarca***

El clorador del tanque Los Abarca fue adquirido por medio de la Liga Comunal del Agua, donde los Ingenieros de esta institución son quienes lo construyen, de manera rudimentaria con tubos de PVC; es un clorador de cámara húmeda y cabe destacar que no poseen patente.

Este clorador opera con pastillas, funciona colocando una de estas dentro de la estructura de plástico, y una parte del caudal de agua de entrada ingresa al clorador, para que disuelva la pastilla, e ingrese una solución con cloro al tanque. Se desconoce la concentración de la solución de cloro que ingresa al tanque, no se realiza la prueba de cloro residual dentro del tanque de almacenamiento. No se lleva bitácora con registros de los niveles de cloro. El único dato que poseen es que agregan una pastilla de hipoclorito de calcio por semana.

Cabe destacar que el clorador no posee un sistema de seguridad o una casetilla que lo proteja de factores externos como el sol y la lluvia, la cual puede deteriorar el material y disminuir su vida útil. En la Figura 5.17; Fotos 1 y 2, se observa el clorador del tanque Los Abarca.

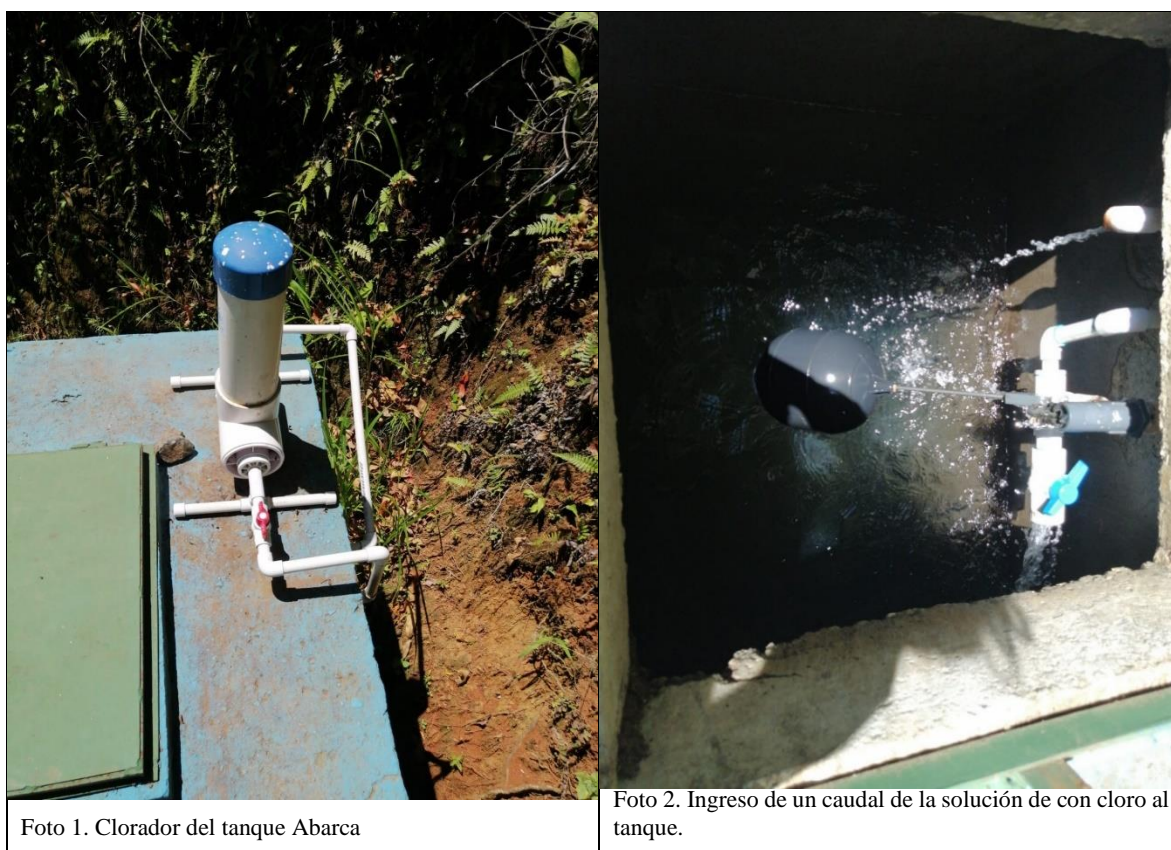


Figura 5.17 Fotos del clorador del tanque los Abarca.  
Fuente: Elaboración propia.

### ***Control Operativo***

El control operativo debe realizarse en cada una de las fuentes de agua o en la mezcla de todas las fuentes, que ingresa a la red de distribución, y con una frecuencia de una vez al mes, según la población que posee este acueducto y lo indicado en Reglamento de Calidad de

Agua Potable N°38924-S (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015) . Sin embargo, en este caso no se realiza de esta manera. El acueducto de Pita Rayada subcontrata el servicio de control operativo y las muestras son tomadas una vez al mes, únicamente en los grifos de dos hogares de la comunidad de Pita Rayada. También es necesario destacar que no realizan y no poseen registros de los análisis de calidad de agua del nivel 1, nivel 2, ni nivel 3.

Tampoco poseen registros diarios de las mediciones de cloro residual. Se desconoce la concentración de la solución cloro que se aplica en los tanques y la concentración de cloro que posee el agua en los tanques.

Los resultados del control operativo no cumplen con el Reglamento de Calidad de Agua Potable (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015), ya que en muchas ocasiones se observa que los niveles de cloro residual no cumplen con el rango permitido según el reglamento, el cual va de 0,3 a 0,6 mg/l. En conclusión, la desinfección no se está cumpliendo, y hay un gran riesgo que los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua que se le suministra a la comunidad.

Además, es necesario destacar los resultados de la turbiedad, ya que en varios casos sobrepasa el nivel alerta, cabe destacar que en este acueducto no existe ningún tipo de pretratamiento ni potabilización del agua, solo se da la desinfección con cloro, en dos de los tanques del sistema.

En la figura 5.18 se observan los resultados de los parámetros cloro residual y de la turbiedad, del control operativo del acueducto de Pita Rayada, en los meses de julio, agosto y septiembre del 2021, donde se puede observar como las concentraciones de cloro residual se encuentran en su mayoría por debajo del límite mínimo de cloro establecido, y la turbiedad está por encima de valor alerta establecido.

En el anexo 1 se muestran fotos de los reportes del control operativo, donde se indica donde se realizaron las muestras 1 y 2. Estas muestras son tomadas en las fuentes de agua de los hogares de la comunidad de Pita Rayada.

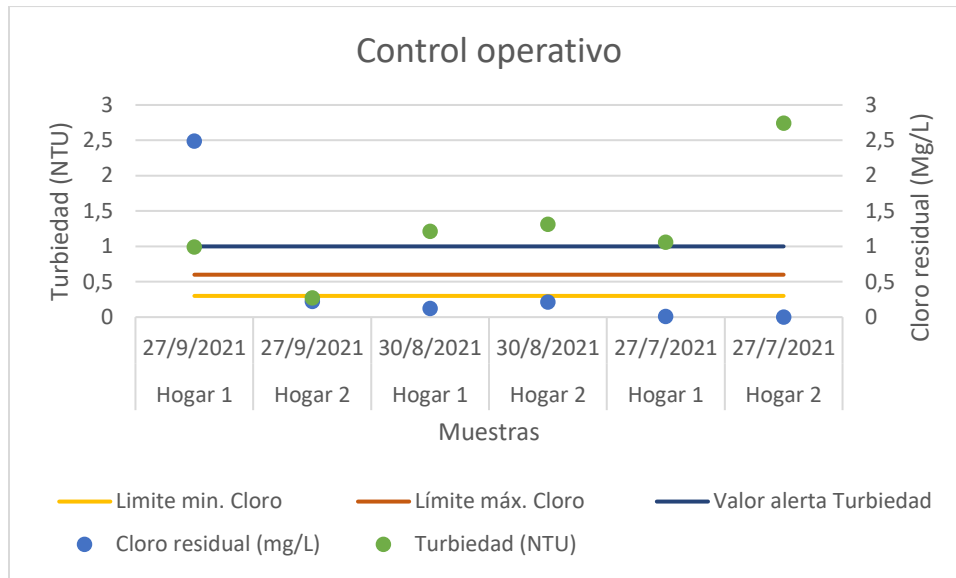


Figura 5.18 Resultados de control operativo de los meses de Julio, agosto y setiembre del acueducto de Pita Rayada.

### 5.3 DETERMINACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

#### 5.3.1 Determinación de peligros en el sistema de acueducto de Pita Rayada

Para la determinación de los peligros presentes en los diferentes componentes del acueducto de Pita Rayada, primeramente, se realizaron varias visitas a los distintos componentes, en compañía de Don Félix Núñez, administrador del acueducto de Pita Rayada. Las visitas se realizaron entre los meses de julio y octubre del año 2021, y mediante ellas, se pudo tomar fotografías y conocer el estado actual de los componentes.

Posteriormente en las sesiones de trabajo con el equipo de PSA, se analizó uno por uno cada componente, utilizando las preguntas y contestando “¿qué podría pasar aquí o qué podría salir mal aquí?”. De esta forma, se hizo un listado de cada uno de los peligros o eventos peligrosos que podrían suceder. En los Cuadros 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 y 5.11 se muestra un resumen de los peligros identificados.

***Peligros identificados en las fuentes de agua de tipo naciente***

*Cuadro 5.6 Peligros identificados en las captaciones de nacentes.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Captación La Paulona</b>	Aumento del cauce del río aledaño a la estructura de captación.
	La tapa de la estructura de captación se encuentra en mal estado. Estructura de la tapa en mal estado (bordes desalineados sin cierre hermético)
	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.
	Presencia de animales silvestres y ganado en las cercanías del terreno.
	Ausencia de candado.
	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.
	Ausencia de respiradero.
<b>Captación Abarca 1</b>	Ausencia de candado.
	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.
	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.
<b>Captación Abarca 2</b>	Ausencia de candado.
	Tapa en mal estado y muy pesada.
	Poca frecuencia de limpieza.
	Presencia de animales silvestres.
	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.
	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.
<b>Captación Abarca 3</b>	Ausencia de candado.
	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.
	Ausencia de malla perimetral
<b>Captación Los Vargas</b>	Ausencia de candado.
	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de malla perimetral
	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.

## ***Peligros identificados en los tanques de almacenamiento***

*Cuadro 5.7 Peligros identificados en los tanques de almacenamiento.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Tanque la Plaza</b>	Agrietamiento en las paredes del tanque.
	Ausencia de malla perimetral
	Ausencia de escalera interna
	Cercanía a la calle.
	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de acera perimetral.
	Rebalse no posee control
<b>Tanque la Paulona</b>	Posición del tanque en desnivel del suelo.
	Ausencia de candado.
	Ausencia de malla perimetral
	Ausencia de clorador.
	Ausencia de pintura interna y externa.
	Ausencia de escalera interna y externa.
<b>Tanque los Abarca</b>	Ausencia de acera perimetral.
	Ausencia de malla perimetral
	Ausencia de escalera interna y externa.
	Cercanía a la calle.
	Ausencia de respiradero.
<b>Tanque los Vargas</b>	Ausencia de acera perimetral.
	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.
	Ausencia de clorador.
	Ausencia de malla perimetral
	Ausencia de candado.
<b>Tanque El Buey Negro</b>	Ausencia de respiradero.
	Ausencia de escalera interna y externa.
	Ausencia de clorador.
	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.
<b>Tanque de reunión Abarca</b>	Ausencia de acera perimetral.
	Ausencia de cerca perimetral.
	Mal estado de pintura externa e interna.
	Conexiones de tubería de entrada en mal estado y con pequeñas fugas.
	Ausencia de respiradero.

## ***Peligros identificados en el Pozo.***

*Cuadro 5.8 Peligros identificados en el Pozo La Paulona.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Pozo la Paulona</b>	Ausencia de generador de energía externa en caso de que haya fallo eléctrico, o un fallo en la bomba. No hay fuente de suministro eléctrico de reserva.



### ***Peligros identificados en la fuente superficial***

*Cuadro 5.9 Peligros identificados en la quebrada la Perdiz.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Quebrada La Perdiz</b>	Ausencia de rejillas.
	Ausencia de desarenador
	Ausencia de filtros.
	Ausencia de estructura de captación.
	Ausencia de malla perimetral o estructura de seguridad que impida el ingreso de personal y animales.
	Cercanía de hogar con actividades domésticas, así como a la carretera, en la parte de aguas arriba de la captación.

### ***Peligros identificados en el sistema de desinfección***

*Cuadro 5.10 Peligros identificados en los sistemas de desinfección.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Sistema de cloración</b>	Desconocimiento y fluctuación del caudal que ingresa al clorador.
	Desconocimiento de la concentración de la solución de cloro en tanque.
	Ausencia de registro de las concentraciones de cloro.
	Ausencia de equipo de protección para el encargado de la cloración.
	Ausencia de capacitación para el encargado de la cloración.
	Desconocimiento y fluctuación del caudal que ingresa al tanque.
	No se realizan pruebas de los niveles de cloro según lo establece la normativa del país.
	Ausencia de casetilla de protección en el clorador.
	Ausencia de sistema de seguridad en el sistema de cloración.

### ***Peligros identificados en la línea de conducción y en la red de distribución***

*Cuadro 5.11 Peligros identificados en la línea de conducción y red de distribución.*

<b>Componente</b>	<b>Peligro</b>
<b>Línea de conducción y red de distribución.</b>	Existencia de tramos de tubería expuesta.
	Ausencia de registros y mapeo de la línea de conducción
	Ausencia de válvulas
	Fluctuaciones de presión en la red.
	Distribución a hogares sin cloración.

### 5.3.2 Evaluación de riesgo y metodología SERSA

Como parte de la evaluación de riesgos, se aplicó la metodología SERSA, se anexa en el Apéndice 1 los resultados de los cuestionarios aplicados con sus respectivas respuestas, y en el cuadro 5.12 a continuación se muestran en resumen los resultados obtenidos de la clasificación de riesgo de cada uno de los componentes.

