FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN TECNICA DE LOS ACUEDUCTOS RURALES MEDIANTE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN



Por:
PAULA ANDREA RINCÓN CÁRDENAS – 1210073
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título en Ingeniería Sanitaria y Ambiental

DIRECTORA
SOC. MARIELA GARCIA VARGAS

CO-DIRECTOR
ING. ANDRES FERNANDO TORO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE - EIDENAR
SANTIAGO DE CALI
2022

DEDICATORIA

Dedico con todo mi amor este trabajo de grado a mis padres José H. Rincón y Martha L. Cárdenas por formarme con buenos sentimientos y valores, por su apoyo incondicional, porque siempre han estado conmigo, porque sin ellos no lo hubiera logrado.

A mi esposo Andrés F. Restrepo pues fue quien con sus palabras de aliento no me dejaba decaer y me motivaba a seguir adelante, por su sacrificio y esfuerzo, por ser el soporte de la casa y afrontar las responsabilidades económicas mientras yo cumplía mi sueño de terminar mi carrera, por creer siempre en mi capacidad, por su comprensión, cariño y amor.

A mi hija Julieta Restrepo Rincón quien ha sido mi mayor motivación e inspiración para nunca rendirme y superarme cada día más y así poder luchar por terminar mis estudios para que la vida nos depare un mejor futuro como familia y ser un ejemplo para ella.

A mi hermano Diego F. Rincón por su apoyo incondicional y ser mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A las primeras personas que les quiero agradecer es a mi directora y profesora Mariela García, a mi codirector Dr. Andrés Fernando Toro y al Econ. Federico Pinzón que sin su conocimiento y ayuda no hubiera sido posible realizar este proyecto.

Gracias a mi universidad, por haberme permitido formarme y convertirme en profesional, gracias a cada profesor que hizo parte de este proceso de formación y a mis compañeros a quienes me acompañaron durante todo este proceso.

DECLARACION DE ORIGINALIDAD

La estudiante **PAULA ANDREA RINCON CARDENAS**, del Programa de pregrado Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Identificada con Cedula de Ciudadanía número: 1.144.130.877 de Cali y los directores del trabajo de grado "**FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN TÉCNICA DE LOS ACUEDUCTOS RUALES MEDIANTE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN",** presentado para su defensa y evaluación en el semestre I-2022, declara que asume la originalidad de dicho trabajo, Garantizamos, al firmar este trabajo de grado de pregrado, que el trabajo ha sido realizado por la estudiante bajo la orientación de sus directores y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores al ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

RESUMEN

La investigación del trabajo de grado se desarrolló en los departamentos del Cauca y Valle del Cauca en compañía de la Asociación de Organizaciones comunitarias Prestadoras de Servicios Públicos de Agua y Saneamiento en Colombia (Aquacol), la cual agrupa aproximadamente 56 organizaciones comunitarias que prestan el servicio de agua y saneamiento a más de 80 mil habitantes en el área rural de los dos departamentos.

Dado que muchos gobiernos municipales centran principalmente sus acciones en las cabeceras municipales y generalmente no han creado mecanismos de apoyo a las organizaciones rurales encargadas del suministro de agua, en el sector rural los recursos que se consiguen o los proyectos que se desarrollan se logran fundamentalmente por el trabajo de las comunidades de la mano de las organizaciones comunitarias de segundo nivel como Aquacol.

Para la selección de los acueductos en los que se realizó el proyecto de grado se tuvo en cuenta los siguientes criterios: primero se revisó la base de datos Geosalud-GeoCOVID-19 para el periodo de marzo a septiembre de 2020, en esta aplicación se presentan estadísticas del COVID-19 con los datos de casos acumulados de COVID-19 por municipio y el número de muertes de hombres y mujeres, posteriormente teniendo en cuenta los municipios con mayor cantidad de casos se identificaron los acueductos rurales, segundo que fueran acueductos rurales asociados a Aquacol, tercero que fueran acueductos con diferentes niveles de complejidad y usaran tecnologías diferentes para el tratamiento del agua, planta convencional, planta con Filtración en Múltiples Etapas (FiME) y la tecnología de oxidación y retención en filtros de gravas ascendentes en serie (OXFI), cuarto que fueran los acueductos con mayor número de usuarios.

Se seleccionaron tres acueductos rurales, en donde mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la comunicación (TICS) y teniendo como referente el enfoque de ciencia ciudadana se construyó junto con las comunidades la estructura del modelo lógico de datos necesaria para la creación de un módulo de un sistema de información asociado con indicadores de cantidad, continuidad y calidad. Se espera que dicho sistema sea una herramienta de apoyo a las comunidades en la gestión técnica de sus sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.

