

Universidad Nacional, Costa Rica

Sede Regional Chorotega

*Campus Liberia*

**“Evaluación hidrológica e hidráulica para conocer el estado actual de los sistemas de agua potable de las ASADAS aledañas al Parque Nacional Barra Honda, Costa Rica.”**

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

Sustentante:

María Paula Vargas Rodríguez

504210420

Equipo asesor:

Ing. José Mario Valerín Loaiza

Antr. Lidiana Rojas Sánchez

Oficina Regional De Acueductos Comunes Chorotega, Oficina Liberia.

Liberia, Guanacaste

17 de febrero, 2023

El tribunal evaluador aprobó el trabajo final de graduación titulado: **“Evaluación hidrológica e hidráulica para conocer el estado actual de los sistemas de agua potable de las ASADAS aledañas al Parque Nacional Barra Honda, Costa Rica.”** Requisito para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Hidrológica

**Integrantes Tribunal Examinador**

---

Ing. José Rolando Madriz Vargas

Tutor del Proyecto

---

Andrea Suárez Serrano PhD.

Lector

---

Christian Golcher Benavides PhD.

Lector

---

M.Sc. Medardo Moscoso Vidal.

Representante de Dirección Académica, *Campus Liberia*

---

M.Sc. Ronald Sánchez Brenes.

Representante de Dirección Académica, *Campus Liberia*

## **Agradecimiento**

Le agradezco a Dios por permitirme cumplir con este proceso de crecimiento profesional. A mi familia por apoyarme y sobre todo guiarme en cada paso de mi carrera.

Al personal de la Oficina Regional de Acueductos Comunes Chorotega y a los miembros de las ASADAS por el apoyo, la confianza y guía durante este proyecto.

A mis amigos por ayudarme y alentarme en esta etapa.

A los profesores de la carrera por el conocimiento brindado en estos años, además de su apoyo y disposición de guiarme durante este proceso.

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi familia que a lo largo de mi vida me han brindado el apoyo necesario para cumplir mis metas.

## Resumen Ejecutivo

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la calidad del agua, las infraestructuras de agua potable y la disponibilidad de agua de las tres ASADAS limítrofes al Parque Nacional Barra Honda. Para el análisis de la calidad del agua se desea realizar un análisis de Nivel Primero (N1), cómo se establece en el Reglamento de Calidad de Agua Potable, con el interés principal de conocer los valores del parámetro de conductividad ya que esta zona presenta altos niveles de calcio a causa del tipo de roca y suelo.

Además, se hará una inspección de los componentes y accesorios de la infraestructura de agua potable de cada uno de los sistemas con el Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable del Ministerio de Salud para valorar el estado de estas. Por último, se realizarán balances hídricos utilizando la herramienta validada y promovida por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para el uso de las Asociaciones Administradoras de los Sistemas Comunales del Agua (ASADAS).

**Palabras clave:** Calidad de agua, ASADAS, Balance Hídrico, Infraestructura.

### Abstract

The purpose of this paper is to analyze the water quality, drinking water infrastructures and water availability of the three ASADAS bordering the Barra Honda National Park. For the analysis of water quality, it is desired to perform a Level One (N1) analysis, as established in the Drinking Water Quality Regulation, with the main interest of knowing the values of the conductivity parameter since this area has high levels of calcium due to the type of rock and soil.

In addition, an inspection of the components and accessories of the drinking water infrastructure of each of the systems will be made with Annex 7 of Decree 38924-S of Drinking Water of the Ministry of Health to assess the state of these. Finally, water balances will be carried out using the tool validated and promoted by the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AyA) for the use of the Associations Administrators of Communal Water Systems.

**Keywords:** Water Quality, ASADAS, Water Balance, Infrastructure.

## Tabla de Contenidos

Agradecimientos .....	3
Resumen Ejecutivo .....	5
Abstract.....	5
Tabla de Contenidos.....	6
Lista de figuras.....	9
Lista de tablas .....	9
Lista de gráficos.....	10
Abreviaciones .....	11
<i>Capítulo I. Introducción del Proyecto.....</i>	<i>12</i>
1.1    Introducción.....	13
1.2    Planteamiento del problema.....	14
1.3    Justificación .....	15
1.4    Objetivos del estudio.....	16
1.4.1    Objetivo General .....	16
1.4.2    Objetivos Específicos.....	16
1.5    Alcances y Limitaciones .....	17
<i>Capítulo II. Antecedentes .....</i>	<i>18</i>
2.1    Descripción de la zona de estudio.....	19
2.2    Orden de Suelos .....	20
2.3    Actividades socioeconómicas .....	21
2.3.1    Ganadería .....	21

2.3.2	Agricultura .....	22
2.3.3	Turismo.....	22
<i>Capítulo III. Marco Teórico .....</i>		<i>24</i>
3.1	Definición de conceptos claves.....	25
3.1.1	¿Qué son las ASADAS?.....	25
3.1.2	Acueductos .....	25
3.1.2.1	Fuentes de abastecimiento.....	25
3.1.2.2	Obra de captación.....	25
3.1.2.3	Planta potabilizadora .....	26
3.1.2.4	Tanques de almacenamiento .....	26
3.1.2.5	Red de distribución.....	27
3.2	Niveles de control de calidad de agua.....	27
3.2.1	Control Operativo.....	27
3.2.2	Nivel primero (N1).....	27
3.2.3	Nivel Segundo (N2).....	28
3.2.4	Nivel Tercero (N3) .....	28
3.2.5	Nivel Cuarto (N4).....	28
<i>Capítulo IV. Estudios de Prefactibilidad.....</i>		<i>29</i>
4.1	Estudio Social .....	30
4.2	Estudio Financiero .....	31
4.3	Estudio Ambiental.....	32
4.4	Estudio Legal .....	32

4.5	Estudio de Prefactibilidad Técnica .....	33
<i>Capítulo V. Metodología .....</i>		<i>34</i>
5.1	Descripción de la metodología.....	35
5.2	Alcance y muestra de estudio.....	35
5.3	Métodos y materiales .....	36
5.4	Cronograma y presupuesto.....	38
5.5	Instrumentos.....	40
5.6	Conclusiones .....	42
<i>Capítulo VI. Resultados y Discusión .....</i>		<i>43</i>
6.1	Resultado Balances Hídricos .....	43
6.2	Resultado Análisis de calidad de agua potable .....	45
6.3	Resultado de la Evaluación de la infraestructura de la ASADA .....	50
6.4	Hallazgos comparativos entre las ASADAS.....	65
6.5	Discusión en relación con la metodología y objetivos.....	67
<i>Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones .....</i>		<i>69</i>
7.1	Conclusiones .....	70
7.2	Recomendaciones .....	70
<i>Anexos.....</i>		<i>74</i>

## Lista de figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.....	19
Figura 2. Mapa del tipo de suelo de la zona de estudio.....	20
Figura 3. Terrenos ganaderos en Corralillo, Nicoya. ....	21
Figura 4. Habitantes longevos de la zona de estudio.....	22
Figura 5. Actividades recreativas en el Parque Nacional Barra Honda.....	23
Figura 6. Festival de la Tortilla en Corralillo, Nicoya.....	23
Figura 7. Fragmento del promedio de dureza total, de calcio y de magnesio presente en los distritos de Guanacaste.....	30
Figura 8. Cotización de costos por muestra.....	31
Figura 9. Multiparámetro marca Fisher Scientific.....	36
Figura 10. Checker de cloro libre marca HANNA.....	37
Figura 11. Medidor portátil de turbidez marca HANNA. ....	37
Figura 12. Diagrama de Gantt para el seguimiento de las actividades del proyecto.....	39

## Lista de tablas

Tabla 1. Leyes consideradas durante la elaboración del proyecto. ....	32
Tabla 2. Cotización para realizar el estudio completo para las tres ASADAS. ....	40
Tabla 3. Diagrama para resultados de los parámetros que se miden in situ.....	41
Tabla 4. Diagrama para los resultados de la revisión del estado de la infraestructura. ....	41
Tabla 5. Resultado del análisis de los balances hídricos de las tres ASADAS. ....	44
Tabla 6. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Corralillo de Nicoya. ....	46
Tabla 7. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Quebrada Honda. ....	47
Tabla 8. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Millal de Quebrada Honda, Nicoya. ....	48
Tabla 9. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Corralillo, Nicoya.....	51

Tabla 10. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Quebrada Honda, Nicoya. ....	55
Tabla 11. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Millal, Nicoya.....	60

### **Lista de gráficos**

Gráfico 1. Comparación de los balances hídricos de las ASADAS. ....	45
Gráfico 2. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en al ASADA de Corralillo, Nicoya. ....	46
Gráfico 3. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en la ASADA de Quebrada Honda, Nicoya. ....	47
Gráfico 4. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en la ASADA de Millal, Nicoya. ....	49

### **Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Evaluación de una de las nacientes de los sistemas de captación. ....	75
<b>Anexo 2.</b> Evaluación del estado del tanque de almacenamiento. ....	76
<b>Anexo 3.</b> Estado del macromedidor del tanque de almacenamiento. ....	77
<b>Anexo 4.</b> Evaluación del tanque de almacenamiento de la comunidad de Corralillo.....	78

## **Abreviaciones**

ASADAS: Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

CTP: Colegio Técnico Profesional

DA: Dureza en agua

HIDROCEC: Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe

ORAC: Oficina Regional de Acueductos Comunes

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

# Capítulo I.

# Introducción del Proyecto

Este capítulo contiene la información base para el desarrollo de la investigación, presenta la problemática, justificación, objetivos del proyecto, alcances y limitaciones.

## 1.1 Introducción

En algunas comunidades del país el acceso al agua potable por parte del Instituto de Acueductos y Alcantarillados es limitado, por ello estas comunidades se organizan para crear ASADAS. Estas asociaciones al crearse cargan con la responsabilidad de construir los sistemas de abastecimiento y redes de distribución, además deben de velar por la calidad del agua que se distribuye. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados and Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015a).

La calidad del agua potable es un aspecto muy importante ya que la mayor cantidad de agua se utiliza para consumo humano, por ello se creó el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S que se ha ido actualizando con el paso de los años. En el artículo 8 de este reglamento se explican y especifican los niveles de control de calidad y los parámetros de análisis obligatorios y en los cuadros del anexo 1 se presentan los valores de alerta y los máximos admisibles (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015).

