UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
SEDE VIRTUAL FACULTAD DE INGENERIA CIVIL

LICENCIATURA EN INGENERÍA CIVIL

DISEÑO, OPTIMIZACIÓN, ANÁLISIS Y RECOMENDACIÓN DE VIABILIDAD DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL ABASTECIMIENTO DE HIDRANTES CONTRA INCENDIOS.

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENERÍA CIVIL

GUSTAVO ADOLFO MÉNDEZ CHAVES
JORVICK STEFANO MURILLO SANDOVAL
ESTUDIANTES LIC. INGENIERÍA CIVIL

ING. LUIS GUILLERMO LORÍA ZALAZAR, MSC.
DIRECTOR ACADÉMICO INGENERÍA CIVIL

ANDRÉ ALEXANDER BOGANTES SOLANO, MSC.
TUTOR ACADÉMICO TESIS INGENERIA CIVIL

BIOL.MARCO VINICIO CHÉVEZ, MSC.
LECTRO ACADÉMICO TESIS INGENERÍA CIVIL

ALAJUELA, SAN CARLOS COSTA RICA

FEBRERO, 2025

TRIBUNAL EXAMINADOR

Presidenta: Laura Prendas Castillo _____

Tutor: Ing. André Alexander Bogantes Solano _____

Lector: Ing. Marco Chévez Chévez Msc. _____

Universidad Isaac Newton

Escuela de Ingeniería Civil

Licenciatura Ingeniería Civil

DECLARACIÓN JURADA

Yo Gustavo Adolfo Méndez Chaves cédula de identidad Nº [redacted] estudiante de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, declaro bajo fe de juramento y conscientes de las responsabilidades de los civiles y penales de este acto, que este Trabajo Final de Investigación es de mi autoría y es presentado con la finalidad de obtener el grado de Licenciatura y tiene como título "DISEÑO, OPTIMIZACIÓN, ANÁLISIS Y RECOMENDACIÓN DE VIABILIDAD DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL ABASTECIMIENTO DE HIDRANTES CONTRA INCENDIOS".

Declaro que en él no se han reproducido informaciones parciales o totales de otros autores, como si fueran de mi propia autoría, por el contrario, se han destacado en el uso de citas textuales las informaciones de otros autores, consignando su origen. Debido a lo anterior, libero a la Universidad Isaac Newton de cualquier responsabilidad en caso de que la declaración sea falsa.

Además, por este medio, autorizo la consulta de esta investigación para fines académicos por parte de la comunidad de usuarios de la Biblioteca de la Universidad Isaac Newton, bajo las modalidades de préstamo interno y a domicilio, así como su inclusión en repositorios o bases de datos digitales que la Universidad considere oportunas.

Entregado en las oficinas de la Dirección Administrativa de la Universidad Isaac Newton ubicada en Sede Virtual a los 10 días del mes de febrero del 2025.

Firma 

Nombre Gustavo Adolfo Méndez Chaves

Cédula [redacted]

Universidad Isaac Newton

Escuela de Ingeniería Civil

Licenciatura Ingeniería Civil

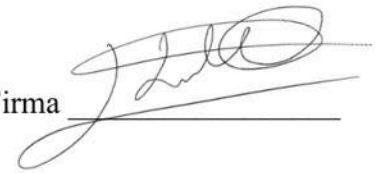
DECLARACIÓN JURADA

Yo Jorvick Stefano Murillo Sandoval cédula de identidad Nº [redacted] estudiante de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, declaro bajo fe de juramento y conscientes de las responsabilidades de los civiles y penales de este acto, que este Trabajo Final de Investigación es de mi autoría y es presentado con la finalidad de obtener el grado de Licenciatura y tiene como título "DISEÑO, OPTIMIZACIÓN, ANÁLISIS Y RECOMENDACIÓN DE VIABILIDAD DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL ABASTECIMIENTO DE HIDRANTES CONTRA INCENDIOS".

Declaro que en él no se han reproducido informaciones parciales o totales de otros autores, como si fueran de mi propia autoría, por el contrario, se han destacado en el uso de citas textuales las informaciones de otros autores, consignando su origen. Debido a lo anterior, libero a la Universidad Isaac Newton de cualquier responsabilidad en caso de que la declaración sea falsa.

Además, por este medio, autorizo la consulta de esta investigación para fines académicos por parte de la comunidad de usuarios de la Biblioteca de la Universidad Isaac Newton, bajo las modalidades de préstamo interno y a domicilio, así como su inclusión en repositorios o bases de datos digitales que la Universidad considere oportunas.

Entregado en las oficinas de la Dirección Administrativa de la Universidad Isaac Newton ubicada en Sede Virtual a los 10 días del mes de febrero del 2025.

Firma 

Nombre Jorvick Stefano Murillo Sandoval

Cédula [redacted]

CARTA DEL TUTOR

Ciudad Quesada 17 de febrero del 2025.

Señores
UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
Presente

Estimados señores:

En mi calidad de tutor designado a la Tesis elaborada el estudiante Gustavo Méndez Chaves y Jorvick Stefano Murillo Sandoval, titulada Diseño, optimización, análisis y recomendación de viabilidad de sistema de recolección y almacenamiento de agua para el abastecimiento de hidrantes contra incendios, durante el período 2025, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac Newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente.

Ing. André Alexander Bogantes Solano
Tutor de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

CARTA DEL LECTOR

San José 17 de febrero del 2025

Señores
UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
Presente

Estimados señores:

En mi calidad de Lector designado a la Tesis elaborada el estudiante Gustavo Mendez Chaves y Jorvick Stefano Murillo Sandoval, titulada Diseño, optimización, análisis y recomendación de viabilidad de sistema de recolección y almacenamiento de agua para el abastecimiento de hidrantes contra incendios, durante el período 2025, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac Newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente.

Ing. Marco Chévez Chévez Msc.
Lector (a) de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

Dedicatoria

Primeramente, esta dedicatoria va dirigida a Dios, ya que es la fuente de toda sabiduría y fortaleza, su guía divina me ha dado la motivación necesaria para superar los desafíos que se me han presentado en el ámbito profesional y académico, y me ha permitido culminar este proyecto con éxito.

A mis padres, Adriana Sandoval y Juver Murillo, a mi abuelita, Marielos chacón y a mi hermana Mariana Murillo cuya motivación y amor han sido de mucha importancia en mi vida. En los momentos más desafiantes, su apoyo incondicional han sido mi impulso para seguir adelante. Ustedes son los que han formado mi valores y principios, enseñándome la importancia del esfuerzo constante y de la perseverancia,

A mi novia Valeria Ávila quien ha sido un apoyo constante en los momentos finales de mi carrera y en la finalización de este proyecto, en los momentos de agotamiento o inseguridad, su amor y apoyo me han impulsado a seguir adelante, gracias por creer en mí y por brindarme ese importante respaldo en esta etapa.

Finalmente, dedico este proyecto a mi compañero Gustavo, con quien he compartido muchas horas de trabajo y estudio. Nuestra colaboración juntos ha sido muy valiosa y de mucho aprendizaje, juntos hemos enfrentado muchos desafíos, hemos resuelto problemas complejos, esta dedicación refleja nuestra amistad y nuestro esfuerzo en el camino hacia la finalización de nuestra carrera.

Jorvick Stefano Murillo Sandoval.

Agradecimientos

Con mucha felicidad y una enorme satisfacción, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por siempre guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para poder finalizar este camino de formación en nuestra carrera profesional que estamos comprometidos a desempeñarnos con mucho amor, responsabilidad y profesionalismo.

Agradecemos profundamente a nuestros familiares, que con su apoyo incondicional nos han motivado siempre a seguir con más fuerza en los momentos más desafiantes, su impulso ha sido de mucha importancia para nosotros.

Queremos extender nuestro agradecimiento al Ingeniero Marco Venegas, quien nos ayudó con información muy importante, que enriqueció nuestro proyecto, ya que él es el ingeniero hidráulico de la comunidad en la que desarrollamos este proyecto, también agradecemos a los miembros de la ASADA de Moreno Cañas, por abrirnos las puertas y por siempre estar atentos y muy dispuestos a proporcionarnos datos de mucha importancia y finalmente por su tiempo tan valioso que nos brindaron para nosotros llevar a cabo nuestra labor.

Por último, agradecemos de manera muy especial a nuestro tutor, André Bogantes, y nuestro lector, Marco Chevez, por su de dedicación y orientación, que fueron clave para lograr alcanzar la efectividad de este proyecto y de poder encontrar las estrategias necesarias para culminar este proyecto.

A todos mil gracias y muchísimas bendiciones.

Jorvick Stefano Murillo Sandoval.

Dedicatoria

Primero a Dios, por brindarme la oportunidad de realizar y culminar con éxito mi carrera profesional, guiándome en cada paso del camino.

A mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, siempre motivándome y dándome el apoyo necesario para alcanzar mis metas. A toda mi familia, por su amor constante y por estar presentes en los momentos más difíciles, demostrando su cariño y apoyo.

A mi novia, Dara, por su apoyo y esfuerzo durante todo este proceso, su comprensión y motivación fueron fundamentales en mi camino.

A Jorvick Murillo, mi compañero de trabajo y amigo de toda la vida, por las horas de trabajo y estudio compartidas, las cuales nos permitieron lograr el objetivo de finalizar juntos la carrera. Por toda la experiencia adquirida a su lado, que enriqueció este proceso de aprendizaje.

A Marco Venegas, por generosamente compartir su conocimiento sobre la ingeniería civil, y a Kattia Díaz, por abrirme las puertas del campo laboral, permitiéndome adquirir experiencias valiosas.

Finalmente, dedicar a la Asociación Deportiva San Carlos, por otorgarme la beca que me permitió seguir adelante con mis estudios y graduarme como profesional.

Gustavo Méndez Chaves.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una otra manera hizo posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a Dios por las oportunidades brindadas para lograr convertirme en un profesional, por la salud, la fuerza y la ilusión de ser una mejor persona

También agradezco a mi familia por su invaluable apoyo durante toda la etapa universitaria, fueron fundamental y de mucha motivación para logras mis objetivos.

Agradezco a mi novia Dara por su amor, paciencia, apoyo constante y motivación brindada durante este proceso, el cual fue de suma importancia ya que estuvo en las buenas y en las malas, siempre fue es apoyo incondicional y enriquecedor para ser un profesional y una mejor persona.

Por último agradecer los ingenieros André Bogantes, Marco Venegas y Kattia Díaz, por compartirme su conocimiento sobre la Ingeniería Civil, lo que ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo y para mi formación personal, por abrirme las puertas del campo laboral y permitirme vivir experiencias valiosas para mi futuro.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la Asociación Deportiva San Carlos, por otorgarme la beca que me permitió seguir adelante con mis estudios y darme la oportunidad de poder graduarme como profesional.

Gustavo Méndez Chaves.

Índice

Índice de Imágenes xvii

Índice de Tabla xviii

Índice de Abreviaturas xxii

Resumen ejecutivo xxiv

Executive Summary xxvi

Capítulo 1: Introducción 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.1.1. Contexto 2

1.1.2. Justificación 4

1.1.3. Problema de investigación 5

1.1.4. Estado del arte 7

1.2. Objetivos de investigación 8

1.2.1. Objetivo general 8

1.2.2. Objetivos específicos 8

1.3. Las variables o categorías de análisis 9

1.3.1. Variables 10

1.3.2. Matriz de la investigación 11

1.4. Alcances 12

1.5. Formulación de hipótesis de la investigación 13

Capítulo 2: Marco Teórico 15

2.1. Tanque de abastecimiento o de reserva. 15

2.1.1. Acueducto 16

2.1.2. ASADA 16

2.1.3. Captación 17

2.1.4. Fuente de abastecimiento del tanque 18

2.1.5. Líneas de conducción 19

2.1.6. Coeficiente de rigurosidad (C) 20

2.1.7. Sistema por gravedad 21

2.1.8. Sistema por bombeo 22

2.1.9. Almacenamiento 23

2.1.10. Tanque de almacenamiento de agua pluvial 23

2.1.11. Red de distribución 25

2.1.12. Perdidas de cagas hidráulicas 26

2.1.13. Caudal 27

2.1.14. Medición de caudal 27

2.1.15. Caudal de diseño 28

2.1.16. Hidrantes 29

2.1.17. Ubicación de hidrantes 31

2.1.18. Instalación de hidrantes 33

2.1.19. Software Qgis 34

2.1.20. Software Civil 3D 35

2.1.21. Método Racional 35

2.1.22. Periodo de retorno 36

2.1.23. Tiempo de concentración. 36

2.1.24. Intensidad de la lluvia. 36

2.1.25. Coeficiente de escorrentía. 37

2.1.26. Cálculo de riesgos. 38

2.2. Estado de la cuestión 38

2.2.1. Delimitación del problema 38

2.2.2. Fuentes y aplicaciones prácticas de normativas y manuales. 39

2.2.3. Investigaciones correlativas 39

2.2.4. Objetivos y metodología 39

2.2.5. Asesoramiento profesional 40

2.3. Marco legal 40

2.3.1. Ley de hidrante 8641 40

2.3.2. Reglamento de las Asociaciones Administradores de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales 41

2.3.3. Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial. 41

2.3.4. Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva 42

2.3.5. Caudales, capacidad del sistema, tuberías y tanques de almacenamiento, Normativa- Reglamento 248 Articulo 2 42

Capítulo 3: Marco metodológico 43

3.1. Tipo de investigación 43

3.1.1. Naturaleza de la investigación (cualitativa, cuantitativa o mixta) 43

3.1.2. Carácter de la investigación 43

3.2. Sujetos y fuentes de información 44

3.2.1. Sujetos de información 44

3.2.2. Fuentes de información: primarias o secundarias 44

3.3. Muestra y población 45

3.3.1. Tipo de muestra 45

3.3.2. Descripción de la muestra 45

3.3.3. Descripción estadística de la población en estudio 47

3.4. Instrumentos y técnicas de recolección de datos 47

3.4.1. Diseño de instrumentos 48

3.4.2. Procedimiento de intervención 49

3.5. Estrategia de análisis de datos 49

3.5.1. Presentación y análisis de los datos 49

3.5.2. Cronograma 50

Capítulo 4: Análisis e interpretación de los resultados 51

4.1. Presentación de los resultados para las variables o categorías de análisis 52

4.1.1. Proyección demandada 52

4.1.2. Especificaciones de tanque de almacenamiento 53

4.1.3. Precipitaciones en el cantón de Upala 55

4.1.4. Intensidad de la lluvia. 56

4.1.5. Vida útil del sistema 58

4.1.6. Periodo de diseño 59

4.1.7. Ubicación de hidrantes. 59

4.2. Análisis de los resultados para las variables o categorías de análisis. 62

4.2.1. Análisis y recomendación de vías públicas. 62

4.2.2. Datos y diseño de red de hidrantes 62

4.3.1. Hidrantes..... 65

4.3.2. Diseño de tanques de almacenamiento y captación de aguas..... 81

4.3.3. Capacidad hídrica de la red pública..... 86

4.3.4. Cálculos de perdidas hidráulicas para los tanques de almacenamiento. 90

4.3.5. Para el hidrante de succión con el sistema de bocatoma de fondo. 93

4.3.6. Perdidas unitarias..... 96

4.3.7. Periodo de retorno para el diseño del tanque de recolección y almacenamiento. 97

4.3.8. Cálculo de intensidad de lluvia..... 98

4.3.9. Dimensión de área a drenar. 99

4.3.10. Cálculo de caudal de escorrentía. 99

4.3.11. Estudio de viabilidad..... 101

4.3.12. Análisis de resultados..... 103

4.4. Aceptación o rechazo de la hipótesis..... 107

Capítulo 5: Limitaciones, conclusiones y recomendaciones..... 108

5.1. Limitaciones 108

5.2. Conclusiones..... 109

5.3. Recomendaciones 110

Referencias bibliográficas.....112

Índice de Imágenes

Figura 1. Captación en ríos mediante bocatoma de fondo. 18

Figura 2. Esquema de una línea de conducción por gravedad. 21

Figura 3. Aducción por bombeo 22

Figura 4. Hidrante univalvular (cabezote) 29

Figura 5. Hidrante multivalvular. 30

Figura 6. Figura de Curvas Intensidad De Frecuencia. Estación 69-679..... 57

Figura 7. Distancia entre hidrante 10 y 11. 61

Figura 8. Dimensiones de tuberías que abastecen los hidrantes de la nueva red. 63

Figura 9. Ubicación satelital de campo de estudio..... 64

Figura 10. Tanque de reserva de concreto..... 81

Figura 11. Tanque de reserva de concreto..... 82

Figura 12. Sistema de conexión a red pública y tanque de reserva bajo nivel de suelo. 84

Figura 13. Tanque de reserva sobre nivel de suelo. 85

Índice de Tabla

Tabla 1. Coeficientes máximos (Hazen Williams) según el tipo de material... 20

Tabla 2. Volumen de reserva para incendios 24

Tabla 3. Capacidad de tanque de acuerdo con la ocupación. 25

Tabla 4. Pérdidas de energía para una tubería de hierro fundido en diferentes diámetros. 27

Tabla 5. Caudales en hidrantes según ocupación. 28

Tabla 6. Tabla de Coeficiente de escorrentía (C). 37

Tabla 7. Tabla de Cantidad de hidrantes actuales. 38

Tabla 8. Tabla de Descripción de hacinamiento y consumo diario. 46

Tabla 9. Tabla Descripción de red de hidrantes y tanques de reserva. 46

Tabla 10. Tabla de Descripción de tipos de hidrantes 47

Tabla 11. Tabla de análisis de población y proyecciones de crecimiento de Moreno Cañas. 52

Tabla 12. Proyección demandada 2024-2064 para Moreno Cañas. 53

Tabla 13. Tarifas vigentes para ASADA Moreno Cañas. 54

Tabla 14. Especificaciones de Tanque de Reserva. 54

Tabla 15. Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas..... 55

Tabla 16. Estación 69-679. Intensidades de precipitación máxima (mm/h) por duración y período de retorno..... 56

Tabla 17. Tabla de Modelos ajustados por estación pluviográfica. 57

Tabla 18. Recorrido de nueva red de hidrantes. 60

Tabla 19. Especificaciones Hidrante 1 65

Tabla 20. Recomendaciones técnicas hidrante 1 66

Tabla 21. Especificaciones técnicas hidrante 2. 67

Tabla 22. Especificaciones de hidrante 3 68

Tabla 23. Especificaciones hidrantes 4..... 69

Tabla 24. Recomendaciones técnicas. 70

Tabla 25. Especificaciones hidrantes 5..... 71

Tabla 26. Especificaciones hidrantes 6..... 72

Tabla 27. Recomendaciones técnicas. 73

Tabla 28. Especificaciones hidrantes 7..... 74

Tabla 29. Especificaciones hidrantes 8..... 75

Tabla 30. Especificaciones hidrante 9 76

Tabla 31. Recomendaciones técnicas. 77

Tabla 32. Especificaciones hidrante 10 78

Tabla 33. Recomendaciones técnicas. 79

Tabla 34. Especificaciones hidrantes 11..... 80

Tabla 35. Datos de los trayectos calculados. 86

Tabla 36. Aplicación de Formula de Hazen-Williams 88

Tabla 37. Capacidad hídrica de la red pública actual. 89

Tabla 38. Mejoras y recomendaciones para optimizar la capacidad hidra de la red pública. 90

Tabla 39. Longitud de equivalente para accesorios..... 91

Tabla 40. Cálculo de longitud de equivalente para accesorios 94

Tabla 41. Resultados de cálculo de riesgo. 97

Tabla 42. Dimensiones de techos de edificios. 99

Tabla 43. Resultado del caudal de escorrentía 100

Tabla 44. Tiempo de llenado del tanque de reserva 101

Tabla 45. Presupuesto de tubería de 6 y 4 pulgadas. 102

Tabla 46. Presupuesto de tanque de recolección y almacenamiento. 102

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Hazen-Williams 19

Ecuación 2. Volumen de Reserva 24

Ecuación 3. Método Racional 35

Ecuación 4. Intensidad de lluvia para estación 69-679: 58

Ecuación 5. Pérdidas Unitarias 96

Ecuación 6. Factor de Riesgo 97

Ecuación 7. Tiempo de llenado del tanque 100

Índice de Abreviaturas

AYA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

ASADA: Asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales.

m^3/s: metros cúbicos.

Psi: libras de fuerza por pulgada cuadrada.

Mm: milímetros.

3D: Tres dimensiones.

MINAE: El ministerio de ambiente y energía.

SINAC: Sistema nacional de áreas de conservación.

GPM: Galones por minuto.

Prr: Párrafo.

S.f: Sin fecha.

Ing: Ingenier@.

m^2: metros cuadrados.

m: metros.

Ls: litros por segundos.

Pulg: pulgadas.

Cm: centímetro.

Kg: kilogramo.

Ha: Hectáreas.

NFPA: Asociación nacional de protección contra incendios, por sus siglas en ingles.

Km: Kilómetros.

DOMIPRE: Abonados domiciliares y preferenciales.

EMPREGO: Abonados empresariales y gobierno.

CEN-CINAI: Dirección de centro de educación y nutrición y de centros infantiles de atención integrales.

IMN: Instituto meteorológico nacional.

SIGEFI: Centro de investigaciones geofísicas.

ESC: Escuela.

Min: minuto.

Resumen ejecutivo

Méndez Chaves, Murillo Sandoval. Diseño de una nueva red de hidrantes de la comunidad de Moreno Cañas, Upala San Carlos, Alajuela Costa Rica.

El presente trabajo, se analizará y estudiará la posibilidad de desarrollar una nueva red de hidrantes en la comunidad de Moreno Cañas, teniendo en cuenta la factibilidad técnica y económica como una mejora a la sostenibilidad y capacidad operativa de la red de hidrantes ante una emergencia contra incendios del Acueducto de la comunidad, utilizando la Norma Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA).

Para ello se realizarán visitas a la comunidad, se analizarán y se recaudará información de las dimensiones de la tubería, de la cantidad de hidrantes y sus especificaciones, de la proyección demandada de habitantes de la comunidad y los servicios actuales que brinda la ASADA.

Seguidamente con la información recaudada se realiza un análisis del funcionamiento de las tuberías junto con el caudal que posee el Acueducto, para identificar las problemáticas hídricas de la red de hidrantes, que pueden poner en riesgo a la comunidad en caso de una emergencia contra incendios al no cumplir con la ley y las normas que se rigen en Costa Rica para la atención de emergencias.

Se procede con el diseño de la nueva red, incorporando nuevos hidrantes de, cabezote, un sistema de bocatoma e hidrantes de succión con un sistema de recolección y almacenamiento de agua, para lograr cumplir con las necesidades encontradas en el análisis.

Para finalizar se realizan los cálculos necesarios para concluir con el proyecto, elaborando las limitaciones, conclusiones y recomendaciones, para lograr la optimización y viabilidad del proyecto.

Executive Summary

Méndez Chaves, Murillo Sandoval. Design of a New Hydrant Network for the Community of Moreno Cañas, Upala San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

This paper will analyze and study the possibility of developing a new hydrant network in the community of Moreno Cañas, considering the technical and economic feasibility as an improvement to the sustainability and operational capacity of the hydrant network during a fire emergency in the community's aqueduct system, using the technical standards for the Design and Construction of Potable Water Supply, Sanitation, and Stormwater Systems established by the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AYA).

To achieve this, visits will be made to the community, and information will be gathered regarding the dimensions of the pipes, the number of hydrants and their specifications, the projected demand for inhabitants in the community, and the current services provided by the ASADA (Rural Water and Sanitation Association).

Subsequently, based on the collected information, an analysis of the pipe functionality along with the flow rate of the aqueduct will be conducted to identify any water-related issues in the hydrant network that could jeopardize the community in case of a fire emergency. This is especially important if the system fails to comply with the regulations and laws in Costa Rica for emergency response.

The next step involves designing a new network, which will incorporate new hydrants, headers, a suction hydrant system, and a water intake system with water collection and storage facilities to meet the needs identified in the analysis.

Finally, the necessary calculations will be made to conclude the project, preparing limitations, conclusions, and recommendations to optimize and ensure the feasibility of the project.

Capítulo 1: Introducción

El agua es un recurso fundamental para el planeta, no solo para la humanidad, también para el funcionamiento y buen desarrollo de las sociedades modernas, en el entorno urbano es relevante donde acceder a un suministro confiable de agua potable y resolver una emergencia con eficiencia, como los incendios, para garantizar la seguridad y el bienestar de la comunidad. (Molina, 2014, p. 5,6)

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA) junto a la Norma Técnica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Sistema Pluvial, establecen requisitos técnicos generales aplicables al diseño o modelación de sistemas de abastecimiento de agua pluvial que son de guía para que el profesional encargado, pueda ejecutar de manera efectiva proyectos que posteriormente podrán ser revisados y aprobados por el AYA.

Se requiere de un análisis técnico del sistema de abastecimiento y captación de aguas, apoyándose con el sistema de abastecimiento de aguas potables con él cuenta actualmente la Asada Moreno Cañas con el fin, de verificar su funcionamiento y cumplimiento de la Norma Técnica establecida por el AYA, para poder construir un análisis técnico y brindar una recomendación con especificaciones sobre el diseño una nueva red de hidrantes y todo lo que conlleva. Se realizará el análisis de varios ríos cerca de la zona y se estudiará las condiciones meteorológicas de la zona en el que se efectuarán mediciones de caudales y también la ubicación geográfica estratégica de los tanques de almacenamiento para que solvente las presiones requeridas por la Ley de Hidrantes 8641.

Se recopilarán datos con el cuerpo de bomberos que serán necesarios para establecer las necesidades hídricas, como los caudales y presiones necesarias para poder asistir a una emergencia por incendios.

Se planificará un diseño, un análisis de viabilidad y optimización de un sistema de recolección y almacenamiento de aguas, mediante tanques de captación y almacenamiento de agua requerida por los bomberos, que, por medio de una tubería, llegará a los hidrantes, con el fin para ahorrar agua potable en las épocas de invierno, para disminuir gastos y utilizarla en actividades requeridas por la comunidad, además de mejorar el componente medio ambiental. Se llevará un análisis económico para establecer la magnitud financiera del proyecto, evaluar la factibilidad y realizar una estadística de la recuperación económica que se espera obtener con el proyecto.

1.1. Planteamiento del problema

A continuación, se desarrolla cada uno de los temas del apartado del planteamiento del problema de investigación.

1.1.1. Contexto

El hidrante es un dispositivo que se encuentra conectado a una red de acueductos (pública o privada) y forma parte de un sistema íntegro de abastecimiento de agua, con el fin de poner a disposición del Cuerpo de Bomberos el agua propia de la red para la atención de emergencias, principalmente en incendios.

Según Paniagua, Rodríguez y Navarro (2018), mencionan que:

> En Costa Rica, las Asociaciones de Acueductos Comunales (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. (p.4)

El proyecto se realizará en la comunidad de Moreno Cañas en Upala, Alajuela, en el segundo cuatrimestre del año 2024 en la Universidad Isaac Newton, en la entidad que posee el nombre de Asada Moreno Cañas, el proyecto se basará en distintas fases de desarrollo.

La primera etapa se realizará una visita al sitio para analizar la topografía y ubicación geográfica, para poder desarrollar un sistema de captación y almacenamiento de aguas efectivo, esto para poder obtener capacidades necesarias que cumplan con las presiones y caudales necesario para poder abastecer las futuras emergencias y facilite al cuerpo de bomberos, una vez obtenidos los datos, con el programa Epanet, se procederá a verificar que todos los caudales y presiones estén debidamente aplicadas.

En la segunda, se realizará una investigación detallada de tanques de captación y almacenamiento de aguas, para proceder con el diseño estructural de los tanques. Primero se considerará cuánta agua se debe almacenar para poder ser utilizada por los bomberos y atender una emergencia en la zona de Moreno Cañas y alrededores, con esta información se podrá establecer el tamaño ideal del tanque. En esta misma etapa se hará el estudio requerido y se realizará la solicitud específica para poder utilizar como solución el método de captación en ríos mediante bocatoma de fondo.

La tercera fase será del análisis del diseño de un sistema de captación, que recaudará agua de lluvia, se tomarán en cuenta edificaciones cerca de la ubicación del hidrante nuevo, para poder tomar cálculos de la cantidad de agua que se puede recaudar, utilizando el análisis de la precipitación de la zona y las dimensiones de la edificación. Para una vez finalizado los cálculos, lograr un diseño técnico efectivo de recolección de agua de calidad.

En esta misma etapa se estudiará los tipos de hidrantes y sus funcionalidades, para elegir el indicado, el cual nos solvente las necesidades del diseño y lograr un sistema efectivo el cual cumpla con lo establecido en el manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva,

La cuarta fase consiste en desarrollar una zona topográfica a escala utilizando el programa QGIS, la cual servirá para representar la ubicación de la futura red de hidrantes. Y por último como quinta fase se elaborará el presupuesto del proyecto, con el objetivo de demostrar su viabilidad de manera clara. Se destacarán los ahorros en agua potable y los costos para la ASADA, mostrando cómo, en un período de años, estos ahorros compensarán los gastos invertidos en las obras realizadas en el cantón de Upala.

1.1.2. Justificación

La presente investigación se enfocará en el diseño de un sistema de tanques para la captación y almacenamiento de aguas para los hidrantes, con el fin de utilizar estas aguas para combatir incendios. Durante una charla impartida por el Cuerpo de Bomberos, se mencionó que no se necesita agua potable para atender una emergencia de incendio, por lo tanto, el proyecto estará diseñado para contrarrestar la problemática que se tiene al utilizar las tuberías directas de aguas potables a los hidrantes y disminuyendo el uso de aguas de la red principal en el momento justo de atender una emergencia contra incendios en diferentes épocas del año.

Utilizando un sistema de captación de aguas para abastecer los tanques y ahorrar el agua potable asegurando los caudales y presiones requeridas por el Manual de Bomberos Costa Rica 2020. Esto permitirá aprovechar de manera más eficiente el agua potable.

Para la confección y la instalación de este proyecto, hay algunos aspectos importantes que debemos de tomar en cuenta, se pondrán tanques de captación con una capacidad de 15 para de esa manera poder satisfacer las demandas de agua durante un incendio, también un

paso importante es la ubicación estratégica de los puntos en los que se van a poner los tanques, que sea un punto de fácil acceso para bomberos tomando en cuenta también la seguridad.

También se debe investigar aspectos importantes como lo son el promedio anual de precipitación en el lugar específico donde se va a realizar el proyecto, ya que el río debe de tener el caudal suficiente y así poder cumplir con la normativa de Dirección de Aguas e instalar el sistema de bocatoma. Por lo tanto, la ubicación del sistema debe de ser apta para poder tener un mismo nivel de caudal y así poder realizar esta técnica cubriendo una emergencia de incendio sin ningún problema.