Palabras Clave: Acueductos, Rurales, TICs, Sistema de Información, Aquacol, Acuanariño, Acueducto de Mondomo, Acuasur

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN **8**

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION **9**

3. OBJETIVOS **11**

3.1 OBJETIVO GENERAL 11
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 11

4. MARCO TEÓRICO **12**

4.1. ORGANIZACIONES COMUNITARIAS DE SEGUNDO NIVEL 12
4.2. ACUEDUCTOS COMUNITARIOS 12
4.3. CALIDAD 12
4.4. CANTIDAD 12
4.5. CONTINUIDAD 13

5. ANTECEDENTES **14**

5.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN SECTORIALES. 14

6. METODOLOGIA **20**

6.1. ÁREA DE ESTUDIO 20
6.2. REVISIÓN DE LITERATURA 20
6.3. PRIORIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE ACUEDUCTOS COMUNITARIOS 21
6.3.1. Priorización de Acueductos *21*
6.3.2. Diagnóstico técnico participativo *23*
6.4. DISEÑO PARTICIPATIVO DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO LOGICO DE DATOS DEL MODULO TECNICO DE UN SISTEMA DE INFORMACION COMUNITARIO 25
6.5. DEVOLUCIÓN DE LA INFORMACIÓN A AQUACOL 28

7. RESULTADOS **29**

7.1. ANÁLISIS DE APORTES DEL ENFOQUE DE CIENCIA CIUDADANA PARA INCORPORARLOS EN EL DESARROLLO METODOLÓGICO. 29
7.1.1. Ciencia Ciudadana *29*
7.1.1.1. Ejemplos de aplicación de ciencia ciudadana en Iberoamérica 31
7.1.2 Investigación-Acción Participativa *35*
7.1.3. Apropiación Social del Conocimiento *36*
7.2. DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARTICIPATIVO DE TRES ACUEDUCTOS RURALES ASOCIADOS A AQUACOL CON NIVELES DE COMPLEJIDAD DIFERENTES. 36
7.2.1. Acueducto Regional ACUASUR – Robles. *36*
7.2.2. ACUANARIÑO *43*
7.2.3. Acueducto de Mondomo *49*
7.2.4. Esquemas y rutinas en la operación y manejo de los sistemas *55*
7.2.5. Análisis del estado de la información técnica de los acueductos *58*
7.3. DISEÑO PARTICIPATIVO DEL MODELO LÓGICO DEL MÓDULO TÉCNICO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN COMUNITARIO 60
7.3.1. Concentración juntas directivas *60*
7.3.2. Georreferenciación *61*
7.3.3. Diseño de estructuras de base de datos *62*
7.3.4. Construcción de atributos *64*

7.3.4.1. Atributos Red de Distribución 64
7.3.4.2. Atributos Válvulas 67
7.3.4.3. Atributos Tanques de almacenamiento 68
7.3.5. Modelo de Datos Lógico del Módulo Técnico *70*
7.3.5.1. Validación de información 81
7.4. DEVOLUCION DE LA INFORMACION. 81
8. CONCLUSIONES **85**
9. RECOMENDACIONES **87**
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS **88**