*Cuadro 5.12 Resultados de la clasificación de riesgos de los componentes según SERSA.*

<b>Componente</b>	<b>Valor SERSA</b>	<b>Clasificación de riesgo</b>
Naciente la Paulona	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Naciente los Vargas	<b>2</b>	<b>Bajo</b>
Naciente Abarca 1	<b>3</b>	<b>Intermedio</b>
Naciente Abarca 2	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Naciente Abarca 3	<b>2</b>	<b>Bajo</b>
Quebrada la Perdiz	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Pozo la Paulona	<b>2</b>	<b>Bajo</b>
Tanque de almacenamiento la Paulona	<b>7</b>	<b>Alto</b>
Tanque de almacenamiento la Plaza	<b>4</b>	<b>Intermedio</b>
Tanque de almacenamiento el buey negro	<b>5</b>	<b>Alto</b>
Tanque de almacenamiento los Vargas	<b>5</b>	<b>Alto</b>
Tanque de almacenamiento Abarca	<b>3</b>	<b>Intermedio</b>
Línea de conducción	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Línea de distribución	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Sistema de cloración la plaza	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>
Sistema de cloración Abarca	<b>8</b>	<b>Muy alto</b>

Como se puede observar en los resultados de SERSA, no se puede generalizar un estado de nivel de riesgo por componente, ya que todas las estructuras de nacientes, tanques, etc, son distintas y se encuentran en condiciones distintas. Se puede concluir que el 62,5% de los de los componentes se encuentran en un nivel de riesgo de alto a muy alto, por lo que es necesario aplicar medidas de mejora y con la mayor brevedad posible en las captaciones,

tanques y en la desinfección, para evitar que estos niveles de riesgo alto y muy alto tengan consecuencias en la salud de las personas que se abastecen de este acueducto.

### **5.3.3 Valoración de riesgo**

Con el fin de realizar una evaluación de cada uno de los peligros encontrados, y así valorar el riesgo de cada uno, se utilizó la metodología explicada anteriormente en el apartado 4.7 del segmento de materiales y métodos.

Con esta metodología se pretende dar una priorización de los riesgos para saber cuál mitigar o prevenir con mayor brevedad. En este caso lo que se hizo fue evaluar cada peligro en función de dos variables: la probabilidad de que suceda, y el grado de gravedad, clasificándolos del 1 al 5.

Utilizando este método de evaluación, en conjunto con el equipo de PSA, se realizó la evaluación de cada uno de los peligros de cada uno de los componentes del acueducto de Pita Rayada, obteniendo así una clasificación de riesgo de: bajo, medio, alto o muy alto, respecto a la puntuación obtenida en cada caso. En el Apéndice 2 se encuentra los resultados de esta metodología.

## **5.4 PLAN DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN**

El plan de mejora y modernización se realizó en conjunto con el equipo de PSA donde las medidas eran propuestas por la persona experta (estudiante tesista Wendy Salazar Porras) que dirige el PSA. Esto se hace con el fin de que todas y todos se involucren y se pueda reconocer donde hay deficiencias y que hay que hacer para mejorarlas. Ese plan de medidas de mejora se entrega al acueducto para que cumplan y realicen las acciones correctivas de manera progresiva. En este plan se otorgaron responsables de cumplir y darle seguimiento a las acciones de mejora, así mismo se estableció un monto aproximado de inversión de cada una de las mejoras. En el Apéndice 3 se encuentra el plan de medidas de mejoras completo del acueducto de Pita Rayada. En los cuadros 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16 se encuentra un resumen de las medidas propuestas y un aproximado del monto de inversión que se requiere para aplicar estas medidas. Este monto de inversión es un cálculo aproximado se realizó con la

opinión del equipo de PSA y se utiliza para tener una idea de cuanta es inversión requerida para realizar las medidas de mejora

#### 5.4.1 Medidas de mejora en las fuentes de agua

Cuadro 5.13 Resumen de las medidas de mejora propuestas en las fuentes de agua.

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Captación La Paulona	Mejorar la estructura de captación.	220 000
	Mejorar la estructura de captación y construir una tapa nueva con cierre hermético y seguro.	
	Colocar malla perimetral alrededor de la captación.	
	Proteger la estructura de captación, realizar mejoras en la de la tapa para que no haya infiltración de ningún tipo.	
	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	
	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras.	
	Colocar un respiradero en la estructura de la tapa.	
Captación Abarca 1	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación	135 000
	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	
	Colocar malla perimetral alrededor de la captación.	
	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras.	
Captación Abarca 2	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	195 000
	Mejorar la estructura de la tapa.	
	Aumentar la frecuencia de limpieza.	
	Proteger la estructura de captación, realizar mejoras en la de la tapa para que no haya infiltración de ningún tipo.	
	Colocar un respiradero en la estructura de captación	
	Construir una malla con un perímetro mayor alrededor de la estructura de captación.	
	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras	
Captación Abarca 3	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación	135 000
	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	

	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras.	
	Colocar malla perimetral alrededor de la captación.	
Captación los Vargas	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	135 000
	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	
	Colocar malla perimetral alrededor de la captación.	
	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras.	
Quebrada la Perdiz	Colocar rejillas en la entrada de la captación de la quebrada.	6 650 000
	Colocar un desarenador.	
	Construir sistema de filtración	
	Construir una estructura de captación segura para el ingreso del caudal de diseño.	
	Colocar una malla o cerca perimetral.	
	Adquirir fondos para comprar el terreno aledaño a la quebrada la Perdiz.	
Pozo la Paulona	Cotizar un generador de energía y hacer un estudio para conocer qué tan indispensable es el suministro eléctrico para el funcionamiento del acueducto.	200 000

#### 5.4.2 Medidas de mejora en los tanques del acueducto

Cuadro 5.14 Resumen de las medidas de mejora propuestas en los tanques.

Componente	Medidas de mejora	Monto aproximado de inversión (colones)
Tanque Alm. La Plaza	Colocar sistemas de sellantes para evitar fugas de agua.	645 000
	Colocar malla perimetral alrededor del tanque, que posea un portón para ingresar con su respectivo candado de seguridad.	
	Disponer o construir una escalera interna en el tanque	
	Colocar señalización.	
	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	
	Construir acera perimetral al tanque.	
	Tener un control del rebalse, para que no se desperdicie agua y cloro.	
Tanque de Alm. La Paulona	Establecer protocolos para realizar acciones para minimizar el riesgo del deslizamiento. Como la construcción de una estructura de soporte al tanque y mitigue el riesgo.	525 000
	Comprar de candado de seguridad y realizar una estructura en la tapa donde se pueda colocar.	
	Colocar malla perimetral alrededor del tanque.	

	Adquirir un clorador e instalarlo en el tanque, de esta manera el agua recibe desinfección.	
	Comprar pintura de color celeste para pintar la estructura externa del tanque, así como comprar una pintura de color claro (blanco o celeste) para pintar la estructura interna del tanque.	
	Disponer o construir una escalera interna en el tanque.	
	Construir acera perimetral al tanque.	
Tanque de Alm. los Abarca	Colocar malla perimetral alrededor del tanque.	410 000
	Disponer o construir una escalera interna en el tanque.	
	Colocar señalización para que los conductores tengan precaución al manejar por ese tramo.	
	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	
	Construir acera perimetral al tanque.	
Tanque de Alm. el Buey negro	Disponer o construir una escalera interna en el tanque.	290 000
	Colocar un clorador en el tanque.	
	Colocar sujetadores que le de soporte y estabilidad al tanque al piso.	
	Construir acera perimetral al tanque.	
Tanque de Alm. los Vargas	Colocar un clorador en el tanque.	440 000
	Colocar sujetadores que le de soporte y estabilidad al tanque al piso.	
	Construir acera perimetral al tanque.	
	Restringir el acceso a las cuencas de captación mediante la colocación de malla perimetral.	
	Colocar un candado en la tapa del tanque para que se encuentre seguro y protegida de cualquier acto de vandalismo.	
	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	
Tanque de reunión los Abarca	Comprar un candado de seguridad y realizar una estructura en la tapa donde se pueda colocar este candado	125 000
	Valorar las posibles acciones para evitar la presencia de grietas y/o ruptura.	

### 5.4.3 Medidas de mejora en la línea de conducción y distribución

*Cuadro 5.15 Resumen de las medidas de mejora propuestas en la línea de conducción y distribución.*

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Línea de conducción	Identificar los tramos de tubería expuesta y más susceptible, y posteriormente, construir estructuras de soporte y protección, o intentar colocarlas bajo tierra.	250 000
	Contratar un ingeniero de la Liga Comunal del Agua y solicitar que elabore un croquis y planos del sistema de acueducto.	

	Adquirir válvulas reguladoras de presión y colocarlas en sitios estratégicos de la línea de conducción.	
Línea de distribución	Poseer un registro ordenado y actualizado con las mediciones de presiones de la red, y tener un control de estas. Adquirir un manómetro para realizar monitoreo periódico de la presión en las tuberías.	350 000
	Identificar los tramos de la red de distribución los cuales no poseen agua clorada, y colocar cloradores en los tanques de los cuales proviene esta agua. En este caso sería el tanque de los Vargas y el tanque de la Paulona.	
Caja de llaves	Colocar un candado con llave y construir una caseta de protección, para evitar la manipulación de esta por personas ajenas al acueducto	40 000

#### 5.4.4 Medidas de mejora en los sistemas de desinfección

*Cuadro 5.16 Resumen de las medidas de mejora propuestas en el sistema de desinfección.*

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Sistema de desinfección-cloración	Realizar aforos y mantener el caudal de entrada al clorador bajo control.	285 000
	Contratación de persona especializada para capacitar al encargado de la desinfección: preparación de la solución en cada uno de los cloradores. Medición de cloro residual según la normatividad vigente.	
	Adquirir una bitácora, así como un aparato medidor de cloro, para realizar las mediciones y poseer un registro de ellas por escrito.	
	Adquirir equipo de protección como guantes, mascarilla y lentes, y que el operario encargado de realizar la desinfección lo utilice siempre.	
	Capacitar al personal, específicamente al fontanero, para que la operación del acueducto funcione en óptimas condiciones.	
	Construir una estructura de protección a los cloradores del sistema de acueducto.	
	Implementar un sistema de seguridad en la caseta, por ejemplo, un candado o cadena de seguridad, para evitar que sufra de vandalismo.	

## 5.5 GESTION INTEGRAL DE RIESGOS EN ASADAS

La herramienta GIRA se utilizó como complemento al PSA, para tener una evaluación más amplia y, por consiguiente, tener más medidas de mejora para el acueducto. En total se realizaron cuatro sesiones presenciales para completar los cuestionarios de la herramienta de Excel.

### 5.5.1 Análisis de vulnerabilidad

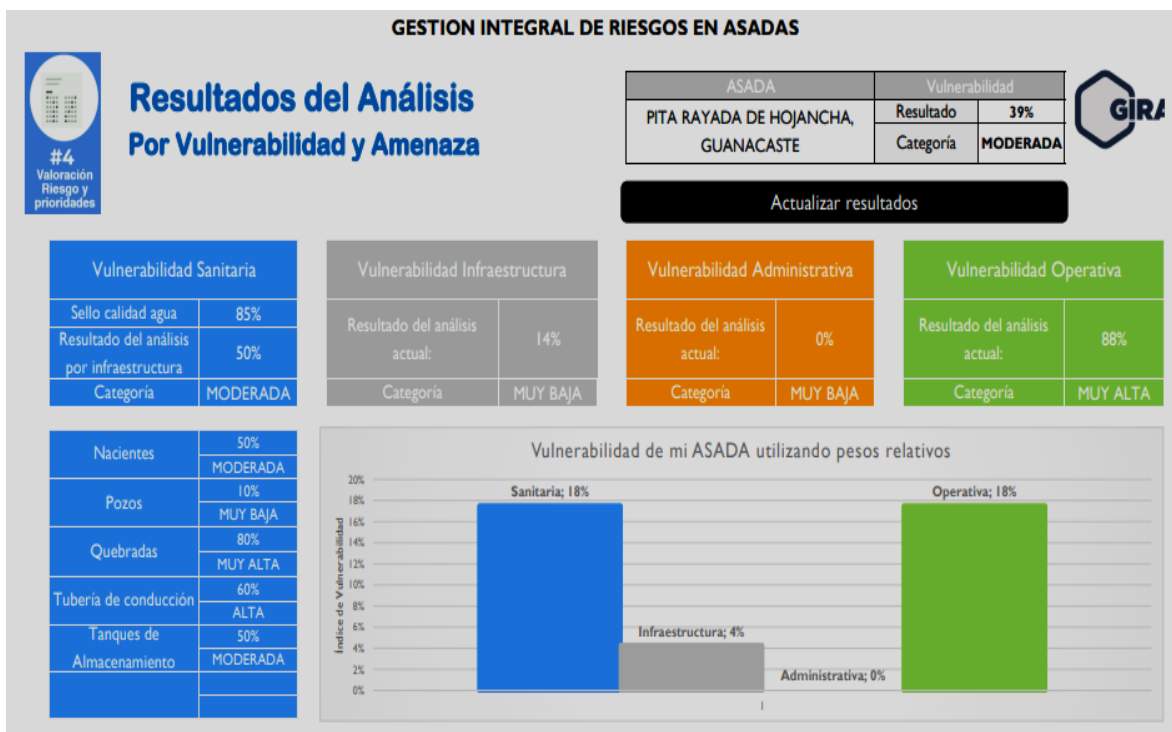
El análisis de vulnerabilidades se realizó en cuatro aspectos: Operativo, administrativo, infraestructura y condiciones sanitarias, este último está dividido en dos secciones: vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria, y vulnerabilidad en el sello de calidad.

En el aspecto sanitario, la sección de sello de calidad (en la cual se aplican los cuestionarios de SERSA) dio como resultado un nivel de vulnerabilidad del 85%, en la cual destaca el resultado de la Quebrada La Perdiz la cual posee una vulnerabilidad muy alta, y la tubería de conducción una vulnerabilidad alta; las nacientes y los tanques poseen una vulnerabilidad moderada, y el pozo muy baja. En la otra sección de análisis sanitario de la infraestructura, se obtuvo un resultado de vulnerabilidad de 50%. En promedio el resultado es una vulnerabilidad moderada.

En el aspecto operativo se encuentra el mayor grado de vulnerabilidad, con un porcentaje de 88%, el cual se clasifica como una vulnerabilidad muy alta. En cuanto al aspecto de infraestructura, el resultado de vulnerabilidad es muy baja, con un porcentaje de 14%. Para el aspecto administrativo, es el más bajo de todos, con un porcentaje de 0% el cual lo clasifica como muy baja.

En general, el resultado arrojado por la herramienta GIRA, indica que el acueducto de Pita Rayada, tienen un grado de vulnerabilidad moderada, con un porcentaje de 39%. El resumen de los resultados de vulnerabilidades se encuentra en la Figura 5.19.