Este trabajo permitirá mostrar los cambios necesarios para poder suministrar de mejor manera los recursos hídricos, especialmente durante periodos de sequía o aumento de la demanda, un aspecto de suma importancia es que la inversión inicial será significativa, por esto el proyecto será diseñado con el objetivo de que en un futuro se reduzcan los costos asociados con el suministro en situaciones de emergencia y esto va a beneficiar la comunidad ya que generara ahorros en los presupuestos municipales.

El agua es un recurso indispensable lo que se pensaba que era inagotable en la actualidad se proyecta más como una crisis, por esta razón es muy importante que las ASADAS existentes velen por la seguridad de este recurso, que establezcan medidas de protección para mantener el agua dulce potable. Se pretende analizar si es factible la instalación y adaptación de estos tanques de almacenamiento de aguas, ya que se debe realizar un estudio para la viabilidad técnica, el análisis completo económico y financiero, entre otros aspectos para poder llevar a cabo un estudio completo y de esa manera poder determinar la factibilidad del proyecto.

1.1.3. Problema de investigación

Los problemas que presentan las ASADAS y AYA en comunidades rurales y urbanas hoy en día son de suma importancia. A lo largo de los años las comunidades crecen de manera

considerable, además que el cambio climático año tras año se ve afectado. Por lo tanto, las instituciones deben adaptarse a nuevas necesidades y de realizar nuevas estrategias para proteger y abastecer los requerimientos de las comunidades y del medio ambiente.

Según Herrera (2019) uno de los problemas que están afectando instituciones como ASADAS, AYA y cuerpo de bomberos, es la red de tuberías que distribuye agua potable para abastecer las necesidades de las personas y al mismo tiempo poder cubrir las emergencias contra incendios. (párr. 9, 13)

“Esto debido a que se estima que más del 80% de los hidrantes que se encuentran en la red nacional no llegan a cumplir con los requerimientos que establece la ley 8641.” (Herrera, 2019, párr. 1)

El problema principal es la dimensión de las tuberías que se encuentran en este momento funcionando, las cuales según la ley 8641 del reglamento a la ley de hidrantes deben ser de 150 mm y actualmente son de 100 mm, además de establecer que se cumplan las presionas y caudales establecidos para la ocasión necesaria, ya que actualmente no todas las zonas cuentan con estos requerimientos. (Bomberos Costa Rica, 2022. párr. 9)

Asimismo, como segundo problema de suma importancia, es la ubicación de hidrantes en zonas estratégicas, específicamente en la comunidad de Moreno cañas, que actualmente cuenta con 5 hidrantes los cuales no abastecen toda la comunidad, además es importante mencionar que son zonas de clima cálido, donde ocurren numerables incendios forestales, los cuales no pueden ser atendidos de manera efectiva, puesto que no existen suministros necesarios para que el cuerpo de bomberos pueda atender una emergencia.

Otro de los problemas a analizar y resolver es el gasto económico que realizan las ASADAS y AYA al utilizar agua potable para la atención de emergencias contra incendios, esto debido a que las aguas tratadas y cloradas presentan un gasto para las instituciones que se

encargan de dar el beneficio agua potable, que al final nadie paga por ellas. Este problema deja mucho que pensar y analizar puesto que para atender una emergencia contra incendio no se necesita suministro potable específicamente, se puede utilizar aguas pluviales y aguas recolectadas de ríos.

1.1.4. Estado del arte

Para realizar el proyecto se asiste a una charla dirigida por los bomberos, también se efectúa una búsqueda en manuales, normas y documentos disponibles de internet con información útil relacionada con el proyecto y de esa manera contar con antecedentes validos que sustenten el desarrollo del presente proyecto.

Inicialmente, se lleva a cabo una investigación en las páginas de Bomberos Costa Rica 2020, donde ofrecen un manual que corresponde a la Ley de Hidrantes 8641, la cual brinda normas de certificación para la instalación de hidrantes, que contiene especificaciones técnicas relativas para la ubicación e instalación adecuada de estos, también mencionan aspectos importantes sobre sobre la presión, caudal, inspección y mantenimiento adecuada para garantizar su viabilidad.

Seguidamente, se analiza información sobre el uso de aguas pluviales para los hidrantes, la cual no se limita únicamente en libros o manuales de investigación, el análisis también se sustenta de profesionales con experiencia, incluyendo Ingenieros Técnicos especializados en los Sistemas Hidráulicos, Ingenieros Civiles y finalmente la gerencia de Bomberos de Ciudad Quesada, San Carlos, Alajuela, los profesionales mencionados facilitan de manera física o por medio de correos electrónicos, la información que pueda ayudar a orientar el proyecto hacia la etapa final.

1.2. Objetivos de investigación

Esta tesis evaluará la factibilidad técnica y económica, y contribuirá a la sostenibilidad del acueducto, siguiendo la normativa técnica de Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA); por lo tanto, se plantean los siguientes objetivos, tanto el general como los específicos.

1.2.1. Objetivo general

Realizar un estudio en Moreno cañas Upala de su actual red de hidrantes, enfocado en la escasez de hidrantes y la revisión de los caudales que abastecen los dispositivos. Basado en el estudio, se presenta una propuesta estratégica que solvente las problemáticas, implementando recomendaciones técnicas, acerca de tuberías, abastecimiento agua, almacenamiento de agua y el diseño de una nueva red de hidrantes.

1.2.2. Objetivos específicos

Realizar un análisis de la red de hidrantes Moreno Cañas, para conocer la capacidad de respuesta ante una emergencia de incendios, incluyendo evaluación de tuberías, caudal y presiones, además de cantidad, tipos y ubicaciones de hidrantes de la actual red.

Diseñar una nueva red de hidrantes, la cual contenga recomendaciones técnicas para mejorar la funcionabilidad de los hidrantes existentes e incluir el diseño nuevo hidrantes, para abordar los problemas de escasez de dispositivos y tuberías inadecuadas.

Realizar un estudio exhaustivo para determinar la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos de caudales y presiones que establece el Manual de Diseño de hidrantes y tanques de reserva para atender emergencia contra incendios.

Establecer una ubicación geográfica estratégica para los tanques de almacenamiento de agua, de manera que se asegure el suministro adecuado y continuo en caso de una emergencia por incendio en todas las zonas de la comunidad de Moreno Cañas, en el cantón de Upala.

Diseñar el tanque de almacenamiento con ayuda del software Civil 3D y diseñar una nueva red de hidrantes mediante el software QGIS, y así poder ubicarlos geográficamente en el mapa de Costa Rica.

Realizar un informe de viabilidad que justifique que los diseños, cálculos y recomendaciones técnicas propuestas, cumplen con la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial y el Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva.

1.3. Las variables o categorías de análisis

La siguiente investigación presenta un enfoque cuantitativo.

1.3.1. Variables

Hipótesis: Los nuevos tanques de almacenamiento, con las dimensiones especificadas en la ley 8641 de la ley de hidrantes y el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva, logra abastecer los hidrantes de succión que se distribuyen en la comunidad de moreno cañas, el sistema recolecta agua de la tubería principal de manera efectiva brindando la cantidad de agua necesaria para abastecer un tanque de almacenamiento el cual por su ubicación geográfica brinda las presiones y caudales necesarios, generando múltiples beneficios tanto para las instituciones responsables de suministrar agua, aquellas que dependen de ella y las personas de la comunidad. Por lo tanto, puede contribuir significativamente a optimizar la gestión del recurso hídrico y fortalecer la resiliencia del sistema ante fluctuaciones climáticas y demandas crecientes.

Variable dependiente: Optimización del uso del recurso hídrico en la comunidad de Moreno Cañas, asegurando la capacidad para responder eficazmente a las demandas de agua durante emergencias mientras se mantiene el suministro continuo de agua potable a la comunidad, sin que ninguno de los dos servicios se vea afectado.

Variable independiente: Selección de fuente de abastecimiento y tipo de hidrante a instalar teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica y necesidades hídricas, con el objetivo de lograr las presiones y caudales necesarios para satisfacer las demandas de agua de la comunidad.

Variable interviniente: Factores como la ubicación geográfica y la demanda de agua debido a la red de distribución de la zona Moreno Cañas para establecer las presiones y caudales necesarios, intervienen en la eficacia de la implementación de una nueva red de hidrantes y la capacidad de suministrar las demandas requeridas de aguas.

1.3.2. Matriz de la investigación

Hipótesis	Conceptos	Variables	Indicadores
Los nuevos tanques de almacenamiento, con las dimensiones especificadas en la ley 8641 de la ley de hidrantes y el manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva, logra abastecer los hidrantes que se distribuyen en la comunidad № 14 (Moreno Cañas), en el cantón № 13 (Upala) de la provincia número 2 (Alajuela), el sistema recolecta agua de la tubería principal de manera efectiva brindando la cantidad de agua necesaria para abastecer un tanque de almacenamiento el cual por su ubicación geográfica brinda las presiones y caudales necesarios, generando múltiples beneficios tanto para las instituciones responsables de suministrar agua, aquellas que dependen de ella y las personas de la comunidad. Por lo tanto, puede contribuir significativamente a optimizar la gestión del recurso hídrico y	**Dimensiones**: se emplea para describir las medidas de extensión en el espacio físico. **Suministrar**: se refiere al acto de recoger, recabar o juntar algo que se necesita para el funcionamiento de alguna actividad. **Abastecer**: Implica proveer o suministrar de manera continua y eficiente los recursos necesarios para satisfacer demandas específicas, asegurando que estén disponibles en el momento y la cantidad adecuada. **Almacenamiento**: Se refiere al proceso y la capacidad de guardar y conservar bienes, productos o información de manera organizada y segura. **Beneficios**: Se refiere a las ventajas positivas que se obtienen como resultado de una acción, decisión o situación favorable, ya sea en términos financieros, operativos o personales. **Interconectar**: Se refiere al acto de establecer conexiones	Profundidad Superficie Longitud Anchura Altura Volumen Cantidad de recolecta Eficiencia de recolección Calidad del objeto recolectado Capacidad de abastecimiento Tiempo de abastecimiento Costos de abastecimiento Velocidad de abastecimiento Tiempo de permanencia en el almacenamiento Cantidad de agua requerida Margen de beneficio Cantidad de acciones positivas Beneficios comunitarios Beneficios económicos	Conocimientos prácticos Manejo de sistema de unidades Zona geográfica Capacidades necesarias Asignación de trabajos Supervisión Capacitaciones de cotización Compresión de recurso hídrico Costo por unidad de recurso abastecido Rango de tiempo de almacenamiento Distribución de la demanda de agua Comparación de margen inicial y final Porcentaje de cumplimiento de acciones Número de beneficiarios directos

fortalecer la resiliencia del sistema ante fluctuaciones climáticas y demandas crecientes.	entre diferentes elementos, sistemas o personas. **Contribuir**: Implica aportar o colaborar con algo, ya sea con recursos, ideas, esfuerzos o acciones, con el fin de generar un impacto positivo o participar en el logro de un objetivo común. **Fluctuaciones**: se refieren a cambios o variaciones que ocurren de manera irregular o no constante en un determinado fenómeno, como precios, tasas, o niveles de actividad.	Número de conexiones Capacidad de interconexión Costos de interconexión Estrategia de contribución Cantidad de mejoras Impacto ecológico Frecuencia de fluctuaciones Duración de cambios Rango de fluctuación	Cantidad de nuevas conexiones Comparación de costos Ahorro de recursos naturales Número de cumplimiento de objetivos Regularidad con la que ocurren las fluctuaciones Acciones para cumplir con cambios

Fuente: Elaboración propia Méndez, Murillo (2024)

1.4. Alcances

El proyecto se centra en la elaboración de un diseño de una nueva red de hidrantes con sus respectivas fuentes de abastecimiento, suministrada por agua de la red pública, por ríos o agua de lluvia captada en los techos de edificaciones cercanas. La captación de agua de lluvia

se orientará hacia el tanque a través de bajantes, que abastecerá el tanque de reserva conectado al hidrante de succión. Además, las aguas serán filtradas antes de llegar a los tanques, asegurando su utilidad en emergencias. Este proyecto beneficiará a las comunidades y ASADAS para poder utilizar el agua requerida en emergencias de incendio de manera efectiva y segura sin que se vea afectada por el caudal máximo horario.

Se evaluará el sistema de la red de distribución hídrica, sistema de abastecimiento y sistema de captación, según la Norma Técnica para Diseño y Construcción del AYA junto con la Norma de Diseños de Hidrantes y Tanques de Reserva, para poder identificar la problemática y en base al diagnóstico formular las propuestas de mejoras de cada uno de los hidrantes de la nueva red en el cual se basa el proyecto.

El diseño de la nueva red de hidrantes y sus respectivas fuentes de abastecimiento se diseñará tomando en cuenta el caudal y las presiones que rigen en la Norma Técnica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Sistema Pluvial (2017) y el Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva (2020).

1.5. Formulación de hipótesis de la investigación

Los nuevos tanques de abastecimiento, con las dimensiones especificadas en la ley 8641 de la ley de hidrantes y el manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva, logra abastecer los hidrantes de succión que se distribuyen en la comunidad de Moreno Cañas, el sistema es suministrado por el agua de la tubería principal y en algunos casos específicos por agua captada brindando la cantidad de agua necesaria para abastecer un tanque de reserva el cual por su brinda las presiones y caudales requeridos por Bomberos, generando múltiples beneficios tanto para las instituciones responsables de suministrar agua y las personas de la comunidad. Por lo

tanto, puede contribuir significativamente a optimizar la gestión del recurso hídrico y fortalecer la resiliencia del sistema ante fluctuaciones climáticas y demandas crecientes.

Al contar con una instalación estratégica de nuevos hidrantes y mejorar la infraestructura de los ya existentes en la zona de Moreno Cañas, se busca garantiza que la comunidad tenga la capacidad de abastecer efectivamente en cada emergencia contra incendios.

Al integrar esta nueva red, se pretende optimizar los recursos hídricos y se plantea que el diseño en un futuro logre alcanzar la reducción de agua potable para atender emergencias contra incendios, por ende lograr una reducción de costos operativos para las instituciones responsables del suministro de agua y aquellas que dependen de ella para atender emergencias, además, que permita desarrollar acueductos capaces de mantener una comunidad con un suministro seguro y adecuado de agua y a su vez poder enfrentar emergencias como incendios sin que ninguna de las dos se vean afectadas.

Capítulo 2: Marco Teórico

En el siguiente capítulo se recopilarán conceptos de importancia que permitirán divisar el propósito de este proyecto.

2.1. Tanque de abastecimiento o de reserva.

Estos pueden ser de tipo mixto o exclusivo, dónde los mixtos contienen el volumen de agua requerido para la atención de emergencias más un porcentaje dedicado a otros usos, mientras que el volumen total de agua en un tanque exclusivo, como lo dice su nombre, está dedicado exclusivamente para la atención de Incendios. (Bomberos Costa Rica, 2020, p. 24)

Según MINAE – SINAC – GIZ (2021) expresan que:

> La reutilización de agua pluvial se basa en recolectar el agua que cae sobre las cubiertas de los hogares o edificios con elementos de captación. Posteriormente, el agua se recolecta por medio del sistema de canoas y se conduce a través de bajantes para almacenarse en un tanque. (p. 5)

“El agua almacenada dentro de los tanques de reserva y utilizada por el Cuerpo de Bomberos para la atención de incendios no debe ser necesariamente agua potable”. (Bomberos Costa Rica, 2020, p. 27)

Con base a lo anterior, el tanque será diseñado con el volumen requerido, principalmente para la atención de emergencias contra incendio, la cual será suministrado mediante la red pública de agua potable y también tenga la posibilidad de llenarse mediante aguas recolectadas en los techos de una edificación cercana y tenga la capacidad de almacenarla.

Según MINAE – SINAC – GIZ (2021), expresan lo siguiente:

Un sistema de recolección para ser almacenado en un depósito sobre la superficie de la tierra o bajo la superficie que incluya reservas de agua, darán la posibilidad de aprovechar la utilidad del agua en diferentes actividades, donde no es requiera agua potable como servicios sanitarios, lavado de carros, riego de jardín entre otros. (p. 2)

2.1.1. Acueducto

En relación con el concepto de acueducto, el MINAE (2020) mencionó que:

Es un sistema formado por obras accesorias, tuberías, o conductos de caracteres diferentes, cuyo objeto es captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir agua potable, aprovechando la gravedad, o bien, la utilización de energía para su correspondiente bombeo, con la finalidad de proporcionar agua potable a un núcleo de población determinado. Comprende también los factores involucrados en la conservación, preservación y aprovechamiento del recurso hídrico y las obras de infraestructura, su construcción, mantenimiento, reposición y sostenimiento. (p. 7)

2.1.2. ASADA

Con base al concepto de ASADA, Hernández (2019), menciona:

Una ASADA es la Asociación Administrativa del Acueducto Comunal, es creado a partir de la colaboración entre varios vecinos que unen sus conocimientos y recursos con un fin en común, el cual es cooperar en la gestión, mantenimiento, operación y mejora del acueducto de la comunidad, la cual sería una entidad privada vinculada al AYA para

brindar servicio público sin fines de lucro, la cual está regida por la ley de asociaciones N° .218. (p. 12).

2.1.3. Captación

La captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o hecha por el hombre.

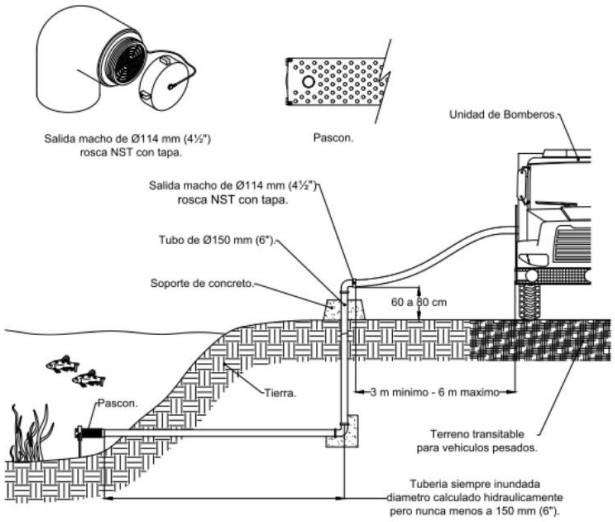
El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando utilicemos los filtros apropiados para cada uso, para un uso de riego, o atender emergencias de incendio puede usarse un filtro muy sencillo. También la captación de agua de ríos, se utiliza un filtro sencillo para para la atención de emergencias de incendios.

Según Bomberos Costa Rica (2020), “El abastecimiento de la red de hidrantes por medio de ríos es una opción viable; debido a que dentro de las importantes ventajas que se tienen están:” (p.45).

- Fácil captación; ya sea por bocatoma de fondo o bocatoma lateral
- Brinda grandes caudales y volúmenes.
- No se debe de potabilizar y únicamente consta de un tratamiento para remoción de sólidos.
- Su mantenimiento es sencillo.

A continuación, en la figura 1, se muestra detalladamente el diseño elaborado por el Manual de Bomberos (2020), encontrada en la página 46, la manera correcta en que debe ser instalado un sistema de captación en ríos mediante bocatoma de fondo.

Figura 1. Captación en ríos mediante bocatoma de fondo.



Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

2.1.4. Fuente de abastecimiento del tanque

Las fuentes de agua son el elemento fundamental del proyecto, el diseño de abastecimiento de aguas depende de la asada y de aguas superficiales, (lluvia, ríos, lagos, arroyos etc.).

Es de suma importancia definir la zona y su comportamiento meteorológico y ubicación de fuentes superficiales cerca de la ubicación del abastecimiento, para lograr hacer un estudio de cuantitativo y cualitativo de aguas.

Además de estudiar la topografía del terreno, para lograr definir la ubicación exacta del sistema y el tipo de sistema adecuado: los de gravedad, los de bombeo y de succión.

2.1.5. Líneas de conducción

La línea de conducción es la parte del sistema que está constituida por conductos, obras de arte y accesorios de cuya función es transportar el agua de la fuente de abastecimiento, que será desde el tanque de almacenamiento, hasta los hidrantes de la comunidad, en la cual sea instalado el proyecto.

La fórmula Hazen y Williams tiene origen empírico, se usa ampliamente en los cálculos de tuberías para abastecimiento de agua. (Rocha,2007, p. 218) Según Rocha (2007) en el documento de Hidráulica de Tuberías y Canales, muestra que la fórmula de Hazen y Williams se expresa de la siguiente manera. (pp. 219 – 220 - 221 - 222)

Ecuación 1. Hazen-Williams

$$K = \frac{10.67 * L}{(C^{1.852} * D^{4.87})}$$

$$hf = k * Q^{1.852}$$

Donde:

- Q es el caudal en galones por minuto (m^3/s)
- D es el diámetro interno de la tubería en m
- L es la longitud de la tubería en m
- S es la pendiente de la tubería en pies por pie
- C es el coeficiente de Hazen-Williams (unidad: unidad de Hazen-Williams)
- K es el coeficiente de resistencia
- hf es la perdida de carga

Para calcular el valor de k, se deben conocer las características de la tubería y las condiciones del fluido que fluye por ella, para calcular la presión de llegada en un punto determinado se debe utilizar la siguiente formula:

Hi = Punto A (msnm) – hf

Presión = Hi – Punto B (msnm)

Donde:

- Punto A y B son las alturas a la que se encuentran los puntos de la tubería a la cual se requiere calcular su presión.

2.1.6. Coeficiente de rigurosidad (C)

La función del coeficiente de rigurosidad depende del material y del estado de las tuberías, el cual se utiliza en la fórmula de Hazen y Williams para calcular perdidas hidráulicas. A continuación, en Tabla 1 se muestra el coeficiente según él tipo de material.

Tabla 1. Coeficientes máximos (Hazen Williams) según el tipo de material.

Material de tubería	Valor máximo de C (Adimensional)
Polietileno de Alta Densidad (PDA)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120-140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido [a]	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107-113
Hierro fundido (20 años de edad)	89-100
Hierro fundido (30 años de edad)	75-90
Hierro fundido (40 años de edad)	64-83
Acero	130
Acero [a]	140-150
Acero rolado	110
Cobre	130-140

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017).

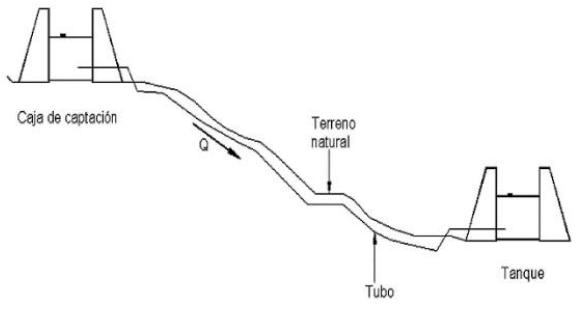
2.1.7. Sistema por gravedad

Un sistema de conducción por gravedad es aquel que permite que se transporte el agua desde el tanque de captación de la fuente hasta los hidrantes de la comunidad, sin un bombeo mecanizado y en condiciones seguras e higiénicas. (Pérez, 2018, párr. 1)

Para el caso de un tanque de almacenamiento de aguas, el cual debe satisfacer las necesidades para atender emergencias de incendios de una comunidad, se debe distribuir las aguas hacia los hidrantes con la presión requiera el cuerpo de bomberos, para mantener la cisterna con su capacidad máxima en el momento de atención de la emergencia.

A continuación, en la Figura 2 se muestra un esquema de una línea de conducción por gravedad elaborado por Martínez, Fernández (2011). Para representar el comportamiento del agua en este tipo de conducción.

Figura 2. Esquema de una línea de conducción por gravedad.



Fuente: Elaborado por Martínez, Fernández (2011)

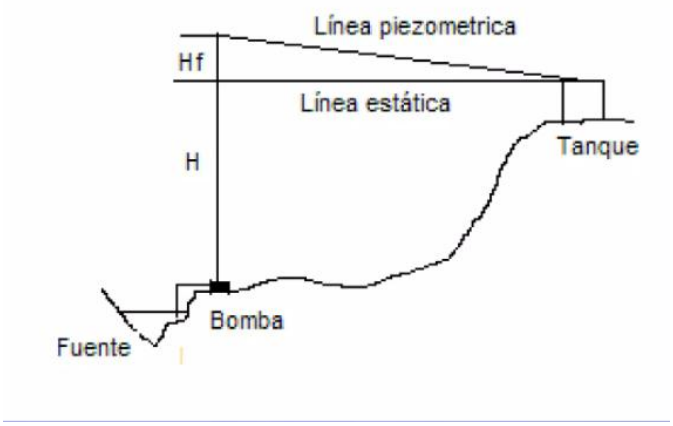
2.1.8. Sistema por bombeo

Según Castillo (2011) “Utilizan la energía externa incorporada por algún dispositivo para vencer los desniveles existentes entre el ´punto de salida y llegada para transportar el líquido, mediante el empleo de equipos de bombeo.” (p. 2)

Por lo tanto, es un proceso de transportación de agua desde una fuente de abastecimiento, utilizando bombas para llevar el agua a través de sistemas de tuberías. Se utiliza cuando el terreno topográfico posee alturas significativas entre la fuente de agua y el punto de distribución.

A continuación, se muestra en la Figura 3 un esquema de aducción por bombeo de la Ing. Castillo (2011), para representar la manera en que funciona un sistema de bombeo.

Figura 3. Aducción por bombeo



Fuente: Ing. Greilyn Castillo (2011)

2.1.9. Almacenamiento

Dado que el caudal de recolección de aguas no siempre es el mismo y la presión caudal demandado por los bomberos es mínimo de 31 litros por segundo para atender una emergencia, es necesario almacenar agua en un tanque durante los periodos donde la recolección de aguas no es suficiente, por el estado meteorológico, por ejemplo, en época de verano, donde no hay suficiente agua de lluvia.

Según Toda Agua (2022) menciona que:

El agua de lluvia puede almacenarse de manera indefinida, siempre y cuando el depósito cumpla unas condiciones. Es decir, si le damos a esa agua la oportunidad de que se contamine, ya sea porque entren partículas, insectos o aire, el tiempo de almacenamiento será más limitado. (párr. 22)

2.1.10. Tanque de almacenamiento de agua pluvial

El tanque de almacenamiento de agua pluvial es una estructura que almacena la cantidad de agua suficiente durante los periodos de lluvia, para cumplir con diferentes necesidades de la comunidad, cada una de sus funciones requiere de una regulación de presiones adecuadas para cumplir con esa función de manera eficiente.

Según el reglamento N° 248 emitido por el AYA menciona que el volumen de reserva para incendios “Corresponde a la cantidad de agua que se necesita para suministrar los flujos necesarios para combatir los incendios según su respectiva duración.” (AYA, 2001, p. 4)

Tabla 2. Volumen de reserva para incendios

Tamaño de la población (habitantes/ L/s)	Caudal de incendio (L/s)	Duración del incendio (horas)	Volumen del almacenamiento (m^3)
5000 a 15000	8	3	90
15000 a 30000	16	3	170
30000 a 60000	24	3	260
60000 a 120000	40	4	580
120000 a 200000	48	4	690
200000 a 300000	64	1	920

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2001)

Según el reglamento N° 248 emitido por el AYA menciona que el volumen de reserva por interrupciones (**m^3**) "Es el volumen de reserva por interrupciones en la prestación del servicio, que debe ser como mínimo el volumen correspondiente a un período de cuatro horas del caudal promedio diario." (AYA, 2001, p. 4)

La Ecuación 2, muestra la fórmula para calcular el volumen de reserva, según la Norma técnica para Diseño y Construcción de Abastecimientos de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017).

Ecuación 2. Volumen de Reserva

$$\boldsymbol{Vol_{Res} = Q_{prom}\, x\, (3600\, x\, 4h)}$$

Donde:

Vol_{Total} = Volumen total de almacenamiento

Vol_{Res} = Volumen de reserva por interrupciones.

Vol_{Reg} = Volumen de regulación del consumo

$Vol_{reserva\ incendios}$ = Volumen contra incendios.

El Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva (2020), cuenta con una tabla donde especifica de manera más exacta los volúmenes de reserva para incendios en **m^3**, como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3. Capacidad de tanque de acuerdo con la ocupación.

Volumen mínimo del tanque de reserva (m^3)	Tipo de ocupación para la cual está destinado el tanque de reserva.
57	Residencial Horizontal (Urbanización, Condominio Horizontal, Obras de Infraestructura)
91	Centros educativos con un área igual o superior a 2000 m 2
	Centros de salud No hospitalarios
114	Hospitales
	Albergues
	Sitios de reunión pública (Teatros, salas de cine, estadios)
	Edificios altos
	Hoteles
	Industrias
	Cárceles
	Almacenamientos
	Mercantil
	Precarios
	Rellenos sanitarios
	Centros de acopio
	Aeropuertos

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

2.1.11. Red de distribución

Según Gur y Spuhler (2018) menciona que una red de distribución es:

> Aquella en la que se transporta el agua desde la planta de tratamiento o del tanque de almacenamiento hasta la conexión del servicio, es decir, el punto en el que el usuario puede hacer uso de ella ya sea una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliarias. (párr. 1)

Para el diseño de una red, se debe tomar en cuenta los aspectos que menciona el documento del AYA, Norma Técnica para Diseño y Construcción de Abastecimientos de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017).

En base a Acueductos y Alcantarillados (2017) “La red de distribución se diseñará para el caudal que sea mayor entre el caudal coincidente y el caudal máximo horario. Debe presentar los resultados de la modelación y la memoria de cálculo correspondiente.” (p. 17).

2.1.12. Perdidas de cagas hidráulicas

Según Bomberos Costa Rica (2020), expresan que:

En el momento que se abastece con el agua de un tanque de reserva bajo nivel por medio del hidrante de succión, se producen múltiples pérdidas de energía generadas por el sistema de tubería, las cuales deben ser consideradas al momento de diseñar y hacer los cálculos respectivos. Para eso se debe cumplir las siguientes características técnicas para todo hidrante de succión (p.35):

1. La pérdida total en el sistema no debe superar los 6,10 mca.
2. La altura del hidrante de succión no debe ser mayor a 3 m con respecto al nivel de agua mínimo utilizable en el tanque de reserva.
3. El diámetro nunca debe ser menor a 150 mm.
4. Se deben minimizar al máximo los tramos de tubería no inundados.
5. El diseño debe realizarse para obtener una tasa de flujo de 62 l/s (1000 gpm).

Para lograr calcular perdidas de energía para una tubería, se debe tomar en cuenta valores establecidos por Bomberos de Costa Rica (2020) en el Manual de Diseño de Hidrantes y

Tanques de Reserva. A continuación, en la Tabla 4 se muestras los valores establecidos para tubería de hierro fundido en diferentes diámetros.

Tabla 4. Pérdidas de energía para una tubería de hierro fundido en diferentes diámetros.

Diámetro (mm) / pulg	Perdidas de energía(P) m/m
150/6	0.092969
200/8	0.022900
254/10	0.007149

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

2.1.13. Caudal

El caudal representa la cantidad de agua que pasa por una tubería o canal en un periodo especifico de tiempo, representa a un volumen que paso por un punto en una unidad de tiempo, que se mide en litros por segundo o metros cúbicos por hora.