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 *Plataforma Sivicap-Menú de opciones de reportes IRCA* ---- 15
Imagen 2 Plataforma SUI- Menú de opciones de reportes ---- 17
Imagen 3 Plataforma SIASAR- Menú de opciones de reportes ---- 18
Imagen 4. Localización de acueductos comunitarios ---- 20
Imagen 5. Plataforma Geosalud laboratorio ---- 21
Imagen 6. Esquema Modelo lógico ---- 25
Imagen 7. *Ubicación de ACUASUR* ---- 37
Imagen 8. Cámara de aquietamiento ACUASUR ---- 39
Imagen 9. Canaleta Parshall y Dosificación de coagulante de ACUASUR ---- 39
Imagen 10. Floculadores hidráulicos de tabiques en acrílico de ACUASUR ---- 40
Imagen 11. Sedimentadores tipo colmena de ACUASUR ---- 40
Imagen 12. Filtros rápidos de ACUASUR ---- 40
Imagen 13. Tanque de contacto de cloro de ACUASUR y punto de dosificación de cloro 41
Imagen 14. Tanque de almacenamiento de ACUASUR ---- 41
Imagen 15. Las 5 líneas que distribuye el agua potable a las comunidades de ACUASUR ---- 41
Imagen 16. *Ubicación de Nariño-Tuluá* ---- 44
Imagen 17. Pozo Vtu 118 ---- 45
Imagen 18. Caseta de suministro de cloro ---- 46
Imagen 19. Tanque de almacenamiento ---- 46
Imagen 20. Planta de tratamiento ACUANARIÑO en construcción ---- 47
Imagen 21*. Ubicación de Mondomo-Santander de Quilichao* ---- 50
Imagen 22. Bocatoma de fondo ---- 52
Imagen 23. Desarenadores a) nuevo b) viejo ---- 52
Imagen 24. a) viaducto 1 b) viaducto 2 c) viaducto 3 ---- 52
Imagen 25. Tanque de almacenamiento el refugio ---- 54
Imagen 26. Planta de tratamiento de Mondomo ---- 55
Imagen 27. Tanque de almacenamiento de agua potable ---- 55
Imagen 28*. Rutina de trabajo fontanero de ACUASUR* ---- 56
Imagen 29. Esquema de ACUASUR ---- 56
Imagen 30. Rutina de trabajo de fontanero de ACUANARIÑO ---- 57
Imagen 31. Esquema de ACUANARIÑO ---- 57
Imagen 32. Rutina de trabajo de fontanero de Acueducto de Mondomo ---- 58
Imagen 33. Esquema de Acueducto de Mondomo Realizado por Oscar Willian Silva ---- 58
Imagen 34. Evidencia de carpetas recolectadas para digitalizarlas ---- 63
Imagen 35 Base de datos de informe de calidad de agua para ACUASUR ---- 64
Imagen 36. *Esquema de modelo lógico de datos.* ---- 71
Imagen 37. Página de inicio sistema Nuestra Agua ---- 82
Imagen 38. Componente catastral - Acueducto de Mondomo. ---- 83
Imagen 39. Componente de cantidad y continuidad – ACUASUR. ---- 83
Imagen 40. Componente de calidad de agua potable – ACUANARIÑO. ---- 84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotación según el nivel de complejidad del sistema 13
Tabla 2. *Acueductos Priorizados* 22
Tabla 3. Experiencias de ciencia ciudadana en algunos países Iberoamericanos. 31
Tabla 4. Tabla de información existente de cada acueducto 59
Tabla 5. Georreferenciación accesorios y puntos de calidad 61
Tabla 6. Parámetros mínimos para seguimiento de calidad de agua 62
Tabla 7. Parámetros mínimos para seguimiento de calidad de agua 63
Tabla 8. *Atributos de interés para las tuberías por acueducto.* 64
Tabla 9. Atributos de tubería para catastro participativo esquemático. 66
Tabla 10. Atributos de válvulas para catastro participativo esquemático. 67
Tabla 11. Atributos de tanques de almacenamiento para catastro participativo esquemático. 69
Tabla 12. Dominios 70
Tabla 13. Estructura de datos alfanuméricos de Redes de Distribución 74
Tabla 14. Estructura de datos alfanuméricos de Válvulas 75
Tabla 15. *Estructura de datos alfanuméricos* de Tanques 76
Tabla 16. Estructura de datos alfanuméricos de Puntos de Calidad de Agua 77
Tabla 17. Estructura de datos alfanuméricos de la Planta de Tratamiento 77
Tabla 18. Indicadores de Operación de la planta convencional 78
Tabla 19. Indicadores de Operación de las plantas FiME y OXFI 79
Tabla 20. Indicadores de Paradas de Planta 80
Tabla 21. Indicadores de Puntos de Calidad de Distribución 80

1. INTRODUCCIÓN

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en Colombia en el reporte del censo 2018 se proyectó un crecimiento poblacional para el año 2020 de 1’491.937 habitantes de los cuales aproximadamente 63% del total, es decir 945.310 habitantes se encuentran en centros poblados y rural disperso. Para el caso del departamento del Valle del Cauca se tenía una proyección total para el año 2020 de 4,532.152 habitantes y aproximadamente 15% de esta correspondiente a 665.592 habitantes se encuentran en el área rural y centros poblados. (DANE, 2018)

En el periódico El País (2019) comunican que en un informe realizado por la Contraloría del Valle del Cauca hacen mención que de los 422 acueductos rurales del Valle del Cauca 364 es decir aproximadamente el 86% presentan deficiencias sanitarias en el agua, así como, en el caso de Vijes de los 16 acueductos rurales 12 presentaban calidad de agua no apta para consumo humano. Esta situación es de gran preocupación en la actualidad, dado que por la pandemia que se vive a nivel mundial del COVID-19, el tener buenas prácticas de higiene como el lavado constante de manos, lavado de los alimentos antes de consumirlos, entre otros (Villalobos, 2021), se reconoce como la mejor estrategia para evitar su propagación y al no contar las poblaciones rurales con el abastecimiento de agua apta para el consumo humano se vuelven más vulnerables.

Este trabajo de grado se desarrolló en el marco del proyecto “Fortalecimiento de capacidades de las organizaciones comunitarias rurales de abastecimiento de agua para el trabajo en red y el monitoreo, bajo un escenario de pandemia (adaptado para Covid-19)” CI: 059666, financiado por la Universidad de Newcastle, Reino Unido en el marco del Hub de Seguridad Hídrica y Desarrollo Sostenible. Dicho proyecto estuvo orientado al desarrollo de un Sistema de Información que les permita a las organizaciones comunitarias hacer seguimiento a los sistemas de tratamiento de agua potable que operan, para un mejor manejo y gestión del agua, en especial, durante la pandemia COVID-19. Además, les facilitará hacer un seguimiento del proceso de potabilización y distribución del agua mediante indicadores claves como turbiedad, cloro residual, entre otros, para gestionar de forma oportuna posibles afectaciones o eventualidades.