Los análisis de calidad de agua deben de realizarse periódicamente, tomando en consideración el tamaño de la población, las fuentes de abastecimiento, redes de distribución y cantidad de tanques. También si el Ministerio de Salud establece que existe un riesgo de contaminación. En el caso de las ASADAS no todas tienen la capacidad económica de hacerlo con la frecuencia requerida (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015).

Uno de los parámetros presentes en el Reglamento es la medición del calcio, ya que este es un mineral que “se puede encontrar como carbonato de calcio en las piedras calizas, la creta, el mármol, las estalacitas u estalagmitas” (Zamora, (2009), pg. 128). Por lo general, este mineral genera dureza en el agua potable, los análisis de calcio se realizan en el Nivel Segundo (N2) del control de calidad del reglamento.

Con este proyecto se busca conocer el nivel de calcio presente en las ASADAS seleccionadas del distrito de San Antonio, Nicoya, ya que en estas zonas se conoce de la presencia de piedras calizas, además que existen problemas en la infraestructura de algunos acueductos comunales. Con el análisis se desea encontrar una solución para la infraestructura y el sistema de distribución dependiendo de los valores obtenidos para disminuir la presencia de los minerales.

## 1.2 Planteamiento del problema

En la subcuenca del río Henchidero-Garzón ubicada en el distrito de San Antonio del cantón de Nicoya en la provincia de Guanacaste existe una problemática por la dureza cálcica presente en el agua de la zona. Esta dureza es causada por la permanencia de piedras calizas en la zona y es más notorio en las zonas aledañas al Parque Nacional Barra Honda por el relieve del lugar. Estas concentraciones pueden estar provocando una afectación directa en relación con la calidad del agua de la zona.

El agua al tener altos valores de calcio ya sea como carbonato de calcio o como catión, puede ser perjudicial para la salud de los consumidores, ya que el calcio en exceso puede provocar enfermedades cardiovasculares, obesidad y cáncer. Ya que al tener una cantidad muy alta de este mineral el organismo no es capaz de procesarlo adecuadamente y puede llegar a acumularse y generar cálculos renales. (Martínez de Victoria, 2016).

A nivel de infraestructura el sistema de acueductos también se ve afectado ya que el calcio suele acumularse en las tuberías creando un tipo de yeso que disminuye o bien puede llegar a bloquear el paso del agua. Además, al descuidar la revisión de las tuberías y los accesorios estos pueden llegar a calcificarse y sería necesario estar invirtiendo en tuberías y ~~en~~ nuevos. Igual sucede en el caso de los tanques de almacenamiento, de no revisar constantemente esta se puede acumular y puede dañar el sistema de cloración.

Estas son las afectaciones principales que puede generar los altos niveles de calcio en el agua potable, por ello es necesario realizar análisis periódicos según lo recomendado en el Reglamento de Calidad de Agua, que se rige por la cantidad de usuarios, cantidad de fuentes de abastecimiento y tanques de almacenamiento. Todo esto es para velar por la salud y seguridad de los consumidores, para brindar un servicio adecuado, además que el tener agua potable es un derecho humano.

### 1.3 Justificación

Una de las responsabilidades principales de las leyes de agua y los sistemas comunales es velar por la salud de los usuarios, por ello se estipulan valores admisibles y de alerta en términos de calidad de agua. Estos valores se determinan por medio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuáles generalmente se realizan tanto *in-situ* como con muestras que se analizan en laboratorios autorizados, con esto se puede tener una idea del contenido de cal en el agua, ya que este altera el parámetro de conductividad.

Otro factor importante del cual se debe llevar un control es del mantenimiento y estado de la infraestructura, ya que la presencia de cal en el agua tiende a dañar lo que son las tuberías y accesorios de los sistemas de distribución de agua. Por lo que además de tener el control de calidad se deben de realizar inspecciones generalmente se hace por observaciones en diferentes partes del acueducto, como lo es en tanques, válvulas y tuberías.

La idea de realizar estos análisis en tres ASADAS con posiciones diferentes en la cuenca es para determinar donde existe una concentración mayor de cal o si esta es igual en todas las secciones, además se busca potencializar a la ASADAS para que tenga una idea de cómo se resuelve este tipo de problemas y evitar afectaciones mayores. Además, que es importante realizar estudios de demanda de agua ya que al presentarse este tipo de suelos el agua tiende a infiltrarse por lo que a futuro puede presentarse el problema de escasez de agua.

Por ende, las evaluaciones del estado de la infraestructura de distribución y los análisis de calidad de aguas de consumo humano son importantes de realizar en esta zona para prevenir y mitigar afectaciones a futuro. Además, estos estudios sirven para generar un plan de manejo de aguas y de esta forma ayudar a los distintos acueductos comunales de la zona que pueden sufrir del mismo problema.

## **1.4 Objetivos del estudio**

### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar la calidad del agua e infraestructura del sistema de distribución de las ASADAS de Corralillo, Millal de Quebrada Honda y Quebrada Honda, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, para verificar que cumplan con la normativa establecida en Costa Rica por el AyA.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio de calidad de agua por medio de muestreos para medir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos requeridos en el Reglamento para la calidad del agua potable en las ASADAS de Corralillo, Millal de Quebrada Honda y Quebrada Honda, Guanacaste, Costa Rica.
2. Analizar la capacidad hídrica mediante aforos e investigación histórica de las precipitaciones de las zonas de estudio para realizar balances hídricos en las ASADAS de Corralillo, Millal de Quebrada Honda y Quebrada Honda, Guanacaste, Costa Rica.
3. Evaluar el estado actual de la capacidad hidráulica por medio de visitas de campo a los distintos accesorios y tanques para conocer la condición y corroborar el cumplimiento de las medidas acordadas en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial en las ASADAS de Corralillo, Millal de Quebrada Honda y Quebrada Honda, Guanacaste, Costa Rica.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

- Realizar un análisis de Nivel primero en las ASADAS seleccionadas.
- Realizar un análisis de la capacidad hídrica de las ASADAS seleccionadas.
- Realizar un análisis del estado de la infraestructura de las ASADAS.

### **1.5.2 Limitaciones**

- El costo por los análisis de calidad es elevado para algunas ASADAS, y el ingreso económico no es suficiente.
- No existen análisis periódicos de calidad de agua en todas las ASADAS.
- Desplazarse hasta las zonas de estudio.
- Por condiciones climáticas el acceso a partes del acueducto era limitado.

# Capítulo II.

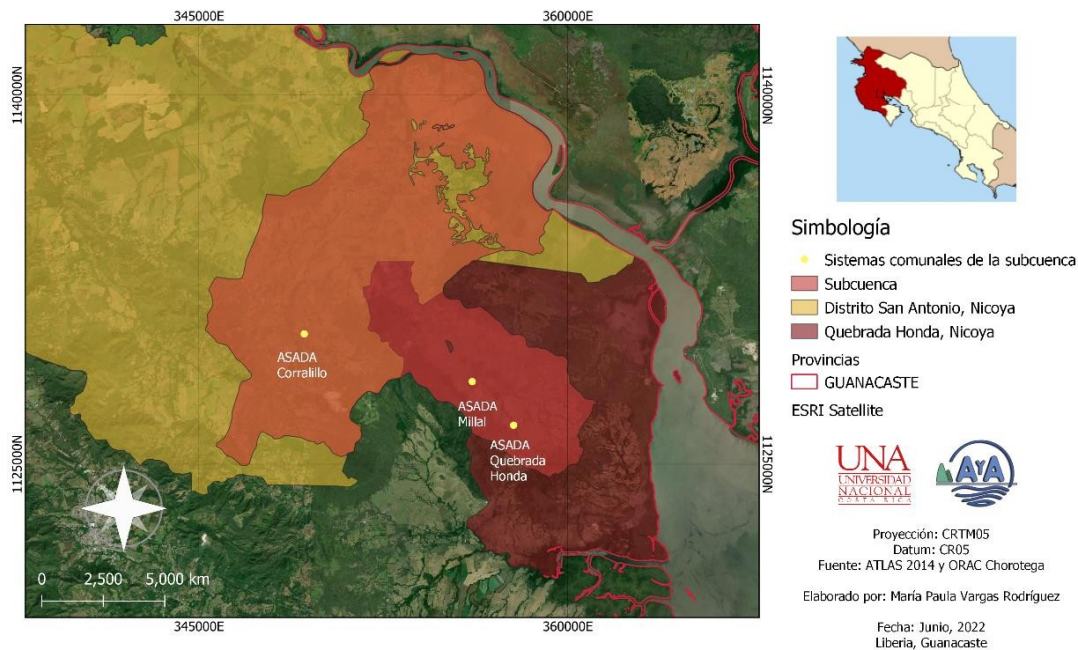
# Antecedentes

Este capítulo presenta la información de la zona de estudio y sus características climáticas, la hidrografía y actividades socioeconómicas.

## 2.1 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se compone de tres ASADAS localizadas en el distrito de San Antonio y de Quebrada Honda del cantón de Nicoya, Guanacaste, como se muestra en la figura 1.

**Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.**



Nota: Elaborado con el programa QGIS para mostrar las zonas de estudio, (2022).

La primera es la ASADA de Corralillo de Nicoya, en las coordenadas latitud 349365° y longitud 1130266°. Esta ASADA se compone de cinco comunidades, las cuales serían Los Ángeles, La Montañita, Sagrada Familia, Garzal y Corralillo. Esta ASADA última abastece a 530 servicios, en la parte de infraestructura posee una tubería de 12 km de extensión, posee ocho fuentes que se divide entre, siete pozos y una naciente, además tiene cinco tanques de almacenamiento de agua.