2.1.14. Medición de caudal

Para medir un caudal requiere de una formula en especifica, para el cual se necesita de los valores de volumen en litros y del tiempo.

"Un caudal se calcula mediante la siguiente fórmula: $Q = \frac{V}{T}$, siendo Q (caudal), V (volumen) y T (tiempo). Normalmente se mide el volumen en litros y el tiempo en segundos." (Valdivielso, s.f. párr. 3)

2.1.15. Caudal de diseño

Según Bomberos Costa Rica (2020), “El caudal para cualquier ocupación o proyecto no definido anteriormente, será establecido por el Cuerpo de Bomberos mediante estudio técnico específico para cada caso.” (p. 22)

Bomberos de Costa Rica (2020) expresa criterios sobre caudal requerido según el tipo de ocupación, asignando valores de caudales optimo según las edificaciones (escuelas, aeropuertos etc.)

Tabla 5. Caudales en hidrantes según ocupación.

Caudal	Tipo de ocupación
31.55 lps (500 GPM)	Residencial Horizontal (Urbanización, Condominio Horizontal, Obras de Infraestructura)
50,47 lps (800 GPM)	Cuidado de la salud para pacientes ambulatorios
	Negocios
	Educacional
63,09 lps (1000 GPM)	Almacenamiento
	Cárceles
	Cuidado de la salud
	Mercantil
	Industrial
	Sitio de reunión pública
	Residencial horizontal en condición de precario
	Relleno sanitario o centros de reciclaje o acopio
	Aeropuertos
	Hoteles/ dormitorios
	Edificios de gran altura.

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

Según Bomberos Costa Rica (2020), “El caudal para cualquier ocupación o proyecto no definido anteriormente, será establecido por el Cuerpo de Bomberos mediante estudio técnico específico para cada caso.” (p. 22)

2.1.16. Hidrantes

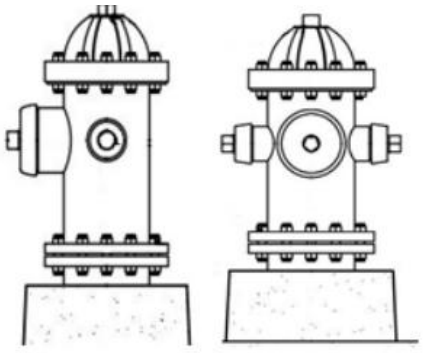
Según el manual de Bomberos Costa Rica (2020), definen los hidrantes como:

El hidrante es un dispositivo que se encuentra conectado a una red de acueductos (pública o privada) y forma parte de un sistema íntegro de abastecimiento de agua, con el fin de poner a disposición del Cuerpo de Bomberos el agua propia de la red para la atención de emergencias. (p. 8)

Bomberos de Costa Rica (2020) menciona dos tipos de hidrantes:

Hidrante univalvular: También conocido como hidrante cabezote (Figura 4), es aquel que se caracteriza por contar con una base de 100 mm (4”) para su alimentación y una única tuerca de operación. Al abrirse la válvula principal ubicada en la parte inferior del hidrante, se presuriza el barril superior dónde se encuentran las tres boquillas (una de 4 ½” y dos de 2 ½”), de modo tal que el agua es expulsada por aquellas boquillas que se encuentren sin tapa. (p. 8)

Figura 4. Hidrante univalvular (cabezote)

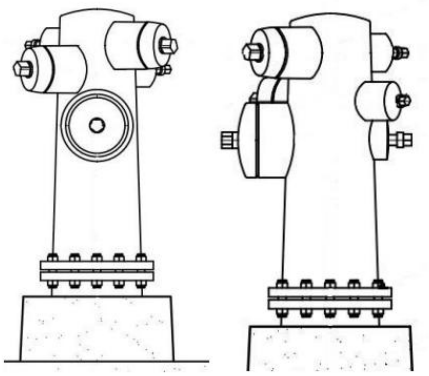


Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

En relación con los tipos de hidrantes Bomberos de Costa Rica (2020) menciona que:

Hidrante multivalvular (Figura 5): Se caracteriza por contar con un cuerpo presurizado conformado por una pieza única que incluye tres boquillas (una de 4 ½" y dos de 2 ½"), operadas independientemente. Para esto cuenta con tres válvulas de asiento, tres vástagos y tres turcas de operación que funcionan de forma independiente. Es considerado como un hidrante de columna húmeda ya que las válvulas están ubicadas en las salidas propiamente y no en la parte inferior del hidrante como los univalvulares. Su base es de 150mm (6") por lo que permite conectar este tipo de hidrantes a un tubo de alimentación del mismo diámetro para cumplir con los requisitos de instalación de hidrantes establecidos en el Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección contra incendios. (p. 11)

Figura 5. Hidrante multivalvular.



Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

2.1.17. Ubicación de hidrantes

Según Bomberos de Costa Rica (2020), tanto la ubicación de cada hidrante como su respectiva instalación es de suma importancia, ya que debe ser accesible para el cuerpo de bomberos y se pueda utilizar de manera efectiva. Los fundamentos principales para seguir cuando se requiera proyectar la ubicación de un hidrante son: (pp.18-19-20-21)

1. El hidrante deberá estar separado 5 metros de los espacios de parqueo. No deberá haber en ningún caso vehículos parqueados a una distancia menor a 5 metros con respecto al hidrante.
2. El acceso a los hidrantes debe proveerse mediante una calzada con un ancho vehicular de 5 m de ancho mínimo.
3. La ubicación del hidrante debe considerar que la calzada que da acceso a las unidades de Bomberos frente al dispositivo (sin importar que sea de asfalto, concreto o lastre), debe ser estable y soportar un peso vehicular de 35 toneladas, tomando como referencia el peso de las unidades extintoras.
4. El hidrante deberá estar ubicado a una distancia de 35 a 40 cm desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta, con una base de concreto para asegurar la posición y operación del hidrante. Sin embargo; en sitios donde los caminos tienen cordón o bordillo, se deben instalar los hidrantes de acuerdo con las especificaciones de la carretera emitidas por el ente rector correspondiente, asegurando que el hidrante sea accesible para las unidades del Cuerpo de Bomberos.
5. Los hidrantes no se deben colocar en curvas, esquinas o en lugares donde se exponga a la colisión de un vehículo. No deben obstruir el acceso a residencias, cocheras, pasos peatonales ni calles sin salida.
6. El radio de giro externo en todas aquellas calzadas dónde se proyecta el tránsito de las unidades de Bomberos deberá ser no menor de 13 m.

7. Cualquier proyecto de desarrollo que cuente con hidrantes ubicados en su interior debe tener un acceso con no menos de 5 m de ancho y 5 m de altura.
8. El hidrante que determinará la distribución de los hidrantes en los condominios horizontales, urbanizaciones u obras de infraestructura deberá estar ubicado en el acceso principal, sobre vía pública, a 10 m de la esquina del acceso como mínimo.
9. A partir del hidrante en el acceso, los condominios horizontales, urbanizaciones u obras de infraestructura deberán ubicar hidrantes en el interior del proyecto de desarrollo de modo tal que no hayan más de 180 metros de separación entre ellos. Esta distancia es medida a modo de recorrido, por el centro de la calzada. Se deberán instalar tantos hidrantes como sea necesario en el proyecto para cumplir con la cobertura requerida.
10. Los hidrantes no se deben colocar a menos de 50 m de la terminación de una calle sin salida.
11. Cuando el hidrante proteja un edificio o grupo de edificios con un área de construcción mayor o igual a 2000 $\mathbf{m^2}$ deberá ubicarse de forma que se minimice la afectación por un incendio, idealmente una separación mínima de 12 m. con respecto al edificio, sin superar los 180 m de separación.
12. Cuando se presenten calles existentes con un ancho menor a los 5 metros requeridos para el tránsito de las unidades extintoras, los hidrantes deberán ubicarse en la entrada.

2.1.18. Instalación de hidrantes

Según Bomberos de Costa Rica (2020) expresa que:

La instalación de hidrantes varía según el tipo especifico de hidrante a utilizar, pero existes requisitos los cuales ya están establecidos, los cuales son fundamentales para la instalación correcta del hidrante, cabe mencionar que la instalación de estos es exclusivamente de desarrolladores especializados o administradores de acueductos con la formación adecuada. Los siguientes requisitos establecidos por Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva, son los fundamentos generales que se deben seguir para hacer instalación de hidrantes: (pp. 14-15-16).

1. El hidrante deberá estar conectado a un diámetro de tubería adecuado (150 mm) para garantizar el flujo de agua necesario para la atención de incendios. En los lugares donde existe tubería con un diámetro de 100 mm es posible realizar la conexión del hidrante.
2. La boquilla de 112 mm (4 ½”) debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos.
3. Se debe dejar un radio libre de 90 cm a partir del eje vertical del hidrante, con el fin de evitar las obstrucciones que retarden o dificulten la operación del dispositivo. Si se desea implementar barreras de protección vehicular, por ejemplo, estas deberán cumplir con el retiro especificado.
4. Se debe de instalar una válvula auxiliar entre el hidrante y la red de alimentación. Dicha válvula debe contar con un dado de operación de 50 x 50 mm (2” x 2”). Esta válvula se debe de colocar tan cerca como sea posible de la red principal del acueducto de alimentación y en un lugar visible

5. La altura de la conexión de 112 mm (4 ½”), tomando en cuenta el centro de la boquilla, debe encontrarse a una altura entre 60 y 80 cm sobre el nivel de calle terminada.
6. La tubería deberá ser instalada a una profundidad de 80 cm bajo el nivel del suelo.
7. Se deben de colocar soportes a cada uno de los accesorios (Tee y codos) mediante bloques de concreto, u otro elemento que eviten su desplazamiento.
8. Colocar una base de concreto alrededor del hidrante, esta debe de estar sobre un terreno firme. Además, se debe colocar dos postes de concreto, uno a cada lado del hidrante. Esta base y postes ayudarán a que la tubería expuesta y el hidrante no se rompa en caso de ser colisionada por vehículos. Importante considerar que los postes de protección no obstruyan las diferentes boquillas.
9. Todo concreto utilizado en la instalación de hidrantes debe de tener la capacidad de soportar el peso y movimiento de la tubería llena de agua. Como valor de referencia se establece una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / c$\mathbf{m^2}$.

2.1.19. Software Qgis

Es importante para el proyecto pues nos permite visualizar geográficamente la red de distribución tubería del sitio de trabajo.

“QGIS es un *Sistema de Información Geográfica* profesional de fácil uso, gratis y de código abierto, que posibilita la creación, visualización, análisis, edición y publicación de información geoespacial.” (Blog de CEUPE, 2024, párr. 2)

2.1.20. Software Civil 3D

Utilizado para la creación del diseño en 3D de los tanques de almacenamiento y reserva, para tener una representación de la estructura en tres dimensiones.

"También conocido como AutoCAD Civil 3D, esta herramienta de Autodesk incluye funciones de diseño y documentación 2D y 3D para proyectos de obra civil." (EspacioBIM, 2020, párr. 1)

2.1.21. Método Racional

Según Tutoriales Ingeniería (2020) expresa que:

> El Método Racional es utilizado para la estimación del caudal máximo el cual está relacionado con la determinada lluvia de diseño. Se utiliza más que todo en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Presenta la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos. (párr. 1)

Según Norma técnica para Diseño y Construcción de Abastecimientos de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017) menciona que la fórmula de método racional (Ecuación 3) se expresa de la siguiente manera. (p. 48)

Ecuación 3. Método Racional

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

2.1.22. Periodo de retorno

Con base a CFIA (2017), se determina el periodo de retorno:

La frecuencia o periodo de retorno del aguacero de diseño se determinará de acuerdo con los daños, perjuicios o molestias que inundaciones periódicas puedan ocasionar a los ocupantes de la edificación. Se recomienda utilizar como mínimo un periodo de retorno de 10 años. (p. 124)

2.1.23. Tiempo de concentración.

En relación con urbanizaciones según CFIA (2017) expresa que:

En general, en áreas urbanizadas pequeñas (menores de 1 Ha) el tiempo de concentración es pequeño y, para efectos prácticos, se puede suponer inferior a cinco minutos. Consecuentemente, en estas áreas urbanizadas pequeñas el tiempo de concentración se puede considerar igual a cinco minutos. de la edificación. Se recomienda utilizar como mínimo un periodo de retorno de 10 años. (p. 124)

2.1.24. Intensidad de la lluvia.

La lluvia es un aspecto muy importante para el proyecto, ya que es fundamental para el almacenamiento de aguas llovidas, la intensidad de lluvia es el incremento de la altura que alcanza el agua que cae respeto al tiempo.

Según el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2017) expresa que:

La intensidad de la precipitación se estimará a partir de la curva de intensidad-duración-frecuencia (curva IDF) correspondiente a la estación meteorológica que el profesional

responsable del diseño del sistema de desagüe pluvial, a través del estudio hidrológico correspondiente, considere como representativa para el área del proyecto. (p. 124)

2.1.25. Coeficiente de escorrentía.

Relación entre el agua de lluvia que cae en una zona determinada y el agua que corre; diferencia entre el agua caída y el agua infiltrada. (Glosario de Riesgo, 2024, párr. 1)

La Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento pluvial del AYA 2017, establece los siguientes valores recomendados para coeficientes de escorrentía (adimensional) por tipos de área o desarrollo que se muestran a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Tabla de Coeficiente de escorrentía (C).

TIPO DE ÁREA O DESARROLLO	C
TIPO DE AREA	
Techos de edificios	0,80 - 0,95 ()
Pavimentos de asfalto o concreto	0,70 - 0,95
Pavimentos de ladrillo	0,70 - 0,80
Suelos cubiertos de pasto:	
Pendientes de 2% o menos	0,05 - 0,10
Pendientes de 2 a 8%	0,10 - 0,16
Pendientes de 8% o más	0,16 - 0,20
Suelos arcillosos cubiertos de pasto	
Pendientes de 2% o menor	0,10 - 0,16
Pendientes de 2 a 8%	0,17 - 0,25
Pendientes de 8% o más	0,26 - 0,36
TIPO DE DESARROLLO	
Comercios urbanos	0,70 - 0,95
Oficinas comerciales	0,50 - 0,70
Casas unifamiliares	0,30 - 0,50
Condominios	0,40 - 0,60

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017).

2.1.26. Cálculo de riesgos.

Permitirá seleccionar el periodo de retorno para el sistema de captación de aguas llovidas. Según Rojas (2011) expresó que "A partir del parámetro de Riesgo es posible determinar cuáles son las implicaciones de seleccionar un período de retorno dado para una obra que tiene una vida útil de n años." (p.6)

2.2. Estado de la cuestión

2.2.1. Delimitación del problema

El problema el cual llamo la atención para desarrollar el presente proyecto fue la infraestructura inadecuada de red distribución de aguas que existe en la comunidad de Moreno Cañas la cual esta especificada en un estudio técnico realizado por el ingeniero Marco Venegas, como lo muestra la figura 8, principalmente para la atención de emergencias contra incendios, donde además de que las tuberías de distribución de aguas son de menor diámetro a lo establecido por la Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas ley 8641.

La ubicación insuficiente y cantidad de hidrantes (Tabla 7) limita la capacidad de los bomberos para combatir emergencias de incendios en la comunidad o incendios forestales.

Tabla 7. Tabla de Cantidad de hidrantes actuales.

Tipos de hidrantes	Cantidad
Cabezote	5

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

También surge la idea de buscar alternativas para disminuir los costos al utilizar agua potable para emergencias, costos que son tanto económicos, como ambientales, puesto que para atender emergencias contra incendios no es necesario específicamente utilizar agua potable, por lo tanto, las alternativas como el uso de aguas pluviales y de ríos son fundamentales para contrarrestar tales fines.

2.2.2. Fuentes y aplicaciones prácticas de normativas y manuales.

Se utilizan manuales como, Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva (2020) y la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial (2017), además también de la Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Publica y Reforma de Leyes Conexas la ley 8641, además de varios sitios web, con lo cuales se forma un marco normativo y técnico, el cual se utiliza como guía para el diseño y desarrollo del proyecto.

2.2.3. Investigaciones correlativas

No se encontraron propuestas exactamente similares, pero se encontraron trabajos, normas y reglamentos sobre la captación de aguas pluviales.

2.2.4. Objetivos y metodología

El proyecto tiene la intención de establecer bases para la recomendación de una instalación adecuada de una red de hidrantes, abastecidos por agua potable y pluvial, según el análisis, considerando normativas y reglamentos para lograr un diseño efectivo.

Utilizando un método cuantitativo, para diseñar infraestructuras eficientes y lograr optimizar estadísticas positivas de análisis numéricos acerca de la viabilidad del proyecto.

2.2.5. Asesoramiento profesional

Para asegurar la efectividad y seguridad de los procesos implementados, se realizan visitas a profesionales altamente experimentados en el campo, así como reuniones y charlas técnicas con la gerencia de bomberos basadas en almacenamiento y captación y utilización de aguas, todo esto para lograr obtener la mayor cantidad de información de calidad.

2.3. Marco legal

Los hidrantes de contra incendios de Costa Rica están diseñados, instalados y fundamentados por leyes, reglamentos y normas, con el fin de garantizar un servicio eficiente y seguro para la población, las organizaciones como las ASADAS, Cuerpo de Bombero y AYA son los responsables de manejar el servicio sin fines de lucro.

2.3.1. Ley de hidrante 8641

Es la base del diseño, instalación, mantenimiento, reparación y solicitudes de hidrantes en Costa Rica, ya que abarca requerimientos, sobre certificaciones, especificaciones, tarifas e instituciones para construir eficazmente el desarrollo de una red de hidrantes.

2.3.2. Reglamento de las Asociaciones Administradores de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales

Este reglamento se basa en el trabajo en conjunto que existe en las comunidades para manejar los acueductos, redes de tuberías de agua potable, hidrantes y todo de tipo de servicios hídricos, a través de juntas administradoras de integración mixta entre el AYA y las respectivas comunidades, siempre beneficiando a conveniencia de ambas partes la mejor prestación de los servicios y de acuerdo con los Reglamentos respectivos.

2.3.3. Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial.

Según Acueductos y Alcantarillados (2017) expresa que:

> La presente Norma Técnica establece requisitos técnicos generales aplicables a los sistemas de abastecimiento de agua potable, de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales de tipo ordinario, considerando además los aportes por aguas de infiltración y aguas residuales tratadas de tipo especial, que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales vigente y, los sistemas de recolección y disposición de aguas pluviales (p. 3).

2.3.4. Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva

Este manual fue fundamental para el proyecto, la edición más nueva, la versión 2020 especifica ampliamente la funcionalidad del manual.

Según Bomberos de Costa Rica (2020) expresa que:

> Engloba, ilustra y ejemplifica aspectos generales en materia de diseño de hidrantes y tanques de reserva, sus elementos y posibles alternativas de abastecimiento, plasmados en las normativas vigentes del país, como lo es la Ley N° 8641, su reglamento Decreto 35206, Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección contra incendios y las normas NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios por sus siglas en inglés), adoptadas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (p. 3)

2.3.5. Caudales, capacidad del sistema, tuberías y tanques de almacenamiento, Normativa- Reglamento 248 Articulo 2

Según el Reglamento N°248, menciona especificaciones fundamentales, para la atención contra incendios, enfocándose en la parte de infraestructura y datos cuantitativos para diseños.

Específicamente habla de temas, como caudales de diseños dependiendo de cantidad de población, además del número de hidrantes que deberían operar simultáneamente.

También especifica capacidad de diferentes partes de un sistema, ya sea por bombeo o por gravedad y menciona los requerimientos de tuberías de presión, ubicación y características de tuberías, como diámetros y previstas.

Por último, está el reglamento para el diseño de los tanques de almacenamientos y sus volúmenes.

Capítulo 3: Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Naturaleza de la investigación (cualitativa, cuantitativa o mixta)

En el desarrollo del proyecto de utiliza el enfoque cuantitativo, centrado en la medición, comprobación, elaboración de diseños, análisis exploratorios, análisis descriptivos y modelización a partir de la información adquirida en campo y documentos oficiales.

Con base a la editorial Etecé (2024), expresa que:

> Los métodos cuantitativos de investigación son útiles cuando en el problema a estudiar existe un conjunto de datos que pueden representarse mediante modelos matemáticos. En este sentido, los elementos de la investigación son claros, definidos y limitados. A su vez, los resultados obtenidos son de índole numérica, descriptiva y, en algunos casos, predictiva. (párr. 4)

3.1.2. Carácter de la investigación

El proyecto realizado tiene como alcance un estudio de carácter explicativo y recomendatorio, esto con el fin de encontrar una problemática y poder llevar a cabo una investigación profunda para lograr delimitar diferentes aspectos a mejorar y crear una recomendación con especificaciones técnicas que mejoren las condiciones del fenómeno encontrado.

El proyecto “Diseño, optimización y análisis de viabilidad de sistema de recolección y almacenamiento de agua para el abastecimiento de hidrantes contra incendios” se basa en explicar un análisis sobre las fuentes de abastecimiento de hidrantes, las cuales en una comunidad especifica cuenta con una red de hidrantes que no abastece las necesidades

establecidas por el Cuerpo de bomberos para la atención de una posible emergencia contra incendio. Y su segunda fase se basa en hacer una recomendación técnica especificada de una nueva red de hidrantes, con un conjunto de datos obtenidos para lograr el diseño óptimo de la red, logrando un análisis de viabilidad alcanzable para las instituciones encargadas de desarrollar este tipo de proyectos.

3.2. Sujetos y fuentes de información

3.2.1. Sujetos de información

Los sujetos y fuentes de información para el proyecto, está conformado por el cuerpo de bomberos y junta directiva de la ASADA Moreno Cañas, estas instituciones son las encargadas de brindar la información acerca del problema y además también brinda la ayuda necesaria para realizar un análisis profundo y poder dar una recomendación técnica efectiva.

3.2.2. Fuentes de información: primarias o secundarias

Para el desarrollo del proyecto se utilizan fuentes de información primarias que se obtienen de la información seleccionada, brindada por la junta directiva de la ASADA Moreno Cañas, Bomberos de Costa Rica y el tutor el Ing. André Alexandre Bogantes Solano.

Las fuentes secundarias están basadas en información recopilada en documentos oficiales, como lo son los manuales, leyes y normativas vigentes sobre los aspectos hídricos que regulan los acueductos en Costa Rica.

3.3. Muestra y población

En esta sección se detalla el tipo de muestras que se utilizarán, brindando una descripción de las características de las muestras seleccionadas.

3.3.1. Tipo de muestra

En la investigación se estableció que se aplicara un muestro no probabilístico y el muestro intencional se basa en la elección por conveniencia del investigador.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), expresan que:

> La ventaja de una muestra no probabilística —desde la visión cuantitativa— es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una "representatividad" de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema. (p.190)

3.3.2. Descripción de la muestra

Según Ortega (2024), expresa que:

> El muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio utilizada para crear muestras de acuerdo con la facilidad de acceso, la disponibilidad de las personas de formar parte de la muestra, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento particular. (párr. 1)

Tras el estudio realizado en campo sobre la cantidad de casas, junto con la proyección de demanda y el factor de hacinamiento, brindado por el ingeniero Marco Venegas se logra

representar en la Tabla 8 la cantidad de agua que se utiliza en el factor máximo horario de la comunidad.

Tabla 8. Tabla de Descripción de hacinamiento y consumo diario.

Tramos	Cantidad de kilómetros recorridos(km)	Cantidad de personas	Cantidad de agua utilizada (litros/persona/día)
1 -6	6	300	59100
7 - 9	1.6	88	17336
9 - 14	3.4	1900	374300

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

En la Tabla 9 a continuación, se muestra la cantidad de hidrantes y tanques de almacenamiento junto con las personas beneficiadas actualmente en el recorrido del diseño de la nueva red de hidrantes. El hidrante de succión por método de bocatoma está ubicado en el kilómetro 11.

Tabla 9. Tabla Descripción de red de hidrantes y tanques de reserva.

Tramos	Cantidad de kilómetros recorridos(km)	Cantidad de personas (aprox)	Cantidad de hidrante	Tanque de almacenamiento
1 - 6	6	300	3	2
7 - 9	1.6	88	2	1
9 - 14	3.4	1800	5	2

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

La Tabla 10 a continuación, muestra la cantidad y los diferentes tipos de hidrantes que lleva el diseño de la nueva red de hidrantes ubicada en la Comunidad de Moreno Cañas, Upala.

Tabla 10. Tabla de Descripción de tipos de hidrantes

Tipos de hidrantes	Cantidad
Cabezote	5
Succión	5
Bocatoma	1

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

3.3.3. Descripción estadística de la población en estudio

La muestra se experimenta con el diseño de la red hidrantes y fuentes de suministros, complementada con la descripción poblacional proporcionada por la ASADA Moreno Cañas. Llevándola a cabo mediante los lineamientos de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial, junto con el Manual de Diseño de hidrantes y tanques de reserva.

3.4. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

En este apartado se detalla el instrumento utilizado y se expone el método de recolección de datos.

3.4.1. Diseño de instrumentos

En el presente proyecto se realizan investigaciones para obtener resultados de los objetivos establecidos, por lo cual se desarrolló un registro de información de manuales y normas, además se recurre a charlas técnicas especializadas en sistemas hídricos, captación de aguas y reducción de riesgos y prevención de emergencia naturales, con la finalidad de que el proyecto tenga credibilidad y asegurar su viabilidad.

Para la recolección de información con la cual se identificaron, la cantidad de tubería, hidrantes y saber en qué ubicación se deben instalar, se llevó a cabo mediante una visita al campo en la Comunidad de Moreno Cañas, Upala, realizando un levantamiento en Qgis, para lograr hacer un análisis de puntos estratégicos y de esa manera lograr el objetivo de una instalación correcta, seguidamente con el análisis, se lleva a cabo la elección correcta del tipo de hidrante que se debe utilizar según la zona.

Se hace un análisis sobre el tanque de almacenamiento requerido, utilizando la información brindad por el Cuerpo de bomberos y su manual, teniendo esta información se investigan diferentes entidades que diseñen tanques de almacenamiento para elegir la mejor opción, la cual sea viable.

Para llevar a cabo un análisis de viabilidad del proyecto, se recurre a una detallada hoja de cálculo en Excel, la cual nos incluye gastos y costos proyectados, requisitos de mano de obra y duración estimada de la elaboración del proyecto. Esto permitirá identificación de riegos y oportunidades asegurando una visión efectiva de la factibilidad del proyecto.

3.4.2. Procedimiento de intervención

Con base al registro de información recopilada, se elabora un prediseño tomando en cuenta las tablas de capacidad hídrica, accesibilidad y aspectos ambientales de la comunidad, este prediseño se somete a una evaluación más completa y precisa con la finalidad de lograr un diseño eficiente, para posteriormente trazar con precisión los puntos finales de la ubicación de la nueva red de hidrantes y su respectiva fuente abastecimiento, abarcando los principales requerimientos, para asegurar una instalación adecuada.

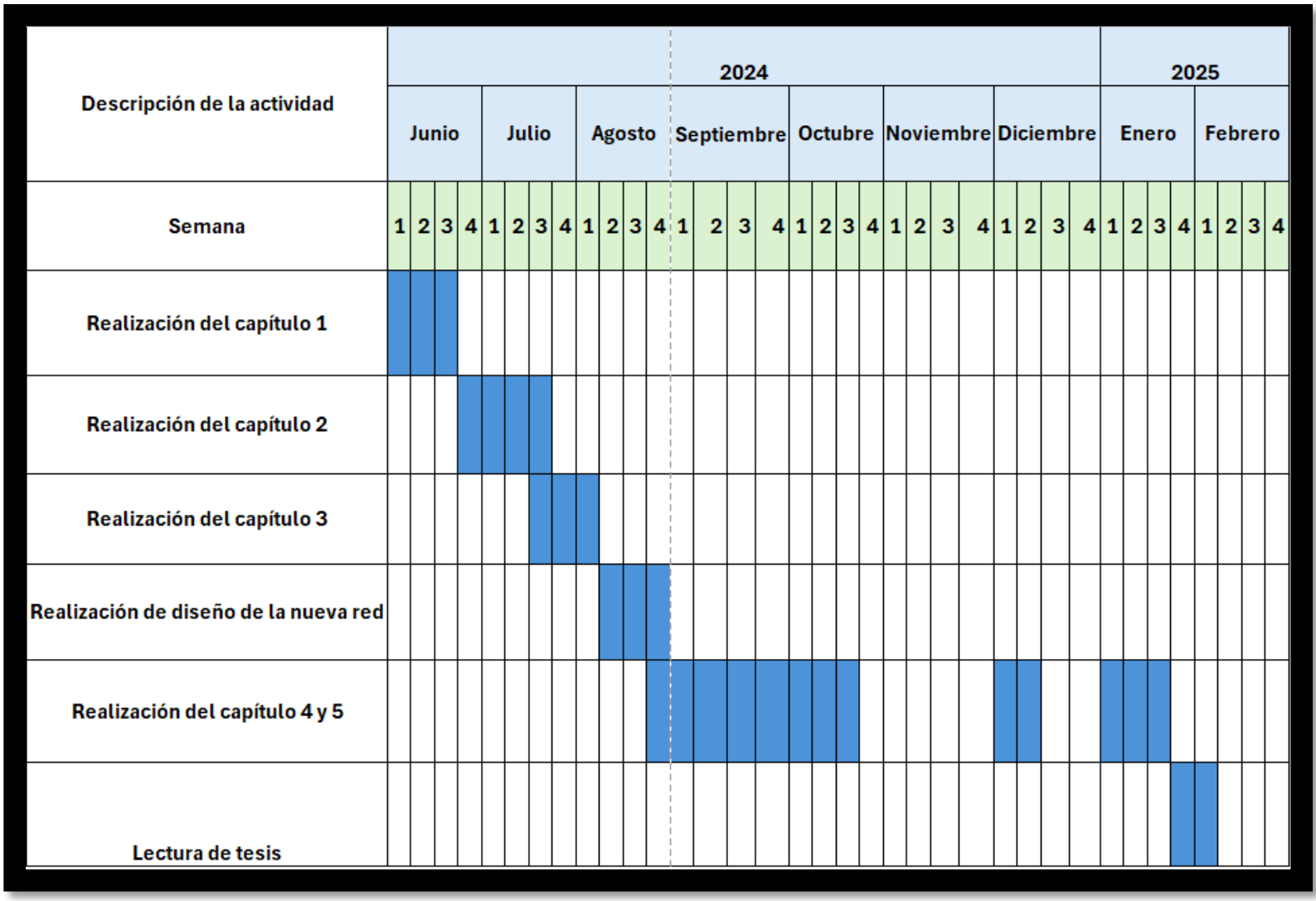
3.5. Estrategia de análisis de datos

3.5.1. Presentación y análisis de los datos

El enfoque cuantitativo, se hace uso del programa Microsoft Excel, para la presentación de resultados del diseño de la red de hidrantes, utilizando tablas y sus análisis relacionados.

Este análisis se complementa con imágenes que muestran la distribución geográfica de puntos en la comunidad, así como ilustraciones diseñadas que destacan las delimitaciones específicas de instalación de cada hidrante y su respectiva fuente de abastecimiento.

