

**METODOLOGÍA BASADA EN CARTOGRAFÍA SOCIAL PARA INVENTARIO DE
REDES DE DISTRIBUCIÓN
CASO DE ESTUDIO: ACUEDUCTO DE RÍO NEGRO EN EL MUNICIPIO DE
POPAYÁN**



**ELIZABETH YISSELA SAMBONÍ RUANO
GERARDO RUÍZ BRAVO**

Trabajo de investigación

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Civil
Programa de Ingeniería Civil
Popayán, 2024**

**METODOLOGÍA BASADA EN CARTOGRAFÍA SOCIAL PARA INVENTARIO DE
REDES DE DISTRIBUCIÓN
CASO DE ESTUDIO: ACUEDUCTO DE RÍO NEGRO EN EL MUNICIPIO DE
POPAYÁN**

**ELIZABETH YISSELA SAMBONÍ RUANO
GERARDO RUÍZ BRAVO**

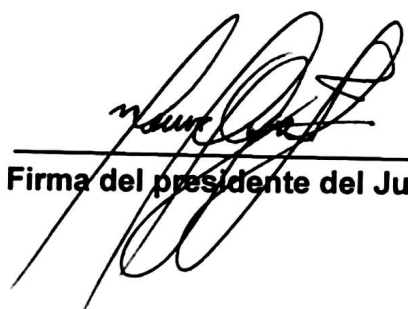
**Trabajo de investigación presentado a la facultad de ingeniería civil de la
Universidad del Cauca para la obtención del título de Ingeniero Civil
Profesional en: Ingeniería Civil**

**Director
Mag. Hernán Nope Rodríguez
Asesor
PhD. Javier Ernesto Fernández**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Civil
Programa de Ingeniería Civil
Popayán, 2024**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los Jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación por sus autores, encontrándolo satisfactorio, por lo cual autorizan a los egresados para que realicen las gestiones administrativas correspondientes para optar al título de Ingenieros Civiles.



Firma del presidente del Jurado



Firma del Jurado



Firma del director

Popayán, 2024

AGRADECIMIENTOS

En nombre de Elizabeth Samboni, deseo expresar mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, quien es uno de los pilares fundamentales de mi vida. Agradezco de corazón a mi padre, Libardo Samboni, a mi madre, Melania Ruano, a mi tía, Lidia Ruano, y a toda mi familia por su constante apoyo e incondicional respaldo a lo largo de este proceso. Su compañía y enseñanzas me han demostrado que, por más difíciles que sean los desafíos de la vida, siempre es posible salir adelante.

Asimismo, extiendo mi sincero agradecimiento al ingeniero Hernán Nope Rodríguez y al ingeniero Javier Fernández por su valiosa orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer a las personas del acueducto de Río Negro y a toda la comunidad por su disposición y compromiso, que fueron fundamentales para la realización de esta investigación.

En nombre de Gerardo Ruiz, quiero decir que, una vez culminado este proceso, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza e inspiración. A mi madre, que me acompañó desde el cielo, a mi padre y hermanos, por su constante respaldo, y a mis hijos y mi compañera, por su apoyo incondicional y presencia en cada paso de este camino.

RESUMEN

En este proyecto se ha decidido trabajar a partir de la necesidad de una comunidad por tener una herramienta que les permita avanzar en mejoras en la infraestructura de su acueducto; se ha decidido realizar una investigación que conlleve a implementar una metodología con bajo presupuesto que genere a esta comunidad un insumo que sea de gran utilidad para su necesidad.

Para ello se recolectó información, se realizaron consultas de diversos métodos de inventarios viales, sistemas de información geográfica y estudios de catastro de redes de acueductos, que ayude a fundamentar y establecer la metodología. Una vez se estableció la ruta metodológica se dará a conocer a la comunidad para que sean partícipes de está, además se elaborará un mapa preliminar a través de un mapeo social.

La información recolectada se procesó a través de herramientas SIG y ofimáticas, de donde se obtuvo un documento y un archivo en Qgis el cual puede servir de base preliminar de la actualización del inventario de redes de distribución o de insumo para futuras investigaciones.

CONTENIDO

RESUMEN	9
1.PROBLEMA	14
2.JUSTIFICACIÓN	15
3. MARCO TEÓRICO.....	16
4.hipÓtesis Y OBJETIVOS	29
4.1 HIPÓTESIS.....	29
4.2 OBJETIVO GENERAL.....	29
4.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
5. METODOLOGÍA.....	30
ETAPAS.....	35
5.1.1. Etapa 1: Planificación y Socialización (Coordinación Inicial).....	35
5.1.1.1. Diagnóstico Inicial y Delimitación del Área de Estudio	35
5.1.1.2. Reuniones Iniciales con la Comunidad	35
5.1.1.3. Descarga y configuración de la aplicación	36
5.1.1.4. Capacitación en Uso de Aplicaciones	36
5.1.2. Etapa 2: Recolección de Datos.....	37
5.1.2.1. Toma de Datos en Campo	37
5.1.3. ETAPA 3: ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS.....	39
5.1.3.1. Organización de Datos en Excel	40
5.1.3.2. Creación de Proyecto en QGIS:.....	42
5.1.3.3. Integración de Datos en el Mapa Final.....	46
5.1.4. Etapa 4: Presentación de Resultados y Socialización	46
5.1.4.1. Socialización con la Comunidad.....	46
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADO	47
6.1 ETAPA 1: PLANIFICACIÓN Y SOCIALIZACIÓN (COORDINACIÓN INICIAL)	47
6.1.1 ACTIVIDAD 1: Diagnóstico Inicial y Delimitación del Área de Estudio	47
6.1.3 ACTIVIDAD 3: Selección de Aplicación.	48
6.2 ETAPA 2: RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
6.3 ETAPA 3: ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS.....	53
6.4 ETAPA 4: Elaboración de los Formularios de Datos	63
7.conclusiones.....	68
8.recomendaciones	69
9.BIBLIOGRAFÍA	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo metodología.	30
Figura 2 Diagrama de flujo: Metodología inventario de redes de distribución.	33
Figura 3. Descarga de aplicación desde la play store.	36
Figura 4. Configuración de aplicación	36
Figura 5. Figura técnica de tubería.....	38
Figura 6. Figura técnica de accesorios.....	39
Figura 7. Figura técnica de accesorios.....	39
Figura 8. Información recolectada en campo.	40
Figura 9. Guardar documento en formato cvc.....	40
Figura 10. Documento en WordPad.....	41
Figura 11. Reemplazar separadores.....	41
Figura 12. Separadores correctos.....	42
Figura 13. Interfaz de inicio.....	42
Figura 14. Subir documento.....	42
Figura 15. Configuración de datos.....	43
Figura 16. Tabla de datos en Qgis.....	43
Figura 17. Caja de herramientas.....	44
Figura 18. Crear capa de puntos a partir de tabla.....	44
Figura 19. Configuración para crear capa de puntos a partir de tabla.....	44
Figura 20. Propiedades.....	45
Figura 21. Configuración de etiqueta.....	45
Figura 22. Visualización de puntos en Qgis.....	45
Figura 23 .Base preliminar para el catastro de redes de distribución.....	46
Figura 24. Primera reunión.....	47
Figura 25. Segunda reunión.....	49
Figura 26. Válvulas del primer punto.....	49
Figura 27. Reunión con la comunidad del acueducto de rio negro.....	50
Figura 28. Esquemas realizados por parte de la comunidad (mapeo social).....	51
Figura 29.Descarga de aplicación desde la play store.....	51
Figura 30.Configuración de aplicación.....	52
Figura 31. Primera toma de puntos.....	53
Figura 32. Segunda toma de puntos.....	53
Figura 33. Nuevo proyecto.....	55
Figura 34. Subir documento.....	55
Figura 35. Configuración de datos.....	56
Figura 36. Tabla de datos en Qgis.....	56
Figura 37.Caja de herramientas.....	56
Figura 38.crear capa de puntos a partir de tabla.....	57
Figura 39.Configuración para crear capa de puntos a partir de tabla.....	57
Figura 40.Propiedades.....	58
Figura 41.Configuración de etiqueta.....	58
Figura 42.visualización de puntos en Qgis.....	59
Figura 43.Administrar e instalar complementos.....	59
Figura 44. Instalar complemento.....	60
Figura 45. Adicionar base de mapas.....	60
Figura 46. Adicionar paquete.....	61
Figura 47.Visualizar mapa base.....	61

Figura 48.Adicionar mapa base.....	62
Figura 49.Visualización de datos con mapa base.	62
Figura 50.Capas de los formularios.....	63
Figura 51. Formulario de tubería.	63
Figura 52. Formulario de suscriptores.....	64
Figura 53. formulario de accesorios.	64
Figura 54. Formulario de daños.	65
Figura 55. Formulario de micromedidor.	65
Figura 56.Mapa de red de distribución.	66
Figura 57.Nombre de archivo	66
Figura 58.Socialización.	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Literatura nacional	22
Tabla 2. Literatura internacional	26
Tabla 3. Aplicaciones utilizadas durante la investigación.....	48
Tabla 4. Capas en Qgis.....	54
Tabla 5. Información recolectada en campo.	54

1.PROBLEMA

El agua como recurso se considera vital e indispensable para la existencia de la humanidad, en consecuencia, el acceso al agua potable es un derecho para satisfacer todas las necesidades básicas generando así una mejor calidad de vida a la población que la posee; sin embargo, el banco mundial en Colombia para el año 2020 indicó que “la cobertura del abastecimiento de agua gestionado de manera segura llegó al 73% a nivel nacional (el 40% en las zonas rurales)”¹ lo que representa que aproximadamente más de 13 millones de personas no tienen acceso al agua de manera segura. El SIASAR (Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural), en Colombia estima que solo el 11.57% del agua es gestionado de forma segura en la zona rural, es decir, aproximadamente 1.3 millones de personas, el resto de la población está en básico, limitado y no mejorado².

Estas limitaciones en las cifras de agua potable rural, según el Conpes 3810 de 2014, POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA RURAL, están relacionadas con: i) bajos niveles de articulación a nivel nacional, regional y local; ii) la normatividad orientada a los servicios en el área urbana sin tener en cuenta las particularidades de la zona rural; iii) inexistente planeación, baja capacidad institucional y baja destinación de recursos, y asistencia técnica deficiente para los prestadores rurales; iv) alta atomización de prestadores y altos índices de informalidad de los mismos; y v) debilidad en la gestión de aspectos ambientales que dificultan el suministro de agua potable y saneamiento básico.³

La ausencia de formalización ante la Comisión de Regulación de Agua Potable -CRA- y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD- de los acueductos rurales en Colombia, limitan a las administraciones municipales agenciar los recursos financieros y económica y social técnicos que tiene el Gobierno Nacional. Si bien existen acueductos del sector rural que están afiliados a la SSPD, muchos cumplen parcialmente con los requisitos exigidos por la normatividad, poniendo en riesgo de intervención a la gestión de los acueductos comunitarios, sin embargo, la información aún es limitada.

¹ BANCO MUNDIAL. Colombia: Rica En Agua, Pero Con Sed De Inversiones. [En línea]. Recuperado en 2023-05-06 Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security#:~:text=Los%20desaf%C3%ADos%20h%C3%ADricos%20que%20enfrenta%20Colombia&text=El%20resultado%20probable%20ser%C3%A1%20un,en%20los%20%C3%BAltimos%2050%20a%C3%B1os.>

² SIASAR. Colombia. Disponible en Internet: <<https://globalsiasar.org/es/paises/colombia>>.

³ Colombia. Consejo Nacional De Política Económica Y Social. CONPES 3810. (3, JULIO,2014). POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA pág. 43

2.JUSTIFICACIÓN

El impacto que tienen los acueductos rurales en el abastecimiento de agua hace necesario defender la autonomía y sostenibilidad de estos sistemas, ya que estos acueductos han llevado un proceso de años, en el cual la comunidad ha tenido que irse acoplando y transformado en su forma de gestión debido a la normatividad. Sin embargo, cada vez se han sentido un poco más acorralados, ya que se ha pasado de ser gestores del agua comunitarios a empresa de servicios públicos, lo cual les exige hacerse visibles, es decir, registrarse ante la superintendencia de servicios públicos en donde se les condiciona a cumplir con todos los requisitos para ser un sistema de abastecimiento. Debido a los recursos insuficientes, no se cuenta con diagnóstico, inventario, censo, catastro de redes actualizado que permita la formulación y gestión de nuevos proyectos y a su vez lleguen nuevos recursos.

Una herramienta práctica que se utiliza para conocer las condiciones de operatividad y funcionalidad de una vía es el inventario de infraestructura vial, de acuerdo con lo mostrado por Quintero González⁴. Un inventario vial se realiza a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más usual de elaborar este inventario es a través de una inspección visual que consiste en hacer un reconocimiento a lo largo del sector o tramo objeto de estudio para cuantificar y calificar sus condiciones. La metodología para la inspección visual incluye la descripción completa de tres aspectos fundamentales: 1) Descripción de la vía; 2) Geometría de la vía, y 3) Estado superficial del pavimento y obras complementarias⁴. Una vez realizada la inspección visual se procede a la toma de información de campo con equipos como lo es el Receptor GPS cartográfico, Receptor GPS navegador o con drones dependiendo del presupuesto con el que se cuente; una vez es levantada la información se comienza a procesar en sistemas como ARGIS o QGIS, cuyo producto final es un mapa del inventario vial.

La Universidad Del Cauca a través de la academia y proyección social apoya a las comunidades en la realización de estudios específicos, como en el caso del acueducto de Río Negro, ubicado en zona periurbana considerada como rural en el municipio de Popayán-Cauca. Actualmente el acueducto presenta limitaciones por la poca información necesaria para el desarrollo de catastro de redes. De igual forma, la Universidad Del Cauca cuenta con metodologías desarrolladas y validadas para el inventario de vías. Considerando estas dos circunstancias, el presente proyecto de investigación propone una metodología basada en cartografía social para el desarrollo del inventario de redes de distribución, teniendo como caso de validación el Acueducto de Rio Negro.

⁴ QUINTERO GONZÁLEZ, Julián Rodrigo. Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. En: Revista Facultad de Ingeniería. 2011. vol. 20, no. 30, p. 65-77. ISSN 0121-1129.

3. MARCO TEÓRICO

Los fundamentos metodológicos del inventario de redes de distribución de un acueducto rural, basado en una cartografía social y sistemas de información geográfica (SIG), parten del contexto y las definiciones claves del catastro de redes de distribución. Este concepto abarca aspectos relacionados con los SIG, los acueductos y la cartografía social. Asimismo, es fundamental conocer la metodología de inventarios viales, que servirá como una de las bases sobre las cuales se construirá esta ruta metodológica.

Rubio y Gutiérrez⁵ mencionan que la evolución de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) desde su aparición en la década de los 70 marcó un cambio significativo en la gestión de datos geográficos. Inicialmente, su aplicación se centraba en las ciencias de la tierra, pero con el tiempo se extendió a las ciencias sociales y otras disciplinas. El avance de las computadoras permitió a los SIG manejar datos digitales de manera más eficiente, lo que facilitó su organización y administración. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XX que los SIG comenzaron a explotar su máximo potencial, no sólo en términos de manejo de datos, sino también en su capacidad gráfica, lo que potenció su utilidad y aplicabilidad en diversas áreas.

A pesar de estos avances, Rubio y Gutiérrez⁶ señalan que uno de los desafíos más complejos en la implementación de los SIG es la adquisición de datos o información base. El proceso de recopilación y digitalización de esta información puede representar entre el 50% y el 95% del presupuesto total de un proyecto de SIG, lo que subraya la importancia y el costo de esta etapa en el éxito de los proyectos relacionados con los SIG.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de acuerdo con Santovenia, Tarragó y Cañedo⁷ se destacan como sistemas capaces de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar información geográficamente referenciada. Por lo tanto, para Rubio y Gutiérrez⁸, cualquier tipo de información con relevancia geográfica puede ser gestionada mediante SIG, lo que se refleja en su uso en campos como el análisis ambiental, catastro, servicios públicos, geomarketing, entre otros

⁵ RUBIO BARROSO, Alfonso y GUTIÉRREZ PUEBLA, Javier. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS ORIGEN Y PERSPECTIVAS. En: Revista General de Información y Documentación. 1997. vol. 7, no. 1, p. 93-106. ISSN 1132-1873.

⁶ Ibid., p. 93-106

⁷ SANTOVENIA DÍAZ, Javier; TARRAGÓ MONTALVO, Consuelo y CAÑEDO ANDALIA, Rubén. Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. En: Acimed. 2009. Vol. 20, no. 5, p.75-105. ISSN 1024-9435

⁸ RUBIO BARROSO, GUTIÉRREZ PUEBLA, Op. Cit., p. 93-106

De acuerdo con Molina, López y Villegas⁹ a finales del siglo XX, las principales ciudades de Colombia comenzaron a incorporar el uso de SIG en sus Planes de Ordenamiento Territorial, facilitando así la gestión integral de la información a nivel municipal. Sin embargo, uno de los principales desafíos fue la metodología de recopilación de datos y la precisión de los mismos. El manejo de grandes volúmenes de información analógica que necesitaba ser digitalizada e integrada en los SIG representó un reto significativo para su implementación en la planificación territorial.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG): es un modelo georreferenciado que integra hardware, software y datos geográficos para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información espacial de manera organizada y eficiente; y se usa, entre otras cosas para resolver problemas de planificación y gestión, especialmente en el contexto de acueductos rurales.

El SIG es fundamental para la creación de catastros de redes de distribución e inventarios de vías, ya que actúa como una herramienta integral que facilita la recopilación, organización, administración, análisis y distribución de información geográfica. Con este sistema, es posible visualizar en un solo mapa la disposición de elementos clave, como las redes de distribución de agua, accesorios, y otros datos críticos, el diámetro o material de las tuberías, todo ello con una ubicación geográfica precisa. Además, permite editar mapas, trabajar con capas y manipular la información almacenada.

Gracias a estas capacidades, el SIG permite responder a preguntas como: ¿qué tipo de material de tubería hay en un lugar determinado?, ¿dónde ocurrió una fuga?, ¿qué cambios se realizaron al realizar una reparación?, esto facilita la toma de decisiones informadas, lo que resulta vital para la planificación y gestión efectiva de recursos en acueductos rurales.

CATASTRO DE REDES: El catastro de redes es un sistema de registro y archivo cuyo objetivo principal es supervisar y documentar el estado actual de la infraestructura de distribución, ya sea de acueducto o alcantarillado. Este sistema permite la creación de planes para la mejora, optimización y expansión del servicio, lo que garantiza que las decisiones de gestión y planificación estén basadas en datos precisos y actualizados.