En la parte media se ubica la ASADA de Millal de Quebrada Honda en las coordenadas latitud 3561100,3 ° y longitud 1128351,8 °. Esta posee 1 naciente y 1 pozo como fuente de agua y 1 tanque de almacenamiento, además de una tubería de 1,79 km. Seguidamente en la parte inferior se observa la ASADA de Quebrada Honda que se ubica en las coordenadas latitud 357780° y longitud 1126612°, esta posee un pozo como fuente de agua, dos tanques de almacenamiento y una tubería de distribución de

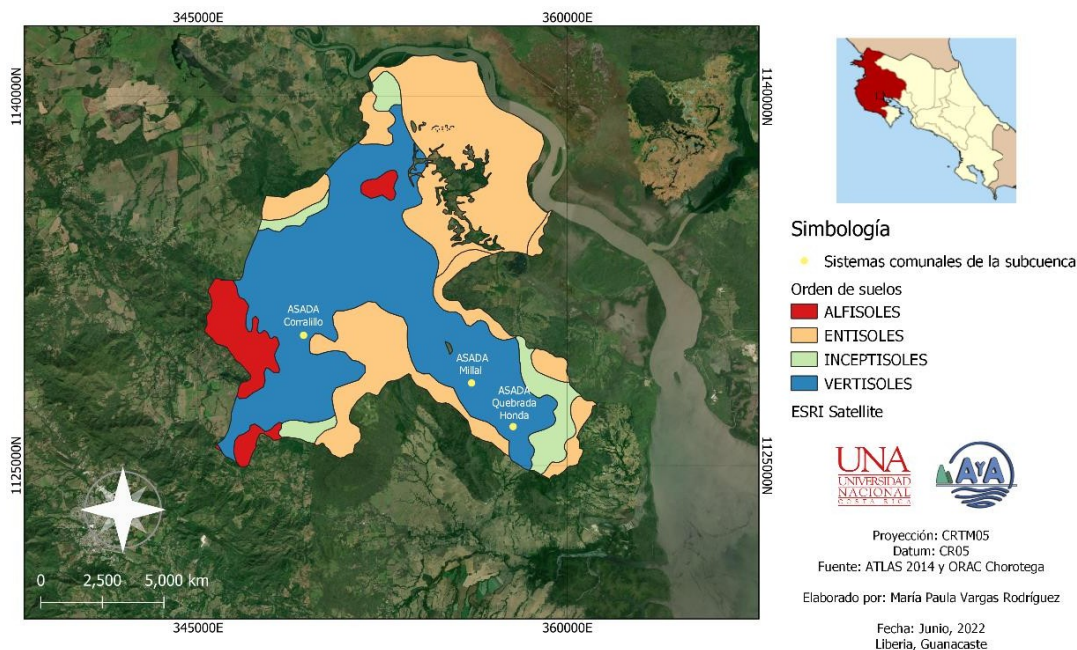
5,6 km para los 162 servicios.

En los distritos de San Antonio y Quebrada Honda, las temperaturas rondan entre los 18°C a 30°C, por lo que el tipo de clima de la zona se clasifica como premontano y basal. Además, las zonas de vida de estos distritos son bosque muy húmedo, bosque húmedo tropical y bosque húmedo tropical transición a seco. Para el caso de las lluvias en el distrito de Quebrada Honda las precipitaciones van desde los 1000 mm a los 2000 mm y en San Antonio va desde los 1000 mm hasta los 4000 mm. (INDER, 2016)

## 2.2 Orden de Suelos

La subcuenca donde se encuentra las tres ASADAS de estudio posee cuatro órdenes de suelos como se observa en la figura 2, estos son los vertisoles quienes predomina en las zonas de estudio, seguidamente están los entisoles, luego los alfisoles y finalmente los inceptisoles. El tipo de suelo presente permite identificar los minerales que pueden estar presentes en los muestreos de agua.

**Figura 2. Mapa del tipo de suelo de la zona de estudio.**



Nota: Elaborado con la herramienta QGIS para mostrar el orden de suelo de las zonas de estudio, (2022).

Los suelos con orden de vertisoles son los que se encuentran presentes en las 3 ASADAS del estudio, es orden se caracteriza por poseer un alto contenido de arcillas, montmorillonita, donde se da una relación de concentración de 2:1, lo que significa que se encuentra al 60% y 40% o bien pueden llegar a una concentración del 80% y 20%. Este tipo de suelos se encuentra principalmente en zonas de

clima tropical o subtropical como es el caso de los distritos de San Antonio y Quebrada Honda, con vegetaciones de tipo sabana, pastizal natural y bosque (Alva *et al.*, 2013).

### 2.3 Actividades socioeconómicas

Entre las actividades socioeconómicas de la zona de estudio se destacan la ganadería, agricultura y pesca. Además, por la cercanía a el Parque Nacional Barra Honda y las Reservas de Vida Silvestre Mata Redonda y Cipancí se ha visto un incremento en la parte turística, donde los vecinos se ven favorecidos por actividades como tours gastronómicos y de cosecha de café. (INDER, 2016)

#### 2.3.1 Ganadería

En esta zona de Nicoya se práctica la ganadería extensiva, la cual se basa en que los animales pasteen aprovechando los recursos naturales del terreno. Como se puede observar en la figura 1 de la zona de estudio y las tres zonas se encuentran alejadas del centro de Nicoya y con las visitas de campo se han observado una gran cantidad de terrenos aptos para este tipo de ganadería (Badii, Guillen & Nicolás, 2018).

**Figura 3. Terrenos ganaderos en Corralillo, Nicoya.**



Nota: Esta imagen fue tomada durante una gira con el fin de mostrar una de las actividades predominantes de las zonas de estudio, (2021).

### 2.3.2 Agricultura

Por parte de la agricultura es una práctica que tiene muchos años de existir en la zona se ha pasado por generaciones. Se sabe que Nicoya es una de las zonas azules del planeta, lo que quiere decir es que existe una alta longevidad por parte de los habitantes, gracias a que el alimento base es el maíz que se cultiva en la zona, pero además también se siembran otros alimentos como el arroz, ayote, chile, ñame, ñampí, papa, tiquisque, entre otros. (Comité Sectorial Agropecuario Región Chorotega, 2017)

**Figura 4. Habitantes longevos de la zona de estudio.**



Nota: Adaptado del reportaje “Encuentro Mundial de Zonas Azules comenzó en Costa Rica con 200 longevos”, del periódico El País, (2017).

### 2.3.3 Turismo

Como se mencionaba anteriormente, el turismo se ve atraído por los Parques Nacionales y Reservas de Vida Silvestre que se ubican en las cercanías de las zonas de estudio debido a la biodiversidad de cada uno y en especial el Parque Nacional Barra Honda ya que posee cavernas subterráneas como se muestra en la figura 5. En total se han explorado 19 cavernas, pero solo una de ellas es apta para el turismo. Además del turismo este Parque Nacional se presta para realizar investigaciones científicas (SINAC, 2014).

**Figura 5. Actividades recreativas en el Parque Nacional Barra Honda.**



Nota: Adaptado de la página promocional Elemento Natural, Esencial Costa Rica, (2017).

También otras actividades que se dan en la zona son los festivales de la Tortilla los cuales se realizan en el Colegio Técnico Profesional (CTP) de Corralillo, Nicoya todos los 25 de julio en celebración de la Anexión del Partido de Nicoya a Costa Rica. Además, se hacen los tours gastronómicos durante el año, con el propósito de mantener las costumbres.

**Figura 6. Festival de la Tortilla en Corralillo, Nicoya.**



Nota: Adaptado de la noticia “Festival de la tortilla celebrado en Nicoya”, del periódico La Nación (2013).

# Capítulo III. Marco Teórico

Este capítulo explica temas de importancia que permiten la comprensión del proyecto.

### **3.1 Definición de conceptos claves**

En esta sección se explican los diferentes conceptos que se van a emplear a lo largo del proyecto, buscando mejorar la comprensión del lector

#### **3.1.1 ¿Qué son las ASADAS?**

Las ASADAS son Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillado Comunal, se conocen también como Organizaciones Comunales. Estas organizaciones se encargan de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento, además de gestionar el recurso hídrico de la zona. Las ASADAS están respaldadas con Instituto de Acueductos y Alcantarillados, el cual brinda un gran apoyo y guía durante el proceso de creación y crecimiento (AyA & PNUD, 2015)

#### **3.1.2 Acueductos**

Los acueductos son todas las partes del sistema para el suministro de agua en cualquier tipo de obra. Para el caso de las ASADAS este se compone de las fuentes de agua, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conducción y los accesorios como válvulas de compuertas, Ts, válvulas de regulación, entre otras. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021)

##### **1. Fuentes de abastecimiento**

Las fuentes de abastecimiento se clasifican en dos tipos las superficiales que son el tipo de fuente que incluye la toma en ríos, nacientes, quebradas, lagos, lagunas, embalses, con excepción de aguas salinas y salobres. Una fuente adicional a este tipo es el agua de lluvia que se ha vuelto una opción nueva. El otro tipo es el agua subterránea que incluye a los acuíferos y manantiales, para lograr la extracción de agua de estos se realizan pozos profundos o excavados, galerías de infiltración o bien captación de manantiales. (AyA, 2017)

##### **2. Obra de captación**

Las obras de captación son un sistema compuesto por la parte de infraestructura, equipamiento y accesorios que permiten la obtención de agua de una fuente de abastecimiento ya sea de tipo superficial o subterránea. Una vez captado el recurso esta pasapor medio de las tuberías de conducción al proceso de almacenamiento, donde aquí se clora el agua según los estándares del reglamento de agua potable, para finalmente ser distribuida. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

### **3. Planta potabilizadora**

Es la parte del sistema donde se potabiliza el agua para consumo, generalmente se realiza cerca de los tanques de almacenamiento. Este proceso se hace en las aguas que provienen de diferentes fuentes, ya sea de ríos y acuíferos que son los casos más comunes en ASADAS. El proceso se compone de tres fases el pretratamiento, tratamiento y postratamiento de las aguas, además es importante mencionar que existen tratamientos especiales y no convencionales. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

### **4. Tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento pueden ser estructuras de concreto o bien tanques depolietileno donde se almacena el agua captada de las fuentes de abastecimiento, estos debentener al menos la capacidad para compensar fluctuaciones horarias de la demanda de los usuarios, combatir incendios y tener una reserva en caso de interrupciones de distribución. elsegundo punto es importante en estas zonas ya que a lo largo de la época de verano se reportan muchos incendios. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

#### **Volumen de regulación de consumo**

Este volumen se toma en cuenta para las horas pico de consumo donde la presión tiende a disminuir, para realizar este cálculo se debe de tener al menos el dato de consumo real de la zona, o bien el caudal constante que llena el tanque y el caudal promedio requerido por la zona abastecida. Se aplica un volumen aproximado al 14% del volumen promedio diario. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

#### **Volumen de reserva para incendios**

Según el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva del departamentode Bomberos de Costa Rica, (2020) en el punto 5.2, para calcular la capacidadde los tanques de reserva se toman en cuenta los factores de riesgo de ocupación, dimensiones de construcción, tipo de construcción y exposiciones. Para el caso de las ASADAS la capacidad mínima es de 15 m<sup>3</sup> a 30 m<sup>3</sup>.