3.5.2. Cronograma



Capítulo 4: Análisis e interpretación de los resultados

La comunidad de Moreno Cañas se ubica en el cantón de Upala, el numero de 13 de la provincia de Alajuela, a 350 m al sur se Ubica la ASADA Moreno Cañas.

Para el desarrollo del proyecto, primero se visita la comunidad el día 15 de julio del 2024, para identificar la cantidad de hidrantes y su respectiva ubicación, en segunda instancia se contacta un miembro de la junta directica de la ASADA para la recolección de información, como cantidad de habitantes, hogares, datos hídricos del acueducto, tanto de consumo, como de infraestructura de tuberías e hidrantes.

Con la visita a campo se determina que, la red de hidrantes que posee la comunidad de Moreno Cañas no es la indicada según leyes y manuales establecidos en Costa Rica, debido a la dimensión de tuberías, distribución de hidrantes y una instalación inadecuada según el manual de bomberos Costa Rica 2020.

La ASADA cuenta con una asignación de caudal a favor de AYA, la cual es proveniente de la naciente los Berros ubicada en las coordenadas geográficas CRTM05, X 377593,599331472 y Y 1194726,5098887028, el cual lo trasporta una tubería de 100 mm, el caudal promedio diario se identificó que es de 10.1 L/s, además, un promedio de habitantes de 3044, la cual beneficiara el proyecto.

4.1. Presentación de los resultados para las variables o categorías de análisis

La Tabla 11 a continuación recopila un análisis de la población y las proyecciones de crecimiento de la Comunidad Moreno Cañas, esta muestra la cantidad de habitantes y hacinamiento de la comunidad.

Tabla 11. Tabla de análisis de población y proyecciones de crecimiento de Moreno Cañas.

Población y caudal diario	Valor	Unidades	Descripción
Cantidad de servicios	702	NA	Zona Rural
Hacinamiento	4.34	Personas/casas	
Población	3044	Personas	
Centros públicos	15	NA	Iglesias, escuelas, EBAIS, salones comunales
Caudal total actual (L/s)	10.1	Ls	Caudal recaudado de la naciente

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.1.1. Proyección demandada

El caudal promedio, a lo largo de los años aumentara según la tabla realizada por el ingeniero del AYA Mario Chavarría, por lo tanto, es necesario solventar la problemática establecida por el cuerpo de bomberos, la cual es regular el consumo de agua durante una emergencia de incendio.

A continuación, en la Tabla 12 recopila la información recaudad por el ingeniero Mario Chavarría sobre la proyección demandada del año 2024 al 2064, donde se muestra un aumento de producción y distribución.

Tabla 12. Proyección demandada 2024-2064 para Moreno Cañas.

Proyección demandada						
Año	2024	2034	2044	2054	2064	
Caudal promedio diario (L/s)	7.03	7.80	8.66	9.61	10.66	
Caudal Máximo diario (L/s)	8.44	9.36	10.39	11.53	12.79	Producción
Caudal Máximo horario (L/s)	15.19	16.85	18.70	20.75	23.02	Distribución

Fuente: Servidor del AYA, *Ing. Mario Chavarría. (2024)*

4.1.2. Especificaciones de tanque de almacenamiento

Para que el consumo diario de agua potable no sea problema en el momento de atender una emergencia contra incendio y que el cuerpo de bombero suministre el camión cisterna con las presiones y caudales requeridas, se diseñaran tanques de almacenamiento con el objetivo de atender la emergencia de manera efectiva.

Con la guía del documento “Manual de bomberos de Costa Rica 2020”, se diseñan las especificaciones óptimas para lograr un sistema eficiente, el cual recolecte aguas de lluvia y seguidamente sea almacenada y puesta a disposición para ser utilizada por el cuerpo de bomberos.

La Tabla 17 muestras las especificaciones técnicas del tanque de reserva, utilizados en sistemas de abastecimiento de agua, así como la figura 10 muestra un diseño en 3D del tanque.

La Tabla 13 muestra las tarifas vigentes proporcionados para la ASADA Moreno Cañas, estas tarifas reflejan los costos actuales del suministro de agua y otros servicios relacionados.

Tabla 13. Tarifas vigentes para ASADA Moreno Cañas.

Rango de abonados	Abonados domiciliares y preferenciales					
	Cargo fijo	Consumo en metros cúbicos				Tarifa fija
		1 a 10	11 a 30	31 a 60	Mas de 60	
	Suministro de agua por gravedad (colones)					
501 a 1000	₡ 2.287	₡ 206	₡ 237	₡ 296	₡ 445	₡ 6.551

Fuente: *Asada Moreno Cañas (2024)*

Rango de abonados	Abonado empresariales y gobierno					
	Cargo fijo	Consumo en metros cúbicos				Tarifa fija
		1 a 10	11 a 30	31 a 60	Mas de 60	
	Suministro de agua por gravedad					
501 a 1000	₡ 2.287	₡ 309	₡ 356	₡ 445	₡ 445	₡ 26.618

Fuente: *Asada Moreno Cañas (2024)*

En la Tabla 14 que se presenta a continuación, se detallan las especificaciones técnicas de diseño para el tanque de reserva, incluyendo costos de consumo y vida útil.

Tabla 14. Especificaciones de Tanque de Reserva.

Tanque de almacenamiento y captación 15 m^3	Valor	Unidad	Especificación
Consumo	15	**m^3**	Tanque de concreto con dimensiones específicas para lograr almacenar 15 mil litros, con accesorios necesarios para una succión efectiva, para el correcto uso de hidrantes de succión.
Costo de agua por **m^3**	Valor varía según la tabla 13	356 colones/**m^3**	Costos que paga la ASADA para llenar el tanque de almacenamiento en verano. Por lo tanto, para llenar un tanque de 15 **m^3** le cuesta a la ASADA un valor de 5.340 colones.
Vida útil	50	Años	NA

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.1.3. Precipitaciones en el cantón de Upala

Las precipitaciones del cantón de Upala son en promedio conforme al documento Curvas de Intensidad Duración Frecuencia Morales (2011), expresa que, de algunas estaciones meteorológicas automáticas, la cual posee registros que cuentan con un periodo de 10 años de los acumulados de precipitación máximo anual para duraciones de 5, 10, 15 y 30 minutos, las cuales son las de la siguiente tabla. (p.9)

La Tabla 15 presenta una selección de estaciones meteorológicas automáticas de Costa Rica, que se utilizan para recopilar y monitorear datos climáticos de forma independiente.

Tabla 15. Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas.

Estación	Nombres	Años de Registro
69-633	Comando de los Chiles	17
69-661	Ciudad Quesada	13
69-679	Upala	14
69-681	La Rebusca	14
71-15	Canta Gallo	16
72-157	Finca La Ceiba	12
73-123	ITCR, Cartago	14
73-129	Recope Ochomogo	13
74-51	Aeropuerto Liberia	13
74-53	Santa Cruz	16
76-55	Hacienda Mojica	12
81-05	Aeropuerto Limón	14
84-139	CIGEFI	12
84-141	IMN-Aranjuez	16
84-145	Esc. Centroamericana Ganadería	16
84-191	RECOPE La Garita	13
84-195	Aeropuerto Pavas (Oeste)	16
85-21	Hitoy Cerere	13
87-13	Sixaola	15
88-35	Frailes	15
88-41	La Lucha	11
98-75	Las Brisas, San Vito	14
98-87	PINDECO	16
98-91	Chirripó	12
98-95	Altamira	12
100-03	Golfito	13
100-631	Coto 47	13

Fuente: *Curvas de intensidad Duración Frecuencia Rojas (2011)*

4.1.4. Intensidad de la lluvia.

Conforme a la tabla 15, utilizamos los datos de la estación 69-679 brindada en el documento de Nazaret Rojas (2011) para calcular mediante el método racional, el caudal de diseño del sistema pluvial.

Registros de la estación 69-679:

La Tabla 16, muestra las intensidades de precipitación asociadas en diferentes periodos de retorno, expresado en milímetros por hora, las cuales son de utilidad para el diseño de infraestructuras hidráulicas.

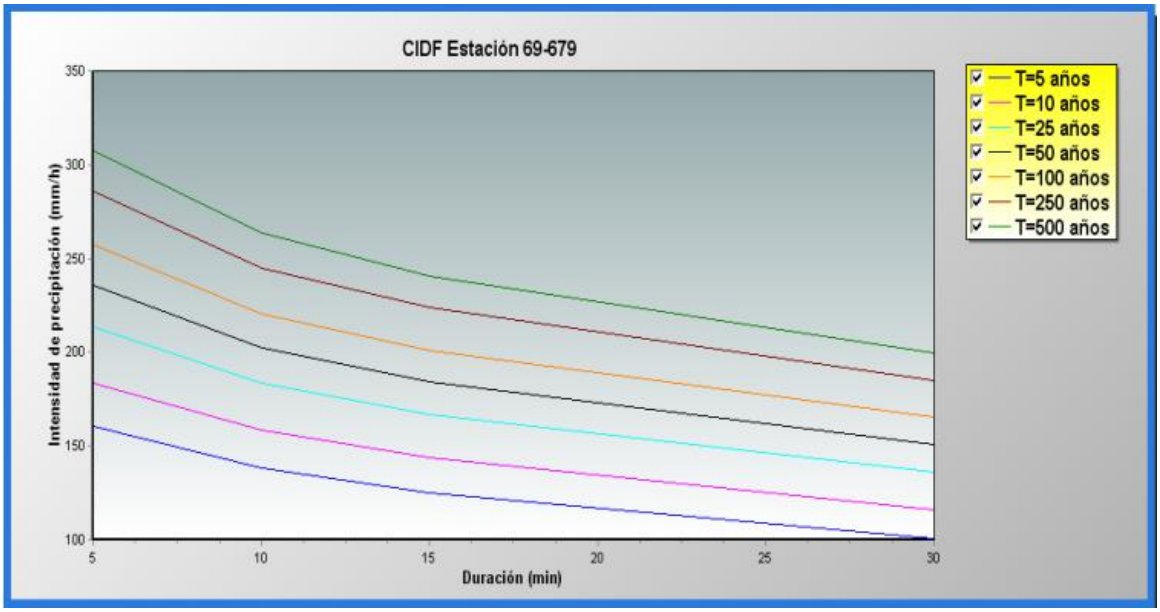
Tabla 16. Estación 69-679. Intensidades de precipitación máxima (mm/h) por duración y período de retorno.

Intensidades de precipitación para distintos periodos de retorno (mm/hr)							
Duración (min)	**T5**	**T10**	**T25**	**T50**	**T100**	**T250**	**T500**
5	160,38	183,84	213,49	235,48	257,31	286,05	307,76
10	138,20	158,17	183,41	202,13	220,71	245,17	263,65
15	125,35	143,72	166,94	184,16	201,25	223,76	240,75
30	100,48	116,29	136,26	151,08	165,78	185,15	199,77

Fuente: *Curvas de intensidad Duración Frecuencia Morales (2011)*

A continuación, se muestra en la Figura 6 de resultados de las Curvas de Intensidad-duración-Frecuencia por estación.

Figura 6. Figura de Curvas Intensidad De Frecuencia. Estación 69-679



Fuente: *Curvas de intensidad Duración Frecuencia Rojas (2011)*

La siguiente ecuación (Tabla 17) describe el método para calcular la intensidad de la lluvia en la estación 69-679 Upala, Alajuela y los modelos ajustados con la fórmula de la estación 69-679, según los datos obtenidos de diversas de estaciones pluviográficas. (Rojas, 2011, p.40.)

Tabla 17. Tabla de Modelos ajustados por estación pluviográfica.

Estación	Ecuación	Años de registro	R^2
69-679	I=199,06 * T 0,141/ D 0,248	14	99.00

Fuente: *Curvas de intensidad Duración Frecuencia Rojas (2011)*

Así mismo se describe detalladamente los valores de la ecuación de intensidad de lluvias (Ecuación 4), para la aplicación del cálculo.

Ecuación 4. Intensidad de lluvia para estación 69-679:

$$I = 199.06 * T^{0.141} / D^{0.28}$$

Donde

I = Intensidad de lluvia (mm/h).

D = Duración (min)

T= Periodo de retorno (años)

4.1.5. Vida útil del sistema

La vida a largo plazo del proyecto está pactado a 50 años, pero dependerá de los materiales que se utilicen, como el tanque de almacenamiento de concreto y tubería PVC.

Según Ingenieros Asesores (2022), el concepto de estructuras de concreto se define como:

> Las estructuras de concreto son el material que más se utiliza mundialmente en la construcción de gran parte de las infraestructuras y viviendas. Estas estructuras suelen tener una vida útil estimada en 50 años, pero en general son diseñadas para durar hasta los 100 años. (párr. 14)

4.1.6. Periodo de diseño

El periodo de diseño depende de los recursos disponibles para la instalación de los nuevos tanques e hidrantes, tanto como económicos, como legales, ya que existen normativas y permisos que se deben solicitar.

4.1.7. Ubicación de hidrantes.

La ubicación de los hidrantes es de suma importancia para el desarrollo del proyecto, realizar una recomendación técnica basada en manuales oficiales dependen de la ubicación que vaya a tener el hidrante en la nueva red.

La Tabla 18 proporciona un análisis del recorrido del diseño de la red de hidrantes en la comunidad Moreno Cañas, especificando la distancia entre cada hidrante, el tiempo estimado en vehículo para llegar a ellos, desde el hidrante 1 al hidrante al 11 y su ubicación exacta. Y esto le permitirá al cuerpo de bomberos conocer la red de hidrantes y su accesibilidad, para poder planificar rutas y reducir al mínimo los tiempos de respuesta.

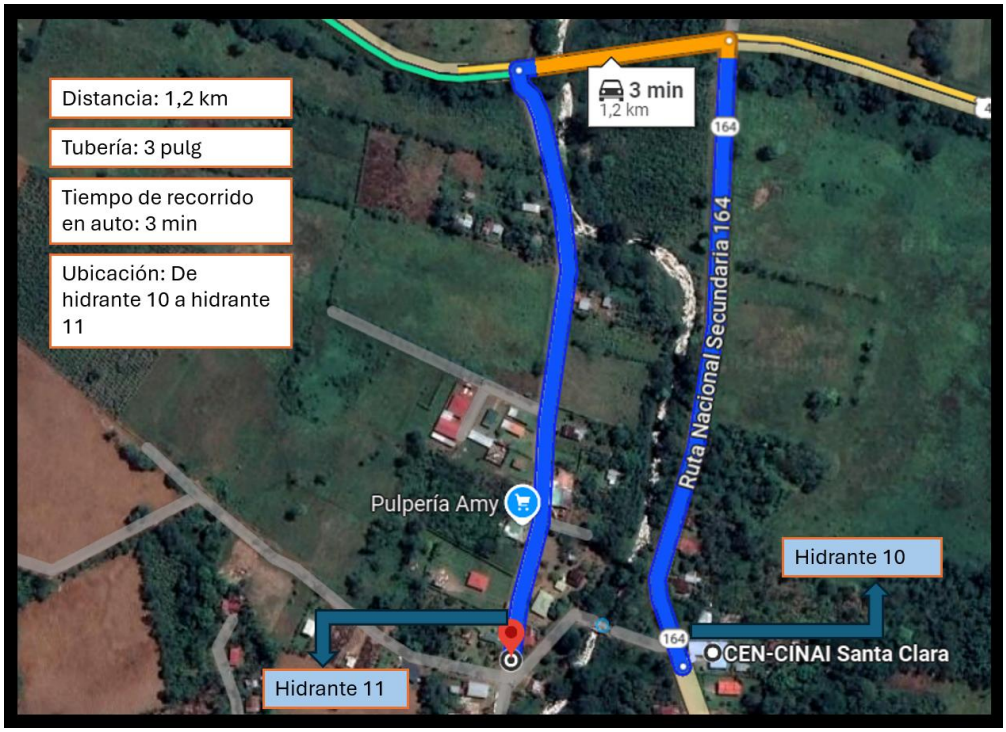
Tabla 18. Recorrido de nueva red de hidrantes.

Desde	Hasta	Distancia	Tiempo en Vehículo (min)	Detalles adicionales
1	2	600 metros	2	De la escuela de Betania a Iglesia Pentecostés.
2	3	3.5 kilómetros	7	Iglesia Pentecostés a la escuela Pizotillo
3	4	2.2 kilómetros	5	De la escuela Pizotillo de la plaza de deportes
4	5	3.6 kilómetros	8	De la plaza de deportes a ASADA Moreno Cañas
5	6	200 metros	1	ASADA Moreno Cañas a Escuela Dr Moreno cañas
6	7	220	1	Escuela Dr Moreno cañas 220 metros hacia el Norte coordenadas 10.900236840976426, -85.08621135241118.
7	8	580	1.5	580 metros al norte del hidrante 7 a el templo bautista Jesús es el Camino.
8	9	650	2	Del templo bautista Jesús es el Camino a Urbanización Delicias
9	10	1.7 kilómetros	4	Desde Urbanización Delicias a CEN-CINAI Santa Clara.
10	11	1.2 kilómetros	3	CEN-CINAI Santa Clara. Hasta el hidrante 11, ubicado en el centro de Santa Clara, Cabe mencionar que entre el hidrante 10 y 11 existe un rio, como lo muestra el anexo 10 y 11 el cual en una emergencia obliga a el cuerpo de bomberos a tener que hacer el recorrido ya que únicamente existe un puente peatonal para utilizarlos dependiendo la zona donde ocurra la emergencia.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

El anexo 33, 34, 35, 36 y 37 muestra geográfica y puntualmente la ubicación de los puntos donde se ubica cada hidrante. La Figura 7 muestra el recorrido que existe entre el hidrante 10 y 11, el cual esta divido por el rio Pizotillo, esta barrera natural impide el acceso rápido y eficiente entre ambas zonas, lo que podría dificultar la respuesta en caso de emergencia.

Figura 7. Distancia entre hidrante 10 y 11.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.2. Análisis de los resultados para las variables o categorías de análisis.

4.2.1. Análisis y recomendación de vías públicas.

Los 8.1 kilómetros de vía pública, que actualmente está cubierta con lastre y que contiene la nueva red de hidrantes, prestan oportunidad para la mejora de la infraestructura vial.

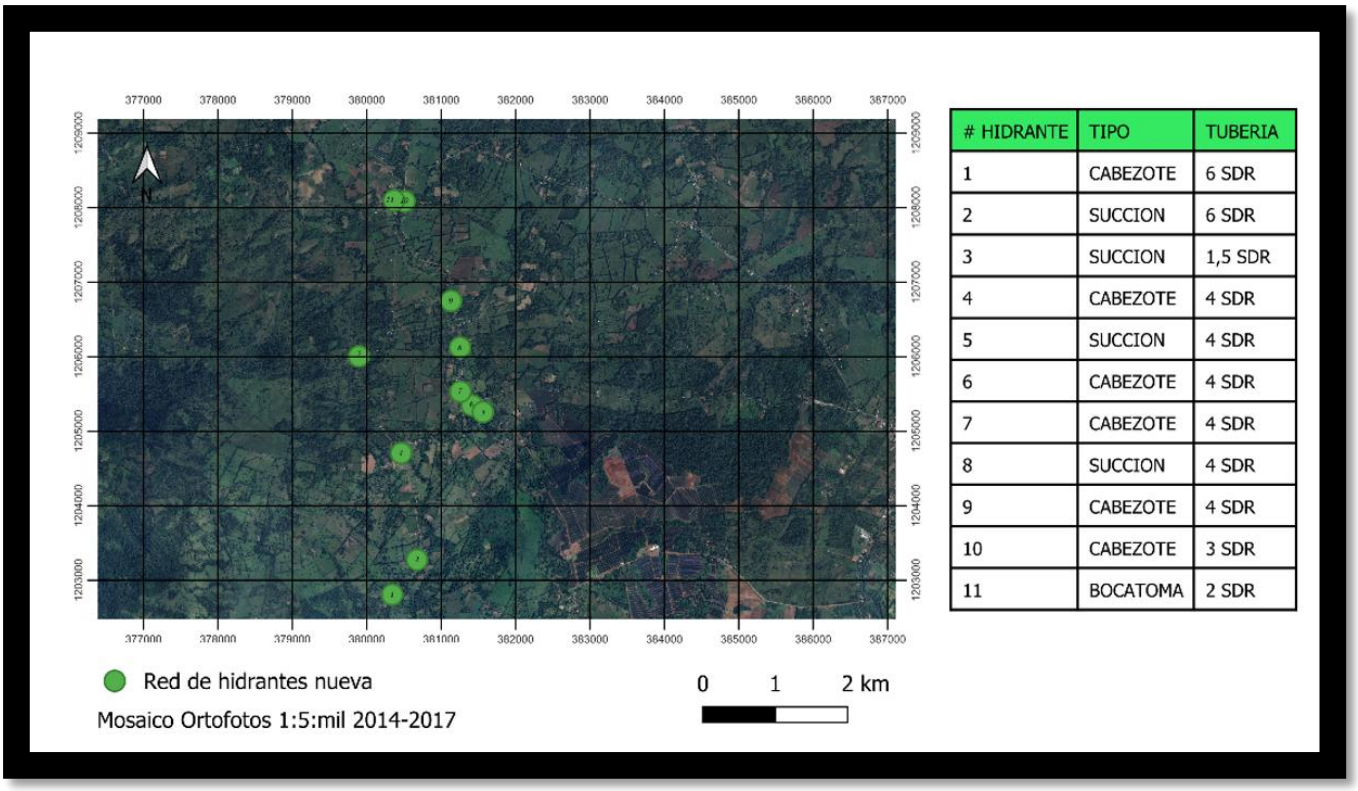
Se recomienda en consideración al crecimiento de la población y los que actualmente la utilizan, desarrollar un proyecto de asfalto para este tramo, esto no solo mejorara la optimización de durabilidad y funcionalidad de la nueva red de hidrante, sino también como ya mencionado, facilitara el tránsito de los residentes de la zona.

4.2.2. Datos y diseño de red de hidrantes

Con la visita se identifica que los hidrantes en funcionamiento son hidrantes de cabezotes los cuales son abastecidos directamente desde la tubería principal de agua potable, además se logra determinar algunos puntos estratégicos para incorporar la nueva red de hidrantes tomando en cuenta el manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva.

La Figura 8 recopila la ubicación geográfica de cada hidrante de la nueva red y la dimensión de la tubería que los abastecen en SDR (Standar Dimension Ratio).

Figura 8. Dimensiones de tuberías que abastecen los hidrantes de la nueva red.



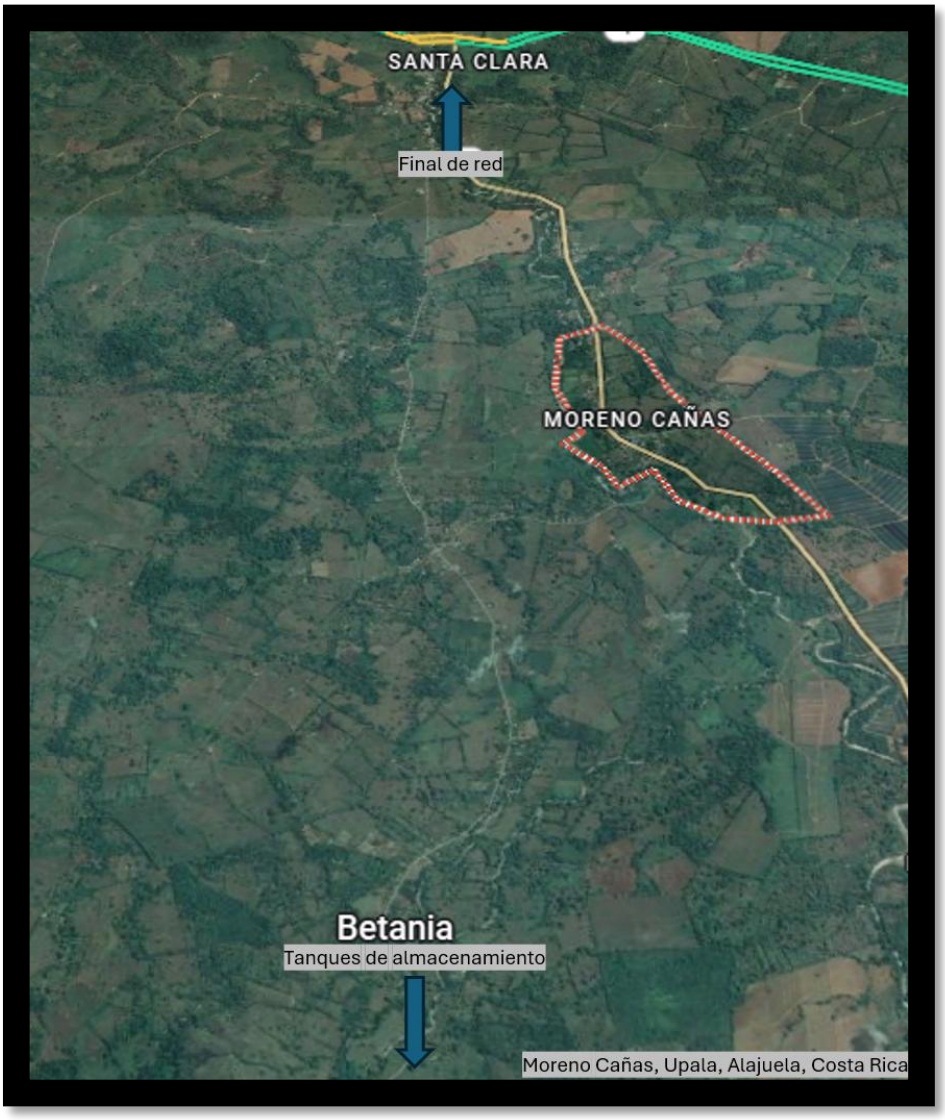
# HIDRANTE	TIPO	TUBERIA
1	CABEZOTE	6 SDR
2	SUCCION	6 SDR
3	SUCCION	1,5 SDR
4	CABEZOTE	4 SDR
5	SUCCION	4 SDR
6	CABEZOTE	4 SDR
7	CABEZOTE	4 SDR
8	SUCCION	4 SDR
9	CABEZOTE	4 SDR
10	CABEZOTE	3 SDR
11	BOCATOMA	2 SDR

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

Teniendo en cuenta los datos anteriores se realiza recomendaciones técnicas, sobre ubicaciones y tipos de hidrantes para la atención de emergencias basada en manuales oficiales a lo largo de la comunidad Moreno Cañas.

Asimismo, la Figura 9 muestra la ubicación satelital de la comunidad de Moreno Cañas y donde inicia hasta donde termina el acueducto de su ASADA.

Figura 9. Ubicación satelital de campo de estudio.



Fuente: Elaboración propia Méndez, G Murillo. J (2024)

4.3. Especificaciones técnicas de la red de hidrantes.

Con el objetivo de garantizar la eficiencia y seguridad en las emergencias en general, se propone asfaltar la totalidad de la ruta de Moreno Cañas por donde se Encuentra la nueva red de hidrantes. Es importante detallar que esta vía debe ser acondicionada por un pavimento de alta resistencia, con la capacidad de soportar un peso mínimo de 25 toneladas, para garantizar

que las unidades de bomberos puedan trasladarse con mayor seguridad y sin riesgo de accidentes, asegurando efectividad ante cualquier emergencia.

4.3.1. Hidrantes.

Hidrante 1.

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 1 y 2, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 19.

Tabla 19. Especificaciones Hidrante 1

Aspecto	Especificaciones
Ubicación	Se ubica a 15 metros de la escuela de Betania en Moreno Cañas Upala.
Tipo de hidrante	Univalvular o de cabezote.
Distancia a la calzada y dimensiones de la calzada	Se encuentra a 3 metros de la calzada, la cual mide 5 metros de ancho
Base	Posee una base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2.
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 80cm.
Condiciones de uso	En la visita a red nueva de hidrantes no se encontró información sobre capacidad de usos de suelo de la ruta por donde se ubica la red de hidrantes, pero si es una ruta por la cual transita una gran cantidad de camiones ganaderos, sin embargo, a lo largo de los años según fontaneros y vecinos de la comunidad, ha demostrado un buen desempeño en términos de capacidad.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

En la Tabla 20 a continuación se detallan las recomendaciones y mejoras para el hidrante de cabezote.

Tabla 20. Recomendaciones técnicas hidrante 1

Aspecto	Recomendaciones
Radio libre de 90cm	Se debe dejar un radio libre de 90 cm a partir del eje vertical del hidrante
Protección vehicular	Implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½"
Espacio de prohibición de estacionamiento	Delimitar los 5 metros de espacio de línea amarilla para la prohibición de estacionamiento de vehículos
Distancia del cordón de la cuneta	La distancia actualmente es de 50 cm desde el centro de la prevista a la futura construcción del cordón de la cuneta, para en un proyecto futuro lograr diseñar las cunetas de manera viable con la distancia requerida por el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva Bomberos de Costa Rica 2020.
Mejoras de en la ruta	Ya que no se encontró usos de suelo de la ruta y teniendo en cuenta que es de lastre, para mejorar la funcionabilidad y seguridad de la ruta que posee la nueva red de hidrantes, se recomienda proceder con el asfalto de esta, haciendo evaluaciones de capacidad de carga de soportar un peso vehicular de 35 toneladas, y así optimizar la respuesta ante emergencias contra incendios y emergencias en general.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

Hidrante 2:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 3, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 21.

Tabla 21. Especificaciones técnicas hidrante 2.

Aspecto	Especificaciones
Tipo de hidrante.	Nuevo de succión
Ubicación.	Ubicado a 25m norte de la iglesia de Pentecostés.
Distancia de boquilla a calzada.	Ubicado a 3m de la calzada
Dimensiones de la calzada.	Cuenta con una calzada de lastre de 5 metros, por lo tanto, cumple con la norma.
Distancia al cordón de la cuneta.	Debe ser instalado a 1 m desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta.
Boquilla.	La boquilla de 112 mm (4 ½") debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos.
Cuneta y paredón.	La prevista de la cuneta diseñada para la viabilidad del hidrante es 2 metros de ancho.
Estrategia de recolección de agua.	La recolección de agua será por mediante el sistema de recolección de agua pluvial del techo de la de la iglesia de Pentecostés y durante la temporada de verano en caso de emergencia, se podrá recurrir al abastecimiento de la red de agua potable.
Espacio de prohibición de estacionamiento.	Con un rango de lineamiento amarillo de 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.
Caudal y presión requerida.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Tanque de almacenamiento.	Debe contar con la incorporación del tanque de almacenamiento de 15 $\mathbf{m^3}$ para asegurar el suministro adecuado al hidrante.
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, debe ser de 80 cm.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 1 m perpendicular a la conexión de 4 ½"
Base	Debe ser instalado base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 1 m x 0.5 metros.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 3:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 4, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 22.