El catastro de redes de acueductos rurales debe estar conectado a un plano digital de la localidad a través de un SIG este debe obtener información precisa e incluir todos los componentes existentes con los que cuenta la empresa de servicios públicos, como líneas principales, infraestructura, equipos y redes de distribución (tubería, materiales, profundidad de la tubería y los accesorios) este a su vez facilita el diagnóstico de pérdidas físicas en la distribución de agua potable ocasionadas por fugas, válvulas o por el mal estado de las tuberías debido a que la digitalización y georreferenciación de estos datos facilitan la realización de consultas. Además, es vital para la creación de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y proyectos de inversión. ya que ayuda a tomar decisiones informadas

⁹ MOLINA, Adriana María; LÓPEZ, Luis Fernando y VILLEGAS, Gloria Isabel. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL. En: EIA. 2005. no. 4, p. 21-31. ISSN 1794-1237.

sobre la operación, el mantenimiento y la expansión de las redes de distribución en áreas rurales y facilita el diagnóstico y la detección de posibles fallas en el sistema.

Por último, pero no menos importante, el catastro de redes le permite a las entidades gestoras obtener información más precisa, esto requiere procedimientos y metodologías apropiados que permitan la creación de un sistema sólido y confiable, de modo que sirva para proporcionar los parámetros necesarios para la operación, mantenimiento e implementación de la infraestructura física de los sistemas de agua, por lo que, se hace necesario que la información obtenida sea archivada y esté al alcance de manera que permita un proceso de actualización ágil y eficiente.

Antes de llevar a cabo un proyecto en un acueducto rural, es esencial que la entidad territorial correspondiente realice una evaluación de las condiciones físicas y operativas de la infraestructura existente, por lo que debe hacer un diagnóstico preliminar, el cual debe incluir, según el Ministerio de Desarrollo Económico¹⁰:

- Nivel de servicio y estado actual: evaluación del estado operativo de las redes y su capacidad para satisfacer la demanda.
- Estado del catastro de la red: Verificación y actualización del catastro para garantizar su precisión.
- Información general sobre el estado actual: identificación de problemas o deficiencias en el sistema.
- Descripción del estado de las obras físicas: inspección y documentación del estado de la infraestructura existente.
- Historial de mantenimiento: es un resumen de las tareas de mantenimiento realizadas en los últimos dos años, incluidos los daños imprevistos, las causas y las técnicas utilizadas para repararlos.

Este proceso es crucial para garantizar que la infraestructura existente sea utilizada al máximo, sea óptima, se reduzcan los costos de operación y se mejore la eficiencia de la distribución del agua potable.

INVENTARIO DE VÍAS: Para realizar el inventario de vías es indispensable conocer las definiciones técnicas que conforman el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras "SINC", de acuerdo con el ministerio de transporte¹¹ son las siguientes:

- SINC: se concibe como un Sistema de Información Geográfica (SIG) el cual permite representar de forma visual y de ubicación los tres tipos de elementos básicos: puntos, líneas y áreas.

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1096. (17, septiembre, 2000). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

¹¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0000412. (26, febrero, 2020). Resolución 412 de 2020 - Inventarios viales.

- Sistema de Referencia Espacial: Se refiere a cómo van representadas las ubicaciones reales del globo terráqueo sobre un sistema de coordenadas que se desarrolla en un plano. Los reportes de información que se hagan al SINC deben estar referenciados bajo el sistema geodésico MAGNA-SIRGAS. De igual manera, se debe tener en cuenta que entre el sistema WGS84 (usado por los dispositivos GPS) y MAGNA-SIRGAS existe una equivalencia directa por lo que el cambio de un sistema a otro se puede realizar de forma directa.
- Precisión y procedencia de la información: Se considera la precisión cartográfica en SIG debido a que las diversas maneras de obtener la información hacen que se genere una diferencia entre los datos de ubicación real y los que se almacenan en el sistema SINC, esto ocurre por el uso de las diferentes tecnologías y metodologías que se emplean para la toma de los datos.
- Capas geográficas por reportar: El elemento principal del sistema es el eje de las vías, todos los demás elementos deben estar asociados a su geometría y al respectivo código de la vía por lo que cada una de las capas geográficas debe tener una estructura que permita la incorporación de la coordenada Z (altura sobre el nivel del mar) y debe estar almacenada la información correspondiente a las coordenadas que conforman cada registro.
- Estructura de campos: Los atributos de los elementos de la vía son representados como se describen a continuación: nombre (nombre del campo), tipo de dato del campo (texto, número entero o número real), descripción (descripción general del campo), dominio (condiciones de los datos a almacenar en el campo), obligatorio (indica si el dato de cada registro debe ser almacenado para ese campo).

Una vez conocidas estas definiciones técnicas es a través de la inspección visual donde se incluyen aspectos fundamentales como la descripción de la vía, que consiste en el registro de sus características generales, tales como: localización, sentido de circulación, tipo de pavimento, ubicación, sitios críticos, puentes entre otros. Dentro de los criterios que se deben examinar en la geometría de la vía se encuentran los siguientes: longitud del tramo, ancho de la calzada, número de carriles, ancho y altura de andenes, etc. En el caso de las vías terciarias según la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID¹², para el levantamiento de la información de campo se utiliza un receptor GPS para georreferenciar el eje de la vía y los elementos y estructuras más significativas, una cinta métrica (decámetro) y un vehículo; los cuales se detallan en un formato diseñado para consolidar los atributos de los elementos inventariados. Finalmente, la información del inventario de una vía se almacena en un computador para ser asociada a la cartografía que esté disponible en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

CARTOGRAFÍA SOCIAL: es un enfoque participativo que involucra a las comunidades en la recolección, análisis y representación espacial de su entorno. Los habitantes de una región pueden expresar su conocimiento territorial, percepciones y necesidades a través de esta herramienta, lo que enriquece y complementa la información técnica recopilada. En la gestión de acueductos rurales es útil porque los residentes suelen tener un conocimiento profundo y

¹² USAID COLOMBIA. (2016, marzo). GUÍA PRÁCTICA PARA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS DE VÍAS TERCIARIAS. <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/usaaid-guia-practica-inventarios-viales.pdf>

específico de la red de distribución, las vías de acceso y las características del territorio, que no siempre se capturan en levantamientos técnicos convencionales.

De igual manera, la cartografía social facilita la identificación de problemas específicos, como áreas con fallas frecuentes en el suministro de agua, zonas de riesgo para la infraestructura, cuando se utiliza para realizar el inventario de las redes de distribución, permite la incorporación de información crucial, la cual es esencial para la operación y mantenimiento del acueducto.

La integración de la cartografía social con un SIG permite la combinación de este conocimiento comunitario con datos técnicos, lo que crea una base de datos georreferenciada sólida que sirve como base para la toma de decisiones informadas.

Este método no solo mejora la precisión del inventario vial y el catastro de redes, sino que también fortalece la gobernanza local al dar a las comunidades el poder de administrar sus propios recursos hídricos. Algunas de las definiciones que deben ser tenidas en cuenta, se presentan a continuación:

- Acueducto: “Es un sistema o conjunto de sistemas de irrigación que permite transportar agua en forma de flujo continuo desde un lugar en el que está accesible en la naturaleza hasta un punto de consumo distante, generalmente una ciudad o poblado. En ingeniería moderna, el término acueducto se usa para cualquier sistema de tuberías, zanjias, canales, túneles y otras estructuras utilizadas para este propósito. El término acueducto también a menudo se refiere específicamente a un puente en un curso de agua artificial”¹³.
- Red de distribución, red local o red secundaria de acueducto: Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructuras y equipos que conducen el agua desde la red matriz o primaria hasta las acometidas domiciliarias del respectivo proyecto urbanístico. Su diseño y construcción corresponden a los urbanizadores. (Decreto 3050 de 2013, artículo 30).
- Red matriz o red primaria de acueducto: Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructuras y equipos que conducen el agua potable desde las plantas de tratamiento o tanques, hasta las redes de distribución local o secundaria, su diseño, construcción y mantenimiento está a cargo del prestador del servicio quien debe recuperar su inversión a través de tarifas de servicios públicos. (Decreto 3050 de 2013, artículo 30).
- Red Interna: Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor.
- QGIS: QGIS (Quantum GIS) es un software de sistema de información geográfica (SIG) de código abierto, que permite la creación, edición, visualización y análisis de datos geográficos. Debido a que es un software gratuito, es accesible a la comunidad, al igual

¹³ Alcaldía Municipal de Ibagué. (12, 23 de septiembre). *VISITAS TÉCNICAS PARA EL DIAGNOSTICO, EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS Y/O ALCANTARILLADOS COMUNITARIOS Y RURALES DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ*. <https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2023/53054-DOC-20230912110857.pdf>. <https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2023/53054-DOC-20230912110857.pdf>.

que otros sistemas de información geográfica, QGIS permite la creación de mapas con numerosas capas que pueden ser ensambladas en diferentes formatos, según la aplicación. Esto facilita la integración de la cartografía social, recolección de datos en campo como es el caso de esta metodología el inventario de redes de distribución en acueductos rurales, permitiendo que la información geoespacial sea utilizada de manera efectiva en la toma de decisiones.

- Sistema de coordenadas geográficas: Este sistema fue diseñado alrededor del 200 a.C. y consiste en una red de líneas imaginarias trazadas sobre la superficie de la Tierra, conocidas como paralelos y meridianos. La posición de un punto en la Tierra se define mediante dos coordenadas angulares: la latitud, que es la distancia angular entre el Ecuador y el punto en cuestión (con valores de 0° a 90°), y la longitud, que es la distancia angular entre el meridiano de Greenwich y el mismo punto (con valores de 0° a 180°).¹⁴
- El sistema de coordenadas planas: Este sistema emplea el sistema centesimal, utilizando unidades métricas. Funciona como un plano cartesiano, con cuadrículas de referencia formadas por líneas verticales llamadas "este" (E) y líneas horizontales llamadas "norte" (N). Las coordenadas se expresan en metros, por ejemplo, 230.000 m E y 456.000 m N, donde la "m" indica metros.¹⁵
- Error Medio Cuadrático (RMSE)¹⁶: Es una medida utilizada en estadística y análisis de datos para evaluar la precisión de un modelo o herramienta de predicción. Específicamente, el RMSE calcula el promedio de los cuadrados de los errores, que son las diferencias entre los valores observados o reales y los valores predichos o estimados por un modelo. En el contexto de esta metodología, el EMC se aplicó para evaluar la precisión de diversas aplicaciones con respecto a unos puntos base determinados por mojones medio de un GPS doble frecuencia en la facultad de ingeniería civil de la universidad del cauca, y así seleccionar finalmente la herramienta más precisa para la toma de datos del sistema de redes de acueducto.
- GPS DOBLE FRECUENCIA (GEOMAX ZENITH25): El receptor Geomax Zenith25 tiene la capacidad de recibir señales de las dos bandas principales de frecuencia GPS (L1 y L2), esto permite corregir errores atmosféricos y mejorar la precisión. En general, las especificaciones de precisión para este tipo de equipos suelen ser: Precisión horizontal (RTK) entre 8 mm y 12 mm y precisión vertical (RTK): Entre 15 mm y 20 mm.

En la revisión realizada se encontraron varias experiencias tanto nacionales como internacionales en la implementación del catastro de redes y usuarios de sistemas de abastecimiento de agua, las cuales se resumen en la Tabla 1 y 2.

¹⁴ SERRATO ÁLVAREZ, Pedro Karin. Vista de Referencias y proyección empleadas en la cartografía colombiana | Perspectiva Geográfica. PORTAL DE REVISTAS UPTC [página web]. [Consultado el 24, septiembre, 2024]. Disponible en Internet: <<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1718/1715>>.

¹⁵ Ibid. p. 88-91

¹⁶ PACHECO A, Carlos E.; BARRIOS R, Alex G. y LÓPEZ H, Juan I. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DIGITALIZACIÓN PARA EL INGRESO DE INFORMACIÓN ESPACIAL A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. En: Revista forestal latinoamericana. 2007. no. 41, p. 57-74. ISSN 0798-2437.

Tabla 1. Literatura nacional

LITERATURA NACIONAL				
#	AUTOR	TITULO	RESUMEN	LINK
1	DUARTE, DIEGO (2012)	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA EL INVENTARIO Y CONTROL CATASTRAL DE LOS USUARIOS Y LAS REDES INTERNAS DE ACUEDUCTOS RURALES Y SUBURBANOS DEL MUNICIPIO DE PASTO	<p>El municipio de Pasto, ubicado en el departamento de Nariño, Colombia, cuenta con un sistema de acueductos rurales y suburbanos, en donde se planteó la implementación de un sistema de información geográfica (SIG) para el inventario, control catastral de los usuarios y las redes internas de acueductos rurales. El proyecto se llevó a cabo en dos etapas:</p> <p>Etapa 1(Recopilación de información): En esta etapa se recopilaron los datos catastrales tales como: archivos físicos, bases de datos de las juntas administradoras de acueductos rurales y trabajos de campo realizados por el equipo del proyecto.</p> <p>Etapa 2(Implementación del SIG): Una vez recopilada la información, se procedió a implementar el SIG. Para ello, se utilizó el software ArcGIS con el que se crearon mapas, planos de los sistemas de acueductos rurales y suburbanos, análisis espacial en donde se identifica y localiza las redes internas de acueductos, bases de datos para el almacenamiento de información catastral de los usuarios y las redes internas de acueductos. Finalmente, la implementación del SIG permitió al municipio mejorar la gestión de los sistemas de acueductos rurales. Pues gracias a esto, se va a poder actualizar información catastral de los usuarios y las redes internas de acueductos, identificar, localizar las redes internas de acueductos, planificar, gestionar el mantenimiento, operación de las redes internas y acceder a la información desde cualquier lugar con conexión a internet.</p>	http://sire.d.udenar.edu.co/id/eprint/1287

#	AUTOR	TITULO	RESUMEN	LINK
2	JAIMES PORTILLA, LUZ MARINA.	ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO IMPLEMENTANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE MUTISCUA, NORTE DE SANTANDER	El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la elaboración del catastro de redes de acueducto y alcantarillado implementando un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) en el municipio de Mutiscua, Norte de Santander. Se llevó a cabo el trabajo de campo, comprendido por el levantamiento topográfico y recolección de información sobre las características y estado de cada uno de los elementos que conforman las redes; por otra parte, se hace el trazado de las redes de agua potable y aguas residuales del municipio; con ayuda del software AutoCAD Civil 3D para posteriormente hacer su debida georreferenciación exportándolos a ArcGIS, donde además servirán como herramienta de consulta rápida. Posteriormente se tabulan los datos recolectados sobre el catastro de las redes haciendo la respectiva determinación porcentual y el análisis comparativo con lo requerido por la normatividad vigente. Finalmente, empleando la información recolectada se realiza la simulación y análisis del funcionamiento del sistema de acueducto con el software EPANET y del sistema de alcantarillado en el software SWMM. Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la información de campo y la simulación de las redes se hacen algunas recomendaciones ceñidas a la normatividad vigente, que ayuden a optimizar el funcionamiento de los sistemas y mantengan el bienestar de la comunidad.	http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jsui/handle/20.500.12744/5734
3	MINISTERIO DE TRANSPORTE	RESOLUCIÓN 412 DEL 26 DE FEBRERO DE 2020	Adopta la metodología general para reportar la información que conforma el Sistema Integral Nacional De Información De Carreteras (SINC). Deroga las resoluciones 1860 de 2013, 1067 de 2015, 1321 de 2018 Y 6704 de 2019	https://mintransporte.gov.co/info/mintransporte/media/anexos/zRM80No8.pdf
4	USAID COLOMBIA	GUÍA PRÁCTICA PARA LA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS DE VÍAS TERCIARIAS	Establece una metodología para la elaboración de los inventarios de vías terciarias con un paso a paso claro acompañado de los anexos como formatos a utilizar, el cual sirve como referente para adaptarlo a un inventario de redes de acueducto.	https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/usaaid-guia-practica-inventario-s-viales.pdf

#	AUTOR	TITULO	RESUMEN	LINK
5	MINISTERIO DE TRANSPORTE	LEY 1228 DE 2008	<p>La Ley 1228 de 2008 crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras (SINIC). El SINIC es un sistema de información que tiene por objeto recopilar, almacenar y difundir información sobre las carreteras del país.</p> <p>El SINIC está conformado por los siguientes componentes:</p> <p>El inventario vial.</p> <p>El sistema de información geográfica de carreteras.</p> <p>El sistema de información de estadísticas viales.</p> <p>El inventario vial es un documento que contiene información detallada sobre las características de las carreteras del país, esta información es importante para la planificación, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de las carreteras e identificar las necesidades de inversión en carreteras y mejorar la seguridad vial, debe ser actualizado periódicamente, al menos cada tres años.</p> <p>La Ley establece que el inventario vial debe contener la siguiente información:</p> <p>Datos generales de la carretera, como su ubicación, longitud, tipo, clase, etc.</p> <p>Características geométricas de la carretera, como su ancho, curvatura, pendientes, etc.</p> <p>Características de la superficie de la carretera, como su tipo, estado de conservación, etc.</p> <p>Características de la infraestructura vial asociada a la carretera, como puentes, túneles, etc.</p> <p>Características del entorno de la carretera, como la cobertura vegetal, la presencia de asentamientos humanos, etc.</p>	https://www.ani.gov.co/sites/default/files/ley_1228.pdf
6	COMITÉ DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS	NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS	<p>La Norma Técnica Colombiana NTC 1500 establece los requisitos para la elaboración de inventarios de acueducto y alcantarillado los cuales contienen información detallada sobre los sistemas de abastecimiento de una ciudad o municipio. Estos inventarios deben incluir la recopilación, verificación, análisis y presentación de la información, por lo que se convierten en una herramienta esencial para la gestión eficiente y sostenible ya que el objetivo de estos es proporcionar información que permita tomar decisiones informadas sobre su operación, mantenimiento y expansión, también pueden ser utilizados para evaluar el estado de los sistemas e identificar áreas de mejora ya que proporcionan información valiosa que puede ser utilizada para mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la sostenibilidad de dichos sistemas.</p>	https://serviciudad.gov.co/docweb/normograma/Tecnica/NTC-1500%202.pdf