## **Volumen de reserva por interrupciones**

El volumen de reserva es el cálculo de consumo en un periodo de cuatro horas del caudal promedio diario. Esta medición se hace con el dato real de consumo de los usuarios de la zona. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

## **Volumen total de almacenamiento**

El volumen total de almacenamiento es la sumatoria de los tres factores mencionados anteriormente. Ese es el volumen requerido por sector según las necesidades de consumo de la población. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

## **5. Red de distribución**

La red de distribución es la conexión de tuberías desde el tanque de almacenamiento hasta la residencia de los usuarios, para su diseño es importante tener el dato de caudal coincidente y del caudal máximo horario. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017)

### **3.2 Niveles de control de calidad de agua**

Los niveles de control de calidad de agua potable se dividen en un control operativo del sistema y cuatro niveles de medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Esta evaluación de calidad se realiza desde la fuente de abastecimiento, en la planta de tratamiento, en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable. (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

#### **3.2.1 Control Operativo**

El control operativo es una responsabilidad del ente operador, en este caso las ASADAS, para realizar mediciones periódicamente de parámetros como el cloro residual libre, olor y turbiedad. Los resultados deben de llevarse al día en una bitácora para comparar con mediciones previas si existe alguna alteración o constancia en los valores. Estas mediciones se hacen en laboratorios con equipos básicos. (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

#### **3.2.2 Nivel primero (N1)**

El Nivel Primero o bien conocido como N1 es un control básico, que consiste la inspección sanitaria de los sistemas principales del acueducto, además se miden los parámetros fisicoquímicos y

microbiológicos como lo es el color aparente, pH, conductividad, olor, temperatura, turbiedad, coliformes fecales, E. Coli y cloro residual libreo combinado. Para saber si los valores obtenidos en las mediciones son apropiados para el consumo se tiene una tabla con los valores admisibles y de alerta. (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

### **3.2.3 Nivel Segundo (N2)**

El Nivel Segundo mide parámetros de aluminio, calcio, cloruro, cobre, dureza total, fluoruro, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, sulfato y zinc, este se realiza en caso de existir alguna alteración en los parámetros del Nivel primero. Al igual que el N1 es necesario realizar una inspección sanitaria para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución y existen valores de admisibles y de alerta. (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

### **3.2.4 Nivel Tercero (N3)**

El Nivel Tercero es un análisis más profundo de parámetros químicos como el amonio, antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, plomo, y selenio. En este nivel se repite el procedimiento de los análisis de N1 y N2, donde se hace una inspección sanitaria y se toman muestras en diferentes partes del sistema del acueducto. (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

### **3.2.5 Nivel Cuarto (N4)**

Este nivel se reserva para ocasiones donde el Ministerio de Salud identifica un riesgo inminente de contaminación del agua o se realiza si existe una situación especial o de emergencia detectada en la inspección sanitaria del sistema. *“La frecuencia y el número de muestras por recolectar para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos los establecerá el Ministerio de Salud”* -Artículo 8, inciso e). (Solís Rivera and Mayorga Quirós, 2015)

# Capítulo IV. Estudios de Prefactibilidad

Para este capítulo se realizaron 5 estudios enfocados en la parte social, financiera, ambiental, legal y técnica del proyecto.

#### 4.1 Estudio Social

El estudio social se basa en un beneficio principal que es la salud de la población de las comunidades involucradas, ya que el estudio se centra en el estudio de la dureza del agua. Se dice que un agua es dura cuando esta presenta altos niveles de minerales, principalmente de sales como el calcio y magnesio. Ya que muchas de las fuentes de abastecimiento de estas ASADAS son los pozos se puede dar este fenómeno de aguas duras. (Miñana, 2002)

En estas zonas de Nicoya, Guanacaste la dureza de las aguas está muy definida debido al tipo de suelos, y esta situación genera problemas con las tuberías por la calcificación, generando cortes en el servicio de agua potable y problemática para la población que no puede tener acceso inmediato al preciado recurso.

Según es conocido la dureza en las aguas disponible para Guanacaste es muy alta según el siguiente cuadro.

**Figura 7. Fragmento del promedio de dureza total, de calcio y de magnesio presente en los distritos de Guanacaste.**

Distritos	Cantones	Dureza Total mg/L	Dureza de Calcio mg/L	Dureza de Magnesio mg/L	Relación Mg/Ca	Relación Ca/Mg	Tasas de población por edades $\geq$ 80 años		
							80-89	90-99	> 100
Liberia	Liberia	30,00	19,33	10,67	0,55	1,81	113,52	20,61	2,06
Cañas Dulces	Liberia	72,00	46,00	26,00	0,57	1,77	173,37	34,06	0,00
Mayorga	Liberia	262,00	169,00	93,00	0,55	1,82	118,32	37,52	0,00
Nacascolo	Liberia	69,00	39,00	30,00	0,77	1,30	88,93	0,00	0,00
Curubandé	Liberia	77,00	52,50	24,50	0,47	2,14	102,89	31,66	0,00
Nicoya	Nicoya	153,00	95,30	57,70	0,61	1,65	193,69	42,69	3,22
Mansión	Nicoya	250,67	233,34	17,33	0,07	13,46	271,12	43,73	5,25
San Antonio	Nicoya	197,19	147,32	49,87	0,34	2,95	316,17	84,31	1,51
Quebrada Honda	Nicoya	259,56	233,00	26,56	0,11	8,77	352,75	75,81	0,00

Nota: Adaptado de “Diferencias de dureza del agua y las tasas de longevidad en la Península de Nicoya y los otros distritos de Guanacaste” (p.9), por Mora-Alvarado, D.A *et al.* (2015), Revista Tecnología en Marcha, 28 (3).

Como se observa en la figura 7, la dureza total y la dureza de calcio en mg/L poseen valores mayores en el distrito de Quebrada Honda, entre estos distritos existe una diferencia de 62.37 mg/L para la dureza total y de 85.68 mg/L para la dureza de calcio. También se puede observar que el distrito de San Antonio posee un porcentaje mayor en la tasa de población por la edad de 100 años. Estos datos son

importantes para conocer el estado de salud de las personas de la zona con relación a la presencia de este tipo de sustancias que, aunque son naturales, a largo plazo son perjudiciales (Mora-Alvarado *et al.*, 2015).

#### 4.2 Estudio Financiero

Para el estudio financiero se revisó el ingreso anual por parte de las ASADAS donde se realiza un promedio de las entradas de las tres organizaciones. Además, se solicitó una cotización aproximada del costo por muestra que se analizaría en el laboratorio del Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC), que se muestra en la figura 8.

**Figura 8. Cotización de costos por muestra.**

Línea	Servicio	Precio unitario	Cantidad	Precio total
		₡		₡
1	Análisis microbiológico: Coliformes Fecales y Escherichia coli	30000	1,0	30000
2	Análisis fisicoquímico: turbiedad, pH, Color, Temperatura, Conductividad eléctrica, cloro libre residual	23180	1,0	23180
3	Análisis químicos para una muestra de agua que incluye: Dureza total, fluoruro, cloruro, sulfato, aluminio, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre y plomo.	61057,91	1,0	61058
4	Análisis químicos para una muestra de agua que incluye: Nitrato, nitrito, amonio, arsénico, cadmio, cromo, antimonio, selenio, níquel y mercurio.	58443,31	1,0	58443
5	Muestreo (h)	10000	1,0	10000
SubTotal				182681
IVA				3654
<b>Total CRC</b>				<b>186335</b>

Nota: Adaptado de cotización de muestreo, HIDROCEC, (2022).

Con lo conocido por el Reglamento de Calidad de Agua Potable, es necesario tomar tres muestras como mínimo, ya que es en la fuente de abastecimiento y en el sistema de almacenamiento y distribución, por lo que el precio mínimo por cobrar sería de ₡170502, ya que serían los análisis de la línea 1 y 2, que corresponden al N1. Ya que estos estudios se deben de realizar cada tres años aproximadamente, la periodicidad depende de los resultados, los últimos análisis realizados fueron en el 2019, por lo que en el presupuesto de las ASADASYa está contemplado el análisis para el presente año.

### 4.3 Estudio Ambiental

Ya que el proyecto se basa en análisis de aguas en fuentes de abastecimiento y sistema de almacenamiento y distribución se puede definir como un proyecto de bajo impacto considerando lo que se define en el artículo 3 de la Resolución de Comisión Plenaria de N.º 1462-2018-SETENA,

*“Se refiere a las actividades humanas que, por su naturaleza no provocan alteración negativa del ambiente y que no representan una desmejora de la calidad ambiental del entorno en general o de alguno de sus componentes, ni afectación a la salud de la población*

...” (SETENA, 2018, p.6)

Considerando lo estipulado en dicha Resolución no es necesaria una Evaluación de Impacto Ambiental, ya que el fin es estudiar el estado de calidad de agua de las fuentes de agua de consumo humano. Por lo que el proyecto se puede considerar como viable ambientalmente.

### 4.4 Estudio Legal

Para esta sección se realizó una revisión bibliográfica de los acuerdos, decretos, normativas, reglamentos, entre otros de nuestro país para conocer con mayor detalle la normativa que se deben cumplir en las ASADAS. Como se muestra en la tabla 1 del marco legal estas normativas le dan guía al proyecto y además de ello ninguna restringe la viabilidad del proyecto.

**Tabla 1. Leyes consideradas durante la elaboración del proyecto.**

Marco Legal	Descripción
Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S	Establece los valores admisibles y de alerta de los diferentes parámetros que se miden para conocer si el agua es apta para consumo humano o si existe algún contaminante
Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable,	Establece criterios técnicos de manera general sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y de aguas

saneamiento y pluvial	pluviales
MINAE Acuerdo 60-2012 Capítulo 3. Balances Hídricos de Aguas Subterráneas y Rendimiento Seguro	Se enfoca en los factores que se deben de contemplar para realizar un balance hídrico.
Estudios: Técnicos: Capacidad Hídrica e Hidráulica en los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Administrados por ASADAS	Estudio técnico dirigido a las ASADAS

Nota: Esta tabla muestra las diferentes leyes que se consideraron para el proyecto, (2022).

#### 4.5 Estudio de Prefactibilidad Técnica

Como resultado de los cuatro estudios de prefactibilidad es viable realizar el proyecto, ya que en la parte social la prioridad es la salud de los usuarios y seguidamente el constante deterioro de las tuberías y accesorios debido a la calcificación. Por la parte económica es posible ya que este tipo de estudios deben contemplarse en el presupuesto de las ASADAS. En el estudio ambiental se determinó que no existen alteración significativa del medio por lo cual no es necesaria una Evaluación de Impacto Ambiental. Por último, contemplando el estudio legal se toma como guía y referencia lo establecido por las leyes, normas y reglamentos, por lo tanto, es viable en la parte legal.