Tabla 22. Especificaciones de hidrante 3

Aspecto	Especificaciones
Tipo de hidrante	Nuevo de succión
Ubicación	Se ubicará a 10 m frente a la escuela Pizotillo
Distancia de boquilla a calzada	Ubicado a 3m de la calzada
Dimensiones de la calzada	Se debe contar con una calzada de lastre de 5 metros, actualmente es de 3.5 por lo tanto se debe ampliar 1.5m
Distancia al cordón de la cuneta	Debe ser instalado a 40cm desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta.
Boquilla	La boquilla de 112 mm (4 ½") debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos
Cuneta y paredón	La cuneta diseñada para la viabilidad del hidrante es de 1.5, puesto que el paredón es de un metro de alto.
Estrategia de recolección de agua	Para la recolección de agua constara de dos opciones, la primera utilizar los bajantes de los techos de la escuela por medio de una red aparte de la de aguas grises, para solo recolectar el agua pluvial y la numero dos constara de diseñar un bajante al costado del hidrante, sobre el paredón, el cual dirija el agua hacia la entrada del tanque de almacenamiento.
Espacio de prohibición de estacionamiento	Con un rango de lineamiento amarillo de 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.
Caudal y presión.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Tanque de almacenamiento.	Debe contar con la incorporación del tanque de almacenamiento de 15 $\mathbf{m^3}$ para asegurar el suministro adecuado al hidrante.
Altura de conexión.	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, debe ser de 80 cm.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½"
Base	Debe ser instalado base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 1 m x 0.5 metros.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 4:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 5 y 6, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 23.

Tabla 23. Especificaciones hidrantes 4

Aspecto	Especificaciones
Ubicación	Ubicado a 30 metros de la plaza de futbol barrio los ángeles.
Tipo de hidrante	De cabezote
Distancia a la calzada y dimensiones de la calzada	Se encuentra a 2 metros de la calzada, la cual cuenta con una dimensión de 5 metros de ancho.
Base	Se encuentra instalado sobre una base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 1 m x 0.50 x 0.10 metros
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 80cm.
Condiciones de uso	El hidrante de cabezote, ya existente ubicado frente la plaza de futbol Barrio los Ángeles y frente a un salón comunal, está instalado en una zona multitudinaria, por lo tanto, en caso de que surja una emergencia al mismo tiempo que se está efectuando una actividad de la comunidad, debe poseer restricciones las cuales brinden seguridad y efectividad para que el cuerpo de los bomberos actúe de manera eficaz y no afecte el protocolo si surge una emergencia contra incendio.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

En la Tabla 24 a continuación se detallan las recomendaciones y mejoras para el hidrante de cabezote.

Tabla 24. Recomendaciones técnicas.

Aspecto	Recomendaciones
Radio libre de 90cm	Cumple con la norma.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½”
Espacio de prohibición de estacionamiento	Debe contar con un rango de lineamiento amarillo 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular, con una calzada de 5 metros
Distancia del cordón de la cuneta	No existe cuneta o bordillo bien demarcado, por lo tanto, la recomendación es recortar 10 cm la base de concreto donde se encuentra el hidrante para dejar una prevista con una dimensión de 1.10 m, para en un proyecto futuro lograr diseñar las cunetas de manera viable, con la distancia requerida por el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva Bomberos de Costa Rica 2020.
Mejoras de en la ruta	Ya que no se encontró usos de suelo de la ruta y teniendo en cuenta que es de lastre, para mejorar la funcionabilidad y seguridad de la ruta que posee la nueva red de hidrantes, se recomienda proceder con el asfalto de esta, haciendo evaluaciones de capacidad de carga de soportar un peso vehicular de 35
Caudal y presiones.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 5:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 7, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 25.

Tabla 25. Especificaciones hidrantes 5

Aspecto	Especificaciones
Tipo de hidrante	Nuevo de succión
Ubicación	La ubicación de diseño establecido es frente al establecimiento principal de la ASADA de Moreno Cañas,
Distancia de boquilla a calzada	Ubicado a 3m de la calzada
Dimensiones de la calzada	Se debe contar con una calzada de lastre de 5 metros, la cual cumple en este tramo de la ruta
Distancia al cordón de la cuneta	Debe ser instalado a 40cm desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta.
Boquilla	La boquilla de 112 mm (4 ½") debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos
Cuneta y paredón	La cuneta diseñada para la viabilidad del hidrante es de 2 m de ancho, puesto que el paredón es de un metro de alto.
Estrategia de recolección de agua	Para la recolección de agua constara de dos opciones, la primera utilizar los bajantes de los techos de las oficinas de la ASADA por medio de una red aparte de la de aguas grises, para solo recolectar el agua pluvial.
Espacio de prohibición de estacionamiento	Con un rango de lineamiento amarillo de 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.
Caudal y presión	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Tanque de almacenamiento	Debe contar con la incorporación del tanque de almacenamiento de 15 m^3 para asegurar el suministro adecuado al hidrante.
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 80cm.
Protección vehicular	Implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½"

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 6:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 8 y 9, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 26.

Tabla 26. Especificaciones hidrantes 6

Aspecto	Especificaciones
Ubicación	La ubicación del sexto hidrante que es de tipo cabezote se encuentra 10 metros de la escuela Dr. Ricardo Moreno Cañas y a 20 metros al sur se encuentra la Iglesia Católica
Tipo de hidrante	De cabezote
Distancia a la calzada y dimensiones de la calzada	Se encuentra a 2 metros de la calzada, la cual cuenta con una dimensión de 5 metros de ancho.
Base	Se encuentra instalado sobre una base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 1 m x 0.5 metros
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 80cm.
Condiciones de uso	Es actualmente uno de los hidrantes más importantes de la comunidad por su ubicación, estará acompañado con dos hidrantes nuevos (cabezote y uno de succión con tanque de reserva) a una distancia estratégica, para poder cubrir la zona más poblada de la comunidad y evitar riesgos ante una posible emergencia contra incendios.
Tubería de abastecimiento	Está conectado a una tubería de 100 mm la cual abastece el hidrante.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024))

En la Tabla 27 a continuación se detallan las recomendaciones y mejoras para el hidrante de cabezote.

Tabla 27. Recomendaciones técnicas.

Aspectos	Recomendaciones
Radio libre de 90cm	Cumple con los 90cm, pero perpendicular a la calzada, por lo tanto, no cumple con el radio que solicita el manual, por lo tanto, se debe reubicar 50 cm perpendicular hacia el cordón de la cuneta.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½”
Espacio de prohibición de estacionamiento	Debe contar con un rango de lineamiento amarillo 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular, con una calzada de 5 metros
Distancia del cordón de la cuneta y del hidrante.	Una vez se haya reinstalado el hidrante 50 cm perpendicular al cordón de la prevista de la cuneta, quedará instalado a 40cm desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta la cual será de 1.5 metros de ancho.
Caudal y presiones.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 7:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 10, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 28.

Tabla 28. Especificaciones hidrantes 7

Aspecto	Especificaciones
Tipo de hidrante.	Nuevo de succión
Ubicación.	La ubicación del séptimo hidrante se encuentra a 300 metros norte de la escuela Dr. Ricardo Moreno Cañas.
Distancia de boquilla a calzada.	Ubicado a 3m de la calzada
Dimensiones de la calzada.	Cuenta con una calzada de lastre de 5 metros, por lo tanto, cumple con la norma.
Distancia al cordón de la cuneta.	Debe ser instalado a 1 desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta.
Boquilla.	La boquilla de 112 mm (4 ½") debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos
Cuneta.	La prevista de la cuneta diseñada para la viabilidad del hidrante es 2 metros de ancho.
Espacio de prohibición de estacionamiento.	Con un rango de lineamiento amarillo de 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.
Caudal y presión requerida.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, debe ser de 80 cm.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión
Base	Debe ser instalado base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 0.50 x 0.50 x 0.10 metros.
Radio libre de 90cm	Se debe delimitar un radio libre de 90 cm a partir del eje vertical del hidrante, con el fin de evitar las obstrucciones que retarden o dificulten la operación del dispositivo.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 8:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 11, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 29.

Tabla 29. Especificaciones hidrantes 8

Aspecto	Especificaciones
Tipo de hidrante	Nuevo de succión
Ubicación.	Se encuentra a 800 metros norte de la escuela Dr. Ricardo Moreno Cañas, frente al Templo Bautista Jesús es el Camino
Distancia de boquilla a calzada.	Ubicado a 3m de la calzada
Dimensiones de la calzada.	Cuenta con una calzada de lastre de 5 metros, por lo tanto, cumple con la norma.
Distancia al cordón de la cuneta.	Debe ser instalado a 40cm desde el centro de la prevista al cordón de la cuneta.
Boquilla.	La boquilla de 112 mm (4 ½") debe estar en dirección perpendicular respecto a la línea de centro de calle para posibilitar la conexión a las unidades del Cuerpo de Bomberos.
Cuneta.	La prevista de la cuneta diseñada para la viabilidad del hidrante es 2 metros de ancho.
Estrategia de recolección de agua.	La recolección de agua será por mediante la tapa del tanque de almacenamiento y durante la temporada de verano en caso de emergencia, se podrá recurrir al abastecimiento de la red de agua potable.
Espacio de prohibición de estacionamiento.	Con un rango de lineamiento amarillo de 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.
Caudal y presión requerida.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55 lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Tanque de almacenamiento.	Debe contar con la incorporación del tanque de almacenamiento de 15 m^3 para asegurar el suministro adecuado al hidrante.
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, debe ser de 80 cm.
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½"
Base	Debe ser instalado base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / cm^2 con dimensiones 0.50 x 0.50 x 0.10 metros.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 9:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 12 y 13, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 30.

Tabla 30. Especificaciones hidrantes 9

Aspecto	Especificaciones
Ubicación	Se encuentra a 700 metros norte del Templo Bautista Jesús es el Camino.
Tipo de hidrante	De cabezote
Distancia a la calzada y dimensiones de la calzada	Se encuentra a 3.5 metros de la calzada, la cual cuenta con una dimensión de 5 metros de ancho.
Base	Se encuentra instalado sobre una base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / c**m²** con dimensiones 0.50 x 0.50 x .10 metros
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 90cm.
Tubería de abastecimiento	Está conectado a una tubería de 100 mm la cual abastece el hidrante.
Radio libre de 90cm	Cumple con los 90cm
Distancia del cordón de la cuneta a él hidrante.	La distancia actualmente es de 1.30 metros desde el centro de la prevista a la futura construcción del cordón de la cuneta, para en un proyecto futuro lograr diseñar las cunetas de manera viable con la distancia requerida por el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva Bomberos de Costa Rica 2020.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

En la Tabla 31 a continuación se detallan las recomendaciones y mejoras para el hidrante de cabezote.

Tabla 31. Recomendaciones técnicas.

Aspecto	Recomendaciones
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½”
Espacio de prohibición de estacionamiento	Debe contar con un rango de lineamiento amarillo 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular, con una calzada de 5 metros
Caudal y presiones.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55. lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Cuneta	La prevista para la cuneta será de 2.20 metros de ancho.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 10:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 14 y 15, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 32.

Tabla 32. Especificaciones hidrantes 10

Aspecto	Especificaciones
Ubicación	Se encuentra frente al Cen-CINAI Santa Clara
Tipo de hidrante	Hidrante de cabezote
Distancia a la calzada y dimensiones de la calzada	Se encuentra a 5.5 metros de la calzada, la cual cuenta con una dimensión de 5 metros de ancho.
Base	Se encuentra instalado sobre una base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / c**m²** con dimensiones 0.50 x 0.50 x .10 metros
Altura de conexión	La altura de la conexión, tomada desde el centro de la boquilla a la base del soporte, se encuentra a una altura de 20 cm.
Tubería de abastecimiento	Está conectado a una tubería de 100 mm la cual abastece el hidrante.
Radio libre de 90cm	Posee un radio libre de 90 cm a partir del eje vertical del hidrante.
Distancia del cordón de la cuneta a él hidrante.	La distancia actualmente es de 3 metros desde el centro de la prevista a la futura construcción del cordón de la cuneta, para en un proyecto futuro lograr diseñar las cunetas de manera viable con la distancia requerida por el Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva Bomberos de Costa Rica 2020.

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

En la Tabla 33 a continuación se detallan las recomendaciones y mejoras para el hidrante de cabezote.

Tabla 33. Recomendaciones técnicas.

Aspecto	Especificaciones
Protección vehicular	Se debe implementar barreras de protección vehicular con una distancia de retiro de 90cm perpendicular a la conexión de 4 ½”
Espacio de prohibición de estacionamiento	Debe contar con un rango de lineamiento amarillo 5 metros de restricción de estacionamiento vehicular, con una calzada de 5 metros
Caudal y presiones.	El hidrante debe contar con la capacidad de abastecer un caudal de 31.55. lps y la presión residual del hidrante debe ser mínimo de 15 psi.
Cuneta	La prevista para la cuneta será de 2.5 metros de ancho.
Altura de conexión	Se recomienda que la altura desde el centro de la boquilla hasta la base del soporte sea de mínimo de 60cm, para garantizar un acceso eficiente, como solución al problema se debe plantear la reubicación del soporte y elevar la boquilla a una altura mínima de 60 cm desde la base, garantizando la seguridad de la conexión.

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante 11:

Las especificaciones técnicas, se encuentran detalladas y dibujadas en el anexo 16,17 y 18, el cual incluye una representación en vista frontal de la instalación del hidrante, con sus cotas correspondientes, así mismo se encuentra recopiladas en la Tabla 34.

Tabla 34. Especificaciones hidrantes 11

Aspectos	Especificaciones
Ubicación	Se ubicará a un costado sur de la agencia de trasportes Sandfer S.A, en el centro de la comunidad de Santa Clara
Tipo de hidrante	Hidrante de succión bocatoma
Fuente de agua	Rio Guacalito, ubicado a 35 metros desde el pascón hasta la salida de macho del hidrante.
Diferencia de altitud	El cambio vertical entre el punto de la toma de agua, hasta el punto más alto que sería la salida de la rosca macho del hidrante, existen 3 metros de diferencia.
Rejilla de captación (Pascon)	Su funcionalidad se basa en impedir el paso de solidos grandes.
Profundidad de la toma	El pascón estará a 1.5 metros de profundidad en el Rio Guacalito.
Tubería (Primeros 5 metros lineales)	El primer tramo de tubería del pascón hacia el hidrante será de hierro negro, cédula 40, diámetro de 6 pulgadas
Soporte de concreto para codo de 90 grados	Soporte de concreto Cada codo de 90 grados que se instale deberá llevar un soporte de concreto reforzado con una resistencia a la compresión f´c= 210 kg / **cm²**,
Tubería (3 metros verticales)	PVC C-900, diámetro de 6 pulgadas
Tubería (25 metros lineales)	PVC C-900, diámetro de 6 pulgadas
Tubería (Primeros 5 metros lineales)	El último tramo de tubería del pascón hacia el hidrante será de hierro negro, cédula 40, diámetro de 6 pulgadas
Altura de la conexión	Deberá tener una dimensión de 70 cm desde la boquilla del hidrante de succión hasta la base de soporte.
Conexión final.	Rosca macho NST a la cual el cuerpo de bomberos conectara las mangueras de la unidad para succionar el agua.
Caudal del hidrante.	31.55 lps
Presión residual mínima.	15psi
Ubicación con respecto a la calzada principal.	El hidrante de succión se debe instalar a 3 metros de la calzada.
Ancho de calzada principal.	5 metros de ancho.
Base que sostiene el hidrante.	Debe ser construido con concreto reforzado, con resistencia a la compresión f'c=210 kg/cm², con dimensiones de 0.50 x 0.50 x 0.10 metros.
Rango de lineamiento amarillo.	5 metros de restricción de estacionamiento vehicular.

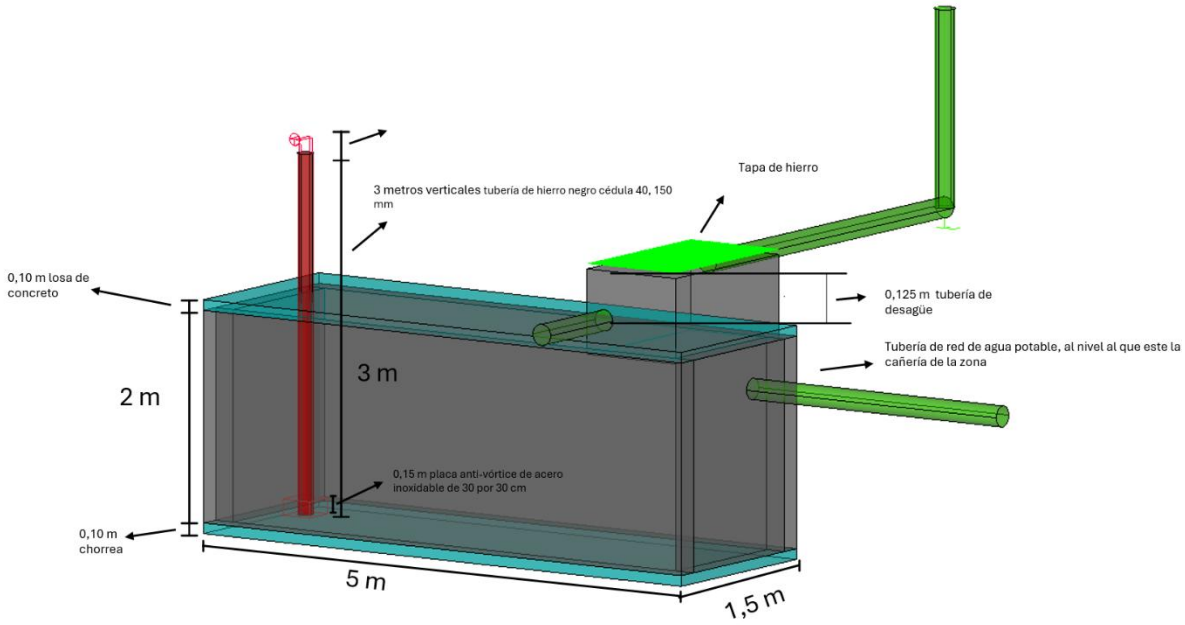
Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.3.2. Diseño de tanques de almacenamiento y captación de aguas

Una vez realizada las recomendaciones técnicas de la red de hidrantes, se procede a realizar la investigación sobre los tanques de almacenamiento que abastecen la nueva red de hidrantes.

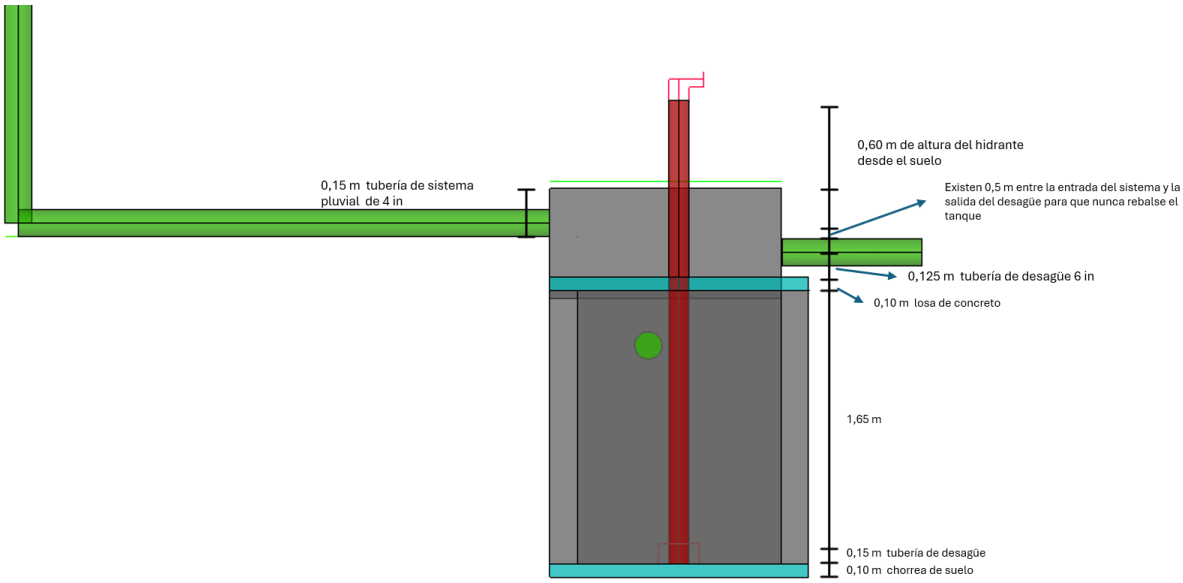
En la Figura 10 se ilustra un detallado diseño del tanque de reserva y almacenamiento con su respectiva acotación, sus respectivos componentes y sus dimensiones.

Figura 10.Tanque de reserva de concreto.



A continuación, en la Figura 11, se puede observar una vista lateral del tanque con sus respectivas cotas de las recomendaciones técnicas establecidas para el diseño.

Figura 11. Tanque de reserva de concreto



Las especificaciones a continuación son elaboración propia de Méndez G, Murillo J. (2024), para el diseño optimo del tanque de reserva y almacenamiento, apoyados del Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva, Bomberos Costa Rica (2020).

Especificaciones del tanque:

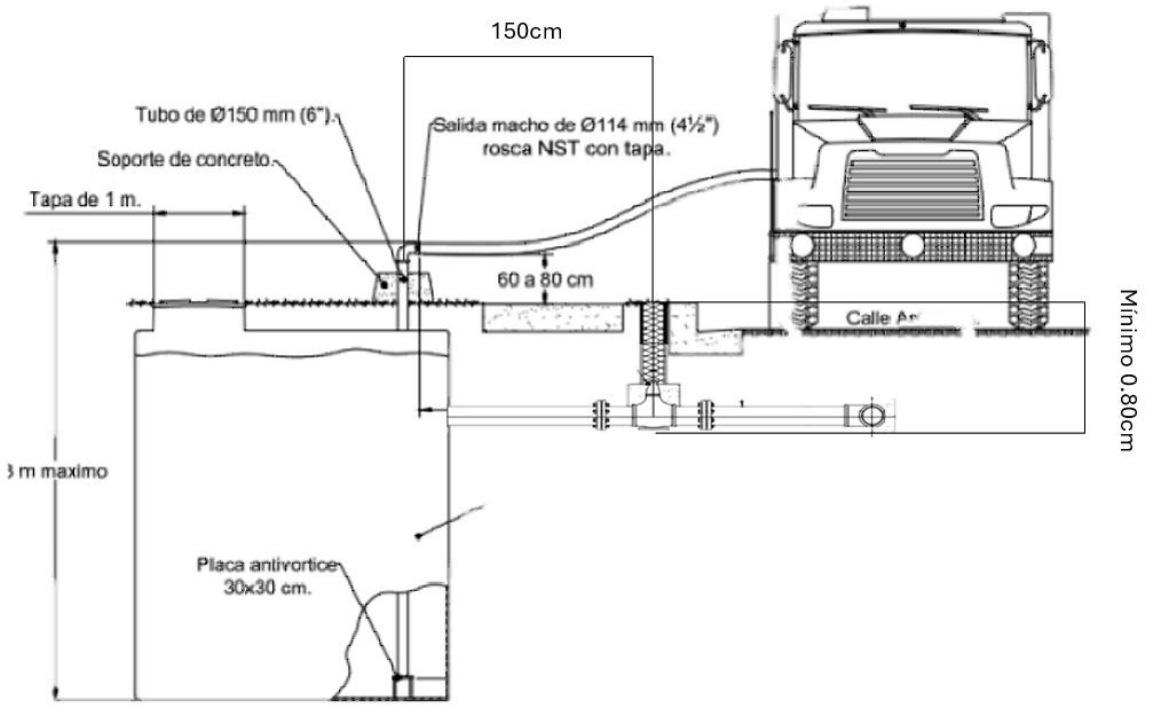
1. Es un tanque con un volumen de 15 metros cúbicos
2. Con longitudes de 5 metros de largo, por 1.5 metro de ancho, por 2 metros de alto. Estas medidas están diseñadas específicamente para lograr tener el volumen de 15 **m^3** y poder cumplir con el tramo de tubería vertical desde la placa anti-vórtice hasta la salida del hidrante de succión, que especifica Bomberos 2020.
3. Posee una a tubería de hierro negro cédula 40 a la cual se debe aplicar un recubrimiento para evitar la corrosión y cuenta con un diámetro de 150 mm (6”), para la succión y una tubería de 4 pulgadas en tubería PVC C-900 la cual va conectada a la red pública de agua potable.

4. La ubicación de la entrada de la red pública, la cual va a abastecer el tanque, se determinará en función del nivel de la tubería publica existente.
5. El tanque de almacenamiento contara con una válvula de corte en la red pública que abastece el agua potable, la cual será manejada por los funcionarios de la ASADA o el cuerpo de bomberos, esta válvula permitirá regular el flujo de agua hacia el tanque, brindando la posibilidad de permitir el llenado del tanque cuando sea requerido y permitir cerrarlo para detener el suministro de agua en ocasiones que no sea necesario. La válvula de corte debe ir a metro y medio del tanque.
6. Posee una tapa de hierro sobre una estructura de concreto que cuenta don dimensiones de un metro de ancho y un metro de largo y una altura de 40 cm, de los cuales a 0.10 m en el eje Y" va la tubería de la entrada del sistema pluvial (100 mm) y a 0.275 m en el eje Y" se instala tubería de 6 pulgadas para desagüe y evitar el rebalse del tanque como lo muestra la figura 9 y 10.
7. Con una placa anti-vórtice de acero inoxidable de 30 por 30 centímetros, con una altura de 15 centímetros con el objetivo de evitar la entrada de aire al sistema.
8. Con un sistema estructural de concreto, con blocks de 20x40, con varillas número 3, sellado con Sika®-101 Mortero Pluses para poder impermeabilizar, dar mayor manejabilidad y adherencia, además de que es apto para el uso en contacto con agua potable.
9. Con cinco metros de largo, un metro y medio de ancho y dos metros de alto, para lograr contar con el volumen necesario de 15 $\mathbf{m^3}$ de agua almacenada.
10. Además, cuenta con su respectivo hidrante de succión con una boquilla de 114 mm, la cual se encuentra a 60 centímetros de la base que va ubicada sobre el nivel del suelo.
11. Contará con una tubería de desagüe, ubicado a 0.275 m de la entrada del tanque.

12. Tanto la entrada del sistema pluvial como la salida de desagüe contaran con un filtro con la función de no permitir el paso de objetos o basura la cual vaya a afectar el sistema de succión.

En la Figura 12 a continuación se ilustra la conexión entre el tanque de reserva y la tubería de la red pública, punto 5 de las especificaciones del tanque.

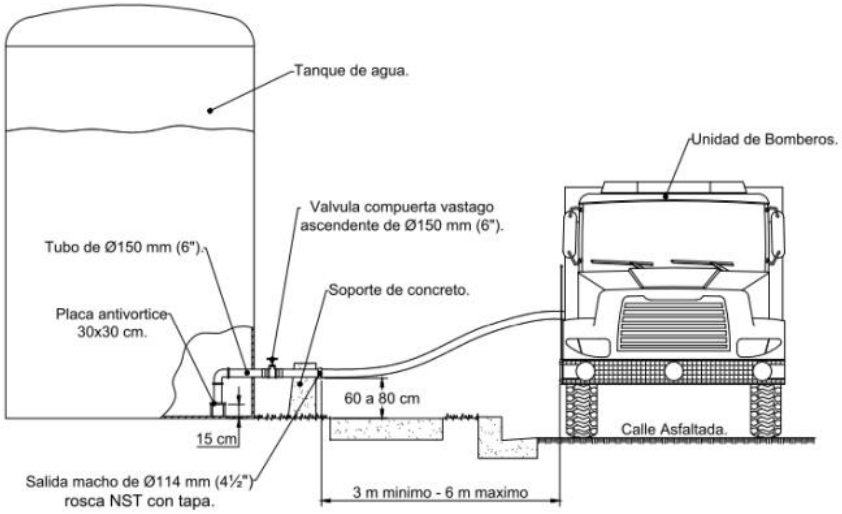
Figura 12. Sistema de conexión a red pública y tanque de reserva bajo nivel de suelo.



Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Hidrante de succión abastecido por tanque de reserva sobre nivel. (Bomberos Costa Rica, 2020, p.33). La siguiente figura muestra las especificaciones técnicas para el diseño de un tanque de reserva instalado a nivel del suelo.

Figura 13. Tanque de reserva sobre nivel de suelo.



Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

Tener un tanque de almacenamiento de agua de lluvia es importante por las siguientes razones, número uno es una fuente gratuita y ecológica de agua, numero 2 puede ser utilizada para riego, limpieza, además del objetivo principal del proyecto que es atender emergencias contra incendios.

La razón por la cual se debe tener una red de agua potable conectada al tanque de almacenamiento se debe a que es de suma importancia tener una fuente de abastecimiento en caso de emergencia, puesto que el agua de lluvia puede no ser suficiente o adecuada para la atención de emergencias contra incendios, ya que, durante los periodos de sequía, la cantidad de agua recolectada no sea suficiente para cumplir con los estándares de los bomberos.

En resumen, el tanque de almacenamiento de agua de lluvia y la red de agua potable, trabajan en conjunto para ofrecer una solución segura para atención de emergencias de incendios.

4.3.3. Capacidad hídrica de la red pública.

La red pública de agua potable de la comunidad de Moreno Cañas actualmente cuenta con distintas dimensiones a lo largo de los diferentes tramos que conforman la red (como lo muestra la figura 8), por lo tanto, posteriormente en la Tabla 35 se determina el caudal y presión con la que se abastecen a los hidrantes de cabezote y succión (en caso de emergencia).

Fórmula para calcular la presión en Psi dependiendo de la tubería, utilizando la tabla del punto 2.1.5.

Tabla 35. Datos de los trayectos calculados.

	Tramo 1	**Tramo 2**	**Tramo 3**	**Tramo 4**	**Tramo 5**	**Tramo 6**	**Tramo 7**
Longitud (m)	2063.05	616.93	1522.81	1013.1	581.06	518.93	99.7
diámetro(m)	0.15	0.15	0.1	0.063	0.05	0.038	0.1
Caudal(m^3/s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Punto A(msnm)	143.46	137.96	136.31	107.09	87.64	76.49	107.09
Punto B(msnm)	93.2	83.31	70.011	60.41	55.57	62.03	71.76

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

	Tramo 8	**Tramo 9**	**Tramo 10**	**Tramo 11**	**Tramo 12**	**Tramo 13**	**Tramo 14**
Longitud (m)	2234.47	39.73	304.51	214.24	693.04	1102.43	1717.88
diámetro(m)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.075
Caudal(m^3/s)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Punto A(msnm)	107.07	101.12	100.35	94.51	90.40	77.10	74.16
Punto B(msnm)	67.24	67.37	66.87	65.6	63.7	61.7	58.5

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

Con los datos obtenidos en el levantamiento, calculamos con Hazen-Williams (Tabla 36) la capacidad hídrica de la red pública actual, obteniendo información de suma importancia para el proyecto, como lo muestra los resultados de las tablas 37 y 38, como lo muestra también los anexos 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,32.