LITERATURA NACIONAL				
#	AUTOR	TITULO DEL DOCUMENTO	RESUMEN	LINK
7	DIANA ELIZABETH ORTIZ CARVAJAL, DIEGO IVÁN SÁNCHEZ TAPIERO	INTERFAZ DE CONSULTA CON LENGUAJE PYTHON PARA EL CATASTRO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	<p>En Ingeniería Civil, la disposición de un apropiado catastro técnico de la infraestructura de acueducto y alcantarillado, es un instrumento esencial para la eficaz operación y el correcto mantenimiento de estas redes, con el propósito de mejorar el buen funcionamiento y optimizar los recursos de este tipo de empresas, como práctica necesaria dentro de sus planes de mejoramiento. Es por ello que se hace necesario implementar modelos de vanguardia tecnológicos, como los que posibilita el lenguaje de programación Python, con el que se puede crear una interfaz de consulta catastral para el acceso a información catastral de manera rápida, precisa, oportuna, eficaz, ordenada y simplificada, con miras a optimizar su gestión y almacenamiento. Esto se plantea organizar, computarizar y actualizar el inventario físico de estas redes, mediante la creación de una herramienta de consulta permanente, que registre datos confiables y oportunos para la futura toma de decisiones.</p> <p>El objetivo principal del catastro de redes en el presente estudio, es contar con una base de datos técnica debidamente geo-referenciada en el software QGIS que proporcione información real y detallada de los sistemas existentes en el municipio de Chitagá (Google Earth, 2021), y así contar con un inventario veraz y confiable sobre las redes de acueducto y alcantarillado, como referente para la toma de decisiones; la gestión de estas redes; el planteamiento de planes de mejora; el monitoreo, la optimización y la ampliación de servicios, además de convertirse en un indicador del nivel de calidad, progreso, modernidad y actualización del municipio y de igual manera, en sinónimo de prácticas satisfactorias de investigación ingenieril.</p>	http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v8i2.2295
8	DÍAZ MORALES, DAVID BERNARDO; MERCADO YEPES, NÉSTOR ENRIQUE	GESTIÓN TÉCNICA DE REDES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN NEPOMUCENO BOLÍVAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG	<p>Este proyecto busca presentar un diagnóstico de la red de agua potable que existe en el Municipio de San Juan Nepomuceno (Bolívar), identificando las variables que presenta éste sistema; tales como niveles de caudal, velocidad y presión del agua, topografía, entre otras, mediante la implementación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitan determinar el estado y comportamiento del actual sistema de distribución de agua potable. Partiendo de los diferentes problemas que se presentan en sistema de acueducto, sobresale de manera notoria un inconveniente en particular y es la discontinuidad con la que se presta el servicio en el municipio, viéndose afectada de manera directa la población que habita en éste, de igual forma se ha logrado observar con el pasar del tiempo que mientras la mayoría de las viviendas que se encuentran en las zonas bajas del municipio consumen el servicio de acueducto de manera normal, aquellas viviendas que se encuentran en zonas más</p>	https://ri.dum.unizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2886

#	AUTOR	TITULO DEL DOCUMENTO	RESUMEN	LINK
8	DÍAZ MORALES, DAVID BERNARDO; MERCADO YEPES, NÉSTOR ENRIQUE	GESTIÓN TÉCNICA DE REDES DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN NEPOMUCENO BOLÍVAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG	altas perez de este servicio, lo que conlleva a realizar un análisis en cuanto a las presiones implementadas en el sistema de acueducto, así como también el tipo de tuberías con que cuenta la red. Se necesita realizar la simulación del sistema de acueducto para así identificar las áreas que presentan mayores inconvenientes con el servicio, a fin de poder brindar apoyo a la toma de decisiones y poder darles solución a los problemas planteados. Para lograr la simulación de red de acueducto, se necesita contar con información depurada, tal como planos de redes, topografía, cartografía, a fin de apoyarnos en herramientas que ayuden a la simulación del sistema de acueducto como lo es la herramienta, WaterGEMS V8I para ArcMap, la cual permite realizar el análisis respectivo. Finalmente se Diseña e Implementa un Mapa de Consulta WEB que permite el acceso, visualización, consultas y gestión de la información resultante del análisis realizado	https://ri.dum.unizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2886

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Literatura internacional

LITERATURA INTERNACIONAL				
#	AUTOR	TITULO DEL DOCUMENTO	RESUMEN	LINK
1	AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION	WATER AUDITS AND LOSS CONTROL PROGRAMS	El manual de la AWWA enfatiza la importancia de la gestión de inventarios para el control de pérdidas de agua, proporciona información valiosa sobre las tuberías, las válvulas, los equipos y los clientes del sistema, algunos aspectos de inventario que son relevantes para el control de pérdidas de agua incluyen: la edad y el material de las tuberías(Las tuberías más antiguas y hechas de materiales más susceptibles a la corrosión son más propensas a las fugas),la ubicación de las tuberías(Las tuberías que están ubicadas en áreas de alta presión o tráfico son más propensas a las fugas),la condición de las válvulas(Las válvulas que están dañadas o que no funcionan correctamente pueden provocar pérdidas de agua),entre otros .Algunos métodos de gestión de inventarios para el control de pérdidas de agua incluyen: uso de sistemas de información geográfica (SIG),uso de drones y tecnologías de detección de fugas.	https://store.awwa.org/M36-Water-Audits-and-Loss-Control-Programs-Fifth-Edition

LITERATURA INTERNACIONAL

#	AUTOR	TITULO DEL DOCUMENTO	RESUMEN	LINK
2	ABBAS RAJABI FARD A , IAN WILLIAMS ON A, D ANIEL S TEUDLER B, ANDREW BINNS A, MATHEW KING A	EVALUACIÓN DE LA COMPARACIÓN MUNDIAL DE SISTEMAS CATASTRALES	Existe un interés creciente a nivel internacional en la administración de tierras y los sistemas catastrales y especialmente en su papel como parte de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) nacional. También se reconoce el papel fundamental que desempeña el catastro en el apoyo al desarrollo sostenible. Tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo aceptan la necesidad de evaluar los sistemas catastrales para ayudar a identificar áreas de mejora y determinar si sus sistemas son capaces de abordar necesidades futuras. Los países están continuamente rediseñando e implementando diversos aspectos del catastro, comparando sistemas y tratando de identificar las mejores prácticas dentro de regiones de la misma posición socioeconómica. Para abordar esta necesidad, miembros de un equipo del Centro de Infraestructuras de Datos Espaciales y Administración de Tierras del Departamento de Geomática de la Universidad de Melbourne, con el apoyo del Comité Permanente de las Naciones Unidas sobre Infraestructura SIG para Asia y el Pacífico (PCGIAP) y la Federación Internacional de Agrimensores (FIG), han desarrollado una plantilla catastral. La plantilla tiene como objetivo ayudar a la evaluación y evaluación comparativa de los sistemas catastrales y el papel que desempeñan en las IDE. Este documento tiene como objetivo esbozar el concepto y la teoría detrás de la plantilla catastral, así como analizar los resultados de 34 plantillas de países completadas. Se han utilizado varios indicadores para analizar y comparar los sistemas catastrales de los países, cuyos resultados contribuirán a una mejor comprensión de la compleja relación entre el catastro, el sistema de administración de tierras y las iniciativas nacionales de IDE. Esto también permitirá una comparación mundial de los sistemas catastrales, lo que constituirá la base para las mejores prácticas y una herramienta para mejorar los sistemas catastrales nacionales.	https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2005.11.005
3	AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION	DISTRIBUTION SYSTEM REQUIREMENTS FOR FIRE PROTECTION	Los inventarios de sistemas de distribución de agua potable pueden ser una herramienta valiosa para la protección contra incendios ya que ayuda a comprender la capacidad del sistema de proporcionar agua para la extinción de incendios e identificar áreas del sistema que pueden necesitar mejoras para cumplir con los requisitos de protección contra incendios. Algunos aspectos de inventario que pueden ser relevantes para la protección contra incendios incluyen: La ubicación de los hidrantes (los inventarios pueden ayudar a identificar hidrantes que están mal ubicados o que están en mal estado), la condición de las tuberías (los inventarios pueden ayudar a identificar tuberías que están dañadas o que tienen fugas), la presión del agua (los inventarios pueden ayudar a identificar áreas del sistema donde la presión del agua es baja). Los inventarios deben ser realizados por profesionales calificados, los cuales deben actualizarse regularmente para reflejar los cambios en el sistema de distribución.	https://images.techstreet.com/direct/tocs/AWWA/AWWA_M31_ed4_toc.pdf

LITERATURA INTERNACIONAL				
#	AUTOR	TITULO DEL DOCUMENTO	RESUMEN	LINK
4	FITZCARRALD BARBA, ANDRÉS	APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO PARA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS DEL FENÓMENO DEL NIÑO	Este trabajo muestra lo favorable que resulta contar con un SIG, el cual permita almacenar, manejar y procesar información oceanográfica referenciada geográfica y temporalmente para aplicarla a investigaciones científicas como evaluaciones ambientales relacionadas al fenómeno de "El Niño".	https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/8156/Tesis%20Fitzcarrald.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fuente: elaboración propia

4.HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 HIPÓTESIS

La metodología basada en cartografía social e inventarios viales (apoyada en el sistema nacional de carreteras SINC) es una herramienta asequible y funcional para la comunidad en la elaboración de un esquema de redes de distribución de agua potable.

4.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y ratificar una metodología con el fin de realizar cartografía social para el inventario de redes de distribución en acueductos rurales con herramientas asequibles a la comunidad, adaptada de inventarios viales.

4.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

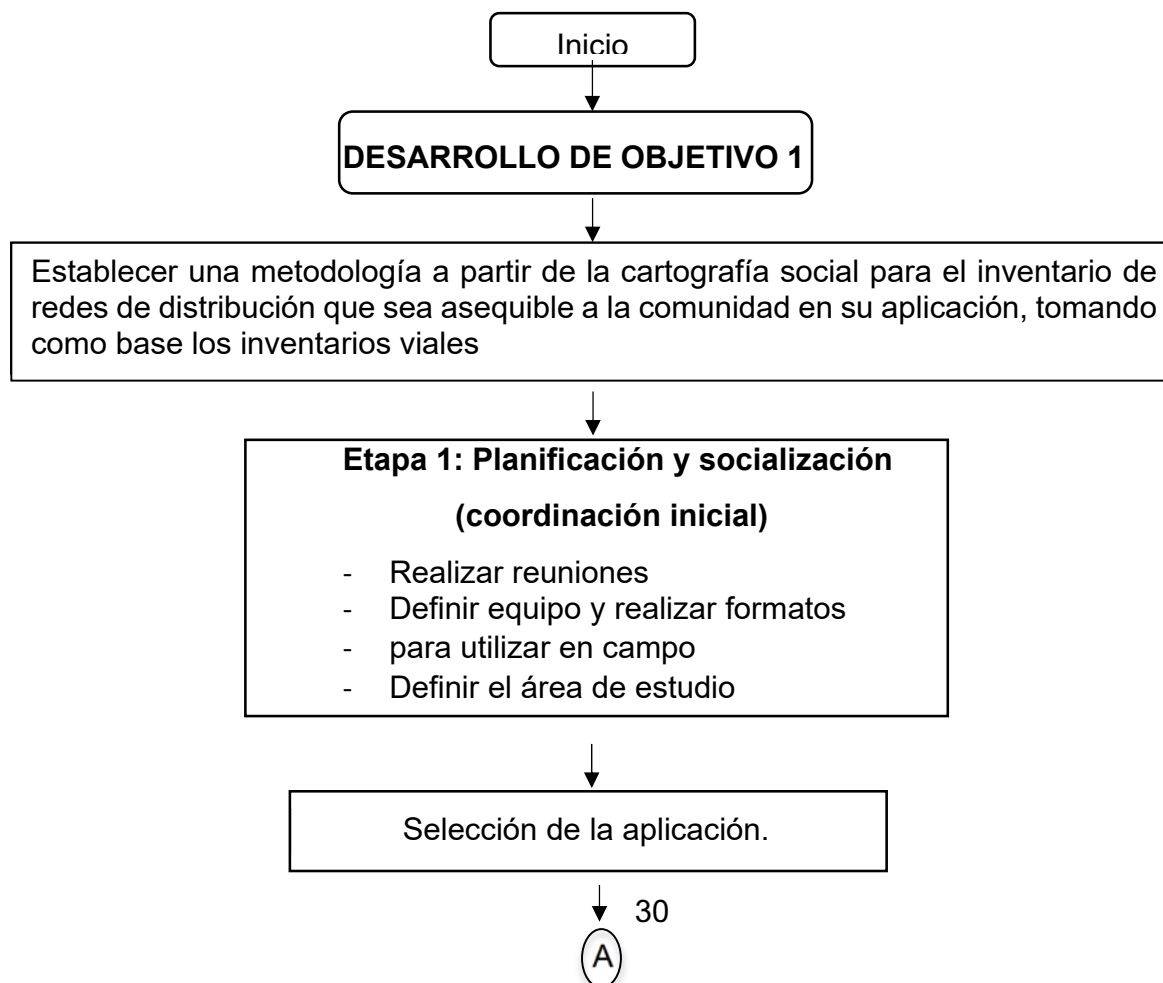
- Establecer una metodología a partir de la cartografía social para el inventario de redes de distribución que sea asequible a la comunidad en su aplicación, tomando como base los inventarios viales.
- Esbozar un mapa preliminar con participación de la comunidad.
- Validar la metodología desarrollada para redes de distribución en el acueducto rural de Rio Negro en el municipio de Popayán (Cauca).

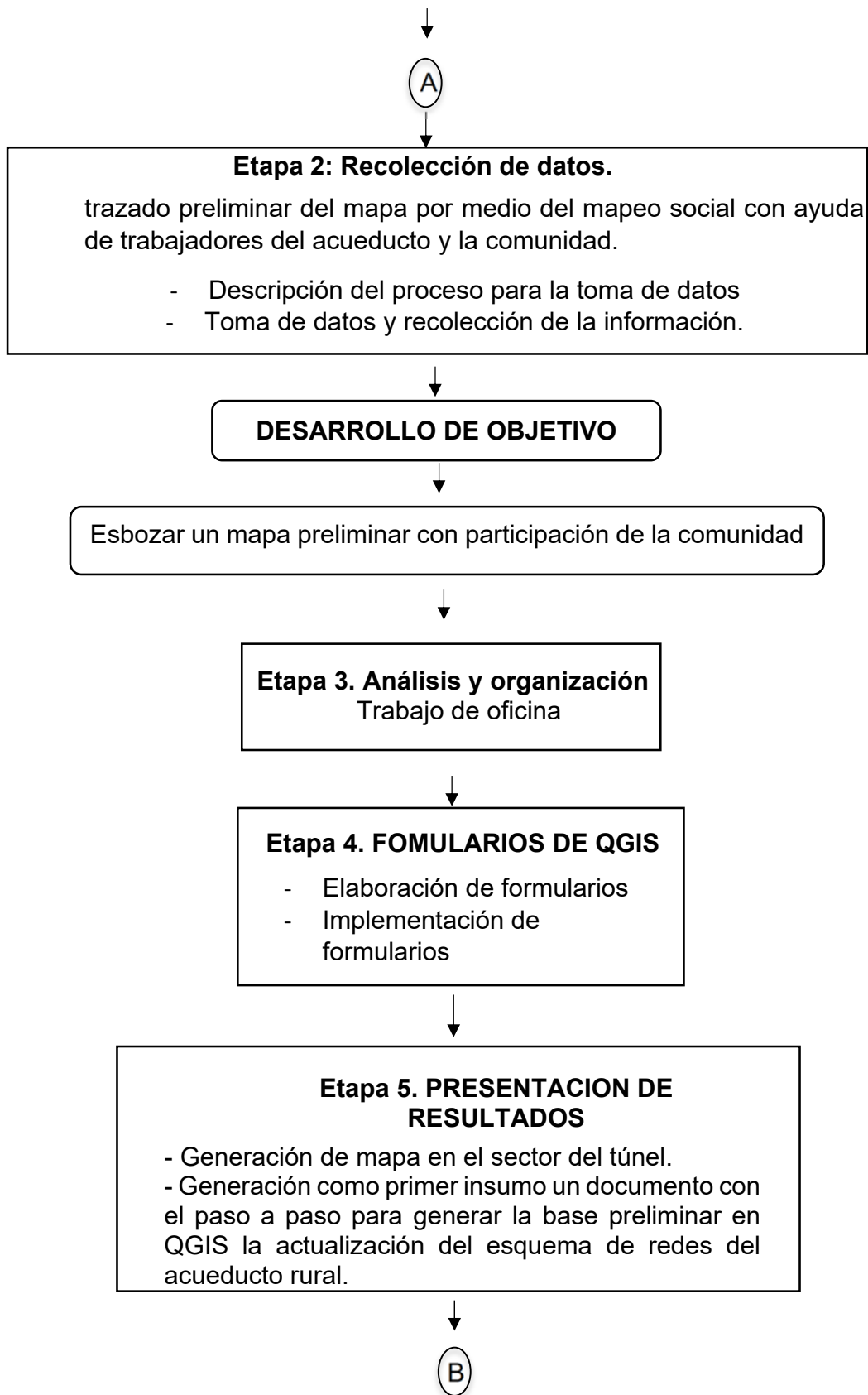
5. METODOLOGÍA

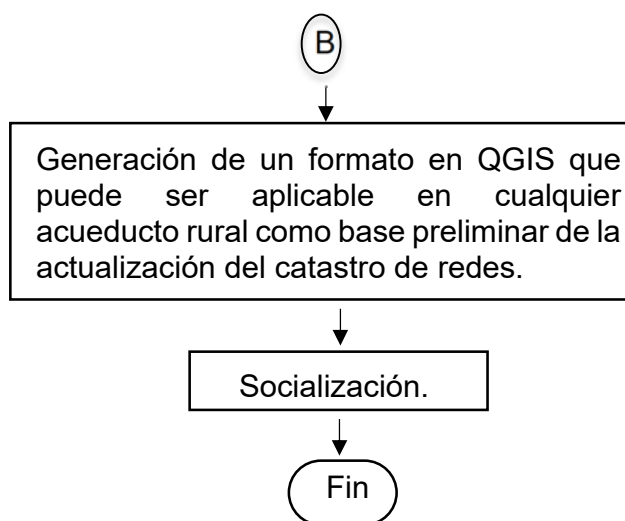
El desarrollo de la metodología tomó como base la empleada en la realización de inventarios viales, sistemas de información geográfica y estudios de catastro de redes de acueductos consultada en la revisión literaria. Esta metodología incluye técnicas mixtas de recolección de datos con un enfoque exploratorio. Se adecuó este marco teórico a las necesidades específicas del inventario del acueducto rural de Río Negro, ubicado en el departamento del Cauca, municipio de Popayán, sector el Túnel, incorporando sistemas de información geográfica (SIG) y ajustando la hoja de ruta que permite detallar todos los elementos presentes en un acueducto rural, tales como tuberías (tipo de material, longitud, diámetro, etc.), accesorios (codos, reducciones, uniones, usuarios, etc.) y otros. Además, se enfatizó la participación de la comunidad, asegurando que el proceso fuese accesible a través de tecnologías asequibles, como teléfonos inteligentes, de acuerdo con estudios del DANE en el que se exponen que un alto porcentaje de personas tienen acceso a un dispositivo móvil inteligente.

El presente proyecto se realizó, como se muestra en el diagrama de flujo descriptivo con el fin de realizar un desarrollo secuencial de los objetivos propuestos, el cual se dividió en cuatro etapas como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo metodología.







Fuente: elaboración propia.

Con fines prácticos, este documento no incluirá detalles específicos sobre temas como reuniones o cálculos utilizados para la selección de la aplicación. Toda esa información se presentará en los anexos correspondientes. El propósito principal de este informe es mostrar cómo debe aplicarse esta metodología, toda vez que se requiera tener en cuenta para su aplicación en otros proyectos. A continuación, se describe de manera detallada las etapas.