*Figura 5.19 Resultados de evaluación GIRA en el Acueducto Pita Rayada.*

### 5.5.2 Medidas correctivas

La herramienta GIRA proporciona una serie de medidas correctivas según los riesgos identificados en el análisis de vulnerabilidad y amenazas. Estas medidas de mejora se generan automáticamente y son generales, por lo cual no indica para cual componente específico es, o en cuantos de los componentes hay que aplicar estas medidas. Posteriormente la junta administrativa elige cuales de las medidas sugeridas quieren aplicar para priorizarlas. Las medidas priorizadas por la Junta Administrativa del acueducto de Pita Rayada se encuentran en el Apéndice 4.

En los cuadros 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 y 5.21 se coloca un resumen de los costos de las propuestas de mejora en función de los tipos de vulnerabilidad, producto de la herramienta GIRA. Cabe destacar que GIRA propone medidas de mejora generales según el sector analizado y no según componentes, por lo cual puede que el monto aproximado sugerido sea mayor, ya que no se toma en cuenta en cuantos componentes se deben aplicar estas mejoras.

## Vulnerabilidad sanitaria

Cuadro 5.17 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad sanitaria.

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Captación Superficial	Colocar malla de protección alrededor de la toma	7 500 000
	Construir rejillas de seguridad en la captación y mantener en buenas condiciones, pintadas y bien colocadas	
	Identificar si existe descarga de residuos de actividades agrícola, ganadera, industrial o de desarrollo habitacional aguas arriba de la toma de agua	
	Proveer a la toma de agua infraestructura que la proteja	
	Construir desarenador después de la toma de agua	
Líneas de Conducción y Distribución	Llevar un control de registro y monitoreo de presiones para identificar variaciones significativas de presiones en la red de distribución	295 000
	Llevar un monitoreo del cloro residual, en caso de carecer Activar el protocolo de incumplimiento de los umbrales de concentración de cloro	
	Contar con un croquis y planos del sistema de distribución	
	Contar con una persona calificada y capacitada para labores de fontanería, con el manual de mantenimiento y operación del sistema	
Naciente	Construir caseta o tanque de captación para proteger la naciente de contaminación ambiental	165 000
	Colocar candado a la tapa de captación y mantener la tapa pintada y libre de musgo	
	Impermeabilizar y corregir grietas en las paredes de la loza superior de captación	
	Construir canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía	
	Colocar respiradero o tubería de rebalse con su respectiva rejilla de protección a la captación	
	Eliminar plantas, raíces y hojas, algas dentro de la captación de la naciente.	
	Identificar y corregir fuentes de contaminación alrededor de la captación (letrinas, animales, residuos, viviendas)	

Tanque de Almacenamiento	Colocar respiradero o tubería de rebalse con su respectiva rejilla de protección	980 000
	Mantener las tapas de los tanques pintadas, sin grietas, libre de hongos y musgo	
	Eliminar fuente de contaminación alrededor de la captación (letrinas y raíces limpieza captación externa captación tanques de almacenamiento)	
	Contar con un sistema de cloración funcional, operativo y con un buen mantenimiento	
	Dar mantenimiento preventivo a los tanques y eliminar sedimentos, algas y hongos dentro del tanque	
	Contar con una malla de protección en buenas condiciones alrededor del tanque	
	Construir una tapa en el tanque con cierre para candado o tornillo y mantenerla pintada limpia y en condiciones sanitarias	

### Vulnerabilidad en el aspecto operativo

*Cuadro 5.18 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad Operativa.*

Componente	Medidas de mejora	Monto aproximado de inversión (colones)
Caudal	Validar mediante un estudio de disponibilidad hídrica las opciones de incremento de la demanda para cubrir mínimo los siguientes 5 años	800 000
	Investigar y documentar las fuentes de agua subterránea	
Calidad de agua	Contar con un sistema de desinfección para garantizar la calidad del agua	300 000
Procedimientos	Llevar una bitácora completa y actualizada de las mejoras y mantenimientos realizados al sistema	2 000

### Vulnerabilidad en sello de calidad

*Cuadro 5.19 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de sello de calidad.*

Componente	Medidas de mejora	Monto aproximado de inversión (colones)
------------	-------------------	---

Mantenimiento	Realizar las mejoras de las condiciones de pintura y los rótulos respectivos para cada una de las fuentes y tanques.	300 000
Calidad de agua	Crear una bitácora y documentar diariamente los estudios de cloro residual en la red, con fechas y ubicación de la muestra, de manera que tomen medidas oportunas para permanecer dentro de la norma de calidad	2 000

### Vulnerabilidad en el aspecto de atención de emergencias

*Cuadro 5.20 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de Emergencias.*

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Planificación	Identificar los materiales pertinentes a mantener en bodega para atención a emergencias	200 000
	Crear el plano del sistema con sus accesorios, documentarlo y mantenerlo actualizado	50 000

### Vulnerabilidad en el aspecto infraestructura

*Cuadro 5.21 Resumen de las medidas de mejora en la vulnerabilidad de Infraestructura.*

<b>Componente</b>	<b>Medidas de mejora</b>	<b>Monto aproximado de inversión (colones)</b>
Registro de infraestructura	Realizar el levantamiento de catastro de cada componente del sistema, especificando: ubicación, profundidad y especificaciones técnicas	100 000

### 5.5.3 Valoración de la metodología PSA y las herramientas GIRA y SERSA.

#### **SERSA**

Iniciando con la valoración por parte de la tesista, SERSA es una herramienta de evaluación rápida la cual nos puede dar una idea de cómo se encuentra el acueducto. Es de suma importancia que esta inspección se realice in situ para observar todo claramente, y además

tomar evidencias (fotos, videos, muestreos, mediciones) para tener los resultados encontrados. En este caso SERSA indicó el nivel de riesgo que presentan los distintos componentes del acueducto, pero no brinda soluciones o medidas de mejora, solo indica si se debe actuar de forma inmediata o no, dependiendo del nivel de riesgo y el componente. Por lo cual es una herramienta de análisis rápido y sencilla de aplicar, pero no lo suficientemente completa para analizar correctamente la gestión de riesgos, y la mitigación de estos.

### **GIRA**

Con la herramienta GIRA se realizó una evaluación de riesgo mediante un análisis de vulnerabilidades en los aspectos administrativo, infraestructura, operativo y sanitaria. Así mismo, se realizó una estimación del nivel de exposición ante emergencias de cambio climático. De acuerdo con esta evaluación, la herramienta sugiere automáticamente medidas de mejora para cada uno de los riesgos identificados, sin embargo, estas medidas son generales para cada componente, no específicas, por ejemplo, si se identifica que algún tanque no tiene malla de seguridad, las medida de mejora será “colocar malla de protección alrededor”, pero no dice en cuál de todos los tanques del acueducto, ni tampoco cuantos tanques no poseen malla; y así sucesivamente con las demás medidas de mejora de los distintos componentes. Cabe mencionar que, los cuestionarios que se realizan para determinar la vulnerabilidad sanitaria son los mismos que se utilizan en SERSA, por lo que se podría decir que la herramienta GIRA incluye a SERSA, pero como se dijo anteriormente, solo se dice el nivel de vulnerabilidad sanitaria, y un promedio del riesgo por componente. En la herramienta también existe una sección para establecer “proyectos de mejora” los cuales son sugeridos por la junta administradora del acueducto. Adicionalmente, en la última sección de la herramienta, GIRA proporciona un plan de monitoreo y seguimiento de proyectos en el cual se verifica cuál ha sido el avance que se ha tenido con la realización de las medidas de mejora, si se están cumpliendo, si aún están pendientes, o si se requiere hacer alguna modificación.

Cabe resaltar que, a pesar de que esta es una herramienta que está programada para que genere de manera automática los resultados y de esta forma sea fácil de aplicar en las ASADAs, es de suma importancia que haya un experto que lleve la guía de esta aplicación y que tenga conocimiento tecnológico. Así mismo considero indispensable realizar visitas de

campo para analizar los componentes del acueducto y aplicar de forma óptima la herramienta. En conclusión, esta herramienta debe ser aplicada por un experto que conozca bien el acueducto y que sepa el estado actual del mismo y no solo aplicarla con la junta administrativa del acueducto sin haber visitado antes el sistema completo.

Es importante mencionar que durante la aplicación de esta herramienta hubo varios errores con el programa de Excel, ya que había pestañas que no se completaban correctamente con la información que se le suministraba, o en varias ocasiones el programa se quedaba congelado, lo cual dificultaba mucho la aplicación de esta herramienta, y tomando en cuenta que su aplicación es en zonas rurales, esto la convierte en una herramienta un poco complicada para esta población y con muchas deficiencias.

Así mismo es importante resaltar, que los resultados de vulnerabilidad y nivel de riesgo que proporciona GIRA son un poco ambiguos, ya que se generaliza y se promedian los distintos aspectos evaluados, generando una percepción distorsionada del estado real de riesgo. Por ejemplo, en este caso la herramienta GIRA indica una vulnerabilidad del 39%, lo que califica al acueducto con una vulnerabilidad media (entre más alto el porcentaje mayor vulnerabilidad), sin embargo, este acueducto en el aspecto sanitario y operativo hay un alto porcentaje de vulnerabilidad, lo cual indica que el acueducto no se encuentra en condiciones óptimas y representan un riesgo para la salud de los consumidores.

### ***PSA***

Es una metodología más amplia y que no tiene una forma específica, sin embargo, la OMS ofrece un manual que sugiere como hacerlo. En este proyecto se siguió esta guía, y se hizo un análisis profundo e integral del acueducto (caracterización, descripción del sistema, evaluación, determinación e identificación de riesgos) todo desde un enfoque participativo comunal. En este proyecto se incluyó la herramienta SERSA dentro de la parte del diagnóstico y posteriormente se da una identificación de todos los riesgos y peligros. A diferencia de la herramienta GIRA, esta identificación es más profunda ya que se hace de forma diferenciada para cada componente existente y se sugieren todos los riesgos que se consideren que puedan tener un efecto negativo o peligroso en el acueducto, ya sea en infraestructura, operatividad o en el aspecto sanitario.

Posteriormente se clasificaron y se valoraron estos riesgos con el fin de priorizarlos. Esta valoración se hizo tomando en cuenta la probabilidad o frecuencia y la gravedad que este

sucedan, y de acuerdo con esto se clasifican prioridad bajo, medio, alto, muy alto. Esta valoración también se hace en GIRA con la misma metodología, la diferencia es que en GIRA el resultado de la multiplicación de los factores de probabilidad y gravedad ya está programado así que el resultado es automático, en PSA se debe hacer manual, y por lo tanto es un proceso más lento y complejo de realizar.

Por último, se hizo la propuesta de medidas de mejoras específicas para cada caso, para cada peligro y riesgo identificado, se estableció en qué etapa del proceso se encontraba el peligro, se fundamentó porque se considera peligroso, y se propuso que se debe hacer y que acción hay que realizar para solucionar y mitigar ese riesgo. Estas medidas de mejora fueron propuestas tanto por la tesista encargada de desarrollar el PSA, así como por el equipo de PSA, de manera que todos se involucraron y se incluyeron en este proceso. PSA involucra directamente a la comunidad, lo cual crea un mayor compromiso y concientización en los miembros de esta. Es importante recalcar que el tiempo invertido es mucho mayor, y que el PSA consiste en un proceso de mejora continua, por lo tanto, hay que darle seguimiento a través de los años. Al igual que las demás herramientas, un PSA no se puede realizar sin que hagan visitas al campo y se conozca muy bien el sistema de acueducto.

En conclusión, SERSA es una buena forma de dar un diagnóstico de la situación de riesgo actual de acueducto, y dependiendo de este resultado se sabe cómo actuar y en qué componentes se deben enfocar. GIRA es una herramienta que va más allá que SERSA, y que incluye más aspecto de evaluación, además proporciona de forma automática soluciones que son útiles para resolver problemas puntuales, sin embargo, no es tan específica. Así mismo aplicarla no conlleva tanto tiempo, y al estar programada no es tan complicada de desarrollarla, sin embargo, si se requiere conocimiento tecnológico para hacerlo. Por último, un PSA si requiere de más tiempo, no solo para realizarlo, sino también para preparar todo el material que se utiliza para cumplir y desarrollar todas las etapas de PSA. Claro está que un PSA proporciona un análisis más profundo y completo que las dos herramientas anteriores, por lo tanto, es casi seguro que la mayoría de los riesgos son identificados y son analizados con sus respectivas medidas de mejora. Cabe destacar que, un factor importante es la persona que ejecuta cada una de las herramientas, y la participación y apoyo que haya por parte de la Junta Administradora y la comunidad, ya que esto depende la eficacia y el éxito de aplicar estas herramientas.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Después de haber analizado detalladamente la situación de riesgos del acueducto de Pita Rayada se puede concluir que la situación de riesgo resultante en los distintos componentes fue la siguiente: el 43% de las fuentes de agua posee un riesgo muy alto, otro 43% bajo y el 14 % un riesgo intermedio; en los tanques de almacenamiento un 60% se encuentran en un nivel alto y un 40% en nivel intermedio y la línea de distribución y conducción, así como el sistema de desinfección, presentan en un 100% riesgos muy altos.

Según la evaluación de SERSA el 62,5% de los de los componentes del acueducto de Pita Rayada se encuentran en un nivel de riesgo de alto a muy alto, en los cuales destacan las fuentes de agua, sistema de desinfección y línea de distribución y conducción, por lo tanto, podemos concluir que el agua no es apta para consumo humano y esto puede causar problemas en la salud pública en la población abastecida por este acueducto.

Según el análisis de vulnerabilidad de la herramienta GIRA, la mayor vulnerabilidad se presenta en el aspecto operativo con una clasificación muy alta, el aspecto sanitario con un nivel de vulnerabilidad moderada, el aspecto de infraestructura con un nivel muy bajo, y el aspecto administrativo no posee un nivel de vulnerabilidad significativo. Tomando en cuenta que el sello de calidad y el aspecto operativo tienen un riesgo alto de vulnerabilidad, se puede concluir que no se está brindando un agua segura a la comunidad, y que, aunque el componente administrativo es aceptable, se requiere un gran esfuerzo de inversión económica para el mejoramiento de infraestructura, situación que la ASADA en este momento no posee estos recursos.

Las fuentes de agua con mayores riesgos y mayor vulnerabilidad son la captación de la naciente la Paulona, y la fuente de agua superficial quebrada La Perdiz.

El sistema de desinfección actual es deficiente y se tiene muy poco control. No se tienen mediciones ni datos de la concentración de la solución de cloro aplicado a los caudales de entrada al tanque, tampoco la concentración de cloro residual en los tanques, ni en la línea de distribución. Los únicos datos presentes son los del control operativo que se realizan en los hogares, y estos reflejan que la concentración de cloro en muchos casos no es la adecuada.