La Tabla 36 a continuación muestra cómo se utiliza la formula en una hoja de Excel. En la sección de datos, se ingresan los valores obtenidos durante el levantamiento en campo en el espacio en amarillo, seguidamente en los espacios resaltados en anaranjado, se introduce la fórmula de velocidad y Hazen-Williams. Estas fórmulas permiten calcular automáticamente los resultados, como las presiones, velocidades y la cota piezométrica de la red.

Tabla 36. Aplicación de Formula de Hazen-Williams

Memoria de cálculo					Datos			Unidad
	$V=\frac{4*Q}{\pi*D^2}$				Longitud		10	m
Velocidad flujo					Diámetro		1	m
0					Caudal		0	m^3/s
					Punto A (hi anterior)		0	msnm
					Punto B		0	msnm
					Velocidad		0	m/s
Coeficiente de Resistencia	Hanze- Willians				Coeficiente Resistencia (k)		0	
0					Pérdida de carga (hf)		0	m
	$K=\frac{10,67*L}{C^{1,852}*D^{4,87}}$				Presión de llegada			mca
					Coeficiente de H-W		130	
Perdida de carga (HF)								
0	$HF= k*Q^{1,852}$							
					$h = 10,674 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,871}} \cdot L$			
Presión de llegada								
Hi	0							
Presión	0							
En Psi	0							
					Presión de llegada			
					H	0		
					Hi	0		
					Presión	0		
					En Psi	0		

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

El Excel de la tabla 36 funciona de la siguiente manera:

Paso 1: Introducir datos

Paso 2: Calcula la velocidad

Paso 3: Calcula el coeficiente de resistencia

Paso 4: Calcula la perdida de carga

Paso 5: Calcula la cota piezométrica (hi), en el primer tramo, al punto A se le resta la perdida de carga, a partir del tramo 2, el valor del punto A va a ser el Hi del tramo anterior (igualmente se le resta la perdida de carga del tramo que se está trabajando.)

Paso 6: Calcula la presión de llegada en mca, al Hi se le resta el punto B (ambos valores del tramo que se está trabajando)

Paso 7: Realiza la conversión de mca a Psi, multiplicando la presión de llegada x 1.42

La Tabla 37 muestra la capacidad hídrica de la actual red pública, especifica las dimensiones de las tuberías, la presión en distintos puntos de la red, el caudal máximo que manejan las tuberías y las velocidades las cuales abastecen la red de hidrantes.

Tabla 37. Capacidad hídrica de la red pública actual.

Hidrante	Dimensión de tubería de la red pública (mm)	Presión (Psi)	Caudal (m^3/s)	Velocidades (m/s)	Cota piezométrica (hi)
1	150	63.56	0.01	0.56	137.96
2	150	75.27	0.01	0.56	136.31
3	60	-1308.87	0.01	8.82	-859.70
4	100	47.45	0.01	0.098	107.07
5	100	0.22	0.01	0.53	67.63
6	100	-6.27	0.01	1.27	62.44
7	100	-10.31	0.01	1.27	58.33
8	100	-26.50	0.01	1.27	45.03
9	100	-53.70	0.01	1.27	23.87
10	75	-239.21	0.01	2.26	-109.96

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

La Tabla 38 muestra la capacidad hídrica de la red pública optimizada, especifica las dimensiones de las tuberías, la presión en distintos puntos de la red, el caudal máximo que manejan las tuberías y las velocidades las cuales abastecen la red de hidrantes.

Tabla 38. Mejoras y recomendaciones para optimizar la capacidad hidra de la red pública.

Hidrante	Dimensión de tubería de la red pública (mm)	Presión (Psi)	Caudal (m^3/s)	Velocidades (m/s)	Cota piezométrica (hi)
1	150	63.56	0.01	0.56	137.96
2	150	75.27	0.01	0.56	136.31
3	150	18.57	0.01	0.56	66.53
4	150	47.45	0.01	0.098	107.07
5	100	46.84	0.01	0.53	100.35
6	100	39.25	0.01	1.27	94.25
7	100	35.22	0.01	1.27	90.40
8	100	19.03	0.01	1.27	77.10
9	150	17.70	0.01	0.56	74.16
10	150	15.74	0.01	0.56	69.58

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

4.3.4. Cálculos de perdidas hidráulicas para los tanques de almacenamiento.

Con lo establecido en el punto 2.1.12. del presente proyecto, se calculan las perdidas hidráulicas para confirmar que el flujo del agua se mantenga dentro de los parámetros especificados y que el sistema cumpla con los requisitos técnicos y operativos establecidos.

Para tanques de almacenamiento.

- **Longitud vertical (Lv): (Paso 1)**

Lv = 3 $m \leq 3$

Cada tubería de los tanques de almacenamiento tiene 3m de longitud vertical.

- **Longitud horizontal (Lh): (Paso 2)**

Se establece la longitud de los tramos de tubería horizontal desde la placa antivórtice hasta la salida del hidrante de succión.

Lh = 0 m

- **Longitud equivalente (Leq): (Paso 3)**

Se establece la longitud equivalente de cada accesorio ubicado en la tubería desde la placa anti-vórtice hasta la salida del hidrante de succión utilizando los coeficientes de la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4. Pérdidas de energía para una tubería de hierro fundido en diferentes diámetros.

Diámetro (mm) / pulg	Perdidas de energía(P) m/m
150/6	0.092969
200/8	0.022900
254/10	0.007149

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

Se determina la longitud equivalente de cada uno de los accesorios ubicados en la tubería desde la placa anti-vórtice hasta la salida del hidrante de succión utilizando los coeficientes de la Tabla 4. (Bomberos de Costa Rica, 2020, p.36)

Tabla 39. Longitud de equivalente para accesorios

(a). Accesorio	(b). Cantidad	(c). Equivalencia (Tabla 4)	Leq (b) x (c)
Codo	1	0.092969	0.092969
			(3) ΣLeq= 0.092969

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Longitud total de tubería (Lt): (Paso 4)

Se debe sumar los valores obtenidos en las ecuaciones **(Paso 1)**, **(Paso 2)** y **(Paso 3).**

Longitud total de tubería (Lt):

$\boldsymbol{Lt}$ = paso (1) + paso (2) + paso (3) = 3 + 0 + 0.092969 = 3.092969 m

$\boldsymbol{Lt}$ = 3.092969 m

Pérdidas de energía en el tramo de tubería total: (Paso 5)

Se multiplicará el valor obtenido en paso 4 por las pérdidas de energía (hf) ya determinadas en la Tabla 4 a continuación, para una tasa de flujo de 63 l/s (1000 gpm) y tubería de hierro negro (coeficiente C= 120). (Bomberos de Costa Rica, 2020, p.36)

Tabla 4. Pérdidas de energía para una tubería de hierro fundido en diferentes diámetros.

Diámetro (mm) / pulg	Perdidas de energía(P) m/m
150/6	0.092969
200/8	0.022900
254/10	0.007149

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

hf = $Paso$ (4) x (P) = mca

hf= 3.092969 m * 0.092969

hf= 0.287550 mca

Las pérdidas de energía obtenidas en el paso 5 son: 0.287550 mca.

Pérdidas de energía vertical: (Paso 6)

Corresponde a la longitud vertical expresada como pérdida de energía. El valor es el determinado en el paso 1**.**

hfv = paso (**1**) = 3 mca

Las pérdidas de energía vertical son: 3 mca.

Pérdidas de energía total: (Paso 7)

Sumatoria de todas las pérdidas de energía en la tubería. Dicho valor debe ser menor o igual a 6,1 mca.

HF = Paso (**5**) + Paso (**6**) = mca ≤ 6.1

HF= 0.287550 mca + 3 m = 3.0287550 mca

Al cumplir con las condiciones de los pasos 1 y 7, al no sobrepasar los 6.1 mca establecidos en el manual de bomberos 2020 se puede determinar la viabilidad del hidrante de succión.

4.3.5. Para el hidrante de succión con el sistema de bocatoma de fondo.

1. **Longitud vertical (Lv): (Paso 1)**

Lv = 2.3$m \leq 3$

La altitud que existe entre el pascón y la salida es de 2.3m de longitud vertical.

2. **Longitud horizontal (Lh): (Paso 2)**

Lh = 30 m

3. Longitud equivalente (Leq): (Paso 3)

Se establece la longitud equivalente de cada accesorio ubicado en la tubería desde la placa anti-vórtice hasta la salida del hidrante de succión utilizando los coeficientes de la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4: Pérdidas de energía para una tubería de hierro fundido en diferentes diámetros.

Diámetro (mm) / pulg	Perdidas de energía(P) m/m
150/6	0.092969
200/8	0.022900
254/10	0.007149

Fuente: Bomberos Costa Rica – Unidad de Ingeniería (2020)

Tabla 40. Cálculo de longitud de equivalente para accesorios

(a). Accesorio	(b). Cantidad	(c). Equivalencia (Tabla 4)	Leq (b) x (c)
Codo 90°	3	0.092969	0.278907
			(3) ΣLeq= 0.278907

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4. Longitud total de tubería (Lt): (Paso 4)

Se debe sumar los valores obtenidos en las ecuaciones del paso 1, 2 y 3.

Longitud total de tubería (Lt):

$\boldsymbol{Lt}$ = paso 1 + paso 2 + paso 3 = 2.3 + 30 + 0.278907 = 32.578907

$\boldsymbol{Lt}$=32.578907

5. Pérdidas de energía en el tramo de tubería total: (Paso 5)

Se debe multiplicar el valor obtenido en paso 4 por las pérdidas de energía (hf) ya determinadas en la siguiente tabla para una tasa de flujo de 63 l/s (1000 gpm) y tubería de hierro negro (coeficiente C= 120). (Ver tabla 4)

hf = $Paso\ 4\ x\ (P)$ = 32.578907 m * 0.092969 mca

hf = 3.028828 mca

6. Pérdidas de energía vertical: (Paso 6)

Corresponde a la longitud vertical expresada como pérdida de energía. El valor es el determinado en el paso 1.

hfv = paso 1 = 2.3 mca

7. Pérdidas de energía total: (Paso 7)

Sumatoria de todas las pérdidas de energía en la tubería. Dicho valor debe ser menor o igual a 6,1 mca.

HF = Paso 5 + Paso 6 = mca ≤ 6.1

HF= 3.028828 + 2.3 mca = **5.238828 mca**

HF= **5.238828 mca**

Al cumplir con las condiciones de los pasos 1 y 7, al no sobrepasar los 6.1 mca establecidos en el Manual de Bomberos (2020) se puede determinar la viabilidad del hidrante de succión.

4.3.6. Perdidas unitarias

Despejar J de la siguiente ecuación.

Ecuación 5. Pérdidas Unitarias

$$Q = 0{,}2785 * C * D * J^{0{,}54}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño, 31.55 l/s

C: Coeficiente de rugosidad, 120.

D: Diámetro interno de la tubería, 6 pulgadas.

J: Perdida de carga unitaria.

$$\left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}\right)^{\frac{1}{0.54}} =$$

$$\left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}\right)^{\frac{1}{0.54}} = 0.02383970309$$

Este resultado de perdida unitaria se multiplica por la distancia total de la tubería a utilizar:

Perdidas unitarias total = J * 33 m (totales): 0.786710202.

Una vez obtenido el valor total de las perdidas unitarias totales, se le suman las perdidas hidráulicas por accesorios.

Perdidas hidráulicas total: 0.786710202. + 5.238828.

Perdidas hidráulicas: 6.0255382 mca.

La pérdida de carga unitaria más la perdida por accesorios es de 6.0255382 mca, por lo tanto, sigue cumpliendo con la norma 2020 de no sobre pasar los 6.1 mca.

4.3.7. Periodo de retorno para el diseño del tanque de recolección y almacenamiento.

Tomando como de referencia la fórmula empleada para calcular el riesgo de que la obra falle durante su vida útil, que menciona se determina la selección del periodo de retorno a partir del resultado obtenido, usando como referencia periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años con un número de años de vida útil de 25, utilizando la fórmula que menciona (Rojas, 2011, p.6)

Ecuación 6. Factor de Riesgo

$$R = 1 - \ (1 - \frac{1}{T})^n$$

T = Período de retorno de un evento cualquiera

n = probabilidad de que el evento ocurra al menos una vez en n años sucesivos

Posteriormente la Tabla 41 muestra los resultados realizados en una tabla de Excel, donde se ingresan los diferentes periodos de retorno en la fórmula de factor de riesgo, dando como resultado el porcentaje de fallo de la obra.

Tabla 41. Resultados de cálculo de riesgo.

T	N	Resultado
5	25	100%
10	25	93%
25	25	64%
50	25	40%

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Con respecto a la tabla anterior, se llega a la conclusión que para el diseño de un sistema de agua pluvial con una vida útil 25 años, el periodo de retorno optimo de ser de 50 años, ya que da como resultado un 40% probabilidad de que la obra pueda fallar durante su vida útil.

Seguidamente se procede a calcula la intensidad de lluvia tomando en cuenta la información brindad en el punto 4.1.4 del presente proyecto.

4.3.8. Cálculo de intensidad de lluvia.

Tomando en cuenta el periodo de retorno y duración recomendada del articulo 9 mencionado en el punto 2.1.23 del presente proyecto se procede a utilizar la ecuación (4) de Intensidad de Lluvia, para determinar la precipitación de la estación pluviográfica 69-679.

Mediante la ecuación de la Intensidad de la lluvia.

$$I = \frac{199.06 * T^{0.141}}{D^{0.248}}$$

Donde

T= Periodo de retorno calculado en el punto 4.3.5 del presente proyecto.

D= La duración recomendada por el articulo 9 como se menciona en el punto 2.1.23 del presente proyecto.

$$I = \frac{199.06 * 50^{0.141}}{5^{0.248}}$$

$$I = 231.8431 \text{ mm/hr}$$

4.3.9. Dimensión de área a drenar.

Cada uno de los tanques de reserva, posee una fuente de recolección de agua pluvial por medio de techos de edificios para el diseño de un sistema pluvial de recolección, los cuales tienen dimensiones específicas que se detallan en la Tabla 42 a continuación.

Tabla 42. Dimensiones de techos de edificios.

Techos de edificios	a. Ancho (m)	L. Largo (m)	Área= L*a (m^2)	Dimensión de área (ha)
1.Iglesia (Hidrante 2)	5	15	75	0.0075
2.Escuela (hidrante 3)	10	20	200	0.02
3.ASADA (hidrante 5)	6	10	60	0.0060
4.Casa de habitación (Hidrante 7)	7	9	63	0.0063
5.Templo Bautista (Hidrante 8)	10	15	150	0.015

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.3.10. Cálculo de caudal de escorrentía.

Utilizando la ecuación (3) del Método Racional mencionada en el punto 2.1.21 del presente proyecto, calculamos el caudal de escorrentía.

Ecuación de método Racional

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q= Caudal de escorrentía ($\mathbf{m^3}$ /s)

C=Coeficiente de escorrentía (adimensional), seleccionado del punto 2.1.25 en la tabla 9

I= Intensidad de la lluvia de diseño (mm/hora), calculada en el punto 4.3.6

A= Área a drenar (hectáreas), calculadas en el punto 4.3.7

La Tabla 43 a continuación resume los valores obtenidos para calcular el caudal de escorrentía en diferentes condiciones o escenarios evaluados.

Tabla 43. Resultado del caudal de escorrentía

Sistema pluvial	Intensidad de lluvia	Coeficiente (C)	Área (ha)	$Q = \frac{C * I * A}{360}$
1	231.8431	0.85	0.0075 ha	0.0041 m^3
2	231.8431	0.85	0.02 ha	0.0109 m^3
3	231.8431	0.85	0.0060 ha	0.0033 m^3
4	231.8431	0.85	0.0063	0.0035 m^3
5	231.8431	0.85	0.015 ha	0.0082 m^3

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Por lo tanto, para llenar el tanque de reserva de 15 m^3 utilizamos la siguiente formula de la ecuación 7 a continuación.

Ecuación 7. Tiempo de llenado del tanque

$$Tiempo(s)\frac{Caudal(m^3)}{Volumen\ del\ tanque(m^3)}$$

La Tabla 44 posterior recopila los valores obtenidos de la fórmula de llenado de tanque, en los diferentes entornos de los sistemas pluviales utilizados en el diseño de la nueva red de hidrantes.

Tabla 44. Tiempo de llenado del tanque de reserva

Tanque de reserva	Q= Caudal (m^3/s)	Tiempo para llenar 15,000 L (s)	Tiempo para llenar 15,000 L (min)
		$T = \frac{\mathrm{V}(m^3)}{\mathrm{Q}\, m^3/S}$	$\frac{T(s)}{60\ s} = \min$
1	0.0041	3658.53	61
2	0.0109	1376.14	23
3	0.0033	4545.45	76
4	0.0035	4285.71	71
5	0.0082	1829.27	30

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

4.3.11. Estudio de viabilidad

Con forme al análisis detallado realizado y la memoria de cálculo expuesta, podemos decir que es un proyecto viable para la comunidad de Moreno Cañas, puesto que es necesario contar con carreteras, tuberías, cunetas y red de hidrantes seguras y optimas, para la seguridad de las personas, pensando también en la proyección de demanda poblacional, invertir en un proyecto el cual este diseñado para solventar también las necesidades futuras.

Por lo tanto, se determina que los tanques de recolección y almacenamiento de agua resultan ser una opción más rentable y más simples en términos de menor tiempo de diseño y construcción, además de una mejor viabilidad económica en comparación con la instalación de nuevos diámetros de tuberías en diferentes tramos de la red.

A continuación, en la Tabla 45 y 46, se puede comparar los presupuestos de materiales que requieren los diferentes métodos.

Tabla 45. Presupuesto de tubería de 6 y 4 pulgadas.

(A)Sección	(B) Material	(C) Largo por unidad	(D) Costo unitario por m	(E)Metros requeridos	(F) Costo total por sección/ E÷C*D
De H8-H9	Tubería 6 pulgadas SDR 41	6 m	₡ 129.500	1102.43 m	₡ 23.794.114
De H9-H10			₡ 129.500	1717.88 m	₡ 37.077.576
De punto H4 -H3	Tubería 4 pulgadas SDR		₡ 50.300	2113.09 m	₡ 17.714.737
				TOTAL	₡ 78.586.427

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J. (2024)

Tabla 46. Presupuesto de tanque de recolección y almacenamiento.

Material	Cantidad	Precio Unitario (colones)	Costo Total (colones)
Bloques	325	750	243,750
Varillas (número 3)	20	3,000	60,000
Cemento (sacos)	30	5,250	157,500
Membrana impermeabilizante	2	37,000	84,000
Alambre negro	4	600	2400
Mano de obra	-	-	550,000
Hidrante de succión	-	-	765,000
Total, para 1 Hidrante	-	-	1,862,650
Total, para 5 Tanques	-	-	9,313,250
Hidrante de succión (Sistema de bocatoma)	-	-	1,477,250
Total del proyecto			10,790,500

Fuente: Elaboración propia Méndez G, Murillo J. (2024)

Por otro lado, la viabilidad que brinda el proyecto a las ASADAS específicamente a la de Moreno Cañas, es el tema del ahorro de agua que brindan los tanques de recolección y almacenamiento, ya que el agua que utilizan los hidrantes actualmente son aguas tratadas y

potables, que generan un consumo para las ASADAS, el cual, nadie paga, provocando un gasto económico para la institución.

4.3.12. Análisis de resultados.

En este apartado se presenta un análisis de los resultados obtenidos con la aplicación de las fórmulas y metodologías descritas en el proyecto, con el fin de interpretar los valores obtenidos y elaborar una propuesta técnica para asegurar la viabilidad del proyecto.

Problemática en hidrantes 3, 6,7,8 9, 10.

Conforme a los cálculos realizados en las hojas de Excel y los resultados que anteriormente se presentaron en la tabla 37, se observa que en los hidrantes 3,5,6,7,8, 9 y 10 presentan presiones negativas en los tramos.

Causa del problema en el hidrante 3.

Como se muestra en la tabla 37, los tramos 4, 5, y 6, poseen un diámetro menor que en los tramos 1, 2 y 3, debido a este cambio de diámetro, se provoca un aumento significativo (en los tramos 4, 5 y 6) de las velocidades de flujo, del coeficiente de resistencia y de las pérdidas de carga al pasar el flujo de una tubería a otra, como consecuencia a eso la presión en el punto final del tramo 6 donde se encuentra el hidrante 3, presenta presiones negativas y una distribución inadecuada.

Recomendación al problema.

Para solventar este problema, la recomendación ante esta problemática es aumentar el diámetro de los tramos 4, 5 y 6 a un diámetro de 0,150 m. Los resultados de los cálculos con el nuevo diámetro lo muestran la Tabla 38, donde las pérdidas de carga y velocidades de flujo se regulan y logran alcanzar presiones positivas (como lo muestra la Tabla 41), pero por debajo del mínimo requerido (15 Psi) estipulado por el Manual de Bomberos de Costa Rica para la atención de emergencias contra incendios. Por lo tanto, es de suma importancia la recomendación técnica de colocar el tanque de recolección y almacenamiento, para un hidrante de succión el cual logre satisfacer los requerimientos del sistema de succión de la unidad de bomberos.

Causa del problema en los hidrantes 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

La tubería del tramo 8 a el tramo 12 presenta presiones negativas al haber un aumento de pérdidas de carga, esto debido al cambio de altura que existe en el trayecto de A-B, lo que provoca que la cota piezométrica tenga un valor menor a la altitud del punto B el cual sería el tramo 12, así mismo el flujo aumenta la velocidad y disminuye la presión.

Otra problemática la cual hace que ocurran presiones negativas es que el flujo pasa de tuberías de un mayor diámetro a tuberías de menor diámetro, por lo tanto, experimenta el mismo problema del hidrante 3, una incrementación de pérdidas de carga y del coeficiente de resistencia, al pasar de del tramo 12 al 13 y del 13 al 14.

Causando así presiones negativas en los hidrantes que están sobre esta ruta, como lo son el 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Recomendación para la ruta del tramo 8 al tramo 12.

Al aumentar el diámetro de únicamente el trayecto del tramo 8 a 0.150 m la velocidad va a disminuir y la presión va a aumentar, dando como resultado una presión más estable, que cumple con los estándares que solicita el Manual de Bomberos de Costa Rica.

Problemática en Hidrantes 9 y 10 que están sobre los tramos 13 y 14.

En los hidrantes 9 y 10, se identifica también que el flujo pasa de tuberías de un mayor diámetro a tuberías de menor diámetro, por lo tanto, experimenta el mismo problema del hidrante 3, una incrementación de pérdidas de carga y del coeficiente de resistencia al pasar de del tramo 12 al 13 de 0.1 mm a 0.075 mm y del 13 al 14 en 0.075 mm, causando así presiones negativas.

Recomendaciones en los hidrantes 9 y 10.

Se recomienda un aumento del diámetro de los tramos 12, 13 y 14 a 0,150 m y de esa manera obtener una presión estable y suficiente para el uso de hidrantes, ya que con este diámetro de tubería se estabilizan las pérdidas de cargas. Se realiza la propuesta de que el sistema que se vaya a instalar en el hidrante 9 sea uno de succión conectado a un tanque de recolección y almacenamiento, para satisfacer los requerimientos tanto de caudal como de presiones del sistema de succión de la unidad de bomberos.

Recomendación para la falta de caudal

Este análisis también revela una insuficiencia en el caudal en el momento de la atención de emergencias de incendios, para enfrentar esta situación, se realiza la propuesta de la instalación de hidrantes de succión conectados a tanques de recolección y almacenamiento en puntos estratégicos en la red, con una capacidad de almacenar 15 m^3 por cada tanque y con un suministro de 35,5 l/s durante 8 minutos concretando con una recomendación valida según los requerimientos del cuerpo de bomberos de costa rica.

Funcionamiento y configuración de este sistema de recolección y almacenamiento

Estos tanques están conectados a la red mediante una llave bypass, para estar a disposición y tener la posibilidad de mantener el tanque lleno durante el mayor tiempo posible, para en caso de emergencias más delicadas, se pueda garantizar una fuente adicional de agua para el abastecimiento de estos hidrantes.

Conclusión del análisis.

El análisis efectuado sugiere un aumento del diámetro en algunos de los tramos de la tubería y la instalación de tanques de almacenamiento, estas son soluciones viables para poder resolver los problemas de presiones negativas y se deberá buscar nuevas fuentes y suministros para poder cumplir con los caudales requeridos por el cuerpo de bomberos que son de 31,55 l/s), estas acciones pueden asegurar un suministro eficiente y confiable para los hidrantes, que puedan cumplir con los requerimientos y especificaciones de los bomberos de costa rica.

4.4. Aceptación o rechazo de la hipótesis

Se acepta la hipótesis planteada de la integración de tanques de reserva y la nueva red de hidrantes representa una mejora muy significativa en el abastecimiento de estos nuevos hidrantes de succión, esta mejora es de mucha importancia para asegurarle al cuerpo de bomberos un excelente caudal y presión durante la atención de emergencia de incendios.

Los análisis realizados, que contienen evaluaciones detalladas de precipitaciones de la zona, diseño estratégico de la ubicación de la nueva red de hidrantes, justifica que la incorporación de tanques de reserva y nuevos hidrantes no solo mejora la infraestructura de la comunidad de Moreno Cañas, sino que también ofrecerá un entorno más seguro para las personas frente a posibles emergencias contra incendios.

Finalmente, la integración de este proyecto va a permitir mantener un suministro optimo y seguro de agua, en situaciones exigentes, lo que es primordial para la efectividad en la respuesta contra incendios.

Capítulo 5: Limitaciones, conclusiones y recomendaciones.

5.1. Limitaciones

En la comunidad de Moreno Cañas en Upala, Alajuela Costa Rica, aún no cuenta con los permisos requeridos para poder ejecutar el proyecto, como ejemplo, los permisos de Dirección de Aguas.

La red de tuberías actual no cuenta con estudios técnicos y esta misma fue creada sin tener diseños hidráulicos.

Las tuberías en muchos tramos de la red del Acueducto de Moreno Cañas en el cantón de Upala no cuentan con dimensiones óptimas para abastecer los hidrantes ante una emergencia contra incendio.

Por la ubicación geográfica de la comunidad de Moreno Cañas, Upala, Alajuela, Costa Rica no se puede tener un promedio exacto de las lluvias y los caudales, factor que nos limita debido a las variaciones climáticas.

La ejecución de una nueva red de hidrantes puede verse limitada, debido a que las personas involucradas podrían verse afectadas por la incertidumbre respecto a la inversión y los beneficios a futuro, lo que puede dificultar su aplicación en la comunidad de Moreno Cañas, Upala.

Una limitación para la instalación de sistemas de captación de agua pluvial para abastecer tanques de reserva de hidrantes de succión es la falta de edificaciones institucionales públicas y privadas que otorguen permisos necesarios para la implementación del sistema de captación.

5.2. Conclusiones

- El análisis de las tuberías que conforman la red de hidrantes actual de Moreno Cañas, Upala, Alajuela, Costa Rica, concluye efectivamente especificando los caudales y presiones inadecuadas, además de infraestructura insuficiente, por incumplimiento con la Norma Técnica del AYA y Manual de Diseño de Hidrantes.
- Con el diseño de un sistema de bocatoma e hidrantes de succión con tanques de almacenamiento, se logró alcanzar las presiones requeridas para mejorar el abastecimiento de agua en la comunidad de Moreno Cañas, Upala, Alajuela.
- Se identificaron los puntos estratégicos de los tanques de almacenamiento de manera correcta, para que abastezcan y cubran áreas de riesgo contra incendio de manera eficaz y viable.
- El diseño de un sistema de recolección y almacenamiento de agua, que se ilustro mediante el software Civil 3D, abastece de manera eficiente los hidrantes de succión, cumpliendo con los requisitos hidráulicos establecidos por la Norma de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva (2020).
- El informe de viabilidad, junto con la memoria de los cálculos realizados, concluyen de manera positiva justificando cada técnica y herramienta utilizada para el proceso de desarrollo del proyecto, tanto para el diseño de la nueva red de hidrantes como para la aplicación de esta en un futuro.
- Debido a los resultados obtenidos los hidrantes de la red actual en la Comunidad de Moreno Cañas, Upala, no están operando al 100% debido a la insuficiencia de infraestructura y falta de caudal en el sistema de tuberías.
- Tomando en cuenta los resultados de cálculos hidráulicos, la red de hidrantes actual presenta presiones negativas, debido al cambio dimensional de las tuberías que

existe a lo largo sus tramos; generando alteraciones en las velocidades de fluido, que actúan sobre las tuberías.

- Las precipitaciones de la zona de Upala, Alajuela, Costa Rica, son muy escasas en temporadas de verano y muy intensas en temporadas de invierno, por lo que es importante aprovechar el recurso de aguas llovidas.
- La red nueva de hidrantes con la implementación de tanques de almacenamiento permite una funcionalidad óptima de los hidrantes sin que se vea afectado el caudal de demanda de la comunidad de Moreno Cañas, Upala, garantizando así una respuesta eficaz ante emergencias sin comprometer el suministro regular de agua a los habitantes.

5.3. Recomendaciones

- Se recomienda a la ASADA de Moreno Cañas, Upala, buscar nuevas fuentes de suministro de agua en el tanque de distribución del acueducto, con el fin de mejorar la insuficiencia de caudal que actualmente presentan los hidrantes de cabezote en la comunidad.
- Se recomienda a la Municipalidad de Upala, Alajuela, Costa Rica, y a la ASADA de Moreno Cañas, evaluar un proyecto para el aumento del diámetro de la tubería de la

red de agua potable, esta iniciativa permite resolver la insuficiencia de distribución de agua de la comunidad.

- . Es fundamental que la ASADA Moreno Cañas se apegue a las normas y manuales establecidos por el AYA para los proyectos futuros, para asegurar que los trabajos se realicen con la calidad necesaria y garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos, así como el funcionamiento óptimo del Acueducto a largo plazo.
- Como punto importante se recomienda a la municipalidad de Upala, realizar un proyecto sobre la mejora de infraestructura de las calles públicas de la Comunidad de Moreno Cañas, Upala, como asfaltar las calles, sus respectivas cunetas y señalización para mejorar la seguridad de los vehículos y peatones, además de facilitar el acceso en épocas de lluvia y prevenir accidentes.
- Tanto para la red de hidrantes actual, como para la futura, en caso de ejecutar el proyecto de mejora, se debe establecer un plan de mantenimiento para los hidrantes de cabezote, succión, sistemas de captación de aguas llovida y tanques de almacenamiento, para garantizar un funcionamiento óptimo y una mayor durabilidad de la red.
- En caso de que existan fugas en la red de hidrantes, se recomienda realizar cada 4 meses un manteniendo a los hidrantes, donde incluya realizar pruebas de presión, para poder asegurar una adecuada atención en caso de emergencia contra incendio.