5.1. ETAPAS METODOLOGÍA DETALLADA PARA IMPLEMENTAR EL INVENTARIO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

La metodología que se implementó para realizar el inventario de redes de distribución sugiere las siguientes etapas:

ETAPA 1: PLANIFICACIÓN Y SOCIALIZACIÓN (COORDINACIÓN INICIAL)

Diagnóstico Inicial y Delimitación del Área de Estudio

Reuniones Iniciales con la comunidad

Descarga y Configuración de Aplicación

Capacitación en Uso de Aplicaciones

ETAPA 2: RECOLECCIÓN DE DATOS

Toma de Datos en Campo

ETAPA 3: ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

Organización de Datos en Excel

Creación de Proyecto en QGIS

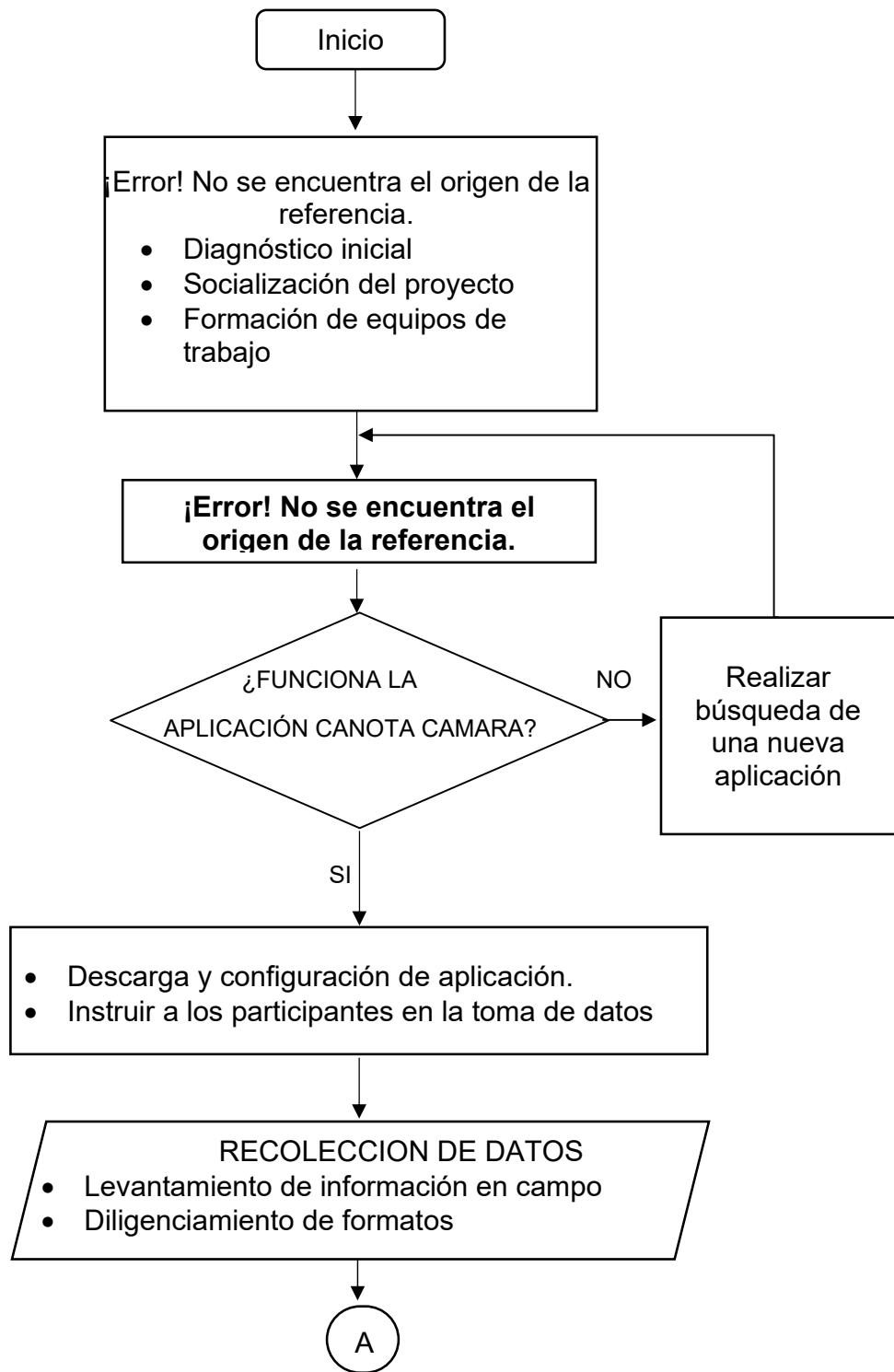
Integración de Datos en el Mapa Final

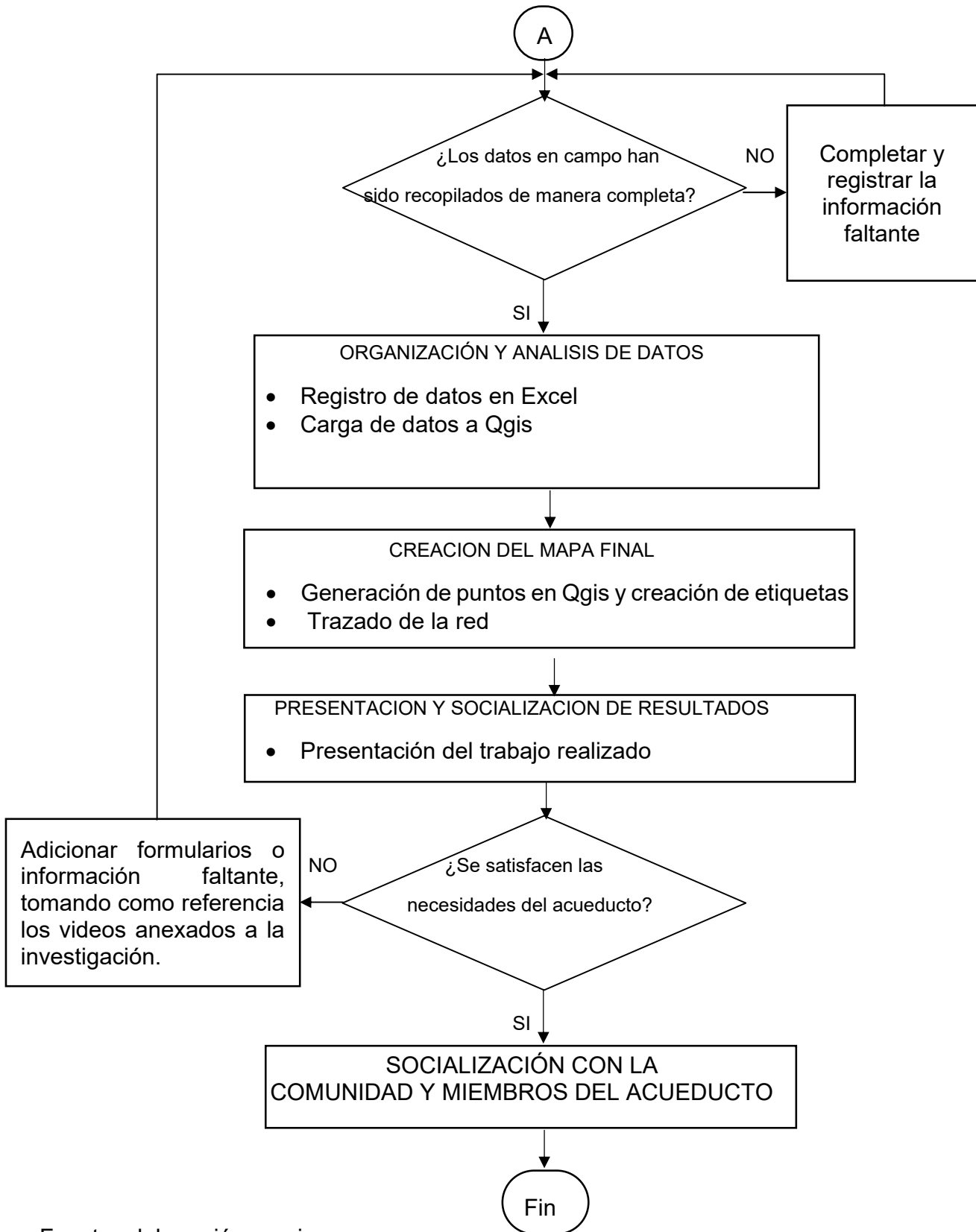
ETAPA 4: ELABORACIÓN DE LOS FORMULARIOS DE DATOS

5.1.4.1. Socialización con la Comunidad

Las anteriores etapas y actividades de la metodología se presentan en el siguiente diagrama de flujo de procesos, Figura 2.

Figura 2 Diagrama de flujo: Metodología inventario de redes de distribución.





Fuente: elaboración propia.

A partir del diagrama de flujo de procesos, se relaciona de manera detallada cada una de las etapas junto con las recomendaciones para que pueda utilizarse la metodología de inventario de redes de distribución

ETAPAS

5.1.1. Etapa 1: Planificación y Socialización (Coordinación Inicial)

5.1.1.1. Diagnóstico Inicial y Delimitación del Área de Estudio

- Se recomienda realizar una primera reunión, en la que se realice un diagnóstico preliminar de la situación en la que se encuentra el acueducto, ya que este permitirá conocer y organizar la información que se encuentra disponible sobre la red de distribución, como los mapas base de la red de distribución estos generalmente se encuentran en formato físico y no digital. También se debe considerar la información adicional que pueda surgir a partir de la cartografía social, con un enfoque colaborativo en el que la comunidad ayuda a identificar los elementos que componen la red a partir de su conocimiento. En este diagnóstico se pretende identificar y evaluar factores claves como: Ubicación y el estado general de la red de distribución (tuberías, válvulas, medidores), condiciones de seguridad y aspectos topográficos, potenciales desafíos como lo son las zonas de difícil acceso o áreas con mayor tipo de problemas técnicos.
- Una vez analizados estos factores, se conforman equipos de trabajo los cuales se recomienda que incluyan miembros de la comunidad como trabajadores del acueducto, ya que al formar los equipos de esta manera va a permitir realizar un inventario más completo ya que se combinan conocimientos técnicos con el saber local.
- La socialización de conceptos es fundamental para que la comunidad entienda conceptos como la cartografía social y su propósito en el proyecto, así como los objetivos del proyecto. A través de explicaciones claras y ejemplos, se le explica que su participación es crucial para crear un esquema preliminar de la red ya que con su apoyo se podrán ubicar físicamente elementos importantes de red como tuberías, válvulas y otros elementos, además de evaluar condiciones de seguridad.

5.1.1.2. Reuniones Iniciales con la Comunidad

- En esta fase se recomienda organizar reuniones con la comunidad con el fin de fomentar su participación activa y explicar los beneficios y objetivos del proyecto. Es importante darles a conocer que a partir de este proceso se generara un mapa base de la red de distribución, este mapa no solo será una herramienta visual que refleje los elementos de la red, si no que reunirá características de cada elemento (tuberías, válvulas, otros), datos de los usuarios, esta información es útil para futuros proyectos y uno de ellos es el catastro de redes de distribución. Estas reuniones son una oportunidad para responder a preguntas, asegurando que se comprenda el valor de su papel en el proyecto y a su vez el valor del proyecto.

5.1.1.3. Descarga y configuración de la aplicación

Para el levantamiento de datos en campo la aplicación seleccionada para este proceso es "Canota Cámara". Esta aplicación permite capturar y georreferenciar fotografías, facilitando la recolección de información visual y geográfica de los componentes de la red.

- Descarga de la aplicación: Los equipos de trabajo (teléfonos) deben realizar la descarga de canota (Figura 3).

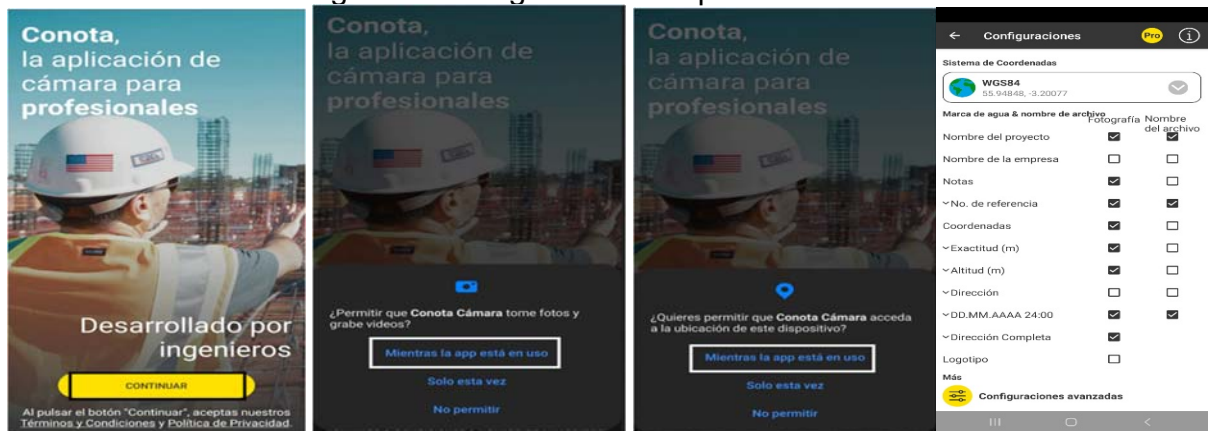
Figura 3. Descarga de aplicación desde la play store.



Fuente: elaboración propia.

- Configuración de la aplicación: una vez descargada, canota cámara se procede a configurar la aplicación para asegurar que la información requerida esté disponible y se visualice correctamente al tomar los datos en campo, esta configuración se logra visualizar en la Figura 4.

Figura 4. Configuración de aplicación



Fuente: elaboración propia.

Esta aplicación permitirá documentar cada componente del inventario dado que permite asociarlo a la posición geográfica.

5.1.1.4. Capacitación en Uso de Aplicaciones

Una vez descargada y configurada la aplicación, es necesario capacitar a los participantes en su uso para capturar coordenadas y datos de altimetría de la red de distribución. Se deben realizar pruebas para verificar que la configuración abarque toda la información requerida en campo.

Pasos para la capacitación:

- **Presentación de la Interfaz:** Iniciar con una explicación de la interfaz de la aplicación, incluyendo sus funciones principales, cómo acceder a la cámara, y cómo registrar puntos con coordenadas.
- **Práctica de Captura de Coordenadas:** Cada participante debe realizar ejercicios de captura de coordenadas de prueba, para familiarizarse con el proceso de registro y toma de datos.
- **Pruebas de Configuración:** Se realizan pruebas en campo con la aplicación para verificar que la configuración establecida permite capturar toda la información requerida. Es importante asegurarse de que los datos capturados se guarden correctamente y que la aplicación muestre los campos necesarios.

Al finalizar la capacitación, cada participante debería estar en capacidad de usar Canota Cámara para capturar datos de coordenadas y altimetría, registrar todos los datos requeridos en campo, según las configuraciones realizadas.

5.1.2. ETAPA 2: RECOLECCIÓN DE DATOS

5.1.2.1. Toma de Datos en Campo

Con los equipos conformados y los participantes ya capacitados, se procede a la recolección de datos en campo. Esta etapa implica documentar cada componente de la red de distribución de agua, usando la aplicación y los formatos definidos en el ANEXO B. Las fichas técnicas corresponden a tuberías, accesorios, válvulas

Para el uso de los Formatos los participantes deben asegurar que cada dato se capture de manera apropiada, es importante recordar que los campos en color rosado representan información que será proporcionada por miembros del acueducto o personas con amplio conocimiento de la red, ya que estos datos corresponden a información como tipo de material de ciertas tuberías, diámetros específicos, o fechas de instalación. Los otros datos, que no están resaltados en rosado, deben tomarse directamente en campo con la aplicación Canota Cámara.

A medida que los datos se capturan, es importante realizar una revisión preliminar para asegurarse de que sean precisos y completos. Es recomendable que cada equipo revise los datos inmediatamente después de su captura para identificar cualquier error o dato faltante, de manera que puedan corregirse en el momento.

Para realizar un correcto diligenciamiento de los formatos en este caso de tubería es importante comprender ciertos conceptos clave (Figura 5):

TIPO DE RED: Atributo que identifica el tipo de red al que pertenece cada elemento, cómo puede ser red matriz, secundaria o domiciliaria.

CLASE: Valor que indica la presión máxima que puede soportar la tubería de forma segura, según el fabricante.

Figura 5. Figura técnica de tubería.

FICHA TECNICA DE TUBERIA										
Departamento	Cauca		Municipio	Popayan		Fecha de levantamiento:				
Acueducto rural				RIO NEGRO						
Nombre de quien toma los datos										
Ficha tecnica de tuberias										
Nº	COORDENADAS			TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	MATERIAL	PROFUNDIDAD	CLASE	TIPO DE RED
	NORTE	ESTE	COTA							
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Fuente: elaboración propia.

Para llenar el formulario de accesorios es necesario conocer los siguientes conceptos (Figura 6):

TIPO DE OPERACIÓN: Categorización del accesorio según su función puede ser manual, automática, neumática entre otras.

TIPO DE EMPALME: Representa la ubicación exacta de una conexión entre dos elementos de la red de agua los cuales puede roscarse, soldado, bridado, mecánico entre otros.

PRESION NOMINAL: Valor numérico que indica la presión máxima (en psi) a la que puede someterse el accesorio de forma segura, según las especificaciones del fabricante. Esta información permite garantizar la integridad estructural del accesorio y prevenir fugas o rupturas.

Figura 6. Figura técnica de accesorios.

FICHA TECNICA DE ACCESORIOS										
Departamento	Cauca		Municipio				Fecha de levantamiento			
Acueducto rural										
Nombre de quien toma los datos										
Ficha tecnica de accesorios										
N°	COORDENADAS			TIPO DE ACCESORIO	DIAMETRO	MATERIAL	TIPO DE OPERACION	TIPO DE EMPALME	PRESION NOMINAL	FECHA DE INSTALACION
	NORTE	ESTE	COTA							
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Fuente: elaboración propia.

Para llenar el formulario de válvulas es necesario conocer los siguientes conceptos (Figura 7):

TIPO DE VALVULA: Solo se debe hacer formulario cuando se encuentra una válvula de globo o de compuerta.

SENTIDO DE GIRO: Hace referencia hacia qué lado abre, puede ser izquierda o derecha.

N° DE VUELTAS: Valor numérico que indica la cantidad de vueltas completas necesarias para abrir o cerrar completamente una válvula, este debe ser registrado y controlado para garantizar un control preciso del flujo de agua.

Figura 7. Figura técnica de accesorios.

FICHA TECNICA DE VALVULAS					
Departamento	Cauca	Municipio	Popayan	Fecha de levantamiento:	
Acueducto rural			RIO NEGRO		
Nombre de quien toma los datos					
Ficha tecnica de valvulas					
foto	N° de la valvula				
	Coordenadas	Norte			
		Este			
	Tipo de valvula				
	sentido de giro				
	N° de vueltas				
	Diametro nominal				
	Material				
	tipo de empalme				
	Fecha de instalacion				

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar esta etapa, debe haberse capturado toda la información requerida en los formatos correspondientes, proporcionando un registro detallado y georreferenciado de cada elemento de la red de distribución.