Así mismo hay sectores de la comunidad que reciben y consumen agua sin ningún tipo de desinfección.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Seguir y realizar todas las medidas de mejora propuestas en el plan de seguridad del agua, así como las propuestas en la herramienta GIRA.

Las mediciones de control operativo se deben realizar en todas las fuentes de agua, y en los diferentes sectores de la red de distribución, para garantizar que el agua cumple con los parámetros de calidad establecidos, ya que actualmente solo se están tomando dos muestras al mes para reportar el control operativo.

En muchos casos los riesgos están relacionados al sistema de seguridad que poseen ciertos componentes, esto es particularmente debido a que por ser una zona rural se tiene un exceso de confianza y en muchos casos no se consideran tan necesarios por parte de los administradores, como el uso de candado de seguridad, o de cerca perimetral de protección, por lo cual se recomienda prestar atención a estos detalles y no pasarlos por alto.

Es necesario que se realicen mediciones de las concentraciones de las soluciones de cloro aplicados y el caudal de ingreso a los tanques de almacenamiento, así como las concentraciones del cloro residual en los tanques, y la concentración de cloro residual que llega a los hogares.

Darle seguimiento a la obtención de los datos y mantener un registro y documentación de toda la información referente al acueducto. Incluyendo un croquis actualizado, identificar las características de todos los componentes: fuentes de agua, tanques, líneas de conducción y distribución, poseer los manuales del equipo como la bomba del pozo, y los registros de control operativo, administrativo, social y sanitario.

Los riesgos más altos están presentes en los siguientes componentes: fuentes de agua, sistemas de desinfección, líneas de distribución y conducción. Por lo anterior se recomienda priorizar acciones de mejora en las estructuras de captación de las fuentes de agua, tener sistemas eficientes de cloración y mejorar las redes de conducción y distribución, de manera que se asegure y se garantice la calidad del agua.

Para asegurar un buen mantenimiento y la operatividad del sistema del acueducto de Pita Rayada, la ASADA debe realizar acciones, con el fin, obtener apoyo de las entidades rectoras del sector agua potable y saneamiento, en el aspecto de capacitación del personal operativo

y administrado en los temas de seguridad del agua, desinfección del agua, en aspectos operativos y administrativo.

## 7 REFERENCIAS

- Alfaro, H. P., & Alfaro, N. R. (2019). *Guía de trabajo para asadas*.
- Angulo, F. (2021). *Angulo\_F\_2021\_Uso\_manejo\_gestion\_agua\_CR\_IEN\_2021.pdf*.
- Arimbawa, I. G., Rooslan, F., Santosa, E., Nilowardono, S., & Mudjanarko, S. W. (2020). *Evaluation of Sanitation Risk Index to Achieve Sustainable Development Goals 2020 in Sanitation Sector. 1*, 289–296.
- AyA. (2021). *AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SANEAMIENTO EN COSTA RICA AL 2020: BRECHAS EN TIEMPOS DE PANDEMIA*.
- Baltodano Fuentes, A. (2012). *Insumos para la definición de estrategias de gestión del recurso hídrico en zonas vulnerables a cambio climático : Percepciones y escenarios de uso del agua en Guanacaste , Costa Rica*.
- Baum, R., & Bartram, J. (2018). A systematic literature review of the enabling environment elements to improve implementation of water safety plans in high-income countries. *Journal of Water and Health*, 16(1), 14–24. <https://doi.org/10.2166/wh.2017.175>
- Behera, B., Rahut, D. B., & Sethi, N. (2020). Analysis of household access to drinking water, sanitation, and waste disposal services in urban areas of Nepal. *Utilities Policy*, 62(May 2019), 100996. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100996>
- Breach, B. (2012). *Drinking Water Quality Management from Catchment to Customer*.
- Calvo-Brenes, G. (2019). Nuevo índice para valorar la calidad de aguas superficiales en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 104–115. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i4.4796>
- Córdoba, S. M. S., Gómez, M. P., & Montoya, L. G. (2016a). Build up a database to determine the management of drinking water in the Province of Cartago, Costa Rica. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 6(4), 584–592. <https://doi.org/10.2166/washdev.2016.092>
- Córdoba, S. M. S., Gómez, M. P., & Montoya, L. G. (2016b). *Evaluación de la gestión de la asada de higuito, san isidro, el guarco, desde una perspectiva del uso sostenible del recurso hídrico*.
- Costa Rica Poder Ejecutivo. (2015). Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-

- S. In *Diario Oficial La Gaceta* (Vol. 1, Issue 170). [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=101480&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=101480&strTipM=TC)
- de Andrade Santana, R., Marques Bezerra, S. de T., Melo dos Santos, S., Paiva Coutinho, A., Lopes Coelho, I. C., & Silva Pessoa, R. V. (2019). Assessing alternatives for meeting water demand: A case study of water resource management in the Brazilian Semiarid region. *Utilities Policy*, *61*(October), 100974. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100974>
- Dos Santos, S., Adams, E. A., Neville, G., Wada, Y., de Sherbinin, A., Mullin Bernhardt, E., & Adamo, S. B. (2017). Urban growth and water access in sub-Saharan Africa: Progress, challenges, and emerging research directions. *Science of the Total Environment*, *607–608*, 497–508. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.157>
- Jeandron, A., Cumming, O., Kapepula, L., & Cousens, S. (2019). Predicting quality and quantity of water used by urban households based on tap water service. *Npj Clean Water*, *2*(1). <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0047-9>
- Khadse, G. K., Kalita, M., Pimpalkar, S. N., & Labhsetwar, P. K. (2011). Drinking water quality monitoring and surveillance for safe water supply in Gangtok, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, *178*(1–4), 401–414. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1699-6>
- León, R. (2019). *Propuesta plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados*.
- Li, H., Smith, C. D., Cohen, A., Wang, L., Li, Z., Zhang, X., Zhong, G., & Zhang, R. (2020). Implementation of water safety plans in China: 2004–2018. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *223*(1), 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.10.001>
- MIDEPLAN. (2018). Costa Rica. In *Department of State publication. Background notes series*. [http://ods.cr/sites/default/files/documentos/cr\\_agua\\_y\\_saneamiento\\_2030-analisis\\_relacionado\\_a\\_los\\_ods.pdf](http://ods.cr/sites/default/files/documentos/cr_agua_y_saneamiento_2030-analisis_relacionado_a_los_ods.pdf)
- Murillo, J. H. (2019). *Investigación de base Patronos e impacto del uso del agua en Costa Rica*.
- Neto, S. (2016). Water governance in an urban age. *Utilities Policy*, *43*, 32–41.

<https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.05.004>

- OMS. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. *International Water Association*, 116. [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636_spa.pdf)
- Rahut, D. B., Behera, B., & Ali, A. (2015). Household access to water and choice of treatment methods: Empirical evidence from Bhutan. *Water Resources and Rural Development*, 5, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.wrr.2014.09.003>
- Retana, J. (2012). *Riesgo futuro de Costa Rica Ante El Cambio Climatico*.
- Rogério dos Santos Alves; Alex Soares de Souza, et all. (2014). Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica. *Igarss 2014*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Schmitt, R. J. P., Morgenroth, E., & Larsen, T. A. (2017). Robust planning of sanitation services in urban informal settlements: An analytical framework. *Water Research*, 110, 297–312. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.007>
- Soto-Cordoba, S., Gaviria-Montoya, L., & Pino-Gómez, M. (2018). Condiciones del saneamiento ambiental sostenible en comunidades Rurales de la Provincia de Cartago años 2014-2016, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(2), 106. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i2.3628>
- Soto-Córdoba, S. M., Gaviria-Montoya, L., & Pino-Gómez, M. (2016). Situación de la gestión del agua potable en las zonas rurales de la provincia de Cartago, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 67. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2986>
- Tsoukalas, D. S., & Tsitsifli, S. (2018). A Critical Evaluation of Water Safety Plans (WSPs) and HACCP Implementation in Water Utilities. *Proceedings*, 2(11), 600. <https://doi.org/10.3390/proceedings2110600>
- Vieira, P., Jorge, C., & Covas, D. (2017). Assessment of household water use efficiency using performance indices. *Resources, Conservation and Recycling*, 116, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.007>
- WHO. (2004). *Guías para la calidad del agua potable*.
- WHO and UNICEF. (2017). Progress on Drinking Water , Sanitation and Hygiene. Launch version July 12 Main report Progress on Drinking Water , Sanitation and Hygiene. *WHO Library Cataloguing in Publication Data*, 140. <https://www.unicef.org/reports/progress-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene->

2019.

World Health Organization. (2014). *Water safety plan : a field guide to improving*.

Xiao, Y., Hipel, K. W., & Fang, L. (2016). Incorporating Water Demand Management into a Cooperative Water Allocation Framework. *Water Resources Management*, 30(9), 2997–3012. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1322-x>


Zambrano, D. (2012). *Plan de seguridad del agua acueducto de gutierrez y brown*.

## APÉNDICES




## APÉNDICE 1: EVALUACIÓN SERSA PARA EL ACUEDUCTO DE PITA RAYADA

Cuadro A.1.1. Resultados del cuestionario SERSA para la captación La Paulona.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre nacimiento o manantial: <b>La Paulona</b>                      Tipo de Captación: <b>Semi enterrada.</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA			
Identificación de factores de riesgo en la toma de agua de una naciente	SI	NO	
1. ¿Está la naciente sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (crítica)	X		
2. ¿Está la captación de la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin tapa o sin tanque de captación). EXPUESTA	X		
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias?	X		
4. ¿Están las paredes y las losas superior e inferior de la captación con grietas? (critica)	X		
5. ¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)			X
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X		
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	X		
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)	X		
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)	X		
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)			X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	8		
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10		<b>Muy Alto</b>	

Cuadro A.1.2. Resultados del cuestionario SERSA para la captación Abarca 1.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre naciente o manantial: <b>Abarca 1</b>                      Tipo de Captación: <b>Semi enterrada.</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en la toma de agua de una naciente	SI	NO
1. ¿Está la naciente sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (crítica)	X	
2. ¿Está la captación de la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin tapa o sin tanque de captación).		X
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias?		X
4. ¿Están las paredes y las losas superior e inferior de la captación con grietas? (crítica)		X
5. ¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)		X
6. ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X	
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	X	
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)		X
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)		X
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	3	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Intermedio</b>	

Cuadro A.1.3. Resultados del cuestionario SERSA para la captación Abarca 2.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre naciente o manantial: <b>Abarca 2</b>                      Tipo de Captación: <b>Semi enterrada.</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA			
Identificación de factores de riesgo en la toma de agua de una naciente		SI	NO
1	¿Está la naciente sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (crítica)	X	
2	¿Está la captación de la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin tapa o sin tanque de captación).	x	
3	¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias?	X	
4	¿Están las paredes y las losas superior e inferior de la captación con grietas? (critica)	X	
5	¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)	x	
6	¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X	
7	¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	X	
8	¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)		X
9	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)	X	
10	¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>		<b>8</b>	
<p align="center"><b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X)                      Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10</p>		<b>Muy Alto</b>	

Cuadro A.1.4. Resultados del cuestionario SERSA para la captación Abarca 3.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre nacimiento o manantial: <b>Abarca 3</b>                      Tipo de Captación: <b>Semi enterrada.</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en la toma de agua de una naciente	SI	NO
1 ¿Está la naciente sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (crítica)	X	
2 ¿Está la captación de la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin tapa o sin tanque de captación).		X
3 ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias?		X
4 ¿Están las paredes y las losas superior e inferior de la captación con grietas? (crítica)		X
5 ¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)		X
6 ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X	
7 ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?		X
8 ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)		X
9 ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)		X
10 ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	2	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Bajo</b>	

Cuadro A.1.5. Resultados del cuestionario SERSA para la captación Los Vargas.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre nacimiento o manantial: <b>Los Vargas</b>                      Tipo de Captación: <b>Semi enterrada.</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en la toma de agua de una nacimiento	SI	NO
1 ¿Está la nacimiento sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación (crítica)	X	
2 ¿Está la captación de la nacimiento desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin tapa o sin tanque de captación).		X
3 ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias?		X
4 ¿Están las paredes y las losas superior e inferior de la captación con grietas? (critica)		X
5 ¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)		X
6 ¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X	
7 ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la nacimiento?		X
8 ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica) No alrededor, pero si existe un pequeño cauce cerca de agua medio estancada		x
9 ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)		X
10 ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	2	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Bajo</b>	

Cuadro A.1.6. Resultados del cuestionario SERSA para el tanque de almacenamiento La Plaza

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Nombre: Tanque la Plaza</b>  <b>Tipo tanque: Semi enterrado</b>  <b>Material del tanque: Concreto</b>  <b>Frecuencia de limpieza: Semestral</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo del tanque de almacenamiento	SI	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)	X	
2. ¿Está la tapa del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)		X
3. ¿Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro?	X	
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la cerca de protección?	X	
8. ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?		X
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (critica)	X	
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)		X
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	4	
<p align="center"><b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X)                      Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10</p>	<b>Intermedio</b>	

Cuadro A.1.7. Resultados del cuestionario SERSA para el tanque de almacenamiento La Paulona.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Nombre: Tanque la Paulona</b>  <b>Tipo tanque: Semi enterrado</b>  <b>Material del tanque: Concreto</b>  <b>Frecuencia de limpieza: Semestral</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo del tanque de almacenamiento	SI	NO
1 ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)		X
2 ¿Está la tapa del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)	X	
3 ¿Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro?	X	
4 ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)	X	
5 ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque?		X
6 ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7 ¿Está ausente o defectuosa la cerca de protección?	X	
8 ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?	X	
9 ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (critica)	X	
10 ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)	X	
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "sí")</b>	7	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Alto</b>	

Cuadro A.1.8 Resultados del cuestionario SERSA para el tanque de almacenamiento el Buey Negro.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Nombre: Tanque el Buey negro</b>  <b>Tipo tanque: A nivel.</b>  <b>Material del tanque: Plástico</b>  <b>Frecuencia de limpieza: Semestral</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo del tanque de almacenamiento	SI	NO
1 ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)		X
2 ¿Está la tapa del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)		X
3 ¿Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro?	X	
4 ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)	X	
5 ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque?	X	
6 ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7 ¿Está ausente o defectuosa la cerca de protección?		X
8 ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?	X	
9 ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (critica)	X	
10 ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)		X
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de “si”)</b>	5	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Alto</b>	




Cuadro A.1.9. Resultados del cuestionario SERSA para el tanque de almacenamiento Los Abarca.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Nombre: Tanque Abarca</b>  <b>Tipo tanque: Semi enterrado</b>  <b>Material del tanque: Concreto</b>  <b>Frecuencia de limpieza: Semestral</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo del tanque de almacenamiento	SI	NO
1 ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)		X
2 ¿Está la tapa del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)		X
3 ¿Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro?	X	
4 ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)		X
5 ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque?		X
6 ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7 ¿Está ausente o defectuosa la cerca de protección?	X	
8 ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?		X
9 ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (critica)	X	
10 ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)		X
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	3	
<p align="center"><b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X)                      Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10</p>	<b>Intermedio</b>	

Cuadro A.1.10. Resultados del cuestionario SERSA para el tanque de almacenamiento Los Vargas.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p style="text-align: center;"> <b>Nombre: Tanque los Vargas</b>  <b>Tipo tanque: A nivel.</b>  <b>Material del tanque: Plástico</b>  <b>Frecuencia de limpieza: Semestral</b> </p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo del tanque de almacenamiento	SI	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)		X
2. ¿Está la tapa del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)		X
3. ¿Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro?	X	
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)	X	
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la cerca de protección?	X	
8. ¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?	X	
9. ¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	X	
10. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)		X
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	5	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Alto</b>	

Cuadro A.1.11. Resultados del cuestionario SERSA para la fuente de agua superficial La Perdiz.