Referencias bibliográficas

AYA. (2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial.* Recuperado de: https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf

Blaz, A. (2023). *Cálculo del Coeficiente «C» de Hazen – Williams.* Recuperado de: https://www.faneci.com/calculo-del-coeficiente-c-de-hazen-williams/

Blog de CEUPE. (2024). *QGIS: ¿Qué es y qué ventajas ofrece?* Recuperado de: https://www.ceupe.com/blog/qgis.html

Bomberos Costa Rica - Unidad de Ingeniería. (2020). *Manual de diseño de hidrantes y tanques de reserva.* Recuperado de: https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2023/12/Manual-de-DisenTHo-de-Hidrantes-y-Tanques-de-Reserva-V2020-.pdf

Bomberos Costa Rica. (2022). *Reglamento a la Ley de Hidrantes 8641.* Recuperado de: https://www.bomberos.go.cr/reglamento-a-la-ley-de-hidrantes-8641/

Castillo, G. (2011). *Aducción por bombeo*. [Diapositivas PowerPoint]. Recuperado de: https://es.slideshare.net/slideshow/272728484-aduccionporbombeotema52-1/230636282#3

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (CFIA). Artículo 9.3 – 3. Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 7 de febrero del 2017.

Editorial Etecé. (2024). *Método cuantitativo*. Recuperado de: https://concepto.de/metodo-cuantitativo/

EspacioBIM. (2020). *Civil 3D, de Autodesk ¿qué es Civil 3D?*. Recuperado de: https://www.espaciobim.com/civil-3d#:~:text=CIVIL%203D%20ES%20UN%20SOFTWARE,TRABAJO%20EN%20UN%20ENTORNO%20BIM.&text=Tambi%C3%A9n%20conocido%20como%20AutoCAD%20Civil,para%20proyectos%20de%20obra%20civil

Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación.* Recuperado de: https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Glosario de Riesgo. (2024). *Coeficiente de escorrentía*. Recuperado de: https://www.riego.org/glosario/coeficiente-de-escorrentia/

Gur, E., Spuhler, D. (2018). *Red de distribución comunitaria*. Recuperado de: https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria#:~:text=Una%20red%20de%20distribuci%C3%B3n%20es,agua%20comunitaria%20o%20conexiones%20domiciliarias.

Hernández, R. (2019). *Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las ASADAS.* Recuperado de: https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Aspectos%20B%C3%A1sicos%20de%20las%20ASADAS.pdf

Herrera, J. (2019). *Más del 80% de los hidrantes del país no cumplen con los requerimientos de ley.* Recuperado de: https://www.teletica.com/nacional/mas-del-80-de-los-hidrantes-del-pais-no-cumplen-con-los-requerimientos-de-ley_219610

Ley N°42582 – S – MINAE. Reglamento de las Asociaciones Administrativas de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunes. Sistema Costarricense de Información Jurídica, San José, Costa Rica, 11 de agosto de 2020.

MINAE – SINAC – GIZ. (2021). *Proyecto Biodiver_City.* [Diapositivas PowerPoint]. Recuperado de: https://biocorredores.org/biodiver-city-sanjose/sites/default/files/2021-10/07-Recolector%20de%20Agua%20de%20lluvia%20DIGITAL.PDF

Molina, J. (2014). *Manual para docentes. Conservación y uso sostenible ecosistémico del agua*. Recuperado de: https://www.aya.go.cr/interactivo/materialDocentes/El%20Agua.pdf

Ortiz, W., Velandia, W. (2017). *Propuesta para la captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua.* (trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia: Bogotá. Recuperado de: https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/131b854b-ac22-471f-b443-3844546f04f8/content

Paniagua, H., Rodríguez, N., Navarro, M. (2018). *Guía de trabajo para ASADAS.* Recuperado de: https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/GIRA%20-%20Gu%C3%ADa%20de%20uso%202024.pdf

Pérez, L. (2018). *Conducción por gravedad*. Recuperado de: https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conducci%C3%B3n-por-gravedad#:~:text=Un%20sistema%20de%20conducci%C3%B3n%20por,requerimientos%20f%C3%ADsicos%2C%20qu%C3%ADmicos%20y%20bacteriol%C3%B3gicos

Reglamento N° 248. Normas para el Diseño de Proyectos de abastecimiento de Agua Potable en Costa Rica, San José, Costa Rica, 13 de setiembre de 2001.

Rojas, N. (2011). *Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas*.

SAGARPA. Martínez, Fernández (2011). *Líneas de conducción por gravedad.* Recuperado de: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conducc%C3%ADon%20por%20gravedad..pdf

Todo agua. (2022). *Cómo recoger el agua de lluvia*. Recuperado de: https://www.todoagua.es/como-recoger-agua-lluvia-pluvial/#:~:text=El%20agua%20de%20lluvia%20puede,de%20almacenamiento%20ser%C3%A1%20m%C3%A1s%20limitado

Tu tiempo. (s.f). Intensidad de precipitación. Recuperado de: https://www.tutiempo.net/meteorologia/diccionario/intensidad-de-precipitacion.html

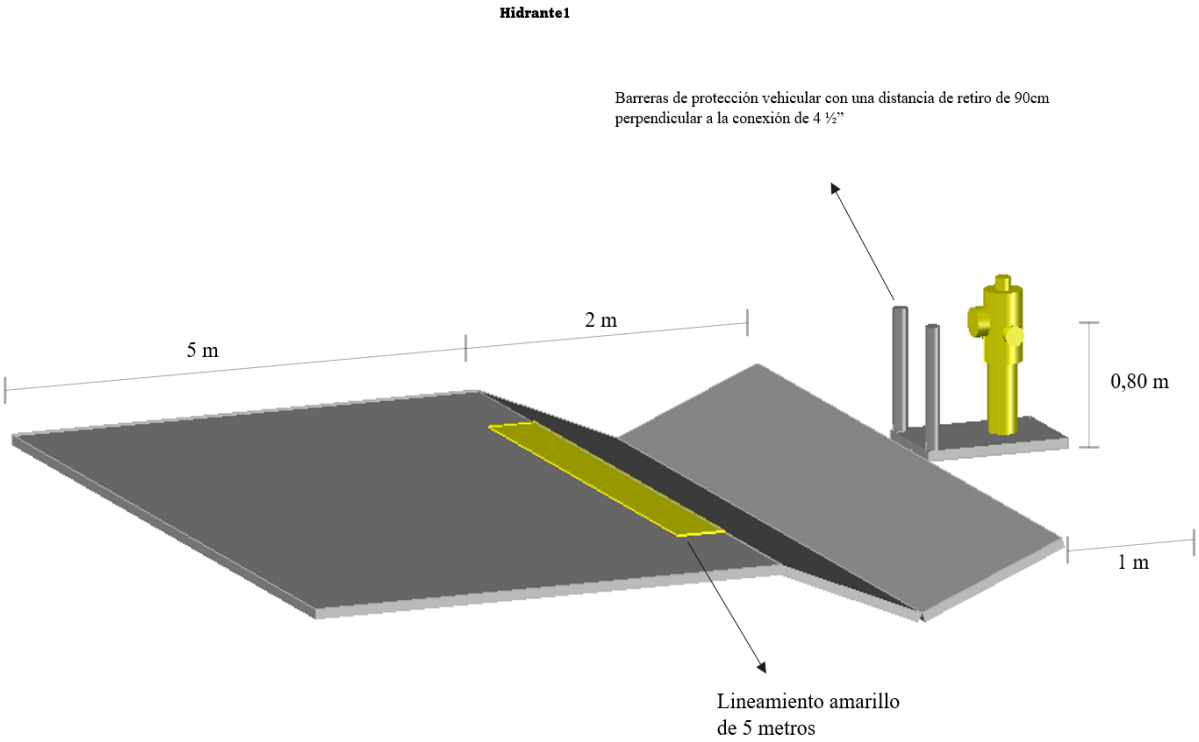
Tutoriales Ingeniería Civil. (2012). Determinación de Caudales Máximos con el Método Racional. Recuperado de: https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/determinacion-de-caudales-maximos-con-el-metodo-racional/

Valdivielso, A. (s.f.*). ¿Qué es un caudal?* Recuperado de: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal#:~:text=El%20termino%20caudal%20significa%3A%20volumen,y%20el%20tiempo%20en%20segundos

Anexos

Anexo 1.

Se muestra en 3D la dimensión y ubicación del hidrante 1, respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 2.

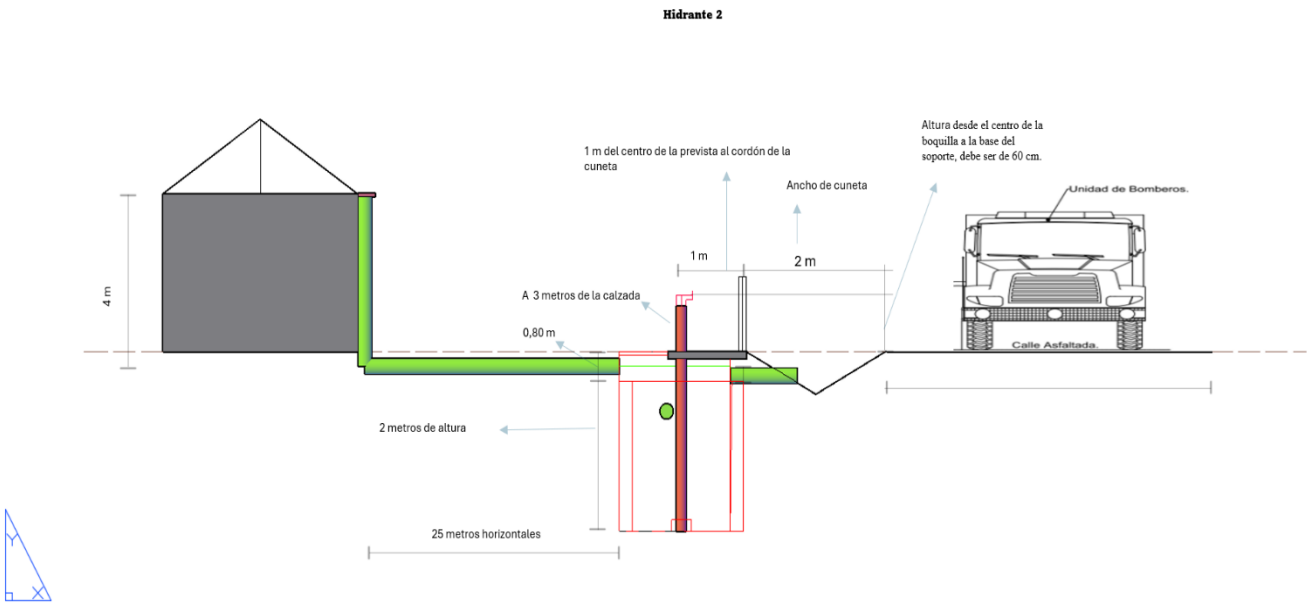
A continuación, se muestra el estado actual del Hidrante 1



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 3.

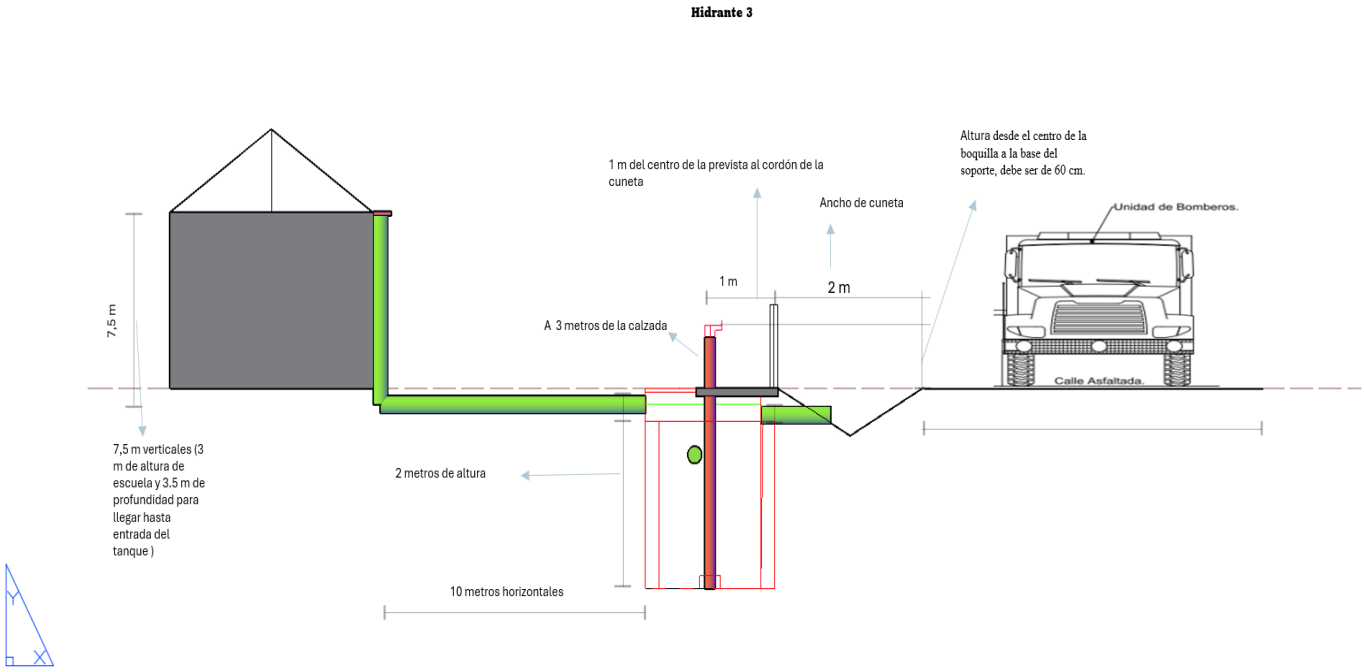
Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 2 respecto a la calzada y a la infraestructura donde se recolecta el agua pluvial.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 4.

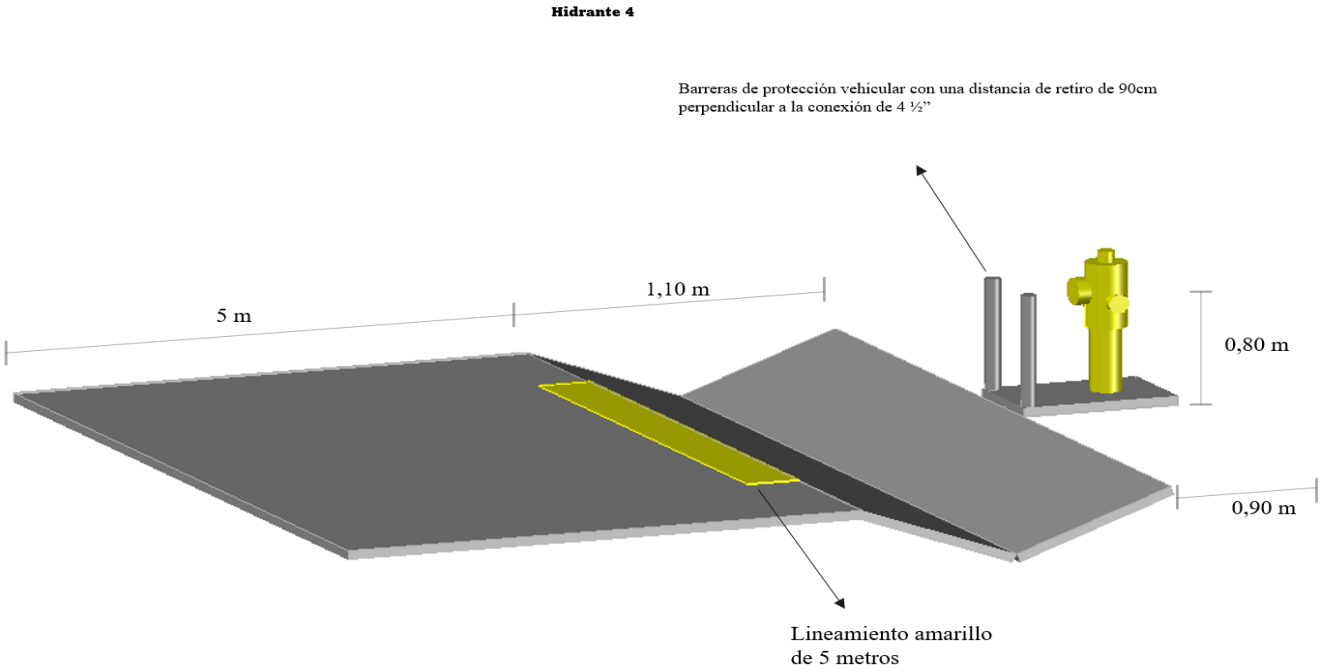
Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 3 respecto a la calzada y a la infraestructura donde se recolecta el agua pluvial.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 5.

Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 4 respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 6.

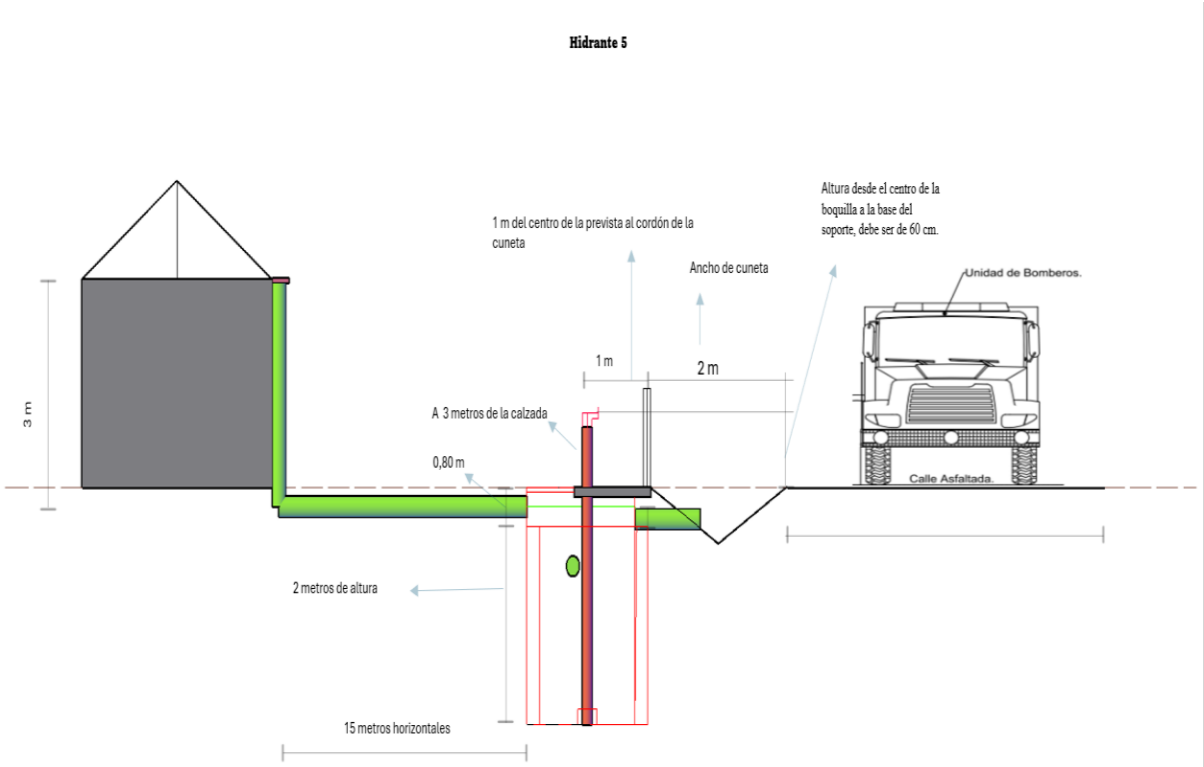
A continuación, se muestra el estado actual del Hidrante 4.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 7.

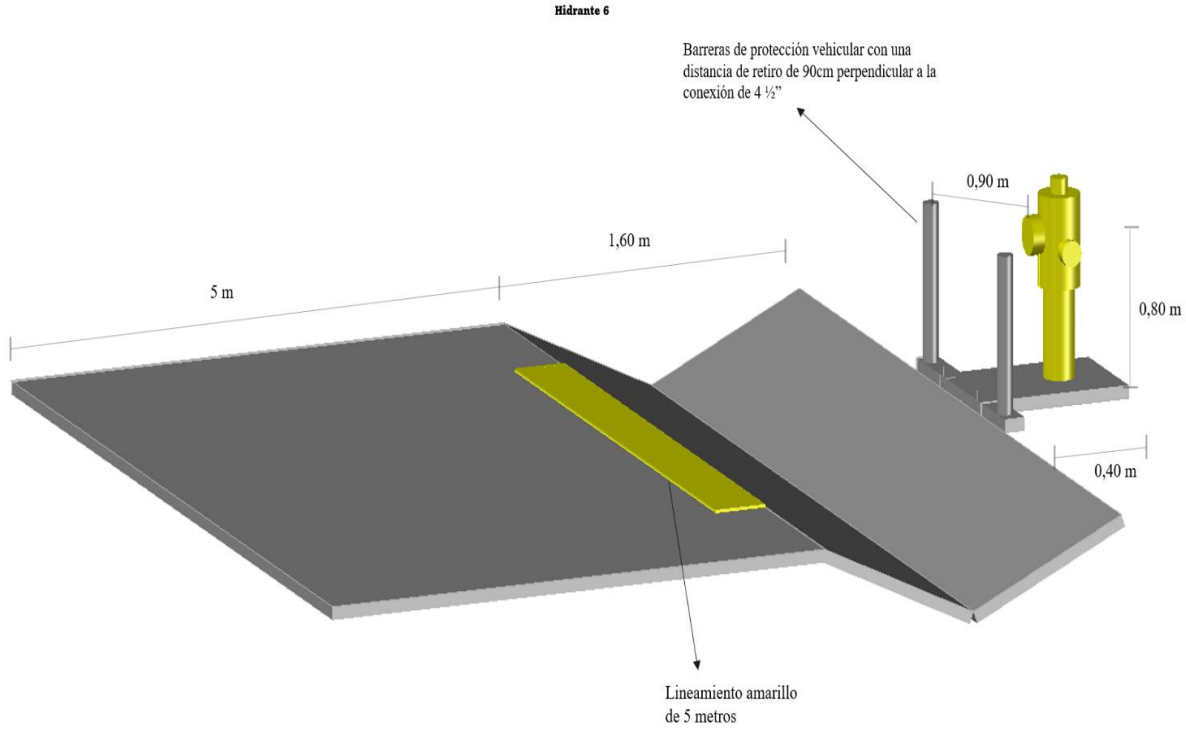
Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 5 respecto a la calzada y a la infraestructura donde se recolecta el agua pluvial.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 8.

Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 6 respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 9.

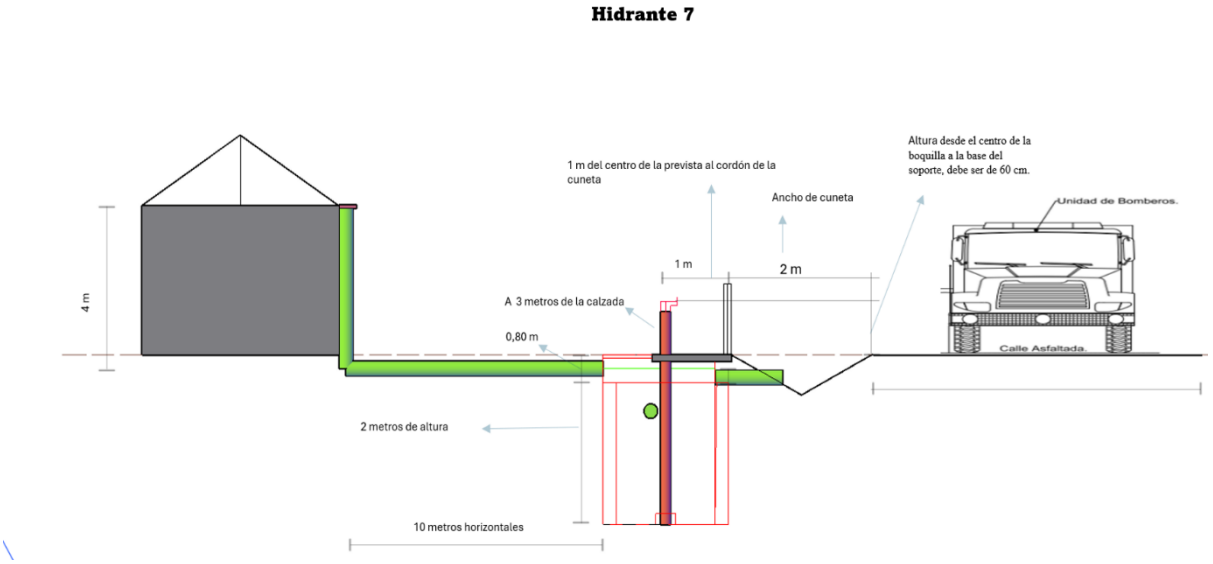
A continuación, se muestra el estado actual del Hidrante 6.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 10.

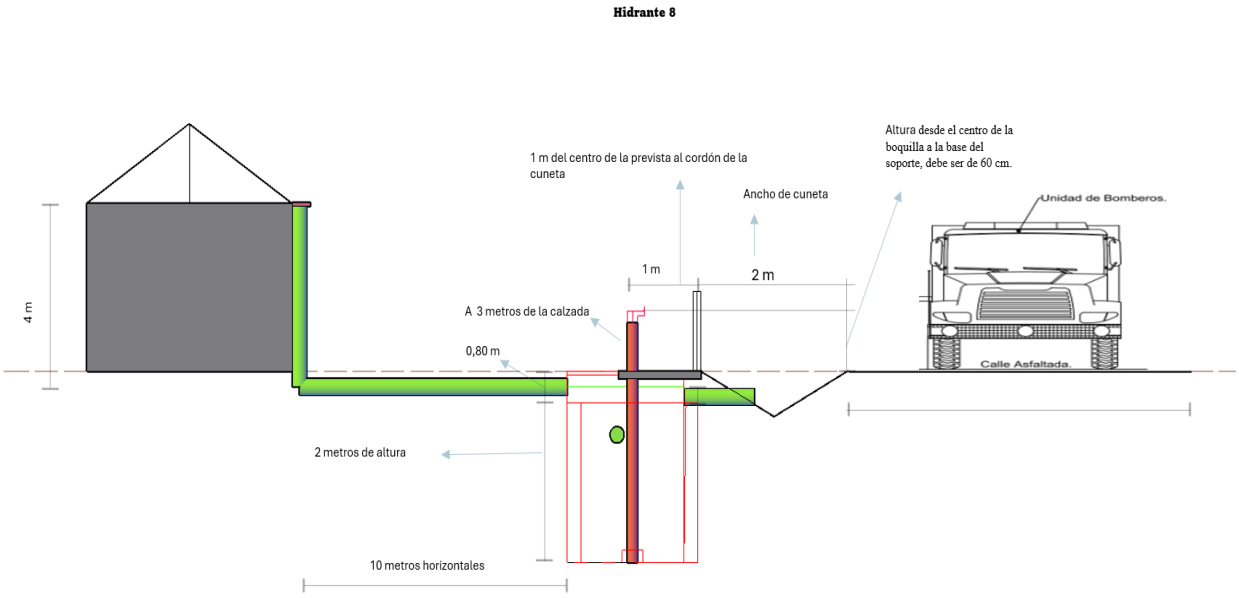
Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 7 respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 11.

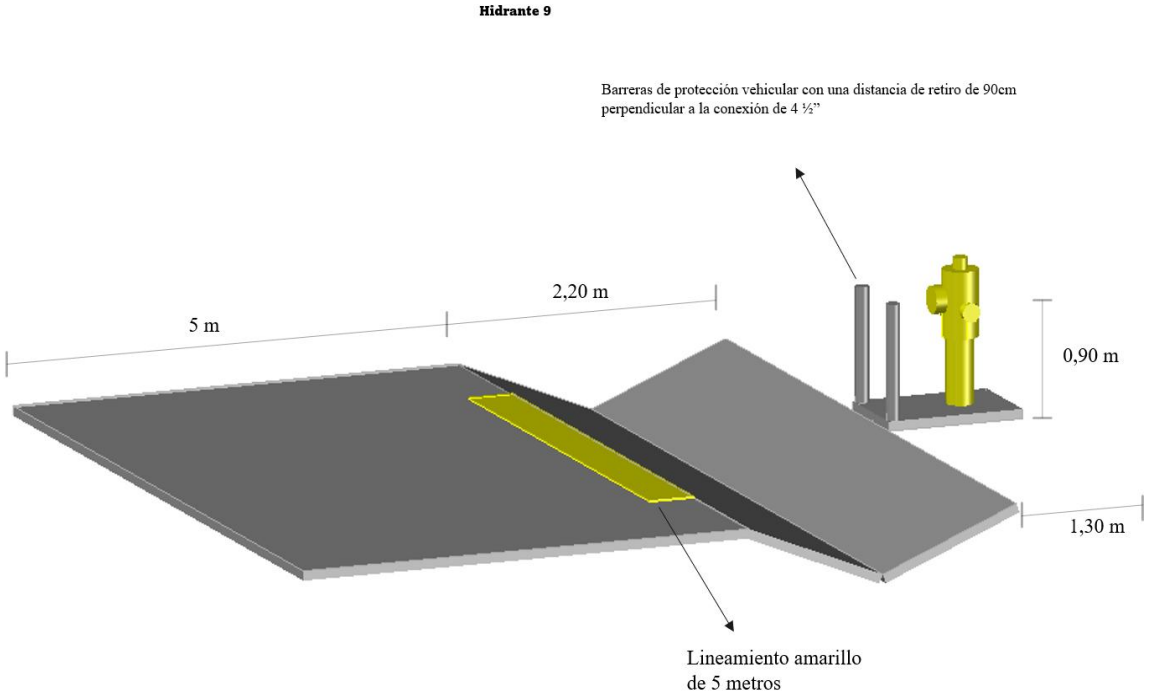
Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 8 respecto a la calzada y a la infraestructura donde se recolecta el agua pluvial.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 12

Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 9 respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 13

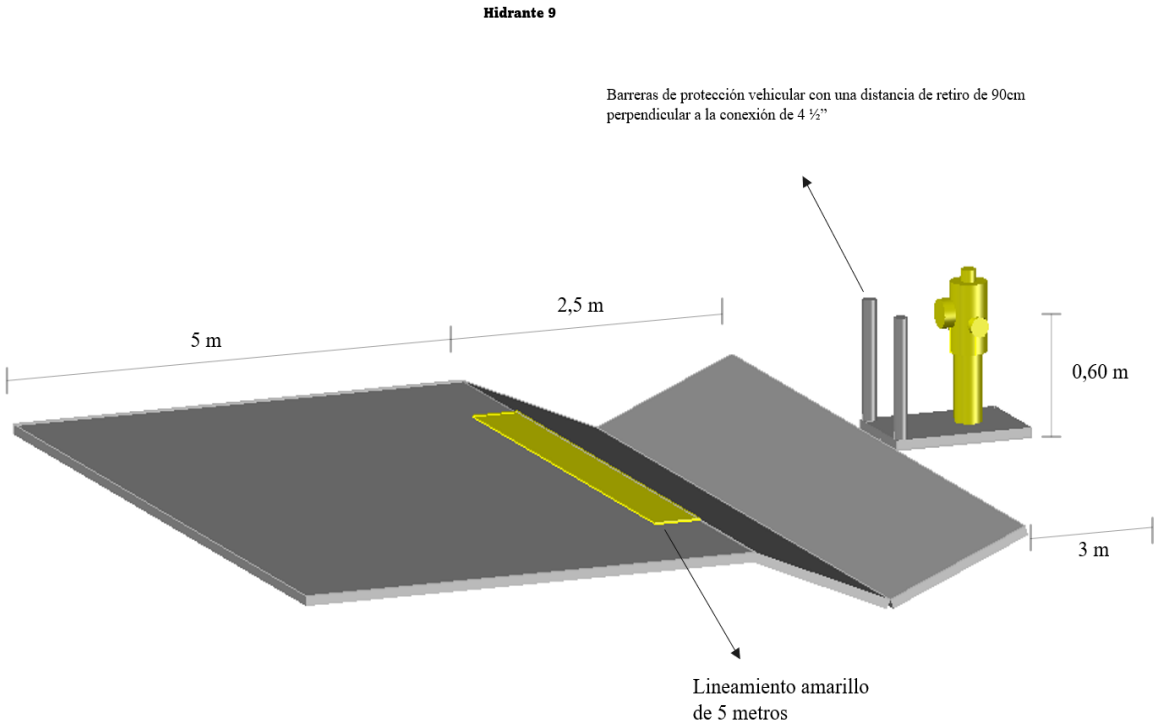
A continuación, se muestra el estado actual del Hidrante 9.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 14

Se muestra la dimensión y ubicación del hidrante 10 respecto a la calzada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 15.