# Capítulo V.

# Metodología

Este capítulo detalla la parte metodológica del proyecto, el cual se compone de los instrumentos que se utilizaron, el cronograma y el presupuesto.

## **5.1 Descripción de la metodología**

Para la elaboración de la metodología se utilizaron como guía los objetivos del proyecto, por lo que este se clasifica como un estudio de tipo descriptivo, aplicado e investigación de campo, además es importante recalcar que los enfoques de trabajo son tanto cuantitativos como cualitativos. Respectivamente, para completar el objetivo específico número uno, relacionado con la calidad del agua de las ASADAS de estudio, realizando el análisis N1, sería un estudio cuantitativo para los parámetros químicos y biológicos, porque se utiliza el Cuadro 2, del Decreto N°42332-S (Ministerio de Salud, 2020) como guía y cualitativo por los parámetros físicos de agua.

Como segundo objetivo se hace referencia al cálculo y elaboración de los balances hídricos por lo que las investigaciones aplicadas se refieren a eso, a demostrar la teoría en lo práctico que es lo que se realizó en esta segunda sección del trabajo. Para finalizar, el tercer objetivo se refiere a la revisión de la infraestructura de los acueductos, que se ejecutó por medio de una investigación de campo, porque se realizaron visitas al lugar donde se observó el estado de estos y así completar generar el análisis cualitativo (Behar Rivero, 2008).

## **5.2 Alcance y muestra de estudio**

En el marco metodológico del presente trabajo como primer paso se seleccionó a las ASADAS con las que se iba a trabajar contemplando que éstas estuvieran en puntos estratégicos de la cuenca, los cuales serían la parte alta, media y baja de esta, además se buscó que fueran parte del registro del AyA y que tuvieran distintas cantidades de servicios. Respectivamente las comunidades que cumplían con esos requerimientos son la ASADAS de Corralillo de Nicoya, ASADA Millal de Quebrada Honda y ASADA de Quebrada Hondade Nicoya.

El alcance principal era conocer la calidad del agua de la zona ya que, a causa de la problemática expuesta anteriormente, el tipo de rocas y suelos de la región generan concentraciones significativas de cal en el agua. Debido a eso se dice que el agua de estos lugares posee dureza y a causa de esto, las repercusiones se reflejan en la salud de los usuarios de dichas comunidades.

También a raíz de la presencia de cal en el agua era importante analizar la infraestructura del acueducto, debido a que este mineral tiende a deteriorar o en el peor de los casos calcificar las tuberías. Lo que lleva a los encargados a invertir periódicamente en tuberías nuevas y suspender los servicios de agua para realizar los cambios de tuberías, bajando la calidad del servicio que brindan.

## 5.3 Métodos y materiales

### 5.3.1 Calidad del agua

El reglamento para la calidad del agua potable, estipula los valores permisibles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de consumo humano. En él se establecen cinco niveles de control para la calidad del agua potable, los cuales son un control operativo y cuatro niveles de análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, donde el nivel cuatro (N4) de los análisis se realiza en ocasiones especiales o por una inspección del Ministerio de Salud o bien si se presenta un riesgo importante. Estos parámetros ayudan a determinar la calidad del agua y nos permiten saber si es seguro consumir el agua de una fuente en específico, además muestra si el proceso de cloración se está aplicando de forma correcta o si es necesario aumentar o disminuir el nivel de cloro del sistema.

Los análisis de calidad se realizaron en los tanques, nacientes y pozos, además en algunos servicios de ser posible. Para la toma de muestras es necesario desinfectar minuciosamente la zona para evitar cualquier alteración en los análisis. Se toman muestras para realizar el análisis de N1, además se realizan análisis in situ, de los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbiedad y cloro residual.

### 5.3.2 Materiales

- Multiparámetro: este instrumento se utiliza para realizar las mediciones de los parámetros del estudio N1, establecidos por el Ministerio de Salud. Algunos de estos son el pH, temperatura y conductividad eléctrica.

**Figura 9. Multiparámetro marca Fisher Scientific.**



Fuente: Fisher Scientific, (2022).

- **Checker Cloro Libre:** este se utiliza para medir el cloro libre residual presente en la muestra de agua. Para su calibración es necesario utilizar el agua de muestra sin el reactivo de cloro para generar un blanco que es el punto de inicio de la medición. Seguidamente con otro frasco de ensayo se coloca otra proporción de muestra de agua junto con el reactivo correspondiente y se procede a realizar la lectura del resultado el cuál se da en las unidades de partes por millón (ppm).

**Figura 10. Checker de cloro libre marca HANNA.**



Fuente: HANNA Instruments, (2022).

- **Medidor portátil de turbidez:** se utiliza para medir la turbidez in-situ en caso de que la muestra por alguna razón cambie en el proceso que se lleva al laboratorio para ser analizada. Al igual que el Checker de cloro libre, este posee un frasco con un blanco para calibrarlo y otro frasco de ensayo para colocar la muestra de agua y analizarla en campo donde el resultado se da en Unidades de Turbidez de Formacina (FTU).

**Figura 11. Medidor portátil de turbidez marca HANNA.**



Fuente: HANNA Instruments, (2022).

### 5.3.3 Capacidad hidráulica

La capacidad hidráulica comprende todo lo que es la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades. Todos los sistemas deben cumplir con los parámetros de servicios mencionados en la Normativa técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA. Entre estos parámetros se encuentra el volumen, continuidad, presión mínima y calidad, de los elementos del sistema.

Para realizar una evaluación es necesario realizar giras de campo a cada uno de los elementos del sistema, para hacer una valoración del estado en el que se encuentran. Los tanques de almacenamiento deben de cumplir con un volumen estimado por la demanda del sistema, además que la zona donde se localicen debe estar limpia y el tanque no puede tener fugas. Las tuberías deben de cumplir con un tamaño específico para la distribución, además se debe de cumplir con las medidas requeridas para los hidrantes en caso de tener en la comunidad.

### **5.4 Cronograma y presupuesto**

Como parte de la metodología es necesario tener un cronograma de actividades para que de esta manera se lleve un orden de trabajo. Además, es importante establecer los tiempos para realizar las diferentes labores, contemplando que son tres ASADAS las que se desean estudiar y analizar, también es necesario tener una idea de la distancia entre las zonas.

Como se muestra en la figura 12, las actividades empezaron el lunes 8 de agosto del año 2022, con la gira del análisis N1 y la inspección de la infraestructura de los acueductos aprovechando que las muestras



**Tabla 2. Cotización para realizar el estudio completo para las tres ASADAS.**

<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Total</b>
Análisis Físicoquímicos y microbiológicos de tipo N1	₡ 30,000.00	14	420,000.00
Muestro	₡ 10,000.00	14	140,000.00
Datos	₡ 1,000.00	150	150,000.00
Revisión de la infraestructura	₡ 32,200.00	24	772,800.00
Ingeniería	₡ 1,161,416.00		1,161,416.00
Gira	₡ 31,500.00	6	189,000.00
Imprevistos	5%		141,660.80
IVA	13%		368,318.08
SUBTOTAL			2,833,216.00
TOTAL			3,433,195.88

Nota: Esta tabla muestra un desglose del costo de cada una de las actividades realizadas para el proyecto.

### 5.5 Instrumentos

Se utilizaron dos tablas como se muestra en las tablas 3 y 4, para la recolección de los datos en campo. En la tabla 3 se observa que son los parámetros físicoquímicos y microbiológicos para las muestras de las ASADAS y aprovechando la visita a estas zonas se realizaría la evaluación de la infraestructura de la red de distribución con los datos que se muestran en la tabla 4, donde se evalúa tanto el estado como el cumplimiento de la normativa para estas infraestructuras.

**Tabla 3. Diagrama para resultados de los parámetros que se miden in situ**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Conductividad		
Temperatura		
pH		
Turbiedad		
Cloro residual libre		
Cloro residual combinado		
Olor		
Color aparente		
Coliforme fecal		
E. Coli		

Fuente: Elaboración propia, (2022).

**Tabla 4. Diagrama para los resultados de la revisión del estado de la infraestructura.**

<b>Elemento</b>	<b>Característica</b>	<b>Estado/Cumplimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
Tubería de impulsión			<b>Cumplimiento</b>
Tubería de distribución			C-Cumple
Bomba			I-Incumple
Tanque			
Tubería distribución-tanque			<b>Estado</b>
Medidores			B-Bien
Válvulas de compuerta			R-Regular

Válvula antirretorno			M-Mejorar
Macromedidor			

Fuente: Elaboración propia, (2022).

## 5.6 Conclusiones

Tomando en consideración lo mencionado en el capítulo, las actividades principales del proyecto tomarían un tiempo de aproximadamente tres meses, ya que comprendió desde el mes de agosto hasta el mes de octubre del 2022. Se toma en consideración que en ese periodo es época lluviosa y que los datos pueden variar ya que al conocer que la mayoría de las fuentes son pozos y algunos nacientes, estos estarían recargados por las lluvias.

# Capítulo VI. Resultados y Discusión

Este capítulo muestra los datos obtenidos y su respectivo análisis durante la investigación realizada

## 6.1 Resultado Balances Hídricos

Para el cálculo de los balances hídricos se utilizó la herramienta del AyA, así como los datos proporcionados por las ASADAS del estudio para calcular la demanda por parte de los usuarios y la producción de las fuentes. Esta herramienta tiene la función de hacer el cálculo para determinar la disponibilidad de agua presente en la ASADA, con los datos de la demanda por parte de los usuarios y la producción de las fuentes. Como se puede observar en la tabla 5. En el gráfico 1 se aprecia la comparación de la producción, demanda y disponibilidad de agua de cada uno de los Sistemas de Abastecimiento.

Los resultados obtenidos en la ASADA de Millal de Quebrada Honda muestran que la demanda es la menor ya que esta es la ASADA con menor cantidad de servicios ya que son 32 servicios, las fuentes de abastecimiento son una naciente que se utiliza en época seca y un pozo que suministra al acueducto todo el año el, por lo que genera una producción total de 7 l/s, dando una disponibilidad de 6,65 l/s como resultado del balance hídrico lo que significa que ese es el suministro que queda a disposición de la toma de esas fuentes debido a la baja demanda que se da por parte de los servicios dan como resultado el valor más alto del balance hídrico.

En el caso de la ASADA de Quebrada Honda la cantidad de servicios es de 162, generando una demanda de 1,75 l/s con una producción de 7,7 l/s ya que poseen 2 pozos para abastecimiento, por lo que el balance hídrico es de 5,95 l/s, lo cual es un buen resultado para el total de usuarios de la zona.