<b>I-) INFORMACION GENERAL</b>	
<p>Fuente superficial: <b>Quebrada la Perdiz</b>                      Frecuencia de limpieza: <b>Casi nunca</b></p>	


<b>II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA</b>		
<b>Identificación de factores de riesgo en la toma de agua superficial</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	X	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?	X	
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca?	X	
4. ¿Está la toma de agua ubicada dentro de alguna zona de actividad agrícola? (crítica)	X	
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (letrinas, animales, viviendas, basura o industrias, etc.)? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura) (crítica)	X	
6. ¿Está la captación con acceso fácil de personas y animales?(crítica)	X	
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?	X	
8. ¿Existe presencia de plantas (raíces, hojas y otros) tapando las rejillas de la toma?	NA	
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma de agua?		X
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?	X	
<b>TOTAL FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	8	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Muy Alto</b>	

Cuadro A.1.12. Resultados del cuestionario SERSA para el pozo el Buey Negro.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p>Nombre pozo: Pozo el buey negro</p> <p>Tipo de pozo: <b>Perforado</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en la toma de pozos	SI	NO
1. ¿Está el pozo sin cerca de protección que impida el acceso de personas y animales (crítica)		X
2. ¿Está el pozo desprotegido abierto a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tapa). (crítica)		X
3. ¿Está la bomba en malas condiciones (sucia, mal funcionamiento)?		X
4. ¿Se carece de la curva de bombeo del fabricante de la bomba? Cuantos hp?	X	
5. ¿Se carece de canales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)		X
6. ¿Se carece con un tubo de 25-38 mm de diámetro para efectuar la medición de niveles de agua?	X	
7. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro del pozo?		X
8. ¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor del pozo? (crítica)		X
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del pozo? (Observar si aproximadamente a 200 metros a la redonda existen letrinas, animales, viviendas, basura)		X
10. ¿Se encuentra el pozo ubicado en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)		X
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	2	
<b>Nivel de riesgo identificado (Número de X)</b> Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Bajo</b>	

Cuadro A.1.13. Resultados del cuestionario SERSA para la línea de distribución.

<b>I-) INFORMACION GENERAL</b>	
<b>Material de la tubería de distribución: PVC</b>	


<b>II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA</b>		
<b>Identificación de factores de riesgo en la línea de distribución</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿Existen uniones ilícitas que pongan en riesgo la calidad del agua en la red de distribución? (crítica)		X
2. ¿Se carece de micromedidores?	X	
3. ¿Están ausentes las pruebas periódicas de cloro residual en la red de distribución? (crítica)	X	
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución? (crítico)		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?	X	
6. ¿Se carece de válvulas de control de presiones y para realizar reparaciones en la red de distribución sin necesidad de quitar todo el servicio de agua a la comunidad?	X	
7. ¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua? (crítica)		X
8. ¿Se Carece de sistema para purgar en la tubería de distribución?		X
9. ¿Existe conexiones cruzadas de red de aguas negras con la red de distribución de agua potable? (crítica)		X
10. ¿Se carece de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	X	
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "sí")</b>	<b>5</b>	
<b>Nivel de riesgo identificado (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10</b>	<b>Alto</b>	

Cuadro A.1.14. Resultados del cuestionario SERSA para la línea de conducción.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Material de la tubería de conducción: PVC</b></p>	


II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en la línea de conducción	SI	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción? (crítica)		X
2. ¿Se encuentra la línea de conducción descubierta, con riesgo de ser alterada?	X	
3. ¿Se encuentra la línea de conducción en lugares colindantes sin el adecuado soporte? (crítica)	X	
4. ¿Se encuentran unidas con las aguas provenientes de manantiales y nacientes con respecto a las aguas superficiales? (crítica)	X	
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de conducción?	X	
6. ¿La unión de la línea de conducción con la toma de agua o captación está amenazada por posibles contaminaciones? (crítica)	X	
7. ¿Carece de válvulas de control anterior a la entrada al tanque de almacenamiento?		X
8. ¿Existen hongos, moho, etc. en la superficie de las tuberías?	X	
9. ¿Se Carece de sistema para purgar y desfogue de aire en la tubería de conducción? (crítica)	X	
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de conducción (planos o croquis)?	X	
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	8	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Muy Alto</b>	

Cuadro A.1.15. Resultados del cuestionario SERSA para el sistema de cloración tanque Abarca.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Sistema de cloración: Tanque Abarca</b>  <b>Tipo de cloración: Pastilla.</b>  <b>Tipo de Dosificación: continúa</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en el sistema de cloración	SI	NO
1. ¿Se carece de una zona/caseta debidamente acondicionada para la preparación y aplicación del cloro? (critica) NA	X	
2. ¿Carece el acueducto de bitácora de la dosificación del cloro? (critica)	X	
3. ¿Carece el operario de la capacitación necesaria para la preparación y aplicación de la cloración? (critica)	X	
4. ¿Se carece del equipo de protección necesaria para el personal operativo del sistema de cloración? (critica)	X	
5. ¿Se carece del equipo para la medición de cloro residual? si tienen pero no lo saben usar y esta descalibrado.	X	
6. ¿Se carece de registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada? (critica)	X	
7. ¿Se carece de registros de los niveles de cloro residual en tanque(s) de almacenamiento?	X	
8. ¿Se carece de registros de caudal del agua a ser clorada (caudal que ingresa al tanque donde se homogeniza el cloro)?	X	
9. ¿Se carece de mantenimiento periódico del sistema de cloración?		X
10. Se carece de registros de consumo de cloro día/semana/mes/año	X	
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	9	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Muy alto</b>	

Cuadro A.1.16. Resultados del cuestionario SERSA para el sistema de cloración tanque La Plaza.

I-) INFORMACION GENERAL	
<p><b>Sistema de cloración: Tanque la Plaza</b>  <b>Tipo de cloración: Pastilla.</b>  <b>Tipo de Dosificación: continúa</b></p>	

II-) DIAGNOSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA		
Identificación de factores de riesgo en el sistema de cloración	SI	NO
1. ¿Se carece de una zona/caseta debidamente acondicionada para la preparación y aplicación del cloro? (critica) NA	X	
2. ¿Carece el acueducto de bitácora de la dosificación del cloro? (critica)	X	
3. ¿Carece el operario de la capacitación necesaria para la preparación y aplicación de la cloración? (critica)	X	
4. ¿Se carece del equipo de protección necesaria para el personal operativo del sistema de cloración? (critica)	X	
5. ¿Se carece del equipo para la medición de cloro residual	X	
6. ¿Se carece de registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada? (critica)	X	
7. ¿Se carece de registros de los niveles de cloro residual en tanque(s) de almacenamiento?	X	
8. ¿Se carece de registros de caudal del agua a ser clorada (caudal que ingresa al tanque donde se homogeniza el cloro)?	X	
9. ¿Se carece de mantenimiento periódico del sistema de cloración?		X
10. Se carece de registros de consumo de cloro día/semana/mes/año	X	
<b>TOTAL, FACTORES DE RIESGO IDENTIFICADOS (total de "si")</b>	9	
<b>Nivel de riesgo identificado</b> (Número de X) Nulo=0; Bajo 1-2; Intermedio 3-4; Alto 5-7; Muy alto 8-10	<b>Muy alto</b>	



**APÉNDICE 2: VALORACIÓN DE LOS RIESGOS SEGÚN METODOLOGÍA  
PSA.**

Cuadro A.2.1. Resultados de la matriz de valoración de riesgos según la metodología PSA.

<b>Etapadelproceso</b>	<b>Evento peligroso</b>	<b>Riesgo asociado/ fundamento</b>	<b>Probabilidad o frecuencia</b>	<b>Gravedad</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Clasificación de riesgo</b>
Captación naciente la Paulona	Aumento del cauce del río aledaño a la estructura de captación.	Cauce cambia y puede infiltrarse o dañar la captación.	2	3	6	Medio
Captación naciente la Paulona	La tapa de la estructura de captación se encuentra en mal estado. Estructura de la tapa en mal estado (bordes desalineados sin cierre hermético)	Infiltración de agua de lluvia/superficial o cualquier otra sustancia que podría contaminar el agua; ya que la tapa se encuentra en mal estado.	3	4	12	Alto
Captación naciente la Paulona	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto
Captación naciente la Paulona	Presencia de animales silvestres.	Riesgo de Infiltración de heces u orinas de animales silvestres. Peligros microbiológicos por Contaminación. Posible enfermedad por agentes patógenos.	3	3	12	Alto
Captación naciente la Paulona	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo, por falta de candado o sistema de seguridad.	2	4	8	Medio
Captación naciente la Paulona	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.	Dificultad para realizar aforos y mediciones.	3	3	9	Medio
Captación naciente la Paulona	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo
Captación naciente abarca 1	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad).	2	4	8	Medio

Captación naciente abarca 1	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo
Captación naciente abarca 1	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto
Captación naciente abarca 1	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.	Dificultad para realizar aforos y mediciones.	3	3	9	Medio
Captación naciente abarca 2	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad).	2	4	8	Medio
Captación naciente abarca 2	Tapa en mal estado y muy pesada.	Riesgo de infiltración de sustancias contaminantes, así como dificultad para alzar la tapa y realizar inspecciones y mediciones.	3	4	12	Alto
Captación naciente abarca 2	Poca frecuencia de limpieza.	Probabilidad contaminación por la presencia de hojas, algas, sedimentos y posibles bacterias.	3	4	12	Alto
Captación naciente abarca 2	Presencia de animales silvestres.	Riesgo de Infiltración de heces u orinas de animales silvestres. Peligros microbiológicos por Contaminación.	3	4	12	Alto
Captación naciente abarca 2	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo
Captación naciente abarca 2	Ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto

Captación naciente abarca 2	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.	Dificultad para realizar aforos y mediciones.	3	3	9	Medio
Captación naciente abarca 3	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	2	4	8	Medio
Captación naciente abarca 3	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presi	2	2	4	Bajo
Captación naciente abarca 3	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.	Dificultad para realizar aforos y mediciones.	3	3	9	Medio
Captación naciente abarca 3	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto
Captación los Vargas	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad).	2	4	8	Medio
Captación los Vargas	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo
Captación los Vargas	Ausencia de malla perimetral.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto
Captación los Vargas	Ausencia de tubería de fácil acceso y con válvula en la salida de la estructura de captación.	Dificultad para realizar aforos y mediciones.	3	3	9	Medio
Tanque de reunión Abarca	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad).	2	4	8	Medio

Tanque de reunión Abarca	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo
Tanque de almacenamiento la plaza	Agrietamiento en las paredes del tanque.	Riesgo de ruptura al estar agrietado.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento la plaza	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento la plaza	Ausencia de escalera interna	Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpieza frecuente, además de que es peligroso que algún operario sufra un accidente intentando ingresar o salir del tanque sin ayuda de una escalera.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento la plaza	Cercanía a la calle.	Riesgo de accidente automovilístico contra el tanque.	3	4	12	Alto
Tanque de almacenamiento la plaza	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	3	3	9	Medio
Tanque de almacenamiento la plaza	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	3	5	15	Muy Alto
Tanque de almacenamiento la plaza	Rebalse no posee control	Riesgo de contaminación por rebalsar agua con cloro.	3	3	9	Medio
Tanque de almacenamiento la Paulona	Posición del tanque en desnivel del suelo.	Riesgo de deslizamiento.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de candado.	Riesgo de contaminación / corte de suministro por acciones de vandalismo.	4	4	16	Muy alto

Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación.	5	5	25	Muy alto
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de pintura interna y externa.	Deterioro de la estructura del tanque y mal aspecto visual de las paredes externas. En las paredes internas se vuelve más propenso a que se de contaminación, además al no poseer una pintura clara en las paredes internas del tanque, se dificulta la visión para observar el fondo del tanque, así como la claridad del agua.	3	3	9	Medio
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de escalera interna y externa.	Riesgo de accidente laboral de algún operario al intentar subir al tanque o al ingresar. Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpieza frecuente.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de escalera interna y externa.	Riesgo de accidente laboral de algún operario al intentar subir al tanque o al ingresar. Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpieza frecuente.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento los Abarca	Cercanía a la calle.	Riesgo de accidente automovilístico contra el tanque.	3	4	12	Alto
Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	2	4	Bajo

Tanque de almacenamiento los Abarca.	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de escalera interna y externa.	Riesgo de accidente laboral de algún operario al intentar subir al tanque o al ingresar. Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpieza frecuente.	4	4	16	Muy alto
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación.	5	5	25	Muy alto
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.	Riesgo de daños o deslizamiento del tanque en caso de sismo.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	2	5	10	Alto
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación.	5	5	25	Muy alto
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.	Riesgo de daños o deslizamiento del tanque en caso de sismo.	3	5	15	Muy alto
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	2	5	10	Alto
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral y estructura de protección.	3	4	12	Alto
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad).	3	5	15	Muy alto

Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	2	3	6	Medio
Quebrada la Perdiz	Ausencia de rejillas.	Riesgo de contaminación debido a sólidos, hojas, animales o cualquier otro elemento que se encuentre en la corriente de la quebrada la perdiz.	5	5	25	Muy Alto
Quebrada la Perdiz	Ausencia de desarenador	Riesgo de aumento de sedimentación y aumento de turbiedad en el agua de consumo. Además de formación de toxinas como cloraminas al combinarse sustancias orgánicas con los compuestos de la cloración.	5	5	25	Muy Alto
Quebrada la Perdiz	Ausencia de filtros.	Riesgo de sustancias contaminantes y sedimentos por falta de pretratamiento del agua cruda de la quebrada.	5	5	25	Muy Alto
Quebrada la Perdiz	Ausencia de estructura de captación.	Alta vulnerabilidad por contaminación debido al ingreso de heces u orina de animales, así como el ingreso de cualquier otra sustancia contaminante. Posible enfermedad por agentes patógenos.	5	5	25	Muy Alto
Quebrada la Perdiz	Ausencia de malla perimetral o estructura de seguridad que impida el ingreso de personas ya animales.	Riesgo de vandalismo o contaminación con sustancias tóxicas.	4	5	20	Muy Alto
Quebrada la Perdiz	Cercanía de hogar con actividades domésticas, así como a la carretera, en la parte de aguas arriba de la captación.	Riesgo de contaminación aguas arriba.	4	5	20	Muy Alto
Pozo La Paulona	Ausencia de generador de energía externa en caso de que haya fallo eléctrico. No hay fuente de suministro eléctrico de reserva	Potencial pérdida de presión en bombas.	3	4	12	Alto



Caja de llaves	Ausencia de estructura de protección.	Riesgo de daño a la estructura, como quebrar una llave o tubería a causa de un golpe, y además está expuesto al vandalismo.	4	5	20	Alto
Caja de llaves	Ausencia de sistema de seguridad (riesgo de vandalismo)	Riesgo de vandalismo lo cual puede provocar interrupción en el sistema.	4	5	20	Alto
Línea de conducción	Existencia de tramos de tubería expuesta.	Riesgos de daños como rupturas de tuberías.	4	5	20	Alto
Línea de conducción	Ausencia de registros y mapeo de la línea de conducción	Riesgo operativo por carecer de planos y croquis del sistema de distribución	4	5	20	Alto
Línea de conducción	Ausencia de válvulas	Acumulación de presión en las tuberías, riesgo de rupturas.	3	5	15	Muy alto
Línea de distribución	Fluctuaciones de presión en la red.	Contaminación por variación de presión en la red.	4	3	12	Alto
Línea de distribución	Distribución a hogares sin cloración.	Tratamiento incompleto del agua de consumo y riesgo de transmisión de enfermedades por la presencia de patógenos y sustancias contaminantes.	5	5	25	Muy Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Desconocimiento y fluctuación del caudal que ingresa al clorador.	Dificulta el cálculo de la dosis correcta, y además genera incertidumbre en la concentración que posee el agua (puede haber exceso o deficiencia).	5	5	25	Muy Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Desconocimiento de la concentración del cloro suministrado al tanque.	Dosis insuficientes podrían generar una desinfección incompleta, o por el contrario podría haber exceso de cloro y provocar mal sabor en el agua de consumo.	5	5	25	Muy Alto

Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de registro de las concentraciones de cloro.	Ausencia de evidencia del sistema de desinfección, así como el respaldo en caso de una emergencia sanitaria (brote de enfermedades transmitidas por el agua). Desconocimiento de la dosis suministrada a la población. Desconocimiento de la eficiencia del sistema de cloración.	5	5	25	Muy Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de equipo de protección para el encargado de la cloración.	El operario que realiza la cloración sufre el riesgo de un posible accidente o daño corporal.	3	4	12	Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de capacitación.	Falta de conocimiento teórico y técnico que podría perjudicar la operación del sistema de acueducto.	3	4	12	Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de casetilla de protección en el clorador	Deterioro y daño de la estructura del clorador.	3	4	12	Alto
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de sistema de seguridad en el sistema de cloración	Vulnerabilidad al vandalismo. Suspensión del servicio o alteración en la concentración de la cloración.	3	5	15	Muy alto

**APENDICE 3: PROPUESTAS DE MEDIDA DE MEJORA Y MODERNIZACIÓN DEL ACUEDUCTO DE PITA RAYADA SEGÚN METODOLOGÍA PSA.**

Cuadro A.3.1 Plan de medidas de mejora y modernización del acueducto de Pita Rayada según la metodología de PSA.

Etapa del proceso	Evento peligroso	Riesgo asociado/ fundamento	Medida de mejora	Pasos por seguir	Monto aproximado de inversión (colones)	Plazo de tiempo	Responsables
Captación naciente la Paulona	Aumento del caudal del río aledaño a la estructura de captación.	Cauce cambia y puede infiltrarse o dañar la captación.	Mejorar la estructura de captación.	Mejorar la estructura de captación: paredes tengan mayor altura para evitar que el agua rebalse e ingrese a la estructura. Mejorar la tapa de captación. Hacer desagüe para evitar que el agua se estanque.	40 000	Nov 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente la Paulona	La tapa de la estructura se encuentra en mal estado. Los bordes de la tapa en mal estado (desalineados sin cierre hermético)	Infiltración de agua de lluvia/superficial que podría contaminar el agua; ya que la tapa se encuentra en mal estado.	Mejorar la estructura de captación y construir una tapa nueva con cierre hermético y seguro.	Mejorar la estructura de la tapa, incluyendo la remodelación de la tapa, de manera que sus bordes sean totalmente regulares y al cerrar la tapa no se pueda infiltrar el agua de lluvia.	30 000	Nov 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente la Paulona	Ausencia de malla perimetral de protección.	Ingreso libre de animales o personas.	Restricción del acceso a zona de la de la captación	Colocar malla perimetral alrededor de la captación.	50 000	Feb 2022-abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente la Paulona	Presencia de animales silvestres.	Riesgo de contaminación del agua por heces u orinas de animales silvestres.	Proteger la estructura de la captación para evitar el acceso de animales y la posibilidad que se infiltren heces u orinas.	Proteger la estructura de captación, realizar mejoras en la de la tapa para que no haya infiltración de ningún tipo.	30 000	Nov 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente la Paulona	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo, por falta de candado o sistema de seguridad.	Colocar un candado en la tapa de la estructura de captación para garantizar seguridad o cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	15 000	Nov 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Captación naciente la Paulona	Ausencia de un sistema hidráulico en la captación para realizar aforos y muestreos.	Dificultad para realizar aforos y mediciones de caudal y toma de muestras	Que la tubería de salida de captación sea visible y al alcance para realizar muestreos y aforos con facilidad.	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya poder realizar los aforos y toma de muestras.	20 000	Nov 2021- Feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente la Paulona	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión.	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación.	35 000	Nov 2021- Feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 1	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa de la estructura de captación para que se encuentre segura y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	15 000	Nov 2021- Feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 1	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación	35 000	Nov 2021- Feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 1	Ausencia de malla perimetral de protección.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor de la captación. En este caso se realizará con alambre de púas y postes esquineros.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente abarca 1	Ausencia de un sistema hidráulico en la captación para realizar aforos y muestreos.	Dificultad para realizar aforos y muestreos.	Que la tubería de salida de captación sea visible y al alcance para poder realizar muestreos y aforos con facilidad.	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya realizar los aforos y toma de muestras	35 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.

Captación naciente abarca 2	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa de la estructura de captación para que se encuentre segura y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 2	Tapa en mal estado y muy pesada.	Riesgo de infiltración de sustancias contaminantes, así como dificultad para alzar la tapa y realizar inspecciones, aforos y toma de muestras	Mejorar la estructura de la tapa.	Construir una tapa nueva que sea liviana y que proteja la estructura de captación de la infiltración de cualquier sustancia contaminante.	30 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo
Captación naciente abarca 2	Poca frecuencia de limpieza.	Probabilidad contaminación por la presencia de hojas, algas y sedimentos.	Aumentar la frecuencia de limpieza	Realizar limpieza en los alrededores y dentro de la estructura de captación 2 veces al mes.	NA	De forma continua	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 2	Presencia de animales silvestres.	Riesgo de contaminación del agua por heces u orinas de animales silvestres.	Proteger la estructura de captación para evitar el acceso de animales y la posibilidad de que se infiltran heces u orinas.	Proteger la estructura de captación, realizar mejoras en la de la tapa para que no haya infiltración de ningún tipo.	30 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación naciente abarca 2	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación	35 000	Enero 2022- abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 2	Ausencia de malla perimetral de protección.	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de.	Restricción del acceso a zona de la captación. 1.	Actualmente se posee unos muros de 50 cm de alto en 3 costados de la captación, sin embargo, el área del espacio que bordean es muy pequeña. Se recomienda construir una malla con un perímetro mayor alrededor de la estructura de captación.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.

Captación naciente abarca 2	Ausencia de un sistema hidráulico en la captación para realizar aforos y muestreos.	Dificultad para realizar aforos y muestreos.	Que la tubería de salida de captación sea visible y al alcance para poder realizar muestreos y aforos con facilidad.	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya realizar los aforos y toma de muestras	35 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 3	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa de la estructura de captación para que se encuentre segura y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 3	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 3	Ausencia de un sistema hidráulico en la captación para realizar aforos y muestreos. .	Dificultad para realizar aforos y muestreos.	Que la tubería de salida de captación sea visible y al alcance para poder realizar muestreos y aforos con facilidad.	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya realizar los aforos y toma de muestras	35 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación naciente abarca 3	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor de la captación. En este caso se realizará con alambre de púas y postes esquineros.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación los Vargas	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa de la estructura de captación para que se encuentre segura y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y colocarlo en la tapa de la estructura de captación.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Captación los Vargas	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire en la estructura de captación debido a las variabilidades de temperatura y presión	Colocar un respiradero en la estructura de captación.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Captación los Vargas	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor de la captación. En este caso se realizará con alambre de púas y postes esquineros.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Captación los Vargas	Ausencia de un sistema hidráulico en la captación para realizar aforos y muestreos	Dificultad para realizar aforos y muestreos.	Que la tubería de salida de captación sea visible y al alcance para poder realizar muestreos y aforos con facilidad.	Realizar mejoras en la estructura de captación donde se incluya realizar los aforos y toma de muestras	35 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de reunión Abarca	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa del tanque para que se encuentre seguro y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y realizar una estructura en la tapa donde se pueda colocar este candado.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de reunión Abarca	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa de la estructura de captación	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento la plaza	Agrietamiento en las paredes del tanque.	Riesgo de fugas y ruptura.	Valorar las posibles acciones para evitar la presencia de grietas y/o ruptura.	Colocar sistemas de sellantes para evitar fugas de agua. Realizar de mejoras en las paredes del tanque para que ayude a sellar las grietas por dentro del tanque.	90 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operarito



Tanque de almacenamiento en la plaza	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor del tanque, que posea un portón para ingresar con su respectivo candado de seguridad. Se necesitan postes en cada esquina, así como la malla de metal (que cubra todo el perímetro del tanque)	350 000	Enero 2022- Enero 2023.	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo
Tanque de almacenamiento en la plaza	Ausencia de escalera interna	Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpiezas, es peligroso que algún operario sufra un accidente intentando ingresar o salir del tanque sin ayuda de la escalera.	Disponer o construir una escalera interna en el tanque.	Disponer de escalera de ingreso al tanque para garantizar que el personal operativo pueda realizar las actividades de limpieza y mantenimiento del tanque a su interior.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento en la plaza	Cercanía a la calle. Ubicado al lado de la vía.	Riesgo de accidente automovilístico contra el tanque.	Colocar señalización.	Colocar señalización para que los conductores tengan precaución al manejar por ese tramo, además colocar malla de protección (que ya está contemplada anteriormente).	25 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento en la plaza	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo en la tapa del tanque	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento en la plaza	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento de los muros.	Construir acera perimetral al tanque.	Se debe construir una acera perimetral al tanque, de material de concreto y de mínimo un metro de ancho.	70 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo.
Tanque de almacenamiento en la plaza	Rebalse no posee control	Pérdidas de agua y cloración	Tener un control del rebalse, para que no se desperdicie agua y cloro.	Instalar un mecanismo de control (ejemplo: boyas), para evitar pérdidas de agua. Para la cloración igualmente se debe colocar una boyas.	25 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Tanque de almacenamiento la Paulona	Posición del tanque con respecto a un deslizamiento.	Riesgo de deslizamiento.	Tener medidas de control en caso de que ocurra un deslizamiento, así como tener medidas preventivas para evitar que se dé el deslizamiento del tanque.	Establecer protocolos para realizar acciones para minimizar el riesgo del deslizamiento. Como la construcción de una estructura de soporte al tanque y mitigue el riesgo.	100 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal de apoyo y conocimiento en el tema.
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de candado.	Riesgo de contaminación del agua por acciones de vandalismo.	Colocar candado en la tapa del tanque para que se encuentre seguro y protegido al vandalismo.	Comprar de candado de seguridad y realizar una estructura en la tapa donde se pueda colocar.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor del tanque. El equipo PSA decidió hacerlo con postes de madera y alambre de púas.	60 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo.
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación	Colocar un clorador en el tanque.	Adquirir un clorador e instalarlo en el tanque, de esta manera el agua recibe desinfección.	200 000	Feb 2022- Dic 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de pintura interna y externa.	Deterioro de la estructura del tanque y mal aspecto visual de las paredes externas. En las paredes internas se vuelve más propenso a que se de contaminación, además al no poseer una pintura clara en las paredes internas, se dificulta la visión para observar el fondo, así como la claridad del agua.	Pintar las paredes externas e internas del tanque.	Comprar pintura de color celeste para pintar la estructura externa del tanque, así como comprar una pintura de color claro (blanco o celeste) para pintar la estructura interna del tanque.	50 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.

Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de escalera interna y externa.	Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpiezas, es peligroso que algún operario sufra un accidente intentando ingresar o salir del tanque sin ayuda de la escalera.	Disponer o construir una escalera interna en el tanque.	Disponer de escalera de ingreso al tanque para garantizar que del personal operativo pueda realizar las actividades de limpieza y mantenimiento del tanque a su interior.	30 000 (por escalera)	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento la Paulona	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	Construir acera perimetral al tanque.	Se debe construir una acera perimetral al tanque, de material de concreto de un ancho de un metro.	70 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo I.
Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restricción del acceso a zona de la captación.	Colocar malla perimetral alrededor del tanque. Se necesitan postes en cada esquina, así como la malla de metal	250 000	Feb 2022- Dic 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo.
Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de escalera interna y externa.	Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpiezas, es peligroso que algún operario sufra un accidente intentando ingresar o salir del tanque sin ayuda de la escalera	Disponer o construir una escalera interna en el tanque	Disponer de escalera de ingreso al tanque para garantizar que del personal operativo pueda realizar las actividades de limpieza y mantenimiento del tanque a su interior	30 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento los Abarca	Cercanía a la calle.	Riesgo de accidente automovilístico contra el tanque.	Colocar señalización.	Colocar señalización para que los conductores tengan precaución al manejar por ese tramo, además colocar malla de protección (que ya está contemplada anteriormente).	25 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Tanque de almacenamiento los Abarca	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa del tanque	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento los Abarca.	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	Construir acera perimetral al tanque.	Se debe construir una acera perimetral al tanque, de material de concreto y de un metro de ancho	70 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de escalera interna y externa.	Dificultad para ingresar al tanque a realizar inspecciones y limpiezas, es peligroso que algún operario sufra un accidente intentando ingresar o salir del tanque sin ayuda de la escalera	Disponer o construir una escalera interna en el tanque	Disponer de escalera de ingreso al tanque para garantizar que del personal operativo pueda realizar las actividades de limpieza y mantenimiento del tanque a su interior	40 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal eventual.
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación	Colocar un clorador en el tanque.	Adquirir un clorador e instalarlo en el tanque, de esta manera el agua recibe desinfección	150 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.	Riesgo por volcamiento del tanque en caso de sismo	Colocar sujetadores que le de soporte y estabilidad al tanque al piso.	Adquirir sujetadores que se instalen en el tanque y se adhieran al suelo, para así evitar el volcamiento por movimientos sísmicos	30 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento el buey negro	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	Construir acera perimetral al tanque.	Se debe construir una acera perimetral al tanque, de material de concreto y de mínimo un metro.	70 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo.

Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de clorador.	Almacenamiento de agua cruda provoca presencia de Toxinas y floraciones de algas; estratificación	Colocar un clorador en el tanque.	Adquirir un clorador e instalarlo en el tanque, de esta manera el agua recibe desinfección	150 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de sujetadores del tanque al suelo.	Riesgo de volcamiento del tanque en caso de movimientos telúricos	Colocar sujetadores que le de soporte y estabilidad al tanque al piso.	Adquirir sujetadores que se instalen en el tanque y se adhieran al suelo, para así evitar el volcamiento por movimientos telúricos	20 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de acera perimetral.	Riesgo de socavamiento.	Construir acera perimetral al tanque.	Se debe construir una acera perimetral al tanque, de material de concreto de un metro de ancho	70 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo.
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de malla perimetral	Ingreso de animales o personas por ausencia de malla perimetral de protección.	Restringir el acceso a las cuencas de captación mediante la colocación de malla perimetral.	Colocar malla perimetral alrededor del tanque. Se necesitan postes en cada esquina, así como la malla de metal (que cubra todo el perímetro del tanque)	150 000	Enero 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal eventual.
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de candado.	Riesgo contaminación por vandalismo (por falta de candado o sistema de seguridad)	Colocar un candado en la tapa del tanque para que se encuentre seguro y protegida de cualquier acto de vandalismo.	Comprar un candado de seguridad y realizar una estructura en la tapa donde se pueda colocar este candado.	15 000	Feb 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Tanque de almacenamiento Los Vargas	Ausencia de respiradero.	Acumulación de aire dentro de la estructura del tanque debido a las variabilidades de temperatura y presión.	Colocar un respiradero en la tapa del tanque.	Adquirir materiales para el respiradero mediante tubos de PVC para instalarlo tapa del tanque	35 000	Enero 2022- Abril 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Quebrada la Perdiz	Ausencia de rejillas.	Riesgo de contaminación debido a sólidos, hojas, animales o cualquier otro elemento que se encuentre en la corriente de la quebrada	Colocar rejillas en la entrada de la captación de la quebrada.	Mejorar la estructura donde se realiza la captación del caudal de la quebrada, colocar rejillas para evitar el paso de escombros y sedimentos.	50 000	Enero 2022- Diciembre 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal Operativo.

		la Perdiz.					
Quebrada la Perdiz	Ausencia de desarenador	Riesgo de aumento de sedimentación y aumento de turbiedad en el agua de consumo. Además, la formación de toxinas como cloraminas al combinarse sustancias orgánicas con los compuestos de la desinfección.	Colocar un desarenador.	Diseñar e instalar un desarenador en el cual ingrese el caudal de la quebrada de la Paulona, para que así el agua tenga un pretratamiento antes de ingresar al tanque de almacenamiento.	1 500 000	Julio 2022- julio 2024	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Emel Rodríguez, Ingenieros de diseño y personal operativo
Quebrada la Perdiz	Ausencia de filtros.	Riesgo de sustancias contaminantes y sedimentos por falta de pretratamiento del agua cruda de la quebrada.	Construir sistema de filtración	Diseñar e instalar el sistema la filtración. Para la fuente que se usará de la quebrada de la Paulona.	2 000 000	Julio 2022- julio 2023	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Emel Rodríguez, Ingenieros, personal operativo
Quebrada la Perdiz	Ausencia de estructura de captación.	Alta vulnerabilidad por contaminación debido al ingreso de heces u orina de animales, así como el ingreso de cualquier otra sustancia contaminante.	Construir una estructura de captación segura para el ingreso del caudal de diseño.	Construir una estructura de captación en concreto, con su respectiva estructura de seguridad, que proteja el ingreso del caudal de la quebrada	50 000	Enero 2022- Diciembre 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y personal operativo
Quebrada la Perdiz	Ausencia de malla perimetral o estructura de seguridad que impida el ingreso de personas y animales.	Riesgo de vandalismo o contaminación con sustancias toxicas.	Colocar una malla o cerca perimetral que impida el ingreso de personas o animales.	Construir una estructura de seguridad, como una malla perimetral, o una cerca de púas, en el perímetro que se encuentra la captación de la toma del caudal de la quebrada.	50 000	Enero 2022- Diciembre 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Emel Rodríguez y personal operativo

Quebrada la Perdiz	Cercanía de hogar con actividades domésticas, así como a la carretera, en la parte de aguas arriba de la captación.	Riesgo de contaminación aguas arriba.	Comprar el terreno aguas arriba del cauce de la quebrada.	Adquirir fondos para comprar el terreno aledaño a la quebrada la Perdiz. De esta manera se evita cualquier tipo de contaminación agua arriba, y además, se puede convertir en una zona de reforestación.	3 000 000	Julio 2022- julio 2023	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Emel Rodríguez.
Pozo La Paulona	Ausencia de generador de energía externa en caso de que haya fallo eléctrico. No hay fuente de suministro eléctrico de reserva	Potencial pérdida de presión en bombas.	Contar con un generador de energía.	Cotizar un generador de energía y hacer un estudio para conocer qué tan indispensable es el suministro eléctrico para el funcionamiento del acueducto.	200 000	Enero 2022- Diciembre 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Emel Rodríguez.
Caja de llaves	Ausencia de estructura de protección.	Riesgo de daño a la estructura, como quebrar una llave o tubería a causa de un golpe, y además está expuesto al vandalismo.	Construir una caja de protección en la caja de llaves.	Adquirir los materiales necesarios y construir una caseta o estructura de protección, que evite que la caja de llaves este expuesta a la intemperie	50 000	Enero 2022- Diciembre 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Caja de llaves	Ausencia de sistema de seguridad (riesgo de vandalismo)	Riesgo de vandalismo lo cual puede provocar interrupción en el sistema.	Colocar un sistema de seguridad en la caja de llaves.	Colocar un candado con llave y construir una caseta de protección, para evitar la manipulación de esta por personas ajenas al acueducto, ya que al estar visible a la orilla de la calle puede estar susceptible a daños por vandalismo.	40 000	Dic 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Línea de conducción	Existencia de tramos de tubería expuesta y a la intemperie .	Riesgos de daños como rupturas de tuberías.	Intentar que la tubería se encuentre protegida bajo tierra, y si no es posible, colocar un soporte u estructura de protección que evite que esta se dañe en caso de que algo le caiga encima.	Identificar los tramos de tubería expuesta y más susceptible, y posteriormente, construir estructuras de soporte y protección, o intentar colocarlas bajo tierra	100 000	Ene 2022- oct 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, personal operativo.
Línea de conducción	Ausencia de registros y mapeo de la línea de conducción	Riesgo operativo por carecer de planos, esquemas o croquis del sistema de distribución	Contar con un esquema o croquis o planos del sistema de distribución	Contratar un ingeniero de la Liga Comunal del Agua y solicitar que elabore un croquis y planos del sistema de acueducto.	100 000	Ene 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo, Ingeniero.
Línea de conducción	Ausencia de válvulas	Acumulación de presión en las tuberías, riesgo de rupturas.	Colocar válvulas liberadoras de presión en línea de conducción.	Adquirir válvulas reguladoras de presión y colocarlas en sitios estratégicos de la línea de conducción	50 000	Dic 2021- feb 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Línea de distribución	Fluctuaciones de presión en la red.	Variación de presión en la red	Llevar un control de registro y monitoreo de presiones para identificar variaciones significativas de presiones en la red de distribución	Poseer un registro ordenado y actualizado con las mediciones de presiones de la red, y tener un control de estas. Adquirir un manómetro para realizar monitoreo periódico de la presión en las tuberías.	50 000	Feb 2022- Jul 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Línea de distribución	Distribución a hogares sin cloración.	Potabilización incompleta del agua de consumo y riesgo de transmisión de enfermedades por la presencia de patógenos y sustancias contaminantes.	Distribuir únicamente agua clorada a los hogares.	Identificar los tramos de la red de distribución los cuales no poseen agua clorada, y colocar cloradores en los tanques de los cuales proviene esta agua. En este caso sería el tanque de los Vargas y el tanque de la Paulona.	250 000 (por unidad de clorador)	Ene 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.



Sistema de desinfección (cloración)	Desconocimiento y fluctuación del caudal que ingresa al clorador.	Dificulta el cálculo de la dosis correcta, y además genera incertidumbre en la concentración que posee el agua (puede haber exceso o deficiencia)	Realizar aforos y mantener el caudal de entrada al clorador bajo control.	Realizar aforos periódicamente del caudal que entra al clorador y anotarlos en una bitácora, para así calcular la dosis exacta que se necesita y mantener registros. Además, aplicar un mecanismo de control en este caudal, para evitar las fluctuaciones de este.	15 000	Ene 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Sistema de desinfección (cloración)	Desconocimiento de la concentración del cloro suministrado al tanque.	Dosis insuficientes podrían generar una desinfección incompleta.	Calcular la dosis optima y hacer mediciones de la concentración de cloro en el tanque y en los hogares donde se distribuye.	Contratación de persona especializada para capacitar al encargado de la desinfección: preparación de la solución en cada uno de los cloradores. Medición de cloro residual según la normatividad vigente.	100 000	Ene 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo y persona capacitada.
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de registro de las concentraciones de cloro.	Ausencia de evidencia del sistema de desinfección, así como el respaldo en caso de una emergencia sanitaria (brote de enfermedades transmitidas por el agua). Desconocimiento de la dosis suministrada a la población. Desconocimiento de la eficiencia del sistema de cloración.	Poseer una bitácora con los registros de las concentraciones de cloro en los distintos puntos de la red y componentes del sistema donde se aplica la cloración.	Adquirir una bitácora, así como un aparato medidor de cloro, para realizar las mediciones y poseer un registro de ellas por escrito.	70 000	Ene 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de equipo de protección para el encargado de la desinfección	El operario que realiza la desinfección sufre el riesgo de un posible accidente o daño corporal.	Utilizar equipo de protección siempre que se realice el procedimiento de la desinfección	Adquirir equipo de protección como guantes, mascarilla y lentes, y que el operario encargado de realizar la desinfección lo utilice siempre.	15 000	Ene 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de capacitación.	Falta de conocimiento teórico y técnico que podría perjudicar la operación del sistema de desinfección y de los demás componentes del acueducto.	Capacitar al personal, específicamente al fontanero, para que la operación del acueducto funcione en óptimas condiciones.	Inscribir al fontanero del acueducto en el curso de fontaneros que da el INA.	30 000	Ene 2022- Jun 2022	Juan Carlos Elizondo.
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de caseta de protección en el clorador	Deterioro y daño de la estructura del clorador.	Construir una estructura de protección a los cloradores del sistema de acueducto.	Adquirir materiales y construir una caseta de protección que impida que la estructura de desinfección se exponga al sol y a la lluvia. De esta forma se reduce el deterioro, se alarga la vida útil, y evita que sea dañado.	40 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.
Sistema de desinfección (cloración)	Ausencia de sistema de seguridad en el sistema de cloración	Vulnerabilidad al vandalismo. Suspensión del servicio o alteración en la concentración de la cloración.	Construir junto a la caseta de protección, una estructura de seguridad, que impida que pueda ser manipulado por cualquier persona.	Implementar un sistema de seguridad en la caseta, por ejemplo, un candado o cadena de seguridad, para evitar que sufra de vandalismo y el sistema de desinfección sea afectado y alterado.	15 000	Feb 2022- Jun 2022	Félix Elizondo, Juan Carlos Elizondo.

#### APÉNDICE 4: ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO: MEDIDAS CORRECTIVAS DE LA HERRAMIENTA GIRA.

Cuadro A.4.1 Plan de medidas correctivas generado con la herramienta GIRA.