El Capítulo de resultados de este trabajo de grado contiene tres subcapítulos: en el primero se presenta la revisión de literatura con relación al empleo de la ciencia ciudadana en Iberoamérica, en el segundo el diagnóstico técnico participativo de tres acueductos rurales asociados a Aquacol con diferentes niveles de complejidad y diferentes tecnologías de potabilización, por último, se encuentra el diseño participativo del modelo de datos del módulo técnico de un sistema de información comunitario que las comunidades denominaron NUESTRA AGUA para el seguimiento del funcionamiento de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

La asamblea general de las Naciones Unidas (ONU) desde julio de 2010 en la resolución 64/292 declaró que disponer de agua potable y saneamiento es un componente esencial para garantizar los derechos humanos (Naciones Unidas, 2010). Sin embargo, muchas comunidades asentadas en las zonas rurales del Cauca y el Valle del Cauca no cuentan con el abastecimiento de agua potable en cantidad y calidad suficiente para suplir sus necesidades, ya que los sistemas de abastecimiento presentan problemas de funcionamiento o de potabilización.

Muchos de estos problemas se presentan porque en los proyectos de construcción de acueductos dirigidos por organismos estatales en las zonas rurales no son incluyentes, es decir no tienen en cuenta la importancia de la participación ciudadana, para decidir sobre la mejor tecnología a construir, cuáles son sus necesidades y sobre todo las habilidades de las comunidades para gestionarlo , lo que conlleva a que se construyan tecnologías inadecuadas por su complejidad operativa e incluso inadecuado tratamiento (Cruz, 2019). Adicional a esto, son plantas de tratamiento construidas y dejadas a disposición de la comunidad sin un manual de operación y mantenimiento, con operarios Que no han sido capacitados para manejar estas tecnologías de potabilización.

Además, muchos acueductos rurales presentan problemas en la calidad de las fuentes abastecedoras por contaminación principalmente Asociadas a actividades antrópicas como la explotación minera, la cual genera contaminación de los ecosistemas con metales pesados; también el crecimiento de asentamientos informales que contribuyen con contaminantes como plaguicidas, materia orgánica, contaminación microbiológica y descargas de aguas residuales, adicionalmente se presenta la disminución del recurso hídrico como consecuencia de la tala de bosques en las cuencas hidrográficas.

En la actualidad con la emergencia sanitaria presentada a nivel mundial por la pandemia del Covid-19, la organización mundial de la salud ha dejado claro que una de las medidas más efectivas de autocuidado es el lavado de manos frecuente y minucioso, dado que las principales vías de transmisión son las gotas de saliva y el contacto directo. Por tanto, se deja al descubierto que la desigualdad, la falta de acceso a agua potable y saneamiento básico de quienes habitan en las zonas rurales los hace particularmente vulnerables (Heesu lee, 2020).

Como consecuencia de lo anterior es de gran importancia garantizar el abastecimiento de agua de manera continua, con calidad y cantidad, Para lo cual es importante contar con un monitoreo del estado de los ecosistemas de las fuentes abastecedoras de agua y de las empresas prestadoras de servicio de agua potable en las comunidades rurales, teniendo en cuenta la *Resolución 2115 de 2007* del Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual se señalan *"características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para*

*consumo humano" (*Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

En vista de la necesidad de minimizar la vulnerabilidad de la población rural en los departamentos del Cauca y el Valle del Cauca, la Asociación de Organizaciones comunitarias Prestadoras de Servicios Públicos de Agua y Saneamiento en Colombia (Aquacol) apoyándose en los desarrollos de las tecnologías de la información y la comunicación, busca crear un sistema de información que apoye a sus asociados en el mejoramiento de la calidad de la gestión del agua rural.

En conjunto con la comunidad de Aquacol se definió crear un sistema de información con datos en tiempo real, teniendo en cuenta las condiciones que surgen con la pandemia COVID 19, se acordó iniciar el sistema con el módulo técnico. Para dicho módulo se definieron como variables de estudio la cantidad, continuidad, calidad del agua potable, así como el catastro esquemático de las redes de distribución de los acueductos comunitarios. Para el diseño de este módulo del sistema se determinó trabajar en tres comunidades con acueductos rurales del Cauca y el Valle del Cauca que tienen niveles de complejidad diferentes y puedan ser representativos de la realidad rural.

El sistema de información se creó como una herramienta de empoderamiento comunitario y en su estructuración se tuvo como referente la estrategia que en el ámbito internacional se ha denominado ciencia ciudadana y el trabajo que se ha desarrollado en Colombia bajo el enfoque de Investigación Acción Participativa y la revisión de experiencias en Apropiación Social del Conocimiento.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir al fortalecimiento de la gestión comunitaria de los acueductos rurales mediante el uso de tecnologías de la información y de la comunicación.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los aportes conceptuales del enfoque de Ciencia Ciudadana para incorporarlos en el desarrollo metodológico de un sistema de información comunitario.

- Diagnosticar la situación de la infraestructura técnica de tres acueductos rurales asociados a Aquacol con niveles de complejidad diferentes.

- Diseñar participativamente la estructura del modelo lógico de datos asociados al módulo técnico de un sistema de información comunitario.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Organizaciones Comunitarias de Segundo Nivel

La Organización de las Naciones Unidas para Alimentos y la Agricultura FAO define que: Una organización de segundo nivel nace cuando se integran esfuerzos y acciones de dos o más organizaciones de primer nivel para alcanzar objetivos comunes (FAO, s.f.).