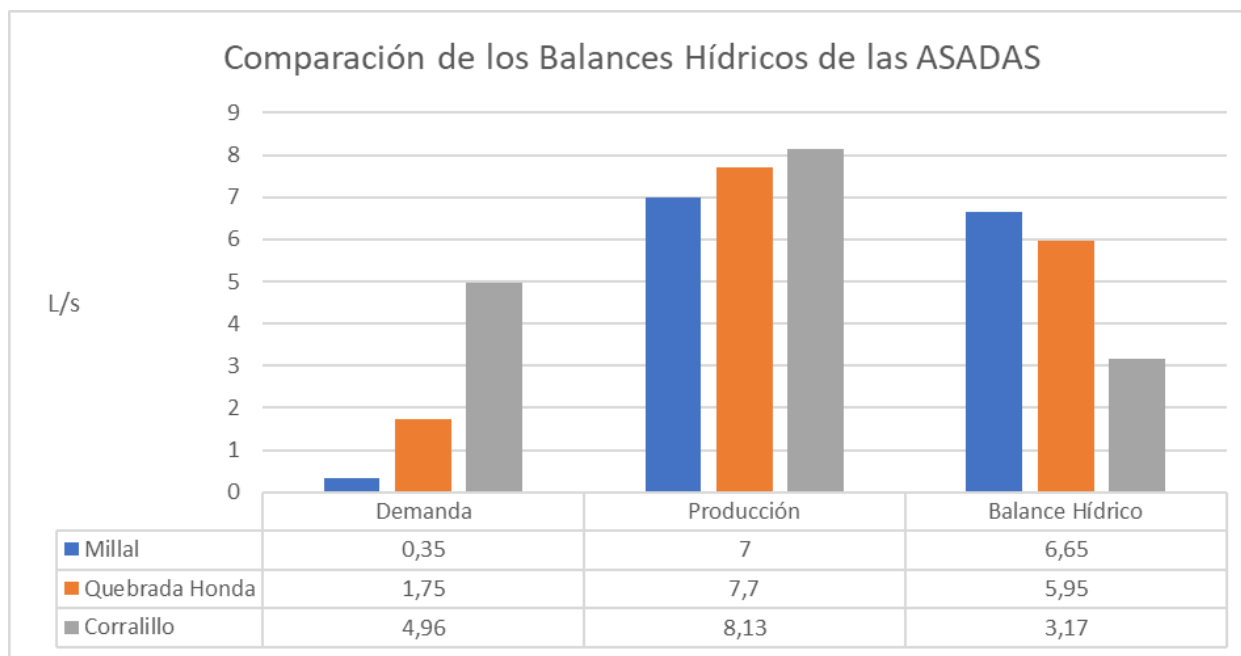
La ASADA de Corralillo es la más grande del estudio ya que tiene un total de 524 usuarios de 4 comunidades aledañas, por lo que la demanda es de 4,96 l/s y su producción es de 8,13 l/s, ya que cuenta con una naciente y al menos un pozo en cada una de las comunidades por lo que el resultado para el balance hídrico es de 3,17 l/s siendo el más bajo dado a su gran cantidad de usuarios.

**Tabla 5. Resultado del análisis de los balances hídricos de las tres ASADAS.**

ASADA	Cantidad de usuarios	Demanda l/s	Producción l/s	Balance Hídrico l/s
Millal	32	0,35	7	6,65
Quebrada Honda	162	1,75	7,7	5,95
Corralillo	524	4,96	8,13	3,17

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 1. Comparación de los balances hídricos de las ASADAS.**



Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Resultado Análisis de calidad de agua potable

Para los análisis de calidad de agua potable cada una de las ASADAS lo realizaron de forma individual ya que realizan estos exámenes cada año según lo recomendado por parte del reglamento de calidad de agua en las observaciones del cuadro B.2 Frecuencia mínima de muestreo y número de muestras a recolectar en las fuentes de abastecimiento, tanque de almacenamiento y red de distribución para el nivel primero (N1). Por lo que ellos compartieron los datos donde se muestra un alto valor en el parámetro físicoquímico de la conductividad.

### 6.2.1 ASADA Corralillo

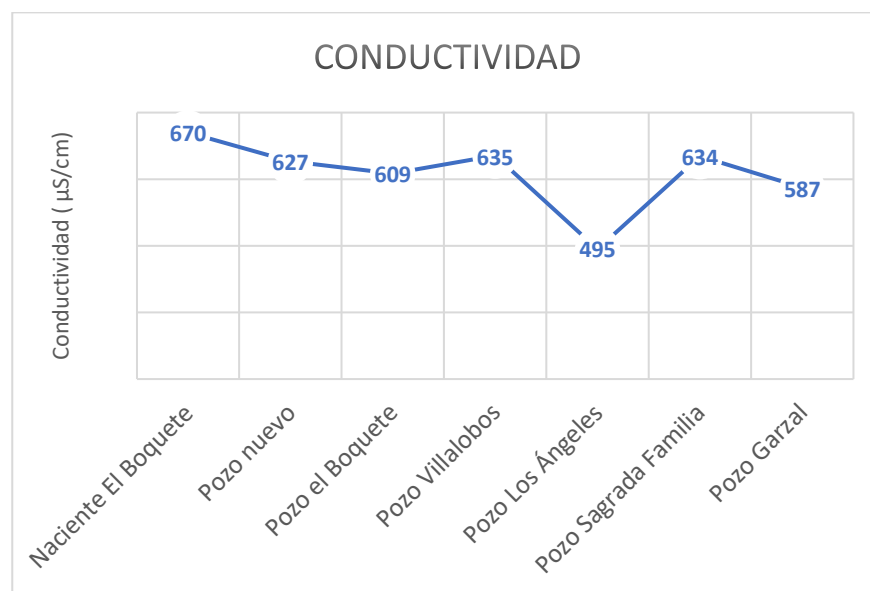
Como se observa en la tabla 6, los parámetros están en el rango admisible para funcionamiento, el único parámetro que muestra un valor elevado, pero aún no existe un valor de alerta es la conductividad. Esta variación se puede observar mejor en el gráfico 2 donde se muestra el valor en cada uno de los puntos de muestreo que serían los pozos y la naciente. El punto con mayor conductividad sería la primera toma del acueducto que es la Naciente El Boquete y el punto más bajo sería el pozo ubicado en la comunidad de Los Ángeles.

**Tabla 6. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Corralillo de Nicoya.**

Parámetro	Unidad	Valor Alerta	Valor Máximo Admisible	Naciente el boquete	Pozo nuevo	Pozo el Boquete	Pozo Villalobos	Pozo Los Ángeles	Pozo Sagrada Familia	Pozo Garzal
Color aparente	U-Pt-Co	<5	15	No detectable	No detectable	No detectable	10	No detectable	No detectable	No detectable
Conductividad	μS/cm	400	-	670	627	609	635	495	634	587
Coliforme fecal	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
E. Coli	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
Cloro residual libre	mg/L	0,3	1	0,6	0,8	0,6	0,4	0,7	0,5	0,9
Cloro residual combinado	mg/L	1	1,8	1,2	1	1,2	1,4	1,1	1,3	0,9
Turbiedad	UNT	1	5	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
Olor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Temperatura	°C	18	30	30,3	23,8	28,8	29,6	29,8	28,2	29,7
pH	Valor pH	6	8	7,06	7,59	7,18	7,13	7,39	6,86	7,57

Fuente: ASADA de Corralillo.

**Gráfico 2. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en la ASADA de Corralillo, Nicoya.**



Fuente: Elaboración propia, (2022).

### 6.2.2 ASADA Quebrada Honda

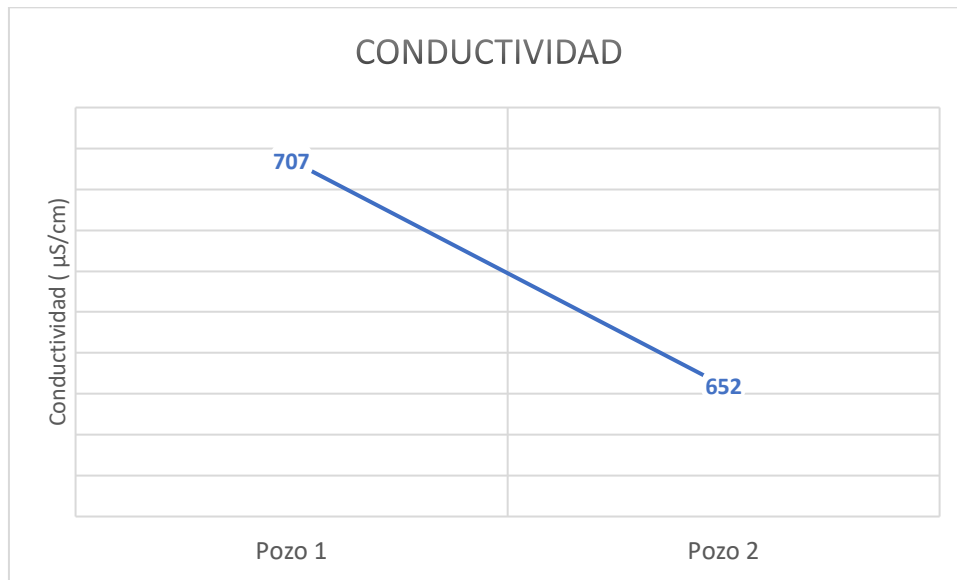
En la tabla 7 se observa el resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la ASADA de Quebrada Honda los cuales cumplen con los valores admisibles para cada uno de los parámetros, pero al igual que la ASADA de Corralillo se presenta un valor muy elevado en el parámetro de la conductividad que sería en el pozo 1 de la ASADA. Este se puede apreciar mejor en el gráfico 3.

**Tabla 7. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Quebrada Honda.**

Parámetro	Unidad	Valor Alerta	Valor Máximo Admisible	Pozo 1	Pozo 2
Color aparente	U-Pt-Co	<5	15	Detectable pero no cuantificable	No detectable
Conductividad	μS/cm	400	-	707	652
Coliforme fecal	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
E. Coli	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
Cloro residual libre	mg/L	0,3	1	0,8	0,7
Cloro residual combinado	mg/L	1	1,8	1	1,1
Turbiedad	UNT	1	5	No detectable	No detectable
Olor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Temperatura	°C	18	30	30,9	29,4
pH	Valor pH	6	8	7,07	6,97

Fuente: ASADA Quebrada Honda.