5.1.3. ETAPA 3: ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS.

5.1.3.1. Organización de Datos en Excel

La digitalización de los datos es fundamental para organizar la información recolectada en campo y facilitar su posterior análisis en QGIS, como se describe a continuación:

Paso 1: Para la digitalización de los datos se abre un nuevo archivo en Excel y empieza a registrar todos los datos recolectados. Estos datos incluyen coordenadas geodésicas y altimetría como se muestra en la siguiente figura 8.

Figura 8. Información recolectada en campo.

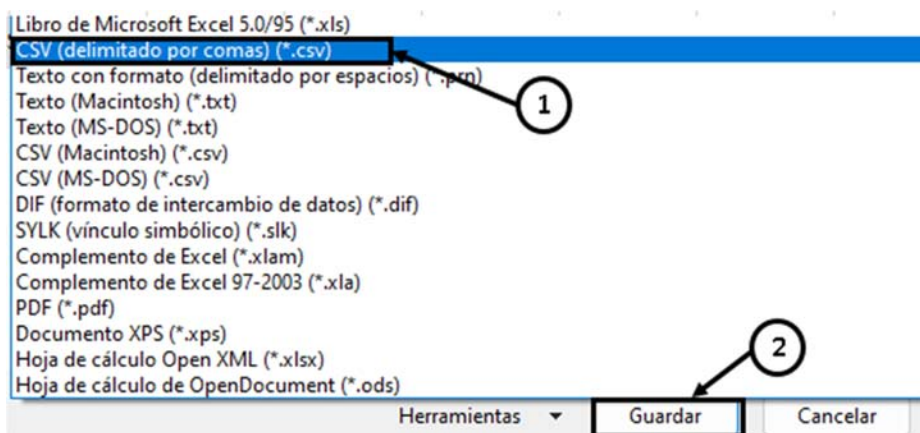
	A	B	C	D	E
1	PUNTO	ALTIMETRIA	LATITUD	LONGITUD	DESCRIPCION
2	1	1807	2,419550	76,615690	PRINCIPAL
3	1	1807	2,41963	76,615670	PRINCIPAL
4	1	1806	2,4195	76,615740	PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia.

Paso 2: Guardar el documento en formato CSV

Después de organizar los datos, guarda el archivo en formato CSV. Al hacerlo, Excel solo permitirá guardar una hoja, ya que el formato CSV no soporta múltiples pestañas. Asegúrate de seleccionar esta opción y aceptar el aviso (Figura 9).

Figura 9. Guardar documento en formato csv.



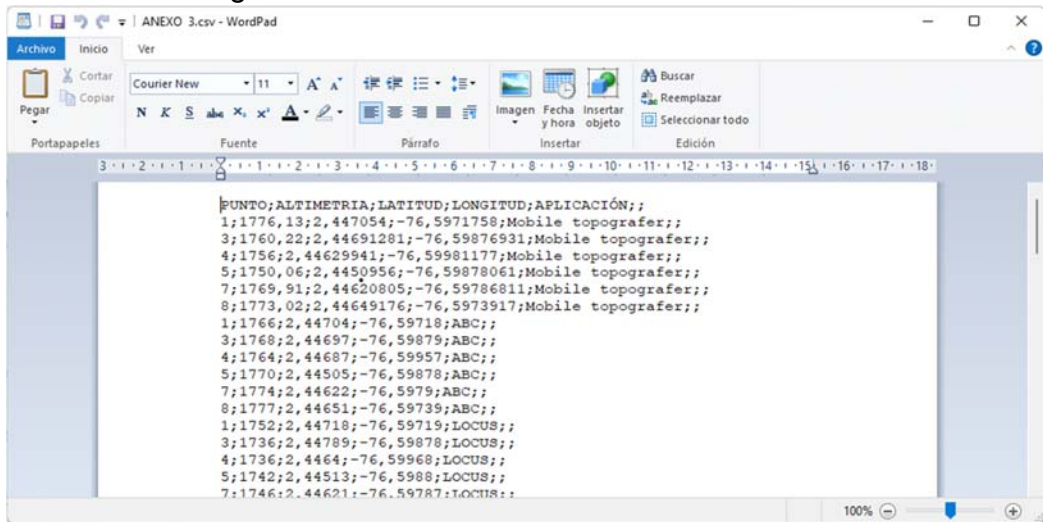
Fuente: elaboración propia.

Paso 3: Ajuste del separador decimal (opcional)

En caso de que tu computador use coma (,) como separador decimal, es necesario ajustar este formato antes de abrir el archivo en QGIS. Si ya usas el punto (.) como separador decimal, puedes omitir este paso.

Abrir el archivo CSV en WordPad: Haz clic derecho en el archivo CSV y selecciona Abrir con → WordPad, una vez realizado este proceso se visualiza como en la Figura 10.

Figura 10. Documento en WordPad.



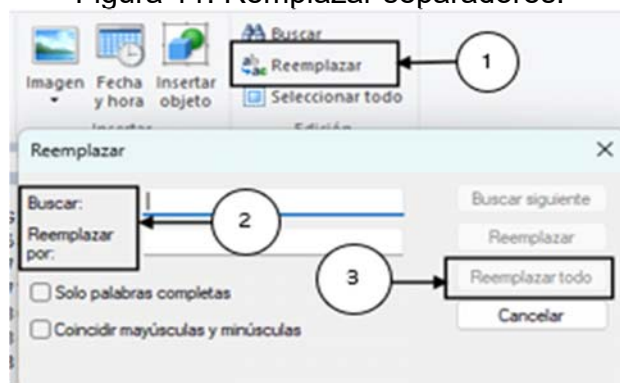
Fuente: elaboración propia

Utiliza la función "Buscar y reemplazar" para cambiar todas las comas (,) por puntos (.) y todos los puntos y comas (;) por comas (,).

- En la opción "Buscar", ingresa la coma (,) y en "Reemplazar", coloca el punto (.)
- Haz clic en Reemplazar todo para cambiar todos los separadores decimales.
- Realiza el mismo procedimiento para cambiar los puntos y comas (;) por comas (,).

Como se muestra a continuación en la Figura 11.

Figura 11. Reemplazar separadores.



Fuente: elaboración propia

El documento debe estar con los separadores correctos para que sea reconocido adecuadamente por la aplicación, como se evidencia a continuación (Figura 12).

Figura 12. Separadores correctos

```
PUNTO,ALTIMETRIA,LATITUD,LONGITUD,APLICACIÓN,,
1,1776.13,2.447054,-76.5971758,Mobile topografer,,
3,1760.22,2.44691281,-76.59876931,Mobile topografer,,
4,1756,2.44629941,-76.59981177,Mobile topografer,,
5,1750.06,2.4450956,-76.59878061,Mobile topografer,,
```

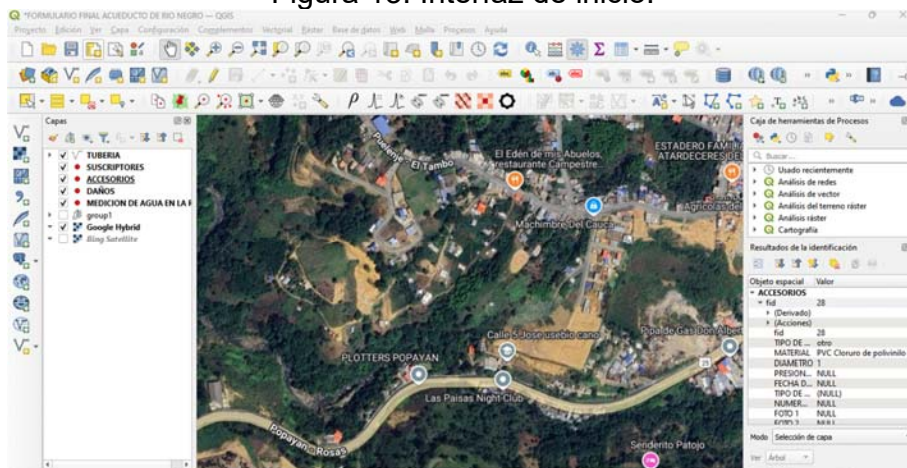
Fuente: elaboración propia

5.1.3.2. Creación de Proyecto en QGIS:

Para procesar los datos geoespaciales en QGIS, es importante abrir el proyecto desde el ANEXO J, ya que este contiene la interfaz de los formularios. A partir de ahí, seguir el paso a paso.

1. Abrir QGIS: En la interfaz de inicio (Figura 13).

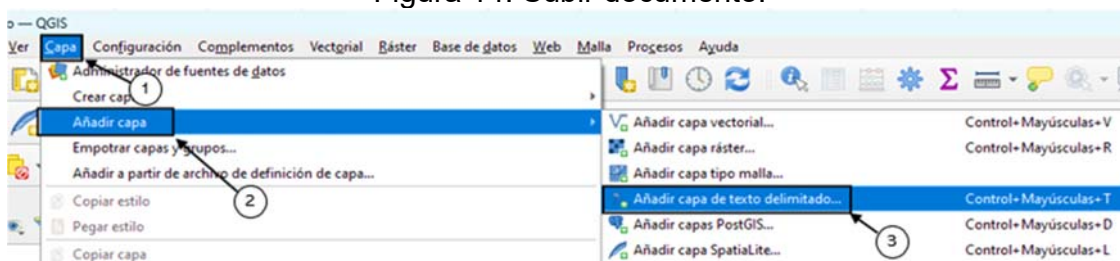
Figura 13. Interfaz de inicio.



Fuente: elaboración propia.

2. Subir el Documento de Excel a QGIS: Se sube el archivo de Excel al proyecto, esto se realiza importando el documento a como se muestra en la imagen de referencia: Figura 14.

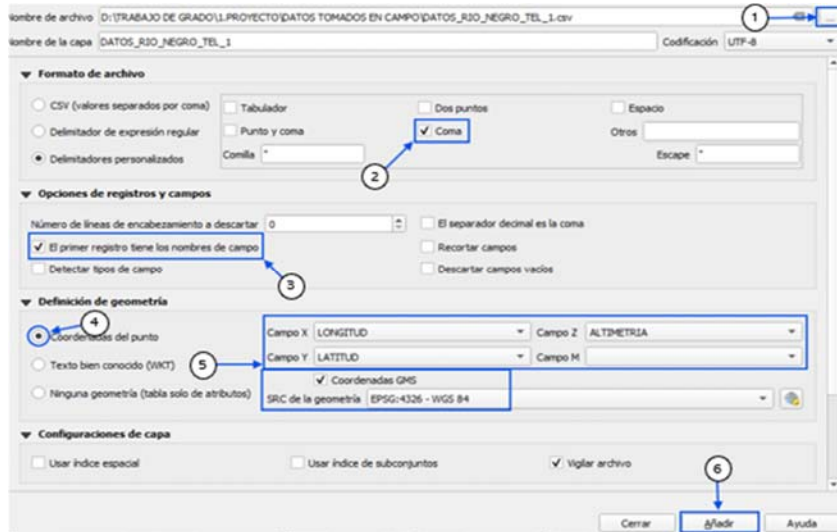
Figura 14. Subir documento.



Fuente: elaboración propia.

3. Configuración de los Datos en QGIS: Una vez los datos están en el proyecto, se procede a configurarlos para que QGIS pueda visualizarlos correctamente, esto incluye especificar la proyección de los datos y otras configuraciones, siguiendo los pasos que se muestran en la imagen de referencia (Figura 15).

Figura 15. Configuración de datos.



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizada la configuración aparece una tabla de datos como se puede ver imagen de referencia: (Figura 16).

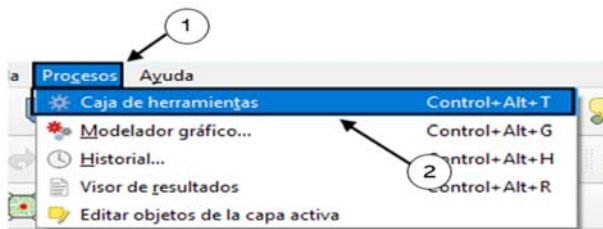
Figura 16. Tabla de datos en Qgis.

DATOS_RIO_NEGRO_TEL4
DATOS_RIO_NEGRO_TEL3
DATOS_RIO_NEGRO_TEL2
DATOS_RIO_NEGRO_TEL1

Fuente: elaboración propia.

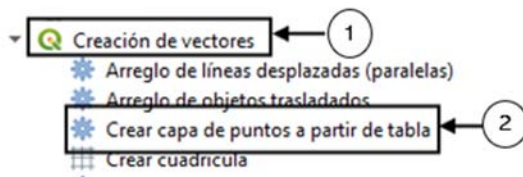
4. Creación de puntos a partir de tabla: Para este proceso se debe seguir el paso a paso de las imágenes de referencia: Figuras 17,18 y 19.

Figura 17. Caja de herramientas.



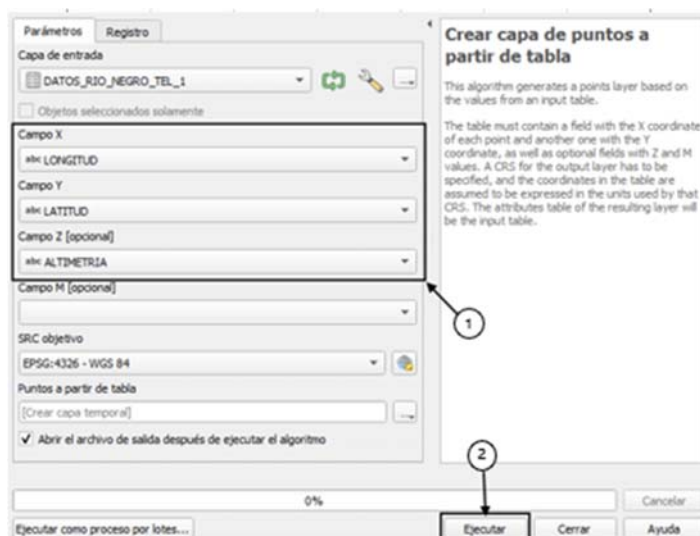
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Crear capa de puntos a partir de tabla.



Fuente: elaboración propia.

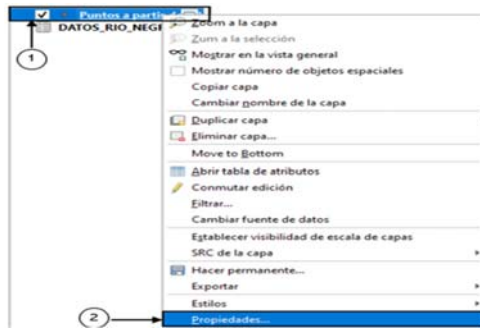
Figura 19. Configuración para crear capa de puntos a partir de tabla.



Fuente: elaboración propia.

5. Visualización de los Puntos y Etiquetas: Con los puntos ya cargados, se activa las etiquetas correspondientes a cada uno de ellos. Esto es fundamental para poder visualizar mejor los datos, para habilitar las etiquetas, se hace clic derecho sobre la capa de puntos y se selecciona la opción "Propiedades". (Ver imagen de referencia: Figura 20).

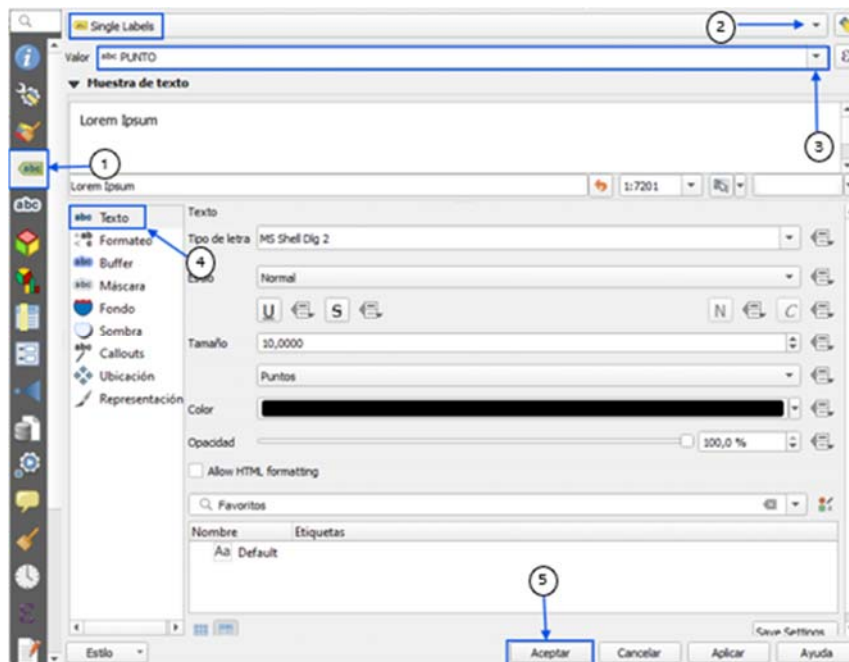
Figura 20. Propiedades.



Fuente: elaboración propia.

6. Configuración de etiqueta: Una vez se ingresa a propiedades, se procede a configurar la etiqueta para que se pueda visualizar el proyecto como la Figura 20, siguiendo los pasos que se muestran en la imagen de referencia (Figura 21).

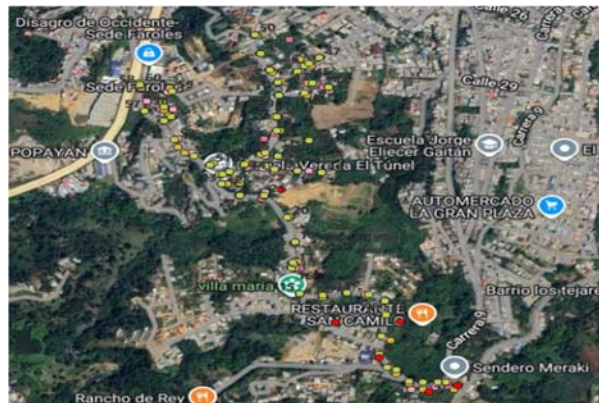
Figura 21. Configuración de etiqueta.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se hace tiene la configuración de los puntos y las etiquetas correctamente, esto permite visualizar el mapa como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Visualización de puntos en Qgis.