La debilidad y falta de las políticas públicas, que son muy necesarias para enfrentar los problemas de saneamiento rural, impiden el desarrollo de soluciones para resolver problemas que afrontan las comunidades vulnerables (Castro, 2015). Por tal razón, las organizaciones comunitarias de segundo nivel ayudan a la búsqueda de atención a las necesidades más inmediatas de sus asociados, la negociación de recursos para programas de desarrollo local, es decir son las instancias de carácter político-organizativo que ayudan a la ejecución de proyectos de la población rural. (Martínez, 2006)

4.2. Acueductos Comunitarios

Los acueductos comunitarios son estructuras sociales donde la población por si misma resolvió el suministro de agua y hacen parte principalmente de periferias urbanas o zonas rurales (Cadavid,2009). En Colombia generalmente ha habido apoyo del Estado para la construcción de la infraestructura.

4.3. Calidad

La calidad de agua potable se define por las características físico-químicas y microbiológicas que debe tener el agua para cumplir con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para ser segura para el consumo humano (Res. Minambiente 2115, 2007).

El control de calidad del agua para consumo humano es la evaluación continua y sistemática desde la fuente abastecimiento, planta de tratamiento, almacenamiento, distribución del agua en donde se garantiza el cumplimiento de las normas y parámetros establecidos de acuerdo a la norma de calidad nacional, con el fin de garantizar la seguridad, inocuidad y aceptabilidad del agua suministrada. Además del cumplimiento de parámetros básicos de calidad y cumplimiento del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) (Mora, 2009).

4.4. Cantidad

En cuanto agua potable, este término, hace referencia al volumen adecuado de agua disponible para el consumo humano (mínimo vital), que alcance para suplir las necesidades fisiológicas básicas, para mantener la hidratación adecuada; además, se necesita agua para la preparación de los alimentos, así como para mantener la

higiene, necesaria para la salud (OMS, 2006). La corte constitucional de Colombia establece que el mínimo vital por habitante es 20-50 Litros por día (Restrepo, 2015). La cantidad de agua también se puede definir en términos de la demanda de agua o dotación neta máxima por habitante en función de la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida ver tabla 1 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017).

Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante según la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACION NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: (RAS, 2017)

4.5. Continuidad

La continuidad es el porcentaje de tiempo durante el cual se dispone de agua para consumo. Según la organización mundial de la salud las interrupciones en el suministro de agua de consumo, tanto si se deben a la intermitencia de las fuentes como a fallos de ingeniería, son un importante factor determinante del acceso al agua y de su calidad (OMS, 2006).

4.6. Sistemas de información

En la sociedad actual las tecnologías de información y la comunicación (TIC), se han convertido en un instrumento clave para el intercambio y producción de información, por tal razón hoy en día las organizaciones adoptan sistemas de información con el propósito de gestionar y administrar datos, para procesarlos de forma más sencilla y de este modo obtener resultados que permitan interpretar mejor la información y sirvan de apoyo para la toma de decisiones y acciones (Peiro, 2020)

5. ANTECEDENTES

En el ámbito mundial existe una gran desigualdad rural-urbana y un ejemplo de esto se da en el porcentaje de la población que cuenta con servicios de agua potable tratada y segura, ya que en 2015 el 85,12% de la población urbana tenía acceso a agua potable, mientras que solo 54,81% de la población rural disfrutaba de ella (López, 2018).

Las áreas rurales en el mundo no dejan de ser territorios olvidados por los gobiernos. Sin embargo, la gente se ha dado cuenta de que las cosas deben cambiar y en los últimos años se inclinan a elegir alcaldes nativos, que tienen conocimientos de causa y sentido de pertenencia por sus territorios, lo que les ha permitido adoptar posiciones claras frente al aprovechamiento de los recursos y, así, favorecer a la comunidad. (Popo, 2010)

Además, desde las propias comunidades han surgido iniciativas como Aquacol, en Colombia, que apoya a las comunidades en el área rural del Cauca y el Valle del Cauca en algunas de las problemáticas presentadas en cuanto a abastecimiento de agua y saneamiento, por medio de la asociatividad comunitaria.

El Interés en crear un sistema de información propio se da porque las diferentes plataformas tecnológicas que han creado las organizaciones del Estado haciendo uso de las tecnologías de la información (TIC) no operan como herramienta de apoyo para la gestión comunitaria, no son herramientas de fácil manejo o que faciliten la consulta de la información, sino que son herramientas donde se prioriza el cumplimiento obligatorio de informes de control de calidad de agua y saneamiento de los prestadores de servicio.