**Gráfico 3. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en la ASADA de Quebrada Honda, Nicoya.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3 ASADA Millal

La ASADA de Millal al igual que la ASADA de Corralillo y Quebrada Honda presenta datos por encima del valor de alerta del parámetro de la conductividad, aunque como se muestra en la tabla 8, la muestra que se tomó en una de las viviendas es una de las más bajas al igual que la muestra tomada en el pozo de Los Ángeles. Además, existe un valor considerable en la misma muestra ya que el parámetro microbiológico de Coliformes fecales dio un resultado de 70 NMP/100 ml.

Este valor se puede calificar como alarmante y puede darse a causa de las tuberías ya que puede existir alguna fuga o bien una ruptura que está permitiendo el ingreso de bacterias o bien como explicaban los miembros de la ASADA, el muestreo se realizó en una zona que no fue previamente desinfectada correctamente y esto pudo causar daños en la muestra.

**Tabla 8. Análisis de calidad de agua potable para la ASADA de Millal de Quebrada Honda, Nicoya.**

Parámetro	Unidad	Valor Alerta	Valor Máximo Admisible	Muestra vivienda	Muestra pozo

Color aparente	U-Pt-Co	<5	15	<2	<2
Conductividad	μS/cm	400	-	498	728
Coliforme fecal	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	70	Negativo
E. Coli	NMP/100 ml	No detectable	No detectable	Negativo	Negativo
Cloro residual libre	mg/L	0,3	1,0	0	0
Cloro residual combinado	mg/L	1,0	1,8	0	0
Turbiedad	UNT	1,0	5,0	0,15	0,13
Olor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Temperatura	°C	18	30	29	33
pH	Valor pH	6,0	8,0	6,88	6,74

Fuente: ASADA Millal.

**Gráfico 4. Comparación entre los resultados de conductividad de las muestras analizadas en la ASADA de Millal, Nicoya.**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Resultado de la Evaluación de la infraestructura de la ASADA

Para la evolución de la infraestructura se realizó una entrevista junto con los fontaneros y presidentes de la cada una de las ASADAS durante la visita de campo para conocer el estado del sistema de distribución y de las fuentes de abastecimiento de cada una de las ASADAS.

#### 6.3.1 ASADA Corralillo

En la ASADA de Corralillo de Nicoya, se tomaron en consideración 9 fuentes de abastecimiento de las cuales 1 es una naciente y el resto son pozos, también se hizo una evaluación general del estado de los tanques de almacenamiento. Una vez realizada la evaluación y siguiendo lo estipulado en el Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable el nivel de riesgo es bajo ya que el anexo es un formulario basado en respuesta de si y no, donde estas representan la clasificación del riesgo para cada una de las partes. En la clasificación de las fuentes hay 2 respuestas de “SI”, esto a causa de que hay animales silvestres en la zona, dando como resultado un nivel bajo de riesgo.

En la clasificación de los tanques también se da un nivel de riesgo bajo, por la misma razón solo hay 2 respuesta con “SI” debido a la cercanía con la naturaleza ya que es inevitable que los animales estén alejados de las estructuras dado que es su hábitat. Para el riesgo de la línea de conducción y distribución el nivel de riesgo es nulo.

**Tabla 9. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Corralillo, Nicoya.**

<b>Evaluación de la infraestructura</b>		
<b>Datos</b>		
Número de abonados	534	
Comunidades que abastece	5	
Número de nacientes	1	
Número de pozos	8	
Número de captaciones	9	
Total de fuentes de abastecimiento	9	
Mecanismo de abastecimiento	Bombeo	
Sistema de desinfección	Cloración	
Elementos de tratamiento (Desarenador, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección)	Desinfección	
<b>Tomas de Agua Superficial</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
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?		
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?		x
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?		X
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques		X

sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)		
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	X	
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		x
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		X
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		X
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?	X	
<b>Datos de Nacientes y Manantiales</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?		X
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación)		x
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?		X
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		X
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?		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 captación?		X
9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).		X
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		x
<b>Datos de Pozos</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		X
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		X
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		X
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		X
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		x
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		x
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		X
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		x
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		x
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		×
<b>Datos del Tanque de Almacenamiento</b>		
Tipo de tanque (Elevado, a nivel, Enterrado, Semienterrado)	Elevado	

Material (Concreto, plástico, metálico, polietileno)	Concreto y polietileno	
Frecuencia de limpieza	1 mes	
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	X	
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		X
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		X
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?		X
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		X
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		X
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	X	
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (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)		x
<b>Datos de la línea de conducción y distribución</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SÍ	NO

1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		X
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?		X
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		X
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		X
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		X
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		X

Fuente: Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable, Ministerio de Salud.

### 6.3.2 ASADA Quebrada Honda

Este sistema de abastecimiento cuenta con cuatro pozos, pero solo dos pozos se encuentran en uso y los tanques de almacenamiento, además solo abastece a las comunidades de Quebrada Honda y Tres Esquinas. Del cuadro 6 se puede concluir que, para la clasificación del riesgo de las fuentes, es nulo ya que no hay respuestas de “SI”, para ninguna de las clasificaciones.

**Tabla 10. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Quebrada Honda, Nicoya.**

<b>Evaluación de la infraestructura</b>	
<b>Datos</b>	
Número de abonados	162

Comunidades que abastece	2
Número de nacientes	0
Número de pozos	2
Número de captaciones	2
Total de fuentes de abastecimiento	2
Mecanismo de abastecimiento	Bombeo
Sistema de desinfección	Clonación
Elementos de tratamiento (Desarenador, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección)	Desinfección
<b>Tomas de Agua Superficial</b>	
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ NO
1. ¿Está la captación fuera de un área protegida o zona de conservación?	
2. ¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?	X
3. ¿Está el área alrededor de la toma sin cerca, o malla de protección?	X
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?	X
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (tanques sépticos, animales, viviendas, basura o actividad industrial)?	X
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	X
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?	X

8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las rejillas de la toma?		X
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		X
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?		X

### Datos de Nacientes y Manantiales

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

industrial?		
<b>Datos de Pozos</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		x
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		X
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		X
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		x
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		x
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		X
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		x
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		X
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		X
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		X
<b>Datos del Tanque de Almacenamiento</b>		
Tipo de tanque (Elevado, a nivel, Enterrado, Semienterrado)	Concreto y acero	
Material (Concreto, plástico, metálico, polietileno)	concreto y acero (4)	
Frecuencia de limpieza	6 meses	

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

**Datos de la línea de conducción y distribución**

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SÍ	NO
1. ¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?		X
2. ¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?		x
3. En los tanques quiebra gradientes ¿se observan rajaduras, grietas, fugas o		x

raíces?		
4. ¿Se observan fugas visibles en alguna parte de la red de distribución?		X
5. ¿Existen variaciones significativas de presión en la red de distribución?		X
6. ¿Carece de cloro residual alguna zona en la red principal de distribución?		x
7. Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?		X
8. ¿Carecen de sistema para purgar la tubería de distribución?		X
9. ¿Carecen de un fontanero o encargado del mantenimiento de la red?		x
10. ¿Carecen de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?		X

Fuente: Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable, Ministerio de Salud.

### 6.3.3 ASADA Millal

En la ASADA de Millal se da un caso diferente ya que ellos de momento no cuentan con sistema de cloración debido al vandalismo por parte de cazadores de la zona, y se han visto afectados en la evolución debido a ello. Para la clasificación de riesgos de las fuentes de abastecimientos el nivel de riesgo obtenido es muy alto, debido a que el total de respuestas de “SI” es de 8, para la clasificación de los tanques de almacenamiento la clasificación del riesgo es baja ya que hay 2 respuestas de “SI” y por último para la clasificación de la línea de conducción y distribución el nivel serio intermedio ya que hay 3 respuestas de “SI”.

**Tabla 11. Evaluación de la infraestructura de la ASADA de Millal, Nicoya.**

<b>Evaluación de la infraestructura</b>	
<b>Datos</b>	
Número de abonados	32
Comunidades que abastece	1
Número de nacientes	1

Número de pozos	1	
Total de fuentes de abastecimiento	2	
Sistema de desinfección	No hay	
Elementos de tratamiento (Desarenador, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección)	No hay	
<b>Tomas de Agua Superficial</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
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, o malla de protección?	x	
4. ¿Existe actividad agrícola, ganadera, industrial o desarrollo habitacional, que descarguen sus residuos aguas arriba de la captación de agua?		x
5. ¿Existe alguna otra fuente de contaminación alrededor de la toma (animales)?	x	
6. ¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	x	
7. ¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas y otros)?		x
8. ¿Se encuentran plantas (raíces, hojas y otros) obstruyendo las		x

rejillas de la toma?		
9. ¿Existen condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?		x
10. ¿Está ausente el desarenador después de la toma de agua?	x	
<b>Datos de Nacientes y Manantiales</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación?	x	
2. ¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación)		x
3. ¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?	x	
4. ¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas?		x
5. ¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?		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 captación?		x

9. ¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura).	x	
10. ¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?		x
<b>Datos de Pozos</b>		
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO EN LA TOMA DE AGUAS SUPERFICIALES	SÍ	NO
1. ¿Carece el pozo de un canal de desagüe?		x
2. ¿Carece el pozo de una malla de protección?		x
3. ¿Carece el pozo de un piso de concreto que lo rodee?		x
4. ¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m. de distancia del pozo?		x
5. ¿Está la letrina o tanque séptico más cercanos en un nivel más alto que el pozo?		x
6. ¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (excretas de animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial)?		x
7. ¿Hay estancamientos de aguas sobre la losa o en los alrededores del pozo?		x
8. ¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?		x
9. ¿Están los alrededores del pozo enmontados?		x
10. Si existe bomba, ¿está floja en la unión a su base?		x

<b>Datos del Tanque de Almacenamiento</b>		
Tipo de tanque (Elevado, a nivel, Enterrado, Semienterrado)	Elevado	
Material (Concreto, plástico, metálico, polietileno)	Concreto	
Frecuencia de limpieza	2 meses	
IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SÍ	NO
1. ¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?		x
2. ¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?		x
3. ¿Carece la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)		x
4. ¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	x	
5. ¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?		x
6. ¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?		x
7. ¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	x	
8. ¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (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)		x

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

Fuente: Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable, Ministerio de Salud y ASADA de Millal.