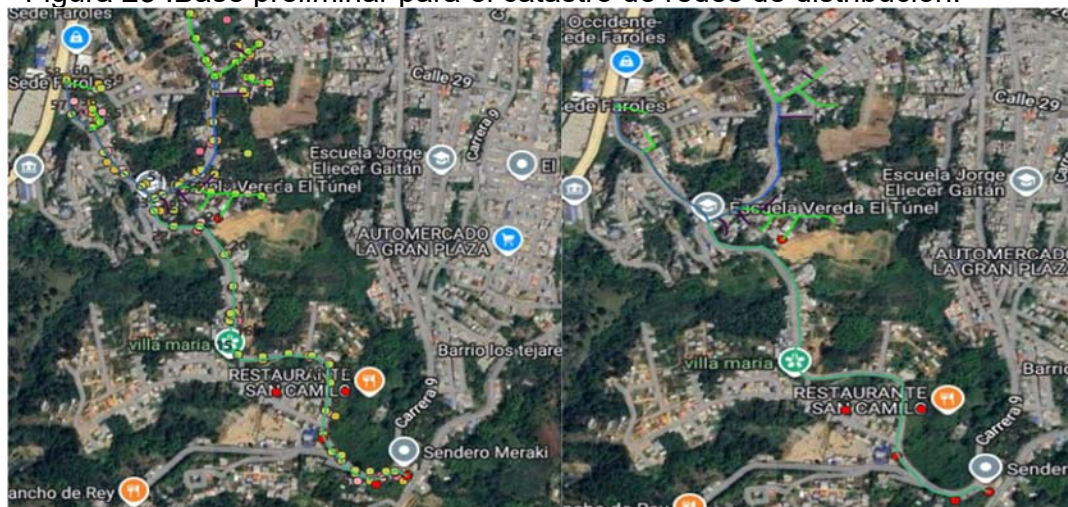


Fuente: elaboración propia.

5.1.3.3. Integración de Datos en el Mapa Final

Una vez visualizados los datos, se debe cargar la información que complete los formularios en QGIS. Esto permitirá generar un mapa completo de la red de distribución, integrando coordenadas geográficas, atributos de la red e información de los suscriptores (Figura 23).

Figura 23 .Base preliminar para el catastro de redes de distribución.



Fuente: elaboración propia.

5.1.4. ETAPA 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y SOCIALIZACIÓN

5.1.4.1. Socialización con la Comunidad

En esta última etapa, es clave presentar los resultados del inventario a la comunidad, con el objetivo de validar el trabajo realizado y promover su comprensión y apropiación del sistema de distribución. La presentación debe incluir: Exposición del inventario preliminar de la red de distribución y explicar el proceso de actualización para que puedan mantener actualizado este inventario utilizando las herramientas y la metodología aplicada en el proyecto.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

6.1 ETAPA 1: PLANIFICACIÓN Y SOCIALIZACIÓN (COORDINACIÓN INICIAL)

6.1.1 ACTIVIDAD 1: Diagnóstico Inicial y Delimitación del Área de Estudio

La Junta Administradora del Acueducto Rural de Río Negro en el municipio de Popayán expresó la necesidad de realizar el catastro de redes del acueducto, el cual abastece a veredas de los municipios de Popayán, Timbío y Sotará con una red de distribución de 64km aproximadamente. Este fue el punto de partida para desarrollar una metodología que permita suplir la necesidad expresada por el acueducto, integrando metodologías utilizadas en inventarios viales, SIG y estudios de catastro de redes de acueductos.

En una reunión inicial, celebrada el 25 de diciembre de 2023 en la sede de Puelenje, se presentaron los objetivos y el alcance del proyecto al personal administrativo del acueducto. Se determinó que el área de estudio se centraría en el sector del Túnel, jurisdicción del municipio de Popayán, donde se presentan los mayores problemas en la prestación del servicio. Se conformó un grupo de trabajo compuesto por miembros de la comunidad y trabajadores del acueducto para acompañar el proceso, como se documenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en el acta de reunión ANEXO A.

Figura 24. Primera reunión.



Fuente: Toma propia.

6.1.2 ACTIVIDAD 2: Elaboración de Formatos y Selección de equipo

Se elaboraron formatos en Excel para fichas de tuberías, accesorios y válvulas (ANEXO B). Se determinó el equipo tecnológico necesario para el desarrollo de la metodología, optando por teléfonos inteligentes debido a su presencia mayoritaria en la población en Colombia, como lo indican los datos del DANE de 2022¹⁷. Esta elección asegura que la metodología sea asequible y participativa para la comunidad.

¹⁷ DANE. Indicadores básicos de tenencia y uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC en hogares y personas de 5 y más años de edad Departamental 2022. (23, julio, 2023). [Consultado el 2, mayo, 2024]. Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/TICH/bol-TICH-2022.pdf>>.






En 2022 para el total nacional, en el 96,3% de los hogares al menos una persona poseía teléfono celular; 98,1% en las cabeceras y 89,8% en centros poblados y rural disperso.

6.1.3 ACTIVIDAD 3: Selección de Aplicación.

Con el teléfono de referencia moto g-84 se realizó esta metodología, en donde se escogió las aplicaciones.

Se seleccionaron aplicaciones móviles para la recolección de datos geográficos (coordenadas, altimetría), una aplicación se escogió por recomendación y experiencia positiva del ingeniero Hernán Nope esta corresponde a Mobile Topographer pro y las otras se escogieron basándose en recomendaciones y calificaciones en la Play Store de Google. Las aplicaciones seleccionadas fueron:

Tabla 3. Aplicaciones utilizadas durante la investigación.

Mobile Topographer Pro	Conota Cámara	GPS test	Locus Map	Altimeter
				
Mobile Topo...	Conota Cáma..	GPS Test	Locus Map	Altimet...

Fuente: elaboración propia.

Una vez descargadas las aplicaciones se hace todo el proceso que aparece en el ANEXO C en donde se determinó que la aplicación con mayor aproximación al GPS de DOBLE FRECUENCIA es la de CONOTA CAMARA ABC.

6.1.4 ACTIVIDAD 4: Presentación de formatos y aplicación seleccionada.

El 28 de febrero, se realiza una segunda reunión con los directivos del acueducto rural de Rio Negro, con el fin de dar a conocer los formatos de recolección de la información que se va a tomar en campo, como también dar a conocer cuál fue la aplicación que se selecciona para realizar este trabajo y a su vez estipular una fecha para un primer encuentro con los fontaneros para el reconocimiento de la zona y organizar una primera reunión con la comunidad para el día 9 de marzo; también se acuerda.

Figura 25. Segunda reunión



Fuente: Toma propia.

6.2 ETAPA 2: RECOLECCIÓN DE DATOS

6.2.1 ACTIVIDAD 1: Trazado preliminar del mapa

Esta actividad se conformó en dos reuniones las cuales se describen a continuación:

6.2.1.1 Encuentro 1

El recorrido se realizó el 4 de marzo con la participación de dos operarios, aunque cabe aclarar que una de las 2 personas hace parte de la junta de acción comunal, con el objetivo de examinar el área donde se implementó la metodología. El recorrido comenzó donde se ubican tres válvulas: una de 6 pulgadas y dos de 2½ pulgadas, siendo una de estas la que suministra agua al área objeto de estudio El Túnel. Se efectuó un reconocimiento general de la red principal, sus ramales, los tipos de tuberías, sus dimensiones y accesorios, hasta llegar al punto donde se encuentra el último usuario de este sector.

Figura 26. Válvulas del primer punto



Fuente: Toma propia.

6.2.1.2 Encuentro 2

Tras dos intentos fallidos para realizar la reunión con la comunidad, una de estas programada para el 9 de marzo, que fue aplazada por el gerente del acueducto, y la segunda, el 16 de marzo, cancelada por dificultades de comunicación entre los miembros del acueducto y la comunidad.

El 23 de marzo a las 4 p.m. se llevó a cabo la reunión con la comunidad con la asistencia de 10 personas. Tras una breve presentación de los participantes los cuales se conformaban por antiguos y nuevos usuarios, se procedió a socializar el proyecto. Se escucharon diversas intervenciones, entre ellas las de algunos fundadores del acueducto, quienes compartieron un poco de la historia de cómo se fundó y realizó este acueducto, a partir de proyectos y lo que representa para ellos contar con el suministro de agua potable.

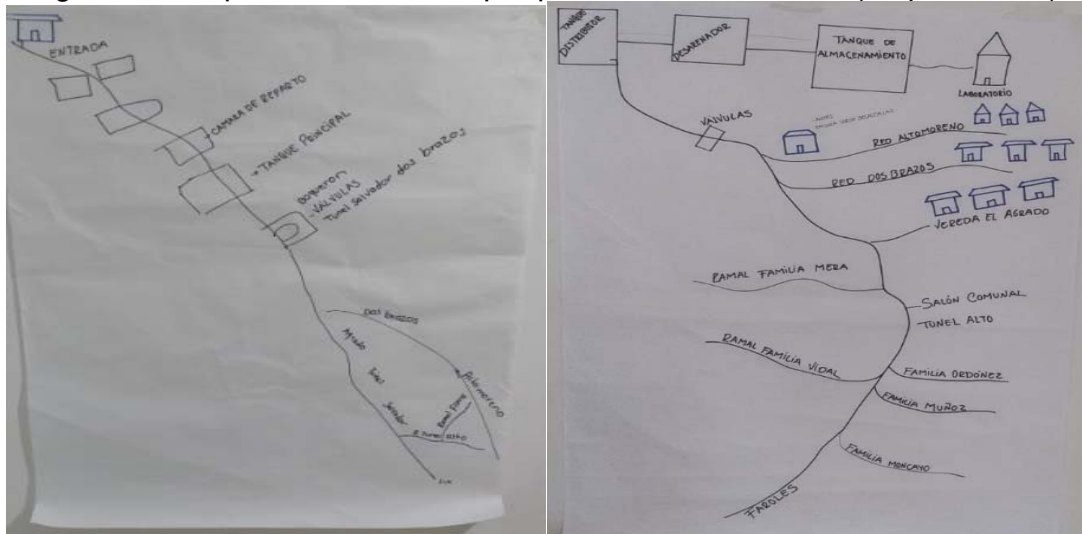
Pese a los obstáculos previos para coordinar la reunión y considerando las particularidades de la zona y una vez realizada la socialización de lo que se pretendía hacer con esta metodología, se inició con la elaboración del primer mapeo del acueducto utilizando pliegos de papel. Se solicitó a los asistentes que dibujaran lo que conocían sobre la red de distribución del acueducto, como se muestra en las Figuras 5 y 6. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Figura 27. Reunión con la comunidad del acueducto de rio negro



Fuente: Toma propia.

Figura 28. Esquemas realizados por parte de la comunidad (mapeo social).



Fuente: Toma propia.

Por último, en la asamblea se acordó que el 6 de abril a las 8 a.m. comenzará el proceso de recolección de datos de las redes de distribución, con la participación de cuatro miembros de la comunidad.

6.2.2 ACTIVIDAD 2: Explicación de aplicación para la toma de datos

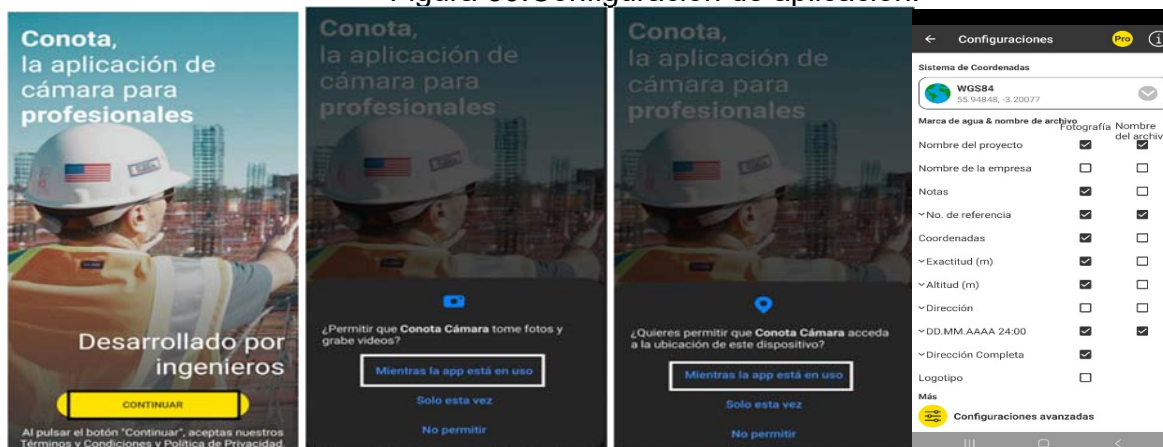
Se debe realizar la descarga de canota (Figura 29), una vez descargada canota cámara se procede a configurar la aplicación para que aparezca la información requerida en la toma de datos como se logra visualizar en las Figura 30.

Figura 29. Descarga de aplicación desde la play store.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Configuración de aplicación.



Fuente: elaboración propia.

6.2.3 ACTIVIDAD 3: Toma de datos y recolección de la información.

Es fundamental tener en cuenta que cada acueducto rural y cada comunidad en Colombia posee características, atributos y necesidades únicas. Por esta razón, es crucial comprender las necesidades específicas de cada acueducto para poder adaptar las soluciones adecuadamente.

Este punto es relevante porque, al trabajar con comunidades, es necesario ser flexible en cuanto a los cronogramas y actividades planeadas. Las fechas y acciones deben ajustarse a las posibilidades y tiempos de la comunidad. Un ejemplo claro de esta situación es la planificación inicial para realizar la toma de datos el 23 de marzo, que finalmente no pudo llevarse a cabo hasta el 6 de abril.

El día 6 de abril a las 8 a.m., tal como se había acordado previamente, se llevó a cabo el encuentro en el salón comunal. A esta reunión asistieron cuatro miembros de la comunidad, quienes participaron activamente en el proceso de recolección de datos. Durante la sesión inicial, se procedió a instalar la aplicación CONOTA en los dispositivos móviles de dos de los asistentes y se configuró como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ya que de esta manera se captura las coordenadas y de altimetría durante el recorrido.

A las 9 a.m. se dio inicio al recorrido, comenzando en el punto de localización de las válvulas principales, el cual se designó como el Punto N °1 (Figura 26). Desde allí, se procedió a recoger la información correspondiente a las coordenadas geográficas y altimetría mediante la aplicación. Además, se registraron manualmente las dimensiones de las tuberías, el tipo de accesorios instalados, y otros detalles técnicos pertinentes se registran en formatos o en papel; en este día se recoge la información de 34 puntos, como se evidencia en las Figuras 9 y 10.

Figura 31. Primera toma de puntos.



Fuente: Toma propia.

Se continua el día 13 de abril a las 8 am nuevamente se reúne con los miembros de la comunidad para continuar con el proceso de recolección de la información y se termina en el punto No 60 correspondiente al último usuario del acueducto de este sector del Túnel. La red principal y los ramales tienen unas puntas o extremos donde según información de los fontaneros terminan la red, pero para ellos queda la duda ya que hay presuntas conexiones ilegítimas.

Figura 32. Segunda toma de puntos.



Fuente: Toma propia.

Esta actividad se llevó a cabo con el objetivo de recolectar información precisa sobre las redes de distribución de la vereda El Túnel, información fundamental para su posterior procesamiento.

6.3 ETAPA 3: ANÁLISIS Y ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

Para procesar los datos, se utilizó el software QGIS, dado que este permite recopilar, organizar y compartir datos geográficos y generar mapas detallados y tablas de atributos en donde se puedan visualizar toda la información encontrada en campo, proporcionando un primer insumo que servirá como base preliminar para la comunidad de Río Negro que más adelante facilitará la actualización del catastro de redes del acueducto rural.

Con la información tomada en campo se realizó un mapa, a continuación, se mostrará el paso a paso para la Creación del Mapa en QGIS.

Es importante aclarar que los reportes de información se deben hacer bajo un mismo sistema en este caso es el WGS84 (usado por los dispositivos GPS), los datos tienen que obtenerse a través de un trabajo de campo mediante un dispositivo en este caso un teléfono, esta información geográfica se almacenará en un tipo de base de datos denominado geodatabase, para esto se define el formato ESRI Shapefile (SHP), en el cual se definen capas, dichas capas como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Capas en Qgis

CAPA	TIPO DE GEOMETRIA
TUBERÍA	Polilínea
SUSCRIPTORES	Punto
ACCESORIOS	Punto
DAÑOS	Punto
MEDICION DE AGUA EN LA RED	Punto

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se definen los campos y sus respectivas características para cada una de las capas geográficas mencionadas anteriormente como se muestra en el diccionario de datos (ANEXO M), una vez clara esta información se procede con la Creación del Mapa en QGIS.

- Digitalización de los Datos en Excel: Se inicia creando un documento en Excel donde se digitalizan los datos recolectados en campo los días 6 y 13 de abril en el sector de El Túnel, perteneciente al Acueducto de Río Negro. Estos datos incluyen coordenadas geodésicas y altimetría, así lo referencia la Tabla 5.

Tabla 5. Información recolectada en campo.

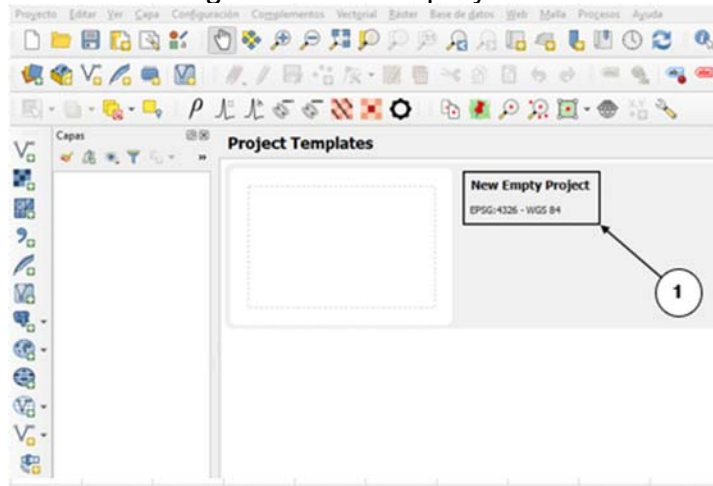
	A	B	C	D	E
1	PUNTO	ALTIMETRIA	LATITUD	LONGITUD	DESCRIPCION
2	1	1807	2,419550	76,615690	PRINCIPAL
3	1	1807	2,41963	76,615670	PRINCIPAL
4	1	1806	2,4195	76,615740	PRINCIPAL

Fuente: Elaboración propia.

El proceso que se realiza de aquí en adelante es el mismo que se evidencia en el ANEXO C-Imagen 6,7 y 8. Una vez Los datos quedan organizados y listos en formato .CSV, se inicia el proceso para importarse al software de QGIS.

- Abrir QGIS y Crear un Nuevo Proyecto: En la interfaz de inicio, se selecciona la opción de "Nuevo Proyecto".
- Subir el Documento de Excel a QGIS: Se sube el archivo de Excel al proyecto, esto se realiza importando el documento a como se muestra en la imagen de referencia.

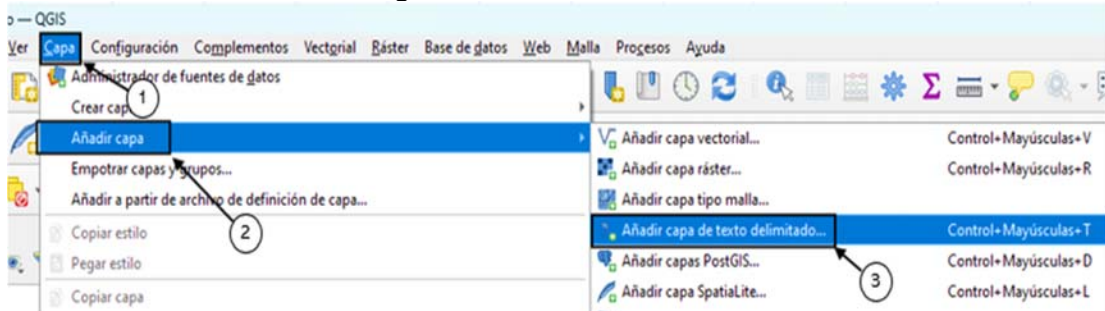
Figura 33. Nuevo proyecto.