5.1. Sistemas de Información Sectoriales.

Es importante tener en cuenta que en Colombia las instituciones sectoriales han desarrollado o adoptado diferentes plataformas tecnológicas que hacen parte de las TIC que están disponibles en la actualidad, como el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP), Sistema Único de Información de servicios públicos domiciliarios (SUI), SUI RURAL y el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR). Estos son sistemas en los que las Instituciones Sanitarias departamentales, municipales y distritales de salud o las empresas de servicios públicos, reportan los datos de las inspecciones sanitarias realizadas a acueductos e información recopilada por estas entidades sobre las comunidades como en el caso del (SUI). A continuación, se relacionan dichas plataformas:

- **Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP WEB):**

Sistema que pertenece al Ministerio de Salud de Colombia (Instituto Nacional de Salud, 2021). Permite a todas las Autoridades Sanitarias departamentales, municipales y distritales de salud, reportar los datos de la inspección sanitaria de la calidad del agua, en función de sus actividades de Inspección, Vigilancia y Control en el país. Además, calcula el índice de riesgo para la calidad de agua potable (IRCA), Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABA), Buenas Prácticas Sanitarias BPS y el mapa de riesgo, la página de inicio de esta plataforma se observa en la Imagen 1.



Fuente: Pagina web SIVICAP

Imagen 1 *Plataforma Sivicap-Menú de opciones de reportes IRCA*

En la información disponible del SIVICAP se puede encontrar informes del IRCA mensual o anual por municipios y por entidad prestadora de servicios, de 33 departamentos de Colombia entre los que encontramos Cauca y Valle del Cauca.

El SIVICAP es una plataforma de difícil exploración, para iniciar una sesión en la plataforma no siempre es posible realizarlo con usuario y contraseña de invitado, adicionalmente para obtener datos tan relevantes como los del

IRCA se debe llevara a cabo una consulta demasiado compleja, que implica seleccionar cada municipio, departamento u organización prestadora de servicios, seleccionar la fecha que de desea consultar, posteriormente generar la descargar del reporte y en este mirar si se encuentra o no la información registrada.

Al realizar un análisis de la información que se encuentra en el sistema se evidenció que ésta es desactualizada, ya que los reportes disponibles en muchos de los casos no cuentan con información actualizada pese a que en el menú de consulta del reporte se indica que los datos están disponibles hasta 2020.

En una base de datos creada en el proyecto Hub de Seguridad del Agua y Desarrollo Sostenible con base en los reportes del IRCA del SIVICAP para los municipios de la cuenca alta del Rio Cauca, en el año 2019 se evidencia primero que para el Departamento del Cauca se cuenta con reportes IRCA para 23 municipios y 31 empresas prestadoras de servicio de agua mientras que para el Valle del Cauca se cuenta reportes de IRCA para 31 municipios y 525 empresas prestadoras de servicio de agua potable.

Al revisar los datos del IRCA registrados en la plataforma del SIVICAP se encuentra que en el departamento del Valle del Cauca para el año 2019 se tiene un total de 2585 muestras con reportes de IRCA de los cuales el 66,50% son muestras con IRCA sin riesgo, 2,98% son muestras con reportes de IRCA bajo, el 10,25% son muestras con IRCA Medio, 14,27% son muestras con reportes de IRCA Alto y el 6% son muestras con reportes de IRCA inviable sanitariamente.

En el departamento del Cauca para el año 2019 se tiene un total de 1277 muestras con reportes de IRCA de los cuales el 82,93% son muestras con IRCA sin riesgo, IRCA bajo no se tiene reportes, el 12,45% son muestras con IRCA medio, el 4,39% son muestras con reportes de IRCA alto y el 0,23% son muestras IRCAS inviable sanitariamente.

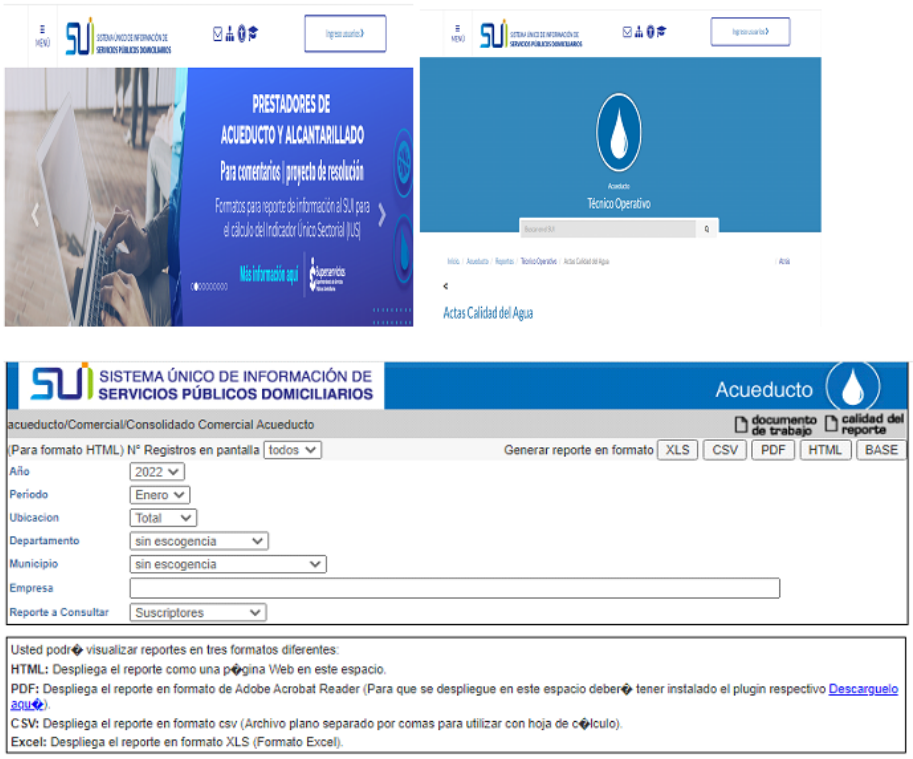
- **Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI):**