#### 6.4 Hallazgos comparativos entre las ASADAS

Como se ha mencionado anteriormente las ASADAS del estudio tienen diferencias muy notorias primero en cuestión de cantidad de servicios que brindan, una de ellas tiene más de 500 servicios mientras la otra ronda los 150 servicios y la más pequeña no tiene ni 50 servicios. Este primer aspecto va afectando al resto,

ya que, en la parte de personal administrativo, la ASADA de Millal no cuenta con un fontanero a tiempo completo ni de un administrador, en cambio la ASADA de Quebrada Honda cuenta con un fontanero a tiempo completo y por último la ASADA de Corralillo cuenta, con 2 fontaneros a tiempo completo, una oficina fija con una administradora como encargada de las finanzas, capacitaciones y los resultados de los laboratorios.

Estas comparaciones también se reflejan en la extensión de las tuberías, en el estado de los accesorios y de los tanques de almacenamiento. Otro hallazgo es el capital que tienen cada una de las ASADAS, en el caso de Corralillo al tener más comunidades a las cuales abastece tiene más ingresos a nivel económico que la ASADA de Millal que solo es una comunidad.

- Balances hídricos
  - ◆ Como se puede observar en la tabla 5 y gráfico 1, la demanda de los servicios de cada una de las ASADAS logra ser equilibrada con la producción de las fuentes que tienen a disposición, dan así resultados favorables en el balance hídrico, lo que quiere decir que todas son capaces de abastecer a sus comunidades.
  - ◆ La herramienta utilizada en el proceso además de lograr ver si las ASADAS pueden abastecer a sus comunidades en este momento, también tiene una función donde se refleja por cuanto tiempo esta ASADA puede mantener la demanda de los servicios considerando un crecimiento poblacional. Para el caso de las tres ASADAS se realizó el análisis a un periodo de 20 años y todas ellas obtuvieron resultados positivos para mantener a los nuevos servicios.
- Análisis de calidad
  - ◆ Cabe destacar que, al hacer una revisión de los resultados en cuestiones de calidad de agua, los tres sistemas presentan altos valores para el parámetro de conductividad, aunque no hay un rango máximo admisible, los valores obtenidos rondan los 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esto a causa de la geología de la zona como se mencionaba en el capítulo II, porque presenta altas concentraciones de calcio que tiende a contaminar el agua de consumo y deteriorar la infraestructura de los sistemas.
- Estructura del sistema
  - ◆ A nivel de infraestructura los tres acueductos se encuentran en un rango que se puede

considerar bueno. Esta calificación se da debido a que tratan de brindarle mantenimiento constante, atienden las fugas y problemas con el servicio inmediatamente y son constantes con los ensayos de calidad de agua que solicita el AyA y el Ministerio de Salud.

## **6.5 Discusión en relación con la metodología y objetivos**

### Calidad de agua

Para los análisis de calidad de agua se modificó la metodología, ya que cada uno de los de los sistemas de agua potable, se hicieron cargo de los ensayos con sus laboratorios de preferencia. A pesar de ello se compartieron los resultados de cada uno para hacer la valoración en este capítulo, de igual forma se logró cumplir con el primer objetivo de este proyecto. Estos análisis eran importantes porque el principal interés era la calidad de agua ya que se sabía que esta zona presentaba este tipo de problemas, pero no se tenía conocimiento de la magnitud.

### Balance hídrico

Los balances hídricos fueron realizados mediante la aplicación de la “Calculadora de Balances Hídricos” del AyA, ya que con la información de las fuentes disponibles y la cantidad de servicios esta herramienta calcula la disponibilidad hídrica del sistema para los periodos de años que uno desea. En este caso se planteó para dentro de 20 años y los tres acueductos obtuvieron un resultado de tener suficiente agua para seguir brindando el servicio con las fuentes disponibles que tienen hasta el momento. Con estos balances hídricos se logra cumplir con el segundo objetivo del trabajo porque se deseaba conocer la capacidad hídrica de cada una de las ASADAS

### Evaluación de estructura

Comparando los resultados de los acueductos, la ASADA que posee mejores condiciones en cuestiones de infraestructura en la ASADA de Quebrada Honda de Nicoya, la cual utilizando la puntuación de los anexos del Ministerio de Salud el resultado fue que el riesgo es nulo. Esto considerando que le dan mantenimiento constante. En relación con las otras dos ASADAS la de Corralillo la clasificación de riesgo en las fuentes y en el tanque es baja, esto se puede dar a causa de la demanda de usuarios y que solo poseen dos fontaneros a tiempo completo para un acueducto para 500

personas que involucra a cinco comunidades.

Para la ASADA de Millal de Quebrada Honda, el resultado de riesgo de las fuentes es clasificado como muy alto, esto debido a una problemática que tiene con los cazadores de la zona que tienden a dañar las tuberías y vandalizar partes del acueducto, además que una de las tomas se encuentra en la parte alta de uno de los cerros del lugar por lo que la presencia de animales silvestres es común e incontrolable. Por otra parte, el riesgo en el tanque y en las líneas de conducción y distribución se consideran bajas.

# **Capítulo VII.**

# **Conclusiones y**

# **Recomendaciones**

## 7.1 Conclusiones

1. Los resultados de los balances hídricos de las tres ASADAS, se pueden considerar como buenos ya que la herramienta utilizada muestra que posee una disponibilidad hídrica para 20 años más. Esto se da, aunque las ASADAS tengan distintas cantidades de usuarios porque poseen buenas fuentes de abastecimiento. Además, cabe mencionar que se pueden apreciar tres tamaños de ASADAS durante el estudio, una grande que sería Corralillo, una mediana que sería Quebrada Honda y una pequeña que le corresponde a Millal.
2. En los análisis de calidad de agua potable es notorio el problema de las sales presentes en el agua, ya que esto se refleja en el parámetro fisicoquímico de la conductividad que en todos los casos fue muy elevado. Además, que en la ASADA de Millal de Quebrada Honda, otro parámetro que dio un valor de alerta fue con los coliformes fecales que aparecieron en la muestra tomada en la vivienda, en un tubo que estaba expuesto a suciedad y contaminación ya que esta fuera de la vivienda. Se cree que este valor pudo ser comprometido ya que no se realizó la desinfección necesaria para tomar la muestra de este sitio y por ello presenta un valor de alerta como se mencionaba anteriormente, también esto puede indicar que es posible que exista una fuga en las tuberías y por ahí se está dando algún tipo de contaminación microbiológica que puede afectar la salud de dichos usuarios.
3. Las evaluaciones de las infraestructuras mostraron resultados en el rango de un bajo nivel de riesgo y uno intermedio, además que la ASADA de Millal presento un valor de alerta muy alto para los datos de fuentes de abastecimiento. Esto se debe a que esta comunidad tiene un problema con los cazadores de la zona, ya que estos tienden a robarse partes de la tubería o bien la dañan para tomar ventaja sobre los animales.

## 7.2 Recomendaciones

- Como parte de las acciones de mejora que se pueden realizar tomando en consideración lo que se recomienda en el en el Anexo 7 del Decreto 38924-S de Agua Potable, para el caso de la ASADA de Millal lo dictado por el decreto sería “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”. De momento ellos si están anuentes del problema y se encuentran en busca de soluciones para mejorar la estructura del sistema.
- También es importante destacar que el seguimiento de los análisis de calidad de agua son una gran ayuda y guía para saber si existen puntos de contaminación o bien daños en la tubería. También es

importante el control del parámetro de la conductividad sobre todo por términos de salud ya que puede llevar a problemas en el futuro.

- Para finalizar, aunque las tres ASADAS tienen buena disponibilidad de agua para los usuarios, es importante tener pensadas opciones de fuentes nuevas para abastecer futuros servicios, un claro ejemplo es en la ASADA de Millal que pensando en esa posibilidad tiene previstas instaladas en algunos de los lotes.

## Referencias

Alva, Y.T. *et al.* (2013) ‘VERTISOLES Y ULTISOLES: CARACTERÍSTICAS, COMPARACIONES Y MANEJO’.

Badii, M.H., Guillen, A. and Nicolás, S. (2018) ‘La ganadería y el desarrollo sustentable (Animal husbandary and sustainable development)’, p. 26.

Behar Rivero, D.S. (2008) ‘Metodología de la Investigación’, p. 94.

Bomberos de Costa Rica (2020) ‘Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva’.

Comité Sectorial Agropecuario Región Chorotega (2017) ‘Plan de Acciones Climáticas y Gestión de Riesgo 2018 – 2022’.

INDER (2016) ‘Plan de Desarrollo Rural Territorial 2016-2018’, p. 86.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017) ‘NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL’. Gaceta N° 180.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2021) ‘MODIFICACIÓN INTEGRAL AL REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AyA’. La Gaceta.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados and Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015a) ‘Política de Organización y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento’. Available at: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Pol%C3%ADtica%20de%20ASADAS.pdf>.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados and Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015b) ‘Política de organización y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento’.

Martínez de Victoria, E. (2016) ‘El calcio, esencial para la salud’, *Nutrición Hospitalaria*, 33, pp. 26–31. Available at: <https://doi.org/10.20960/nh.341>.

Miñana, I.V. (2002) ‘Calcio en el agua de bebida en la infancia: ¿molesto o necesario?’, *ACTA PEDIATRICA ESPAÑOLA*, 60, p. 11.

Ministerio de Salud (2020) *Decreto N° 42332-S Modificación Reglamento para la Calidad del Aguas Potable, La Gaceta*.

Mora-Alvarado, D.A. *et al.* (2015) ‘Diferencias de dureza del agua y las tasas de longevidad en la Península de Nicoya y los otros distritos de Guanacaste’, *Revista Tecnología en Marcha*, 28(3), pp. 3–14.

SETENA (2018) ‘Resolución N° 713-2002-SETENA’, p. 12.

SINAC (2014) *Parque Nacional Barra Honda*. Available at: <https://www.sinac.go.cr/ES/ac/act/Paginas/Parque-Nacional-Barra-Honda.aspx> (Accessed: 29 July 2022).

Solís Rivera, L.G. and Mayorga Quirós, K. (2015) *Reglamento para la calidad del Agua Potable*. Available at: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80047](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80047) (Accessed: 22 May 2022).

Zamora, J.R. (2009) ‘Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008’, 9(12), p. 10.

# Anexos

**Anexo 1.** Evaluación de una de las nacientes de los sistemas de captación.



**Anexo 2.** Evaluación del estado del tanque de almacenamiento.



Anexo 3. Estado del macromedidor del tanque de almacenamiento.



**Anexo 4.** Evaluación del tanque de almacenamiento de la comunidad de Corralillo.



## Anexo 5. Croquis del acueducto de la ASADA de Millal, Nicoya