Fuente: elaboración propia.

- Configuración de los Datos en QGIS: Una vez los datos están en el proyecto, se procede a configurarlos para que QGIS pueda visualizarlos correctamente, esto incluye especificar la proyección de los datos y otras configuraciones, siguiendo los pasos que se muestran en la imagen de referencia (Figura 35).

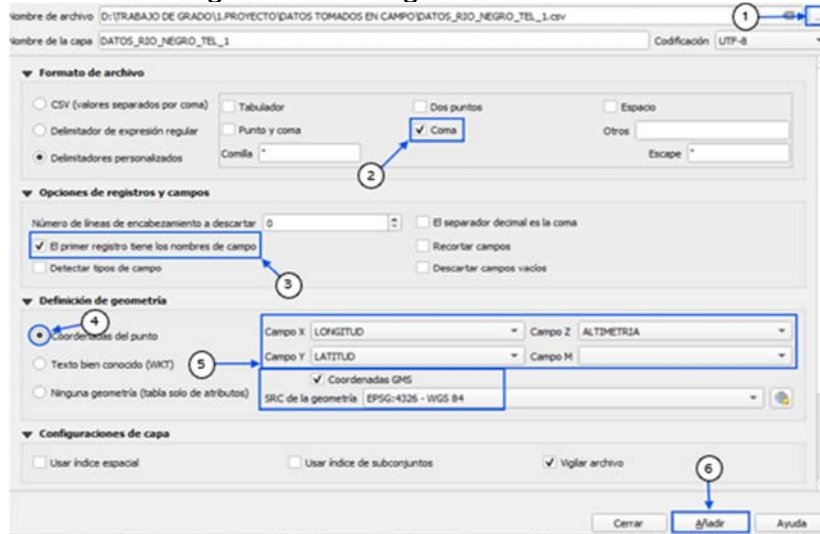
Figura 34. Subir documento



Fuente: Elaboración propia.

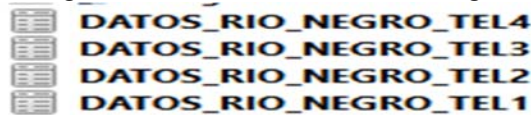
Una vez realizada la configuración aparece una tabla de datos como se puede ver imagen de referencia: (Figura 36); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Asimismo, se muestra en la Figura 14, la tabla de datos en Qgis.

Figura 35. Configuración de datos.



Fuente: Elaboración propia.

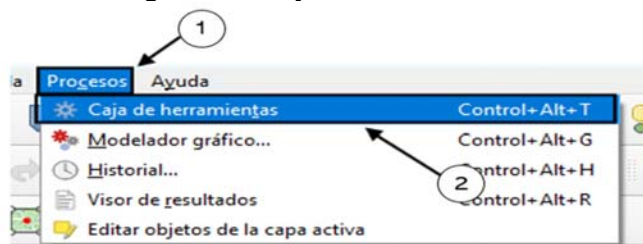
Figura 36. Tabla de datos en Qgis



Fuente: Elaboración propia.

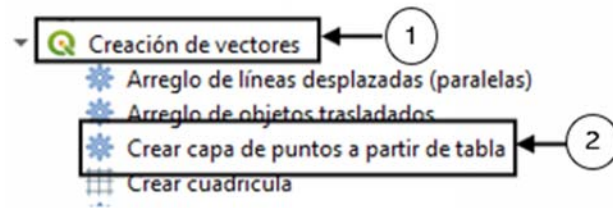
- Creación de puntos a partir de tabla: Para este proceso se debe seguir el paso a paso de las imágenes de referencia: Figuras 15,16 y 17.

Figura 37. Caja de herramientas



Fuente: Elaboración propia.

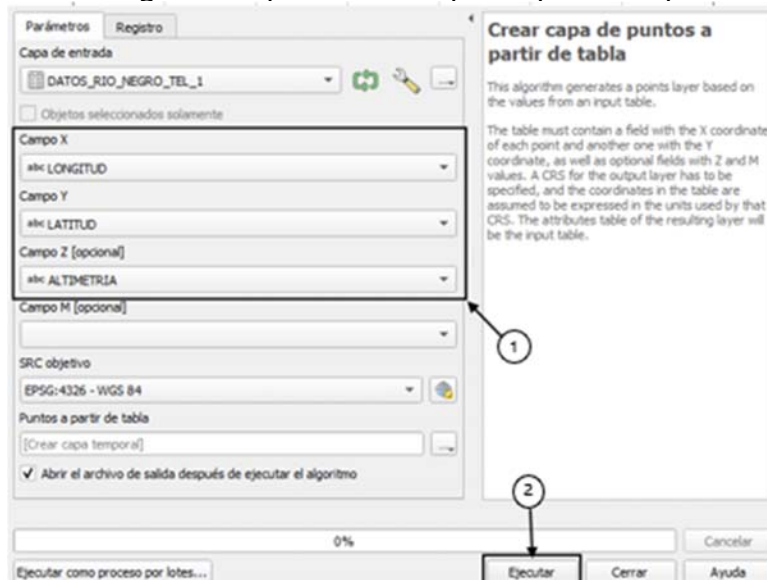
Figura 38. crear capa de puntos a partir de tabla.



Fuente: Elaboración propia.

- Visualización de los Puntos y Etiquetas: Con los puntos ya cargados, se activa las etiquetas correspondientes a cada uno de ellos. Esto es fundamental para poder visualizar mejor los datos, para habilitar las etiquetas, se hace clic derecho sobre la capa de puntos y se selecciona la opción "Propiedades". (Ver imagen de referencia:Figura 40 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

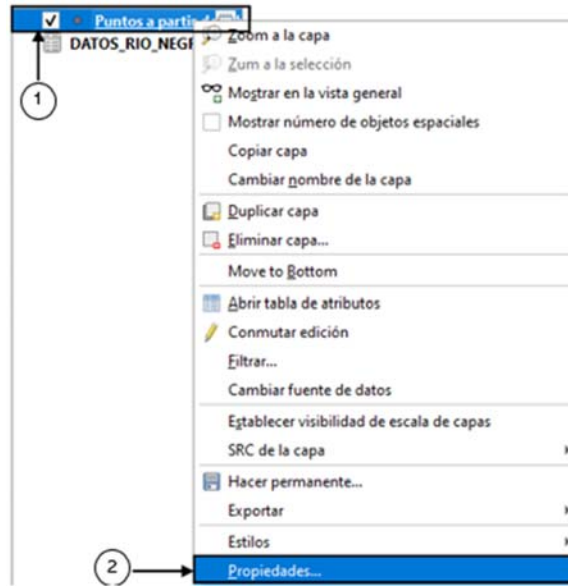
Figura 39. Configuración para crear capa de puntos a partir de tabla.



Fuente: Elaboración propia.

- Configuración de etiqueta: Una vez se ingresa a propiedades, se procede a configurar la etiqueta para que se pueda visualizar el proyecto como la Figura 42, siguiendo los pasos que se muestran en la imagen de referencia (Figura 41).

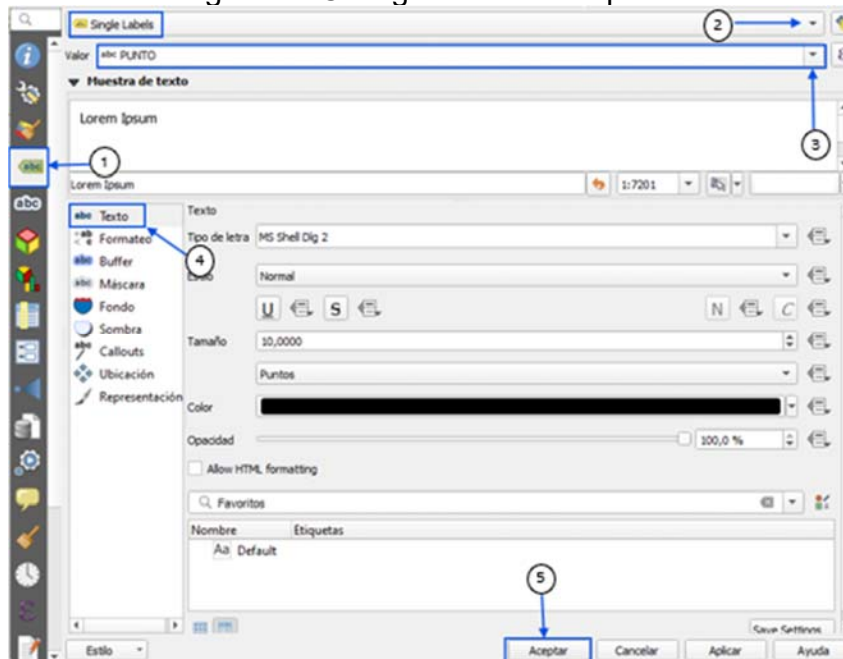
Figura 40. Propiedades



Fuente: Elaboración propia.

Una vez se hace la configuración anterior los puntos se muestran como se ve en la Figura 42.

Figura 41. Configuración de etiqueta.

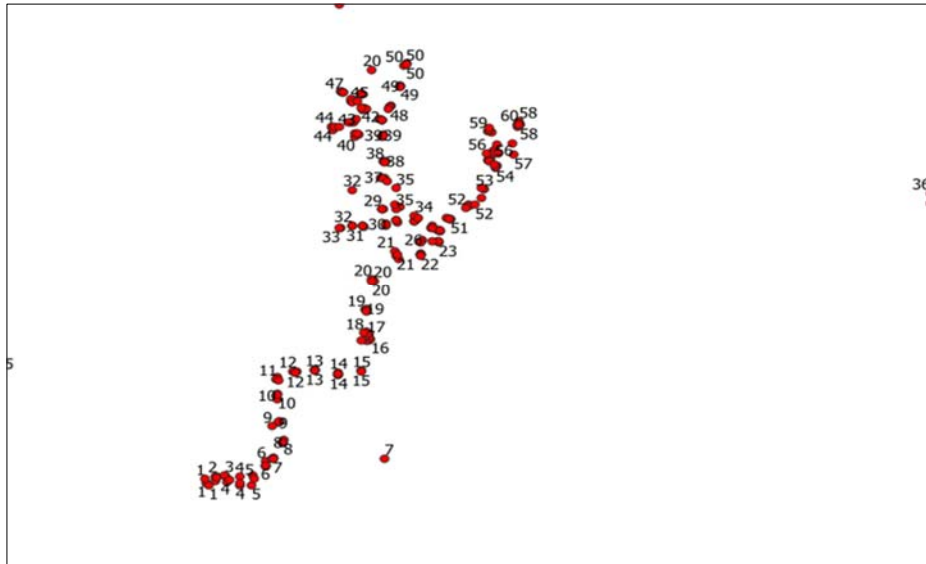


Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado todo el proceso anterior se inicia a Agregar un Mapa Base en Qgis, como se muestra a continuación:

- Buscar e Instalar el Complemento QuickMapServices: En la barra de menú superior, selecciona Complementos > Administrar e Instalar complementos (Figura 43).

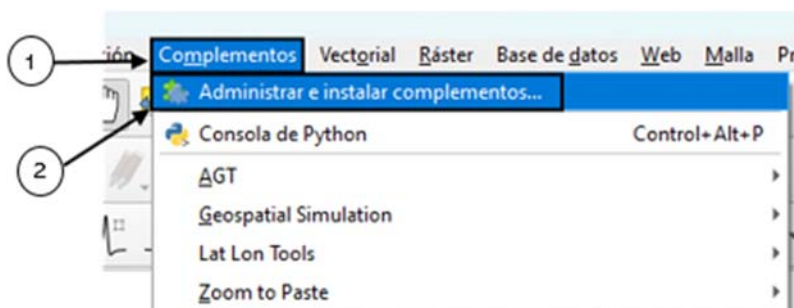
Figura 42. visualización de puntos en Qgis



Fuente: Toma propia.

- Buscar QuickMapServices: Se abre una ventana con la lista de complementos disponibles, en la barra de búsqueda que aparece en la ventana de complementos, escribe QuickMapServices y aparece el complemento QuickMapServices en la lista de resultados como se muestra en la Figura 44

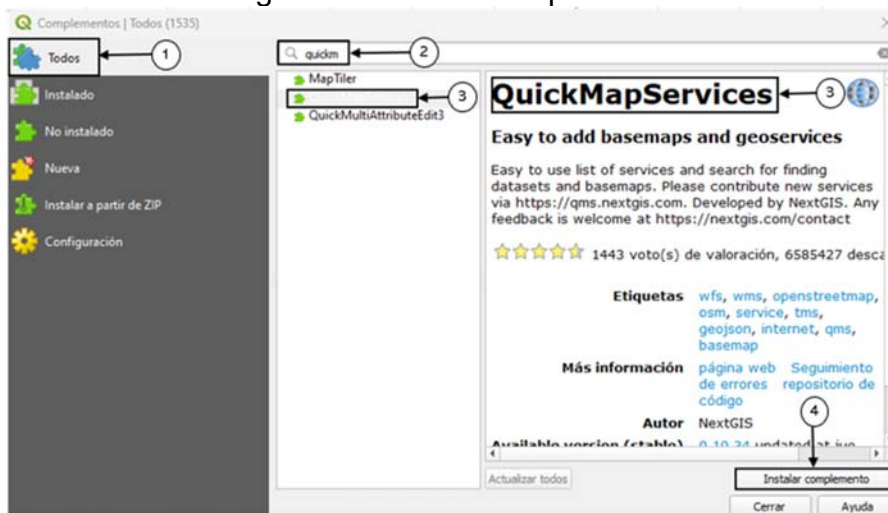
Figura 43. Administrar e instalar complementos



Fuente: Elaboración propia.

- Añadir un Mapa Base (Bing, Google, etc.): En la barra de menú superior se selecciona Web y en el submenú de QuickMapServices, el servicio de mapa que deseas agregar (por ejemplo, Bing, Google Maps, OSM, etc.), el mapa base elegido se carga automáticamente como fondo en tu proyecto de QGIS, proporcionando un contexto geográfico a los datos cargados.
Solución si No Aparecen las Opciones de Mapas: Si no ves las opciones de Bing, Google o cualquier otro servicio, sigue estos pasos:
Vuelve a Web > QuickMapServices y selecciona Settings (Figura 45).

Figura 44. Instalar complemento

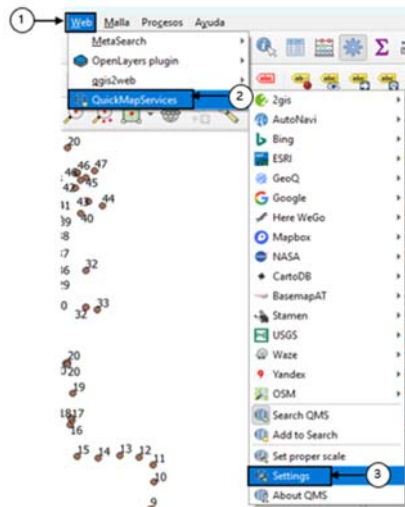


Fuente: Elaboración propia.

En la ventana de configuración, selecciona More services y haz clic en Get contributed pack (Una vez realizado este proceso se vuelve QuickMapServices > visibility, con el fin de escoger cuales son los mapas base que se quiere visualizar, como se muestra en la Figura 24.

- Figura 46), esto habilitará más servicios de mapas, como Bing y Google.

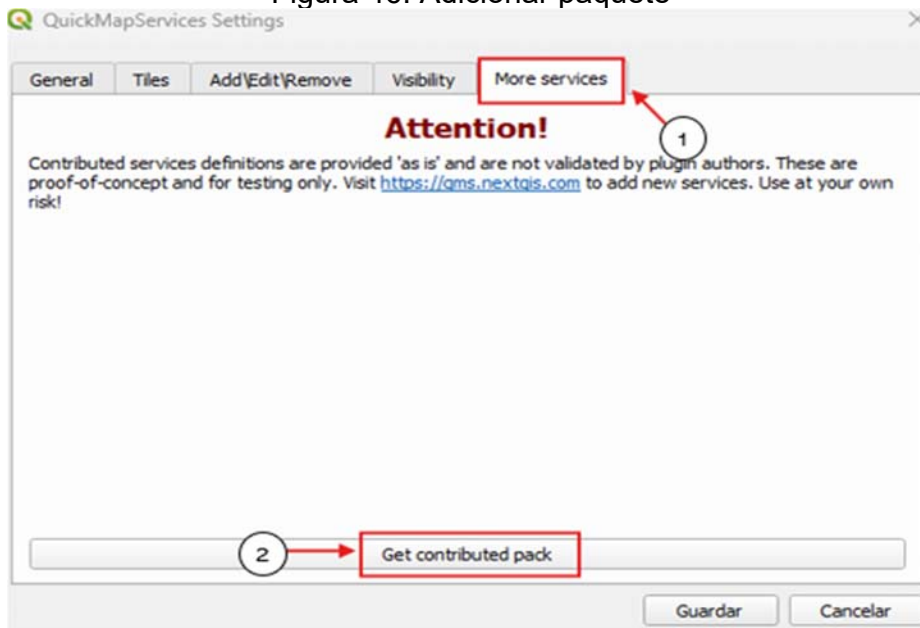
Figura 45. Adicionar base de mapas



Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado este proceso se vuelve QuickMapServices > visibility, con el fin de escoger cuales son los mapas base que se quiere visualizar, como se muestra en la Figura 24.

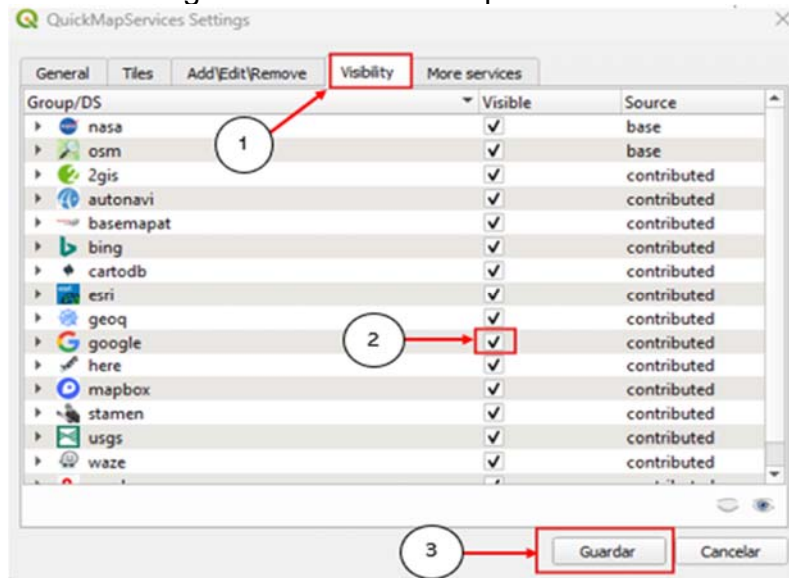
Figura 46. Adicionar paquete



Fuente: Elaboración propia.