Este sistema le pertenece a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), el cual fue construido con la visión de poner a disposición de las entidades y los ciudadanos, los indicadores y reportes de información de los servicios públicos domiciliarios (acueducto, alcantarillado, aseo, energía, Gas Natural, Gas Licuado de Petróleo (GLP)) de todo el país. Esta información debe ser registrada por los prestadores de servicios domiciliarios, por tipo de suscriptor (residencial, oficial o comercial).

Entre la información disponible en el SUI en cuanto acueductos se tiene, 23 reportes comerciales, 15 reportes administrativos, 17 reportes financieros y

34 reportes técnico-operativos. En los que se encuentra información como distribución de agua, captación, actas de calidad de agua reportes del IRCA, reporta si se maneja algún tipo de desinfección, recaudos, tarifas, planta de personal entre otros (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022).

El SUI tiene como propósito agrupar informes obligatorios que la SSPD requiere de las entidades territoriales, empresas, y comunidades que prestan servicios públicos domiciliarios.



Fuente: Pagina web SUI

Imagen 2 Plataforma SUI- Menú de opciones de reportes

- **SUI RURAL**

El SUI rural también pone a disposición de las entidades y los ciudadanos los indicadores y reportes de información de los servicios públicos domiciliarios (acueducto, alcantarillado, aseo, energía, Gas natural, GLP) del área rural. El SUI RURAL se creó debido a las dificultades que se presentaba el SUI para las comunidades rurales porque dicha plataforma requiere que las personas que ingresan la información tengan conocimiento en temas contables y financieros, que no es el caso de los integrantes de las organizaciones comunitarias rurales. El SUI Rural solicita a los prestadores de servicio de agua potable menos informes de obligatorio cumplimiento (García, Pinzón, Toro, Vidal, 2022). Esta información debe

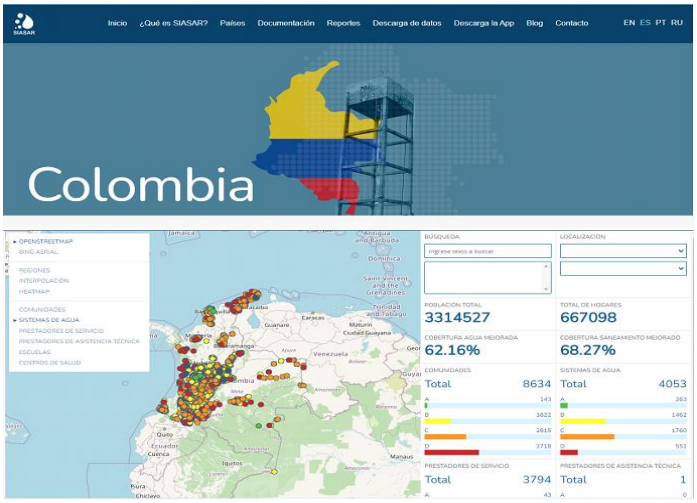
ser registrada por los prestadores de servicios domiciliarios, por tipo de suscriptor (residencial, oficial o comercial).

- **SIASAR**

Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural, el SIASAR es una iniciativa de los gobiernos de Honduras, Nicaragua y Panamá, posteriormente se sumaron a esta iniciativa 12 países del continente americano, incluido Colombia.

Es un sistema que cuenta con información georreferenciada y detallada de agua y saneamiento básico sobre comunidades, sistemas de agua, prestadores de servicios, prestadores de asistencia técnica, escuelas y centros de salud.

El SIASAR califica el estado de los sistemas, las comunidades y los prestadores de servicios entre otros, según el método ABCD en donde A) Funciona perfectamente B) Funciona bien, pero requiere mejorar (lo puede hacer la comunidad sin ayuda), C) Mal funcionamiento, requiere ayuda para arreglar y funcionar bien, D) NO tiene o NO funciona. Este sistema de información es un sistema abierto que cualquier persona de la comunidad puede consultar para conocer la información histórica de sus comunidades, además cuenta con información actualizada debido a que es una plataforma colaborativa que permite ingresar los datos tomados en campo con dispositivos móviles (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021).



Fuente: Pagina web SIASAR

Imagen 3 Plataforma SIASAR- Menú de opciones de reportes

Estos sistemas de información presentan múltiples diferencias que afectan las consultas de datos que pueden requerir los acueductos comunitarios, por ejemplo, en el SIASAR la búsqueda de información se realiza por países y la información se encuentra consolidada de manera específica por comunidad o sistema de agua o saneamiento, y el SIVICAP los reportes se encuentran fechados al 2022, pero al realizar algunas búsquedas para ACUASUR no se obtuvo resultados y en el SUI se encuentra información que no es actualizada.