Tipo Vulnerabilidad	Tipo de componente	Riesgo Asociado	Medida	Monto de Inversión aprox.	Fuente de financiamiento	Pasos a seguir para la solución propuesta	Responsables	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Sanitaria	Captación Superficial	Contaminación por acceso de animales y personas	Colocar malla de protección alrededor de la toma	100 000 colones	Tarifa ordinaria	Construir cerca de alambre	Fontanero y personal eventual	feb-22	mar-22
Sanitaria	Captación Superficial	Contaminación por falta de rejilla de protección en la tubería de rebalse	Construir rejillas de seguridad en la captación y mantener en buenas condiciones, pintadas y bien colocadas	200 000 colones	Tarifa ordinaria	Si se aprueba el fondo para la construcción de filtros, se haría como parte del proyecto. Si no se aprueba, se construyen las rejillas por medios propios.	Fontanero y personal eventual	mar-22	abr-22
Sanitaria	Captación Superficial	Contaminación por cercanía de actividad agrícola	Identificar si existe descarga de residuos de actividades agrícola, ganadera, industrial o de desarrollo habitacional aguas arriba de la toma de agua	3 000 000 colones	Búsqueda de fondos	Comprar el lote de Jerardina para evitar cualquier descarga de agua o fuente de contaminación hacia el río. Se realiza con fondos de la ASADA, fondos	Emel Rodríguez y Marcos Espinoza	feb-22	dic-22

						de la cooperación (fondo comunitario Guanacaste)			
<b>Sanitaria</b>	Captación Superficial	Contaminación por falta de infraestructura de protección	Proveer a la toma de agua infraestructura que la proteja	200 000 colones	Tarifa ordinaria	Construcción de una estructura: primer filtro de piedra luego arena, y por último la losa en concreto.	Fontanero y personal eventual	mar-22	abr-22
<b>Sanitaria</b>	Captación Superficial	Contaminación por falta de desarenador	Construir desarenador después de la toma de agua	4 000 000 colones	Búsqueda de fondos	En caso de que se apruebe el proyecto de la embajada de Japón, se usaría este fondo para realizar el desarenador, siguiendo los procedimientos presentados en la formulación del proyecto.	Emel Rodríguez, personal de ASADA e Ing. Jesús Montero.	mar-22	mar-24
<b>Sanitaria</b>	Líneas de Conducción y Distribución	Contaminación por variación de presión en la red	Llevar un control de registro y monitoreo de presiones para identificar variaciones significativas de presiones en	100 000	Tarifa ordinaria	Bitácora de registro, y pedir colaboración de ingenieros de la LCA para que hagan mediciones de presiones. Poner válvulas de aire	Fontanero e Ing. Jesús Montero	nov-21	ene-21

			la red de distribución			en red madre. Colocar después del tanque de la plaza y otra en el sector de Luis Agüero.			
<b>Sanitaria</b>	Líneas de Conducción y Distribución	Contaminación por falta de cloro residual en la red	Llevar un monitoreo del cloro residual, en caso de carecer Activar el protocolo de incumplimiento de los umbrales de concentración de cloro	65 000	Tarifa ordinaria	Poseer una bitácora, y para las mediciones de cloro el acueducto posee uno, sin embargo, no está en uso y no se sabe si está en buen estado, en caso de estar bueno, se utilizará este, y si no se debe invertir en comprar uno nuevo.	Fontanero e Ing. Jesús Montero	oct-21	ene-22
<b>Sanitaria</b>	Líneas de Conducción y Distribución	Riesgo operativo por carecer de planos y croquis del sistema de distribución	Contar con un croquis y planos del sistema de distribución	100 000 colones.	Tarifa ordinaria	Se contratará el ingeniero de la LCA para que elabore el croquis del acueducto.	Fontanero e Ing. Marcos Espinoza	dic-21	feb-22

<b>Sanitaria</b>	Líneas de Conducción y Distribución	Riesgo operativo al carecer de una persona encargada de la fontanería del sistema	Contar con una persona calificada y capacitada para labores de fontanería, con el manual de mantenimiento y operación del sistema	30 000 colones	Tarifa ordinaria	Fontanero está en proceso de certificación. Se asignó a Mauricio Elizondo Hernández para que se certifique como el Fontanero del Acueducto. INA y LCA cubre el costo del curso, pero se debe pagar los viáticos al fontanero.	Mauricio Elizondo Hernández y Emel Rodríguez	sep-21	nov-21
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por falta de protección a la naciente	Construir caseta o tanque de captación para proteger la naciente de contaminación ambiental	70 000	Tarifa ordinaria	Se construye con bloc, arena, cemento de materiales, y tapa metálica. Además, se debe contratar peones para que realicen el trabajo.	Félix Elizondo y peones de la comunidad.	nov-21	ene-22
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por falta de seguridad (candado o tornillo)	Colocar candado a la tapa de captación y mantener la tapa pintada y libre de musgo	25 000	Tarifa ordinaria	Se comprarán 5 candados y se colocarán en las 5 captaciones que les falta el sistema de seguridad.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	dic-21	ene-22

<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por grietas en la loza	Impermeabilizar y corregir grietas en las paredes de la loza superior de captación	20 000	Tarifa ordinaria	Las mejoras se harán cuando se realice la estructura de protección en la naciente la Paulona	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	nov-21	feb-22
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por acceso de agua superficial aledaña	Construir canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía	20 000	Tarifa ordinaria	Los canales se construirán cuando se hagan las respectivas mejoras a la estructura de captación.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	nov-21	feb-22
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por falta de rejilla de protección en la tubería de rebalse	Colocar respiradero o tubería de rebalse con su respectiva rejilla de protección a la captación	20 000	Tarifa ordinaria	Se colocarán respiraderos en las 5 captaciones que no tienen.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por raíces y hojas dentro de la captación	Eliminar plantas, raíces y hojas, algas dentro de la captación de la naciente.	sin costo		Aumentar la frecuencia de limpieza.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	nov-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Naciente	Contaminación por cercanía de letrinas, animales, viviendas y residuos	Identificar y corregir fuentes de contaminación alrededor de la captación	10 000	Tarifa ordinaria	A la tubería que usan como respiradero se le va a añadir el respiradero de cuello de ganso.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21

			(letrinas, animales, residuos, viviendas)						
<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por falta de rejilla de protección en la tubería de rebalse	Colocar respiradero o tubería de rebalse con su respectiva rejilla de protección	20 000	Tarifa ordinaria	Se colocarán respiraderos en los 3 tanque de concreto, los 2 tanques de plástico ya poseen respiradero.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por falta de tapas o tapas en condiciones no sanitarias	Mantener las tapas de los tanques pintadas, sin grietas, libre de hongos y musgo	10 000	Tarifa ordinaria	Se construirá un collar alrededor de la tapa del tanque de la Paulona.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por falta de mantenimiento externo (pintura, limpieza, hojas, musgo)	Eliminar fuente de contaminación alrededor de la captación (letrinas y raíces limpieza captación externa captación tanques de almacenamiento)	70 000	Tarifa ordinaria	Aumentar frecuencia de limpieza y pintar las paredes del tanque.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21



<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por falta o sistema de cloración fuera de operación	Contar con un sistema de cloración funcional, operativo y con un buen mantenimiento	70 000	Tarifa ordinaria	Se adquirirá un clorador para poner en el tanque de la Paulona.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo, ingenieros de la LCA.	oct-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por presencia de sedimentos, algas, hongos dentro del tanque.	Dar mantenimiento preventivo a los tanques y eliminar sedimentos, algas y hongos dentro del tanque	50 000	Tarifa ordinaria	adherir pintura a las paredes internas del tanque para poder tener mayor visibilidad del estado del agua dentro. Se probará primero con un tanque y luego se replica a los demás.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21
<b>Sanitaria</b>	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por ausencia o falta de malla de protección	Contar con una malla de protección en buenas condiciones alrededor del tanque	750 000	Tarifa ordinaria	Se pondrá malla perimetral en los tanques de almacenamiento, como prioridad se va a colocar malla en el tanque de la plaza, la malla ya se tiene, solo se necesita comprar los tubos, se necesita invertir	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo, Emel Rodríguez.	oct-21	dic-22

						350 000. para el tanque de los abarca se necesitan 250 000. A los tanques que no están a la orilla de la calle, como es el tanque de la Paulona se les colocará cerca de alambre, se debe invertir 50 000, y el tanque de los Vargas se le colocará malla, techo y portón y se debe invertir 100 000 colones.			
Sanitaria	Tanque de Almacenamiento	Contaminación por falta de candado, cadena o tornillo en el cierre de la tapa.	Construir una tapa en el tanque con cierre para candado o tornillo y mantenerla pintada limpia y en condiciones sanitarias	10 000	Tarifa ordinaria	Se construirá candado en las tapas de los tanques de la Paulona y los Vargas, que son los que no poseen candado.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	ene-22

Infraestructura	Registro de infraestructura	Pérdida de información sobre las especificaciones del sistema	Realizar el levantamiento de catastro de cada componente del sistema, especificando: ubicación, profundidad y especificaciones técnicas	100 000	Tarifa ordinaria	Se utilizara el croquis como información sobre las especificaciones del sistema y se realizará con levantamiento de coordenadas. Ya se contempló este gasto anteriormente-	Ingenieros de la LCA	oct-21	mar-22
Operativa	Caudal	Desabastecimiento de agua	Validar mediante un estudio de disponibilidad hídrica las opciones de incremento de la demanda para cubrir mínimo los siguientes 5 años	400 000		Se realizará un balance hídrico luego de poner los filtros de la quebrada , ya que se tomará esta fuente de agua en cuenta.	Ingenieros de la LCA	feb-22	mar-23
Operativa	Caudal	Desinformación sobre posibles fuentes de recarga subterránea que sean afectadas por contaminación	Investigar y documentar las fuentes de agua subterránea	400 000	Tarifa ordinaria	Se contratará al Ing. hidrólogo de la LCA para que realice esta investigación.	Marcos Espinoza.	ene-23	feb-24

<b>Operativa</b>	Calidad de agua	Contaminación del agua suministrada a la comunidad	Contar con un sistema de desinfección para garantizar la calidad del agua	120 000	Tarifa ordinaria	Proveer de cloro a los sectores que no lo tienen, poniendo cloradores en el tanque de los Vargas y en el de la Paulona.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	ene-22
<b>Operativa</b>	Procedimientos	Falta de pruebas de las mejoras realizadas al sistema	Llevar una bitácora completa y actualizada de las mejoras y mantenimientos realizados al sistema	2 000	Tarifa ordinaria	Se utilizará una bitácora con el registro de todas las mejoras realizadas en el acueducto	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	nov-22	dic-21
<b>Sello de Calidad</b>	Mantenimiento	Uso incorrecto de las áreas que rodean los tanques y fuentes que provoque contaminación del agua	Realizar las mejoras de las condiciones de pintura y los rótulos respectivos para cada una de las fuentes y tanques.	300 000	Tarifa ordinaria	Se realizarán rótulos de todos los componentes del acueducto para que estén debidamente señalados. El costo de cada rótulo es de 40 mil colones.	Emel Rodríguez	feb-22	ene-23
<b>Sello de Calidad</b>	Calidad de agua	Calidad del agua fuera de los parámetros de la norma que puede provocar problemas en la salud de la población,	Crear una bitácora y documentar diariamente los estudios de cloro residual en la red, con fechas y	2 000	Tarifa ordinaria	Adquirir Bitácora de registro y concentraciones de cloración.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	oct-21	dic-21

		demandas legales, entre otros	ubicación de la muestra, de manera que tomen medidas oportunas para permanecer dentro de la norma de calidad						
<b>Emergencias</b>	Planificación	Desabastecimiento de materiales para reparar daños, largas esperas de abastecimiento	Identificar los materiales pertinentes a mantener en bodega para atención a emergencias	200 000	Tarifa ordinaria	Tener un stock de tubos y accesorios, pegamentos, válvulas.	Juan Carlos Elizondo, Félix Elizondo.	dic-21	feb-22
<b>Emergencias</b>	Planificación	Desconocimiento detallado del sistema en el momento del desastre	Crear el plano del sistema con sus accesorios, documentarlo y mantenerlo actualizado	50 000	Tarifa ordinaria	Se realizara un croquis con todos los componentes y sus respectivos accesorios.	Ingenieros de la LCA.	nov-22	feb-22

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: FOTOS DEL REPORTE DE CONTROL OPERATIVO DE PITA RAYADA**

9

**Liga Comunal del Agua**  
Design • Hidrografía • Mantenimiento

**Unidades de Servicios de Desarrollo (USEDES)**

**BITÁCORA CONTROL OPERATIVO**

ASADA: Pita Rayada

Fecha del control: 30/06/2021

Nombre persona a cargo del muestreo: Javier Henao R

Lugar(es) donde se realizó el control en el acueducto:

1. Csa José Meléndez
2. Csa Abel Meléndez

Firma Recibido:

**Detalle de resultados del monitoreo**

Parámetro	Resultados		Limite
	Punto 1	Punto 2	
Turbiedad (NTU)	1,06	2,77	Alerta: 1 Máx. admisible: 5
Olor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
Cloro Residual (mg/L)	0,01	0,00	0,3 A 0,6
pH	7,4	7,5	6,0 A 8,0
Sabor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
temperatura (°C)	29,1°	29,8°	No Aplica

Observaciones: No hay presencia de cloro en la red

Figura A.1.1 Foto del control operativo del mes de junio del 2021, del acueducto de Pita Rayada.

11

**Liga Comunal del Agua**  
Unidades de Servicios de Desarrollo (USEDES)

**BITÁCORA CONTROL OPERATIVO**

ASADA: Pita Rayada

Fecha del control: 30/08/2021

Nombre persona a cargo del muestreo: Jesús Montero

Lugar(es) donde se realizó el control en el acueducto:  
1. Edificio Politécnico  
2. Cercos Pita Rayada

Firma Recibido: [Firma]

**Detalle de resultados del monitoreo**

Parámetro	Resultados		Límite
	Punto 1	Punto 2	
Turbiedad (NTU)	1,71	1,31	Alerta: 1 Máx. admisible: 5
Olor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
Cloro Residual (mg/L)	0,12	0,71	0,3 A 0,6
pH	7,4	7,3	6,0 A 8,0
Sabor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
Temperatura (°C)	29,1°	28,9°	No Aplica

Observaciones: Subir la dosis de cloro en el libre

Figura A.1.2 Foto del control operativo del mes de agosto del 2021, del acueducto de Pita Rayada.

13

**Liga Comunal del Agua**  
Unidades de Servicios de Desarrollo (USEDES)

**BITÁCORA CONTROL OPERATIVO**

ASADA: Pita Rayada

Fecha del Control: 27/09/2021

Nombre persona a cargo del muestreo: Jesús Montero P

Lugar (es) donde se realizó el control en el acueducto:  
1. Fernán Castillo  
2. Sergio Vargas

Firma Recibido: [Firma]

**Detalle de resultados del monitoreo**

Parámetro	Resultados		Límite
	Punto 1	Punto 2	
Turbiedad (NTU)	0,99	0,27	Alerta: 1 Máx. admisible: 5
Olor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
Cloro Residual (mg/L)	2,49	0,22	0,3 A 0,6
pH	7,1	6,8	6,0 A 8,0
Sabor	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> No Aceptable	Aceptable
Temperatura (°C)	27,1	27,7	No Aplica

Observaciones: Bajar Cloro Residual en el punto 1.

Figura A.1.3 Foto del control operativo del mes de setiembre del 2021, del acueducto de Pita Rayada.



## ANEXO 2: FOTOS DE LAS SESIONES REALIZADAS CON EL EQUIPO PSA



Figura A.2.1 Fotos de las sesiones realizadas con el equipo de PSA del acueducto de Pita Rayada.