- Visualización en la Interfaz: En este punto se escoge el mapa base que se quiere visualizar como se muestra en la Figura 48, en este caso en particular se utilizó Google Hybrid.

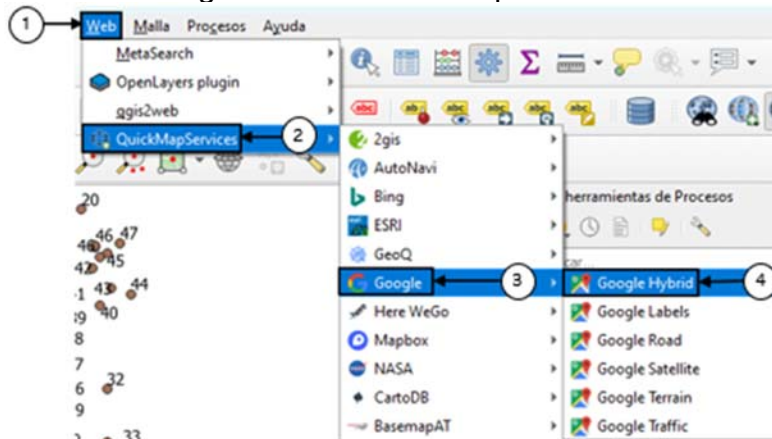
Figura 47. Visualizar mapa base.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez se realizado este paso, los datos se visualizan como se muestra en la Figura 49.

Figura 48. Adicionar mapa base

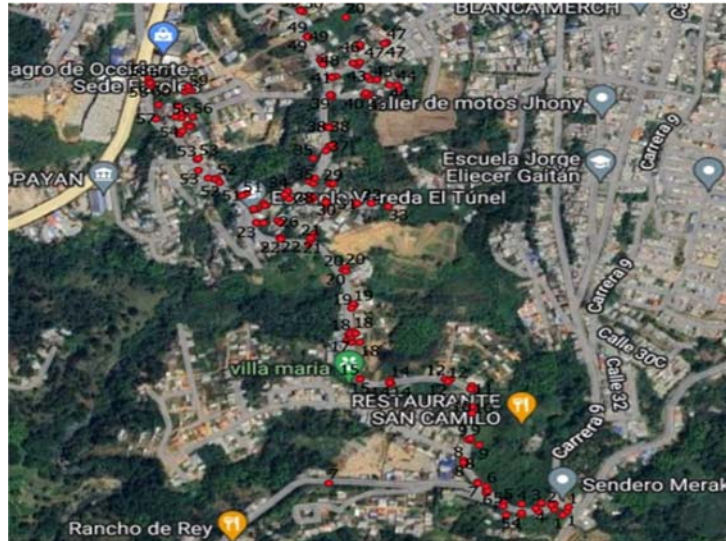


Fuente: Elaboración propia.

Una vez en este punto, con los datos recopilados en campo con los diferentes teléfonos, se observó cuál de los cuatro teléfonos tenía mejor precisión, aunque la ruta de comparación compuesta con puntos “ideales” se tomó a partir del mapa base por dónde pasa la tubería, pero es importante mencionar que dichos datos no son tan precisos debido a que no se tomaron con ningún dispositivo de precisión tal como el GPS de doble frecuencia.

Después de aplicar la fórmula del RMSE, se determinó que el teléfono **Moto G84**, dado que tuvo el menor error, como referencia la Figura 27.

Figura 49. Visualización de datos con mapa base.



Fuente: elaboración propia.

6.4 ETAPA 4: ELABORACIÓN DE LOS FORMULARIOS DE DATOS

Con los datos de campo se procedió a trazar una ruta que se adecue de la mejor manera a lo existente en campo, se procedió a organizar y diseñar la información que lleva cada formulario con el fin de cubrir aspectos específicos de la red de distribución, en el ANEXO H se muestra cual fue el proceso para crear los formularios (Figura 28).

Figura 50. Capas de los formularios

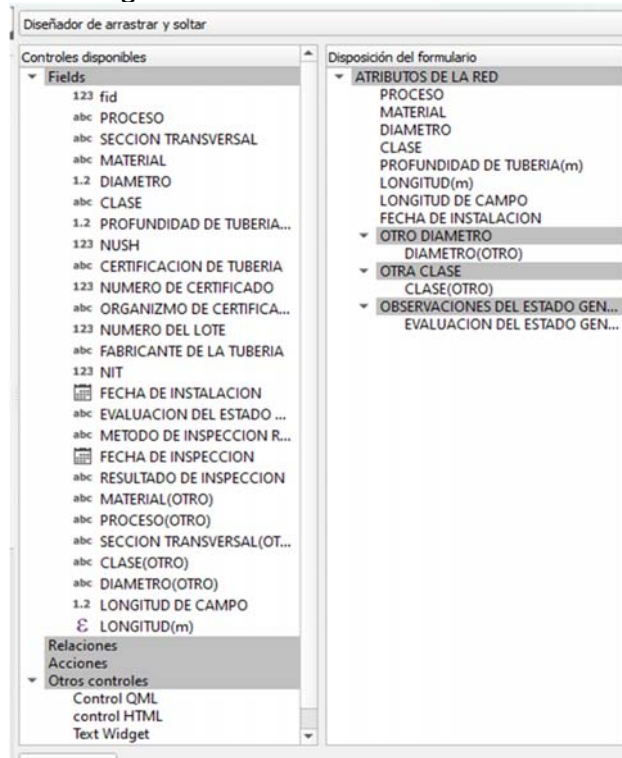
- TUBERIA
- SUSCRIPTORES
- ACCESORIOS
- DAÑOS
- MEDICION DE AGUA EN LA RED

Fuente: elaboración propia.

Formularios creados, como evidencian las Figuras 29, 30, 31, 32 y 33:

Tubería: Incluye datos sobre el tipo, diámetro y material de las tuberías.

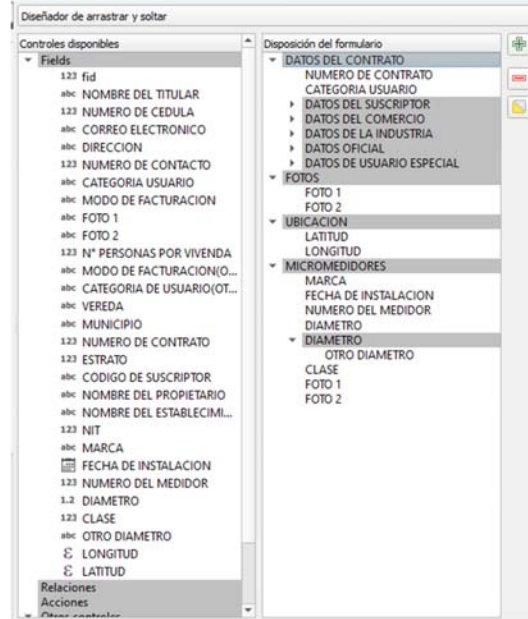
Figura 51. Formulario de tubería.



Fuente: elaboración propia.

Suscriptores: Información sobre las personas o entidades conectadas a la red de distribución.

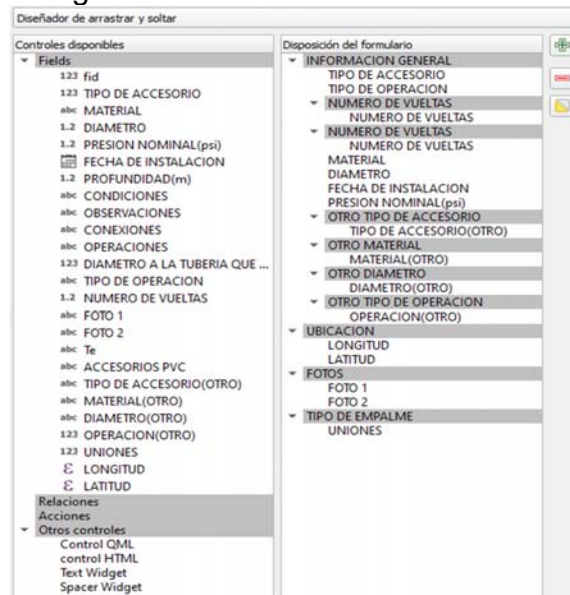
Figura 52. Formulario de suscriptores.



Fuente: elaboración propia

Accesorios: Registro de válvulas, medidores, codos, etc.

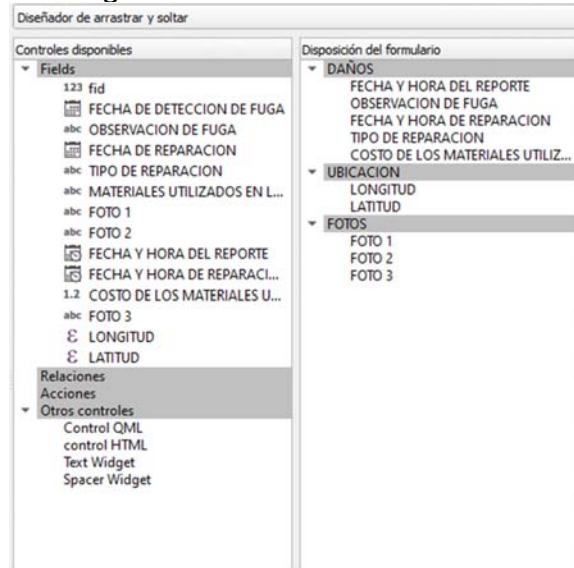
Figura 53. formulario de accesorios.



Fuente: elaboración propia

Fugas: Registro de posibles fugas o puntos vulnerables detectados en la red.

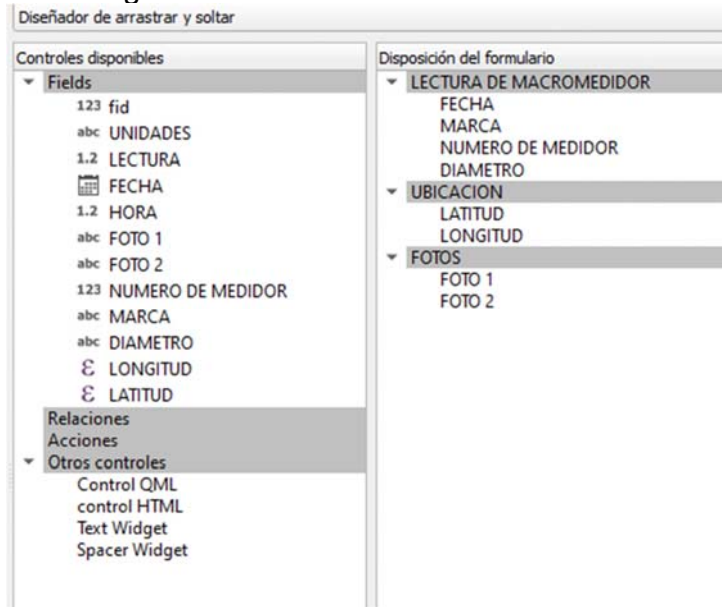
Figura 54. Formulario de daños.



Fuente: elaboración propia

Micromedidor: Datos importantes en la lectura de un micromedidor.

Figura 55. Formulario de micromedidor.



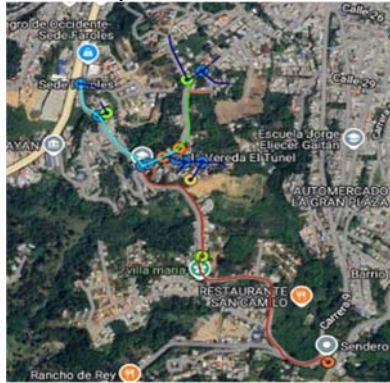
Fuente: elaboración propia

Trazado de la Red: Utilizando la información recolectada en los formularios y los puntos geodésicos obtenidos con los diferentes dispositivos, se procedió a trazar la red de distribución en Qgis, donde se genera un mapa digital de la red de distribución del sector del túnel del

acueducto de Rio Negro ANEXO J, el cual incluye todos los atributos registrados en campo, como tuberías y accesorios como se muestra en la Figura 56.

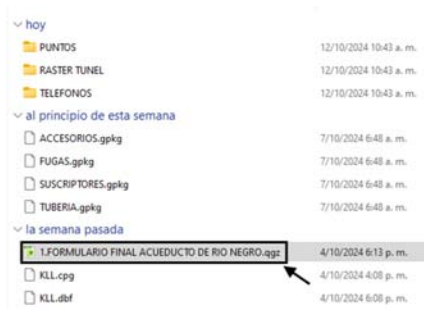
Para poder acceder a este mapa se debe ingresar en el archivo FORMULARIO FINAL ACUEDUCTO DE RIO NEGRO.qgz como se muestra en las Figura 57 y 35.

Figura 56. Mapa de red de distribución.



Fuente: elaboración propia

Figura 57. Nombre de archivo



Fuente: elaboración propia

Finalmente se realizó la socialización con el acueducto de rio negro con el fin de mostrar cómo se desarrolló la metodología y el producto de esta.

Figura 58.Socialización.



Fuente: elaboración propia

7.CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de la metodología se pudo confirmar que los formatos que se generaron en el programa de Qgis funcionan como base preliminar para la actualización de catastro de redes.

La cartografía social junto con el inventario de las redes de distribución se complementa ya que donde pueden presentarse las fallas técnicas y de precisión, la cartografía social muchas veces hace su papel para terminar de realizar un buen levantamiento, de tal manera que permiten generar un mapa completo.

Esta metodología es asequible a la comunidad debido a que la mayoría de los hogares cuenta con un teléfono inteligente y a su vez todas las aplicaciones utilizadas en la metodología son de uso gratuito, como lo es canota cámara ABC y Qgis.

8.RECOMENDACIONES

Para la toma de datos es importante tener en cuenta que las condiciones climáticas y el entorno en que se desarrolla la actividad puede afectar la precisión de la aplicación generando errores más grandes.

Es importante que el teléfono con el que se toman los datos no sea de un modelo muy antiguo.

Se recomienda hacer una muestra, para ver la precisión que se tiene con los teléfonos que se van a utilizar, antes de iniciar con el levantamiento del acueducto.

Se recomienda conocer el contexto de la comunidad en donde se pretenda aplicar esta metodología, ya que cada comunidad es un mundo diferente y por ende las condiciones de trabajo pueden cambiar y a su vez es importante tener la capacidad de adaptarse.

Se recomienda que, los formularios sean utilizados por personas con un mínimo de conocimiento en sistemas de información geográfica y herramientas ofimáticas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Ibagué. (12, 23 de septiembre). VISITAS TÉCNICAS PARA EL DIAGNOSTICO, EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS Y/O ALCANTARILLADOS COMUNITARIOS Y RURALES DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ.
<https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2023/53054-DOC-20230912110857.pdf>. <https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2023/53054-DOC-20230912110857.pdf>.
- BANCO MUNDIAL. Colombia: Rica En Agua, Pero Con Sed De Inversiones. [En línea]. Recuperado en 2023-05-06 Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security#:~:text=Los%20desaf%C3%ADos%20h%C3%ADricos%20que%20enfrenta%20Colombia&text=El%20resultado%20probable%20ser%C3%A1%20un,en%20los%20%C3%BAltimos%2050%20a%C3%B1os>.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico 1096. (17, septiembre, 2000). DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 0000412. (26, febrero, 2020). Resolución 412 de 2020 - Inventarios viales.
- COLOMBIA. CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL. CONPES 3810. (3, JULIO, 2014). POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA pág. 43.
- DUARTE, D. (2012, enero). Implementación de un sistema de información geográfica (sig.) para el inventario y control catastral de los usuarios y las redes internas de acueductos rurales y suburbanos del municipio de Pasto - Sistema Institucional de

Recursos Digitales - Universidad de Nariño. Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño - Sistema Institucional de Recursos Digitales - Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/1287>.

- ICONTEC. (2017). CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS (NTC-1500). <https://serviciudad.gov.co/docweb/normograma/Tecnica/NTC-1500%202.pdf>.
- "Metodología General para reportar la Información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras — Versión 3, RESOLUCIÓN n.º 0001321 (2018).7-12.
- "Metodología General para reportar la Información que conforma el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras — Versión 3, RESOLUCIÓN n.º 0000412 (2020). <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/479/2020/genPagDocs=11>
- MINISTERIO DEL TRANSPORTE. Resolución 0001321 de 2018. [s.l.]: [s.n.], 2018. 37 p.
- MOLINA, Adriana María; LÓPEZ, Luis Fernando y VILLEGAS, Gloria Isabel. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL. En: EIA. 2005. no. 4, p. 21-31. ISSN 1794-1237.
- Quintero González, J. R. (2011). Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Revista Facultad de Ingeniería, 20(30), 65–77.
- USAID COLOMBIA. (2016, marzo). GUÍA PRÁCTICA PARA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS DE VÍAS TERCIARIAS. <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/usaid-guia-practica-inventarios-viales.pdf>.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, LEY NÚMERO (1228) 16 de julio de 2008 n.º 1228 (2008). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1228-2008.pdf>
- PACHECO A, Carlos E.; BARRIOS R, Alex G. y LÓPEZ H, Juan I. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DIGITALIZACIÓN PARA EL INGRESO DE INFORMACIÓN ESPACIAL A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. En: Revista forestal latinoamericana. 2007. no. 41, p. 57-74. ISSN 0798-2437.
- RUBIO BARROSO, Alfonso y GUTIÉRREZ PUEBLA, Javier. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS ORIGEN Y PERSPECTIVAS. En: Revista General de Información y Documentación. 1997. vol. 7, no. 1, p. 93-106. ISSN 1132-1873.
- SANTOVENIA DÍAZ, Javier; TARRAGÓ MONTALVO, Consuelo y CAÑEDO ANDALIA, Rubén. Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. En: Acimed. 2009. vol. 20, no. 5, p. 75-105. ISSN 1024-9435.
- SIASAR. Colombia. Disponible en Internet: <https://globalsiasar.org/es/paises/colombia>
- SERRATO ÁLVAREZ, Pedro Karin. Vista de Referencias y proyección empleadas en la cartografía colombiana | Perspectiva Geográfica. PORTAL DE REVISTAS UPTC [página web]. [Consultado el 24, septiembre, 2024]. Disponible en Internet: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1718/1715>.
- Water Audits and Loss Control Programs. (s.f.). Home | American Water Works Association. https://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/M36LookInside.pdf?_gl=1*3fpnj6*_ga*MjAyNzQ5MjMwMS4xNjk0NDc2NjI5*_ga_V6LK6LPN9V*MTY5NDUwMDA4MC4zLjEuMTY5NDUwMDEyNS4xNS4wLjA.