Adicionalmente, ninguno de estos sistemas de información (SI), ha sido creado con el fin de ser una herramienta de apoyo para la gestión comunitaria del agua. Estos SI se desarrollaron para cubrir necesidades específicas de información de las instituciones de orden nacional principalmente para el control de la calidad de agua y saneamiento. En consecuencia, no son sistemas con información estructurada para aportar a la solución de las problemáticas de las zonas rurales, sino que solo hacen un registro del estado general de los acueductos o comunidades.

Además, estos SI tienen en muchos casos información incompleta y son plataformas con gran dificultad para acceder a ellas, en especial para las comunidades rurales.

Por lo tanto, se puede decir que no son construidas para apoyar a las organizaciones en gestión del agua potable, ya que ninguno de estos sistemas está diseñado para analizar o manejar datos y arrojar resultados que le sirva a los operadores de los acueductos comunitarios para tomar las decisiones.

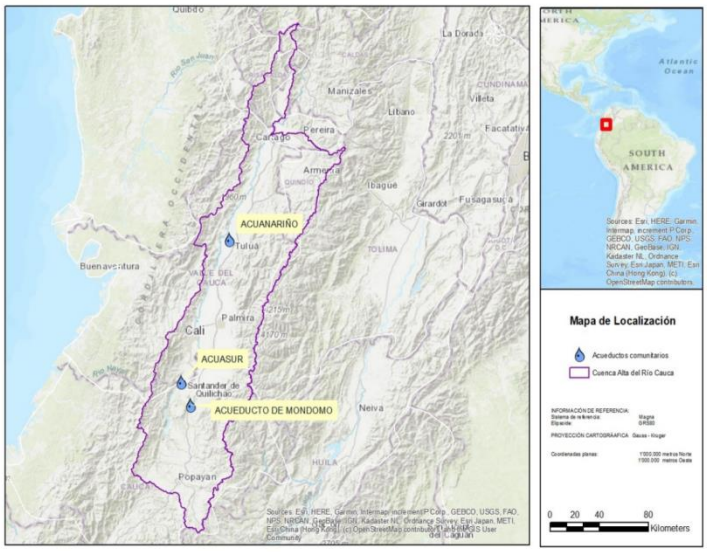
Uno de los aspectos relevantes para que estas plataformas tecnológicas sean de utilidad para las comunidades depende de incrementar la conectividad en las zonas rurales por medio de TIC. Cada día cobra mayor importancia la necesidad de una comunicación más rápida, pues es importante reconocer que a través de éstas se da un impulso al capital social de las comunidades rurales, se contribuye a ampliar los horizontes de información y se disminuye la exclusión dado que aumenta la participación ciudadana e integran los procesos de decisión y desarrollo de la región (Felizzola, 2010).

6. METODOLOGIA

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de este trabajo contiene las zonas de prestación de servicio de agua potable de tres acueductos comunitarios asociados a Aquacol ubicados en la cuenca alta del Rio Cauca (CARC), como se observa en la imagen 4.

Los acueductos comunitarios participantes en el estudio fueron: La Asociación de Afiliados y/o Usuarios del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado del Corregimiento de Nariño ESP (ACUANARIÑO), ubicado en el municipio de Tuluá; la Asociación de Usuarios del Servicio de Agua Potable del Sur (ACUASUR), ubicado en el municipio de Jamundí; y el Acueducto de Mondomo, localizado en el municipio de Santander de Quilichao del departamento del Cauca.



Fuente: Elaborado por Federico Pinzón.

Imagen 4. Localización de acueductos comunitarios

6.2. REVISIÓN DE LITERATURA

Para la identificación y análisis de aportes conceptuales relacionados con ciencia ciudadana, investigación acción participativa y apropiación social del conocimiento, Se revisaron las metodologías utilizadas en proyectos ejecutados en el marco de la ciencia ciudadana que fueron implementados de manera efectiva y que puedan ser aplicados para el desarrollo de este proyecto, mediante la consulta de motores de búsqueda como Google académico, Scielo y en bases de datos de libros y artículos en línea.

6.3. PRIORIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE ACUEDUCTOS COMUNITARIOS

6.3.1. Priorización de Acueductos

Para la selección de los acueductos comunitarios primero se realizó una matriz de datos con los sistemas de agua potable comunitarios de los municipios del Cauca y el Valle del Cauca. Posteriormente, se buscó información sobre estos acueductos en la aplicación Geosalud - laboratorio en el recurso de Geocovid19 (ver Imagen 5), la cual fue una aplicación desarrollada por el profesor Robin Alexis Olaya, de la Escuela de Ingeniería Civil y Geomática de la Universidad del Valle en marco del proyecto del HUB de Seguridad Hídrica y Desarrollo Sostenible que lidera Newcastle University y fue dirigido por el profesor Daniel Elías Cuartas