A continuación, se muestra el estado actual del Hidrante 10.

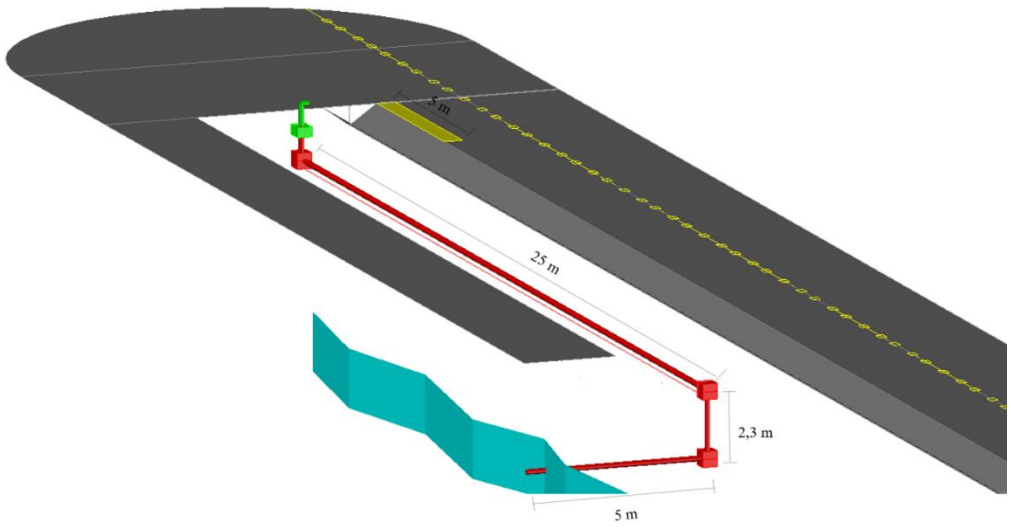


Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 16

Se muestra en la siguiente imagen las especificaciones dimensionales y ubicación del hidrante 11 de Sistema Bocatoma, respecto a la calzada y a la fuente hídrica (río) de la cual se abastece.

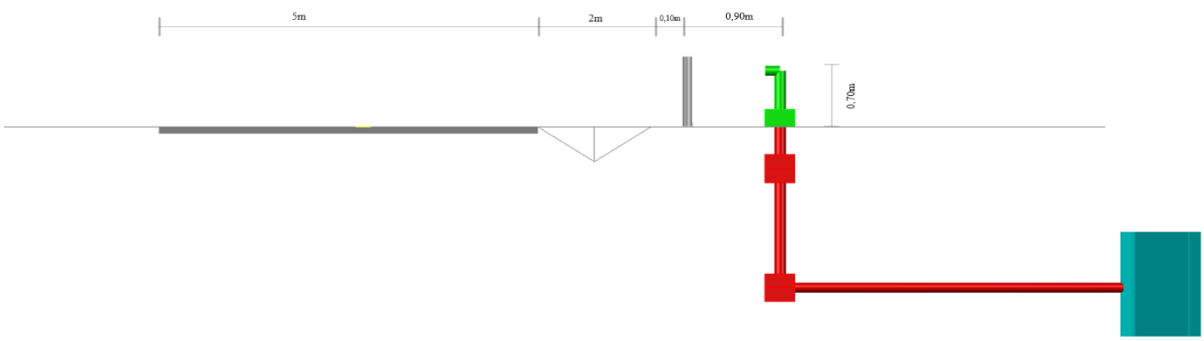
Vista en 3D, del sistema completo desde la fuente hídrica hasta el hidrante de succión.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 17

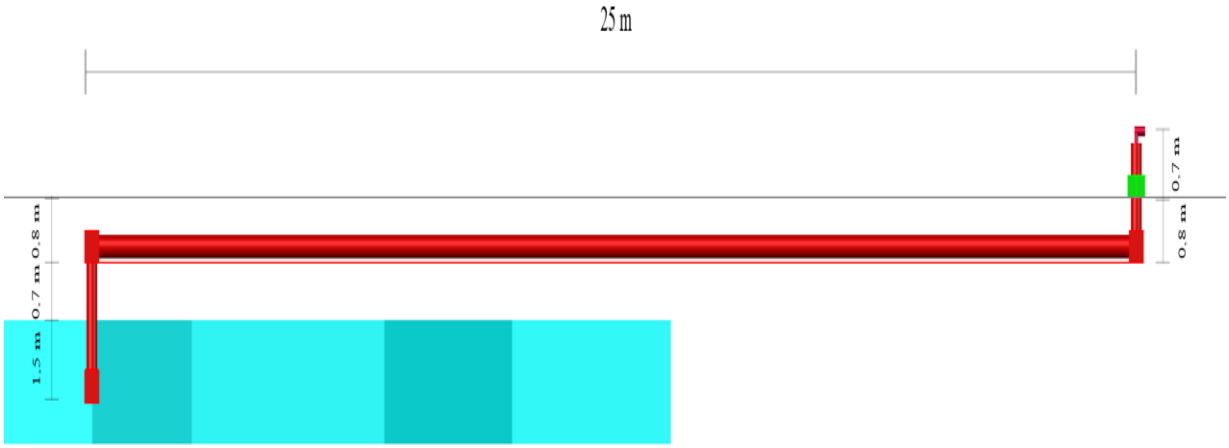
Vista lateral de Sistema de Bocatoma.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 18.

Vista Frontal de sistema de Bocatoma.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 19.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 1 y 2 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 1 de tanque-h1		
Longitud	2063,05	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A	143,46	msnm
Punto B	93,2	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	27547,783	
Perdida de carga (hf)	5,49650532	m
Presion de llegada	44,7634947	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	137,963495	msnm
Presion de llegada	63,5641624	Psi
Tramo 2 de h1-h2		
Longitud	616,93	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	137,963495	msnm
Punto B	83,31	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	8237,82931	
Perdida de carga (hf)	1,64366304	m
Presion de llegada	53,0098316	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	136,319832	msnm
Presion de llegada	75,2739609	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 20.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 3 y 4 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 3 de h2- P 305		
Longitud	1522,81	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	136,319832	msnm
Punto B	70,011	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	146482,941	
Perdida de carga (hf)	29,2271892	m
Presion de llegada	37,0816424	mca
Coeficiente de H-W	130	
Hl	107,092642	msnm
Presion de llegada	52,6559323	Psi
Tramo 4 305-450		
Longitud	1013,1	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	107,092642	msnm
Punto B	60,41	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	97452,6484	
Perdida de carga (hf)	19,4443597	m
Presion de llegada	27,2382827	mca
Coeficiente de H-W	130	
Hl	87,6482827	msnm
Presion de llegada	38,6783615	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 21.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 5 y 6 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 5 450-483		
Longitud	581,06	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	87,6482827	msnm
Punto B	55,57	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	55893,6294	
Perdida de carga (hf)	11,1522452	m
Presion de llegada	20,9260375	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	76,4960375	msnm
Presion de llegada	29,8939835	
Tramo 6 de 483-h3		
Longitud	518,93	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	76,4960375	msnm
Punto B	62,03	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	49917,1877	
Perdida de carga (hf)	9,95978835	m
Presion de llegada	4,50624916	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	66,5362492	Psi
Presion de llegada	6,39887381	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 22.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 7 y 8 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 7 De 305-h4		
Longitud	99,7	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	107,092642	msnm
Punto B	71,76	msnm
Velocidad	0,09898089	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	9590,39488	
Perdida de carga (hf)	1,91353535	m
Presion de llegada	33,4191071	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	107,075695	msnm
Presion de llegada	47,4551321	Psi
Tramo 8 De h4-698		
Longitud	2234,47	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	107,075695	msnm
Punto B	67,24	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	29836,744	
Perdida de carga (hf)	5,95321308	m
Presion de llegada	33,8824815	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	101,122481	msnm
Presion de llegada	48,1131237	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 23.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 9 y 10 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 9 De 698-h5		
Longitud	39,73	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	101,122481	msnm
Punto B	67,37	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	3821,72907	
Perdida de carga (hf)	0,7625352	m
Presion de llegada	32,9899463	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	100,359946	msnm
Presion de llegada	46,8457237	Psi
Tramo 10 de 698-h6		
Longitud	304,51	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	100,359946	msnm
Punto B	66,87	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	29291,5862	
Perdida de carga (hf)	5,84443981	m
Presion de llegada	27,6455065	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	94,5155065	msnm
Presion de llegada	39,2566192	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 24.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 11 y 12 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 11 de h6-h7		
Longitud	214,24	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	94,515506	msnm
Punto B	65,6	msnm
Velocidad	1,2738854	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	20608,287	
Perdida de carga (hf)	4,1118938	m
Presion de llegada	24,803613	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	90,403613	msnm
Presion de llegada	35,22113	Psi
Tramo 12 de h7-h8		
Longitud	693,04	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	90,403613	msnm
Punto B	63,7	msnm
Velocidad	1,2738854	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	66665,268	
Perdida de carga (hf)	13,30147	m
Presion de llegada	13,402143	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	77,102143	msnm
Presion de llegada	19,031043	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 25.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 13 y 14 de la red de tuberías optimizada.

Tramo 13 de h8-h9		
Longitud	1102,43	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	77,1021429	msnm
Punto B	61,7	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	14720,6817	
Perdida de carga (hf)	2,93716215	m
Presion de llegada	12,4649807	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	74,1649807	msnm
Presion de llegada	17,7002726	Psi
Tramo 14 de h9-h10		
Longitud	1717,88	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	74,1649807	msnm
Punto B	58,5	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	22938,7487	
Perdida de carga (hf)	4,57688208	m
Presion de llegada	11,0880986	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	69,5880986	msnm
Presion de llegada	15,7451001	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 26.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 1 y 2 de la red de tuberías actual.

Tram 1 Tanque-h1		
Longitud	2063,05	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A	143,46	msnm
Punto B	93,2	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	27547,783	
Perdida de carga (hf)	5,49650532	m
Presion de llegada	44,7634947	mca
Coeficiente de H-W	140	
HI	137,963495	msnm
Presion de llegada	63,5641624	Psi
Tramo 2 de h1-h2		
Longitud	616,93	m
Diametro	0,15	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	137,963495	msnm
Punto B	83,31	msnm
Velocidad	0,56617127	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	8237,82931	
Perdida de carga (hf)	1,64366304	m
Presion de llegada	53,0098316	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	136,319832	msnm
Presion de llegada	75,2739609	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 27.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 3 y 4 de la red de tuberías actual.

Tramo 3 de h2- P 305		
Longitud	1522,81	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	136,319832	msnm
Punto B	70,011	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	146482,941	
Perdida de carga (hf)	29,2271892	m
Presion de llegada	37,0816424	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	107,092642	msnm
Presion de llegada	52,6559323	Psi
Tramo 4 305-4	2,5 pulg	
Longitud	1013,1	m
Diametro	0,063	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	107,092642	msnm
Punto B	60,41	msnm
Velocidad	3,20958768	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	924709,183	
Perdida de carga (hf)	184,503739	m
Presion de llegada	-137,821096	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	-77,4110961	msnm
Presion de llegada	-195,705956	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 28.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 5 y 7 de la red de tuberías actual.

Tramo 5 450-483		
Longitud	581,06	m
Diametro	0,05	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	-77,4110961	msnm
Punto B	55,57	msnm
Velocidad	5,0955414	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	1634475,4	
Perdida de carga (hf)	326,120718	m
Presion de llegada	-459,101814	mca
Coeficiente de H-W	130	
Hl	-248,709622	msnm
Presion de llegada	-432,077063	Psi
Tramo 6 de 483-504		
Longitud	518,93	m
Diametro	0,038	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	-248,709622	msnm
Punto B	62,03	msnm
Velocidad	8,82192071	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	5555254,94	
Perdida de carga (hf)	1108,41908	m
Presion de llegada	-1419,1587	mca
Coeficiente de H-W	130	
Hl	-859,709461	Psi
Presion de llegada	-1308,87003	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 29.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 7 y 8 de la red de tuberías actual.

Tramo 7 De 305-h4		
Longitud	99,7	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	107,0926424	msnm
Punto B	71,76	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	9590,394877	
Perdida de carga (hf)	1,913535348	m
Presion de llegada	35,31569455	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	105,1791071	msnm
Presion de llegada	47,45513206	Psi
Tramo 8 De h4-698		
Longitud	2234,47	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	105,1791071	msnm
Punto B	67,24	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	214939,3143	
Perdida de carga (hf)	42,88603139	m
Presion de llegada	-4,94692431	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	62,29307569	msnm
Presion de llegada	-7,02463252	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 30.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 9 y 10 de la red de tuberías actual.

Tramo 9 De 698-h5		
Longitud	39,73	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	68,29307569	msnm
Punto B	67,37	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	3821,729072	
Perdida de carga (hf)	0,762535199	m
Presion de llegada	37,18194723	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	67,53054049	msnm
Presion de llegada	0,2279675	Psi
Tramo 10 de 698-h6		
Longitud	304,51	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	68,29307569	msnm
Punto B	66,87	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	29291,5862	
Perdida de carga (hf)	5,844439809	m
Presion de llegada	-4,42136412	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	62,44863588	msnm
Presion de llegada	-6,27833705	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 31.

A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 11 y 12 de la red de tuberías actual.

Tramo 11 de h6-h7		
Longitud	214,24	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	62,44863588	msnm
Punto B	65,6	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	20608,28684	
Perdida de carga (hf)	4,111893812	m
Presion de llegada	-7,26325793	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	58,33674207	msnm
Presion de llegada	-10,3138263	Psi
Tramo 12 de h7-h8		
Longitud	693,04	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	58,33674207	msnm
Punto B	63,7	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	66665,26846	
Perdida de carga (hf)	13,30146979	m
Presion de llegada	-18,6647277	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	45,03527228	msnm
Presion de llegada	-26,5039134	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 32.

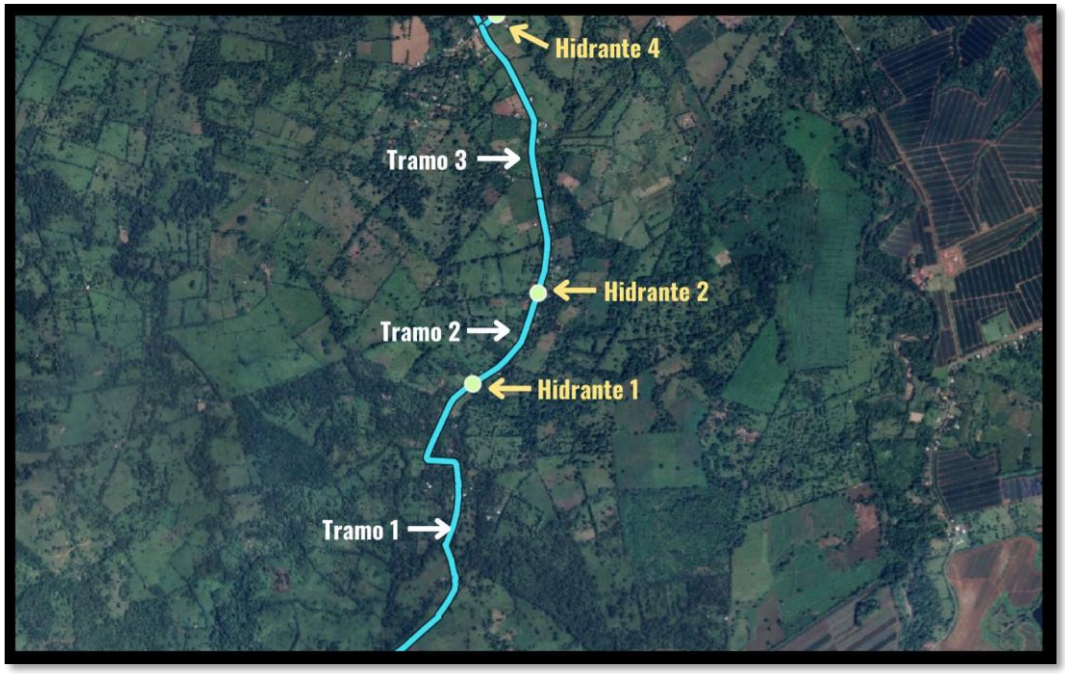
A continuación, se recopila la información los resultados de los cálculos de velocidades y presiones de los tramos 13 y 14 de la red de tuberías actual.

Tramo 13 de h8-h9		
Longitud	1102,43	m
Diametro	0,1	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	45,03527228	msnm
Punto B	61,7	msnm
Velocidad	1,27388535	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	106045,5268	
Perdida de carga (hf)	21,15886433	m
Presion de llegada	-37,823592	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	23,87640795	msnm
Presion de llegada	-53,7095007	Psi
Tramo 14 de h9-h10		
Longitud	1717,88	m
Diametro	0,075	m
Caudal	0,01	m3/s
Punto A (hi anterior)	23,87640795	msnm
Punto B	58,5	msnm
Velocidad	2,264685067	m/s
Coeficiente Resistencia (k)	670788,7986	
Perdida de carga (hf)	133,8399611	m
Presion de llegada	-168,463553	mca
Coeficiente de H-W	130	
HI	-109,963553	msnm
Presion de llegada	-239,218245	Psi

Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 33.

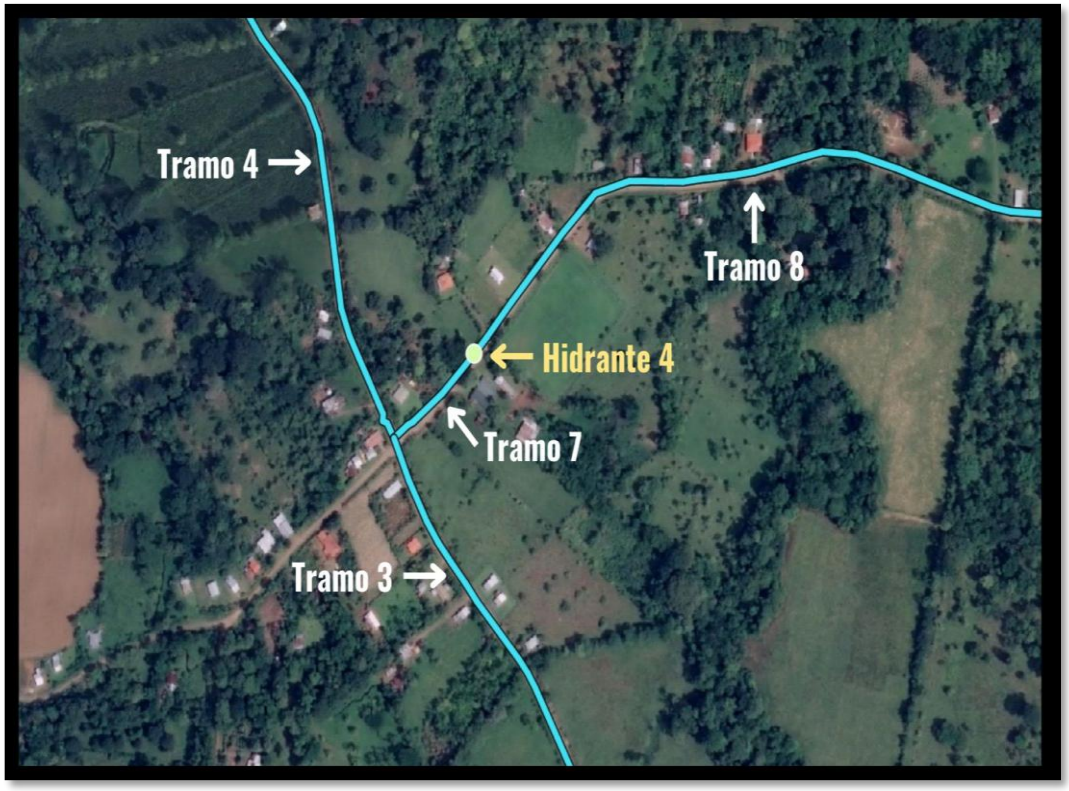
A continuación, se muestran los recorridos de los tramos 1,2 y 3 y la ubicación geográfica de los hidrantes 1, 2 y 4 que conforman la red de hidrantes optimizada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 34

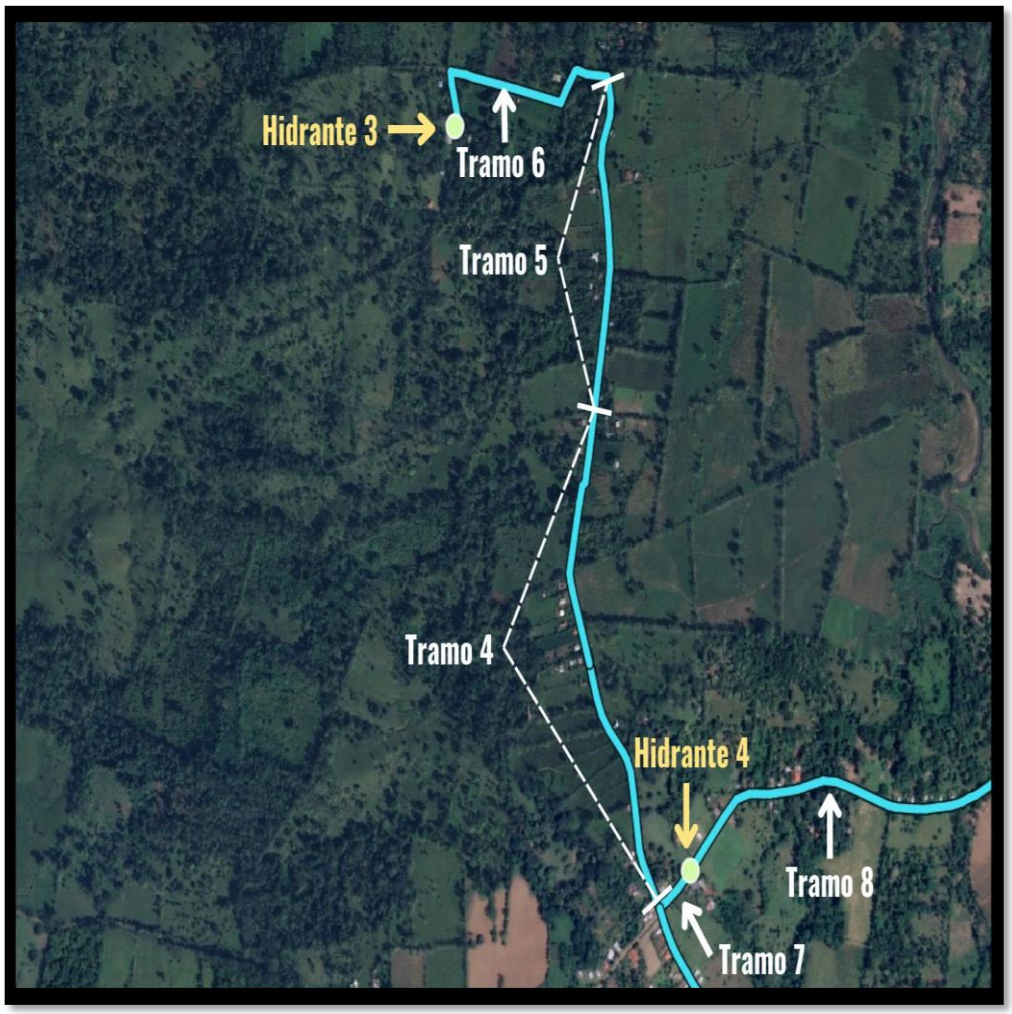
A continuación, se muestran los recorridos de los tramos 3, 4, 7 y 8 y la ubicación geográfica de los hidrantes 4 que conforman la red de hidrantes optimizada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 35.

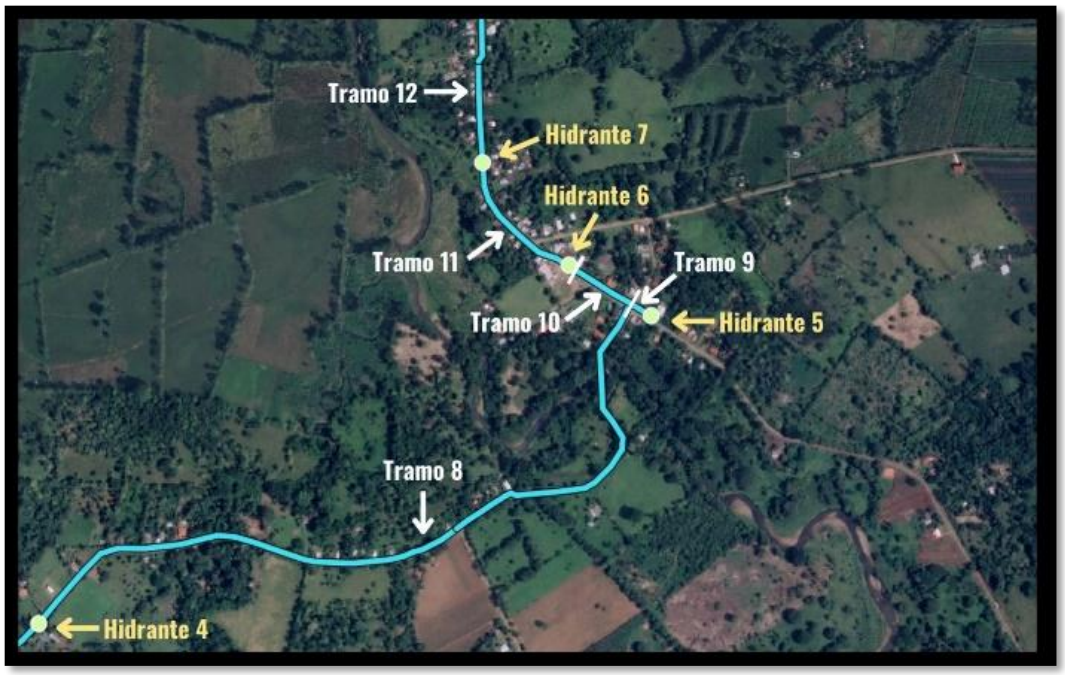
A continuación, se muestran los recorridos de los tramos 4, 5, 6, 7 y 8 y la ubicación geográfica de los hidrantes 3 y 4 que conforman la red de hidrantes optimizada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 36.

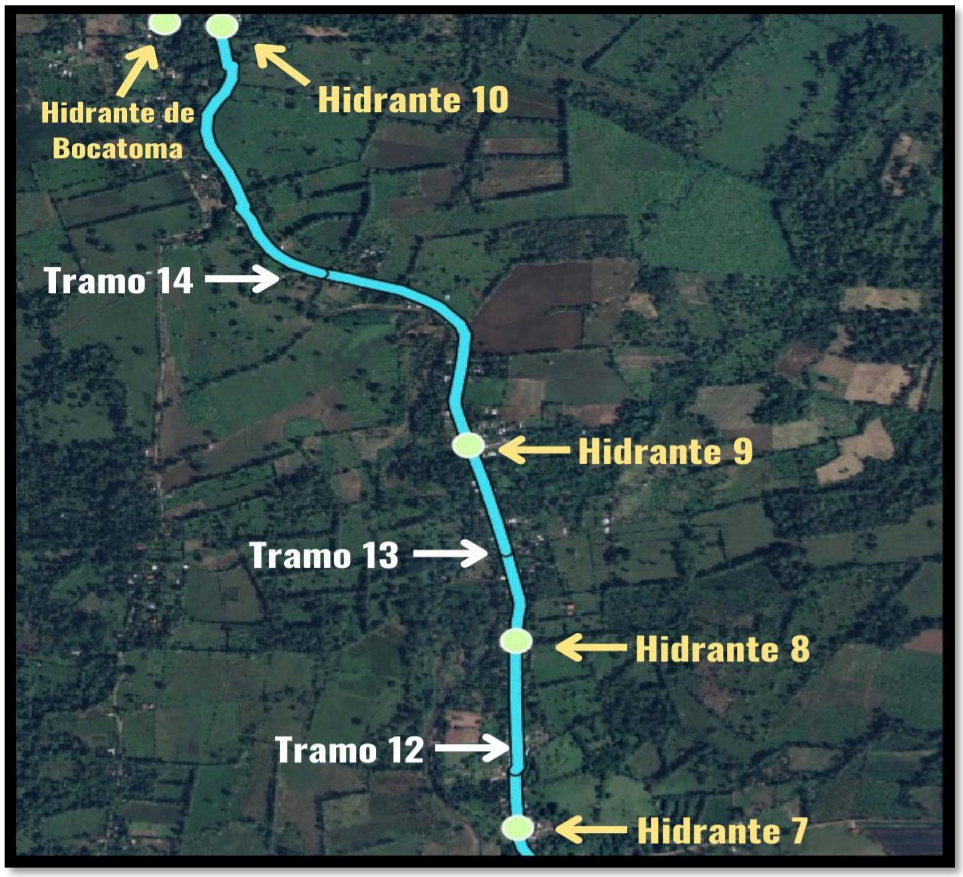
A continuación, se muestran los recorridos de los tramos 8, 9, 10, 11 y 12 y la ubicación geográfica de los hidrantes 4, 5, 6 y 7 que conforman la red de hidrantes optimizada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)

Anexo 37.

A continuación, se muestran los recorridos de los tramos 12, 13 y 14 y la ubicación geográfica de los hidrantes 7, 8, 9, 10 y el de bocatoma que conforman la red de hidrantes optimizada.



Fuente: Elaboración propia Méndez G., Murillo J (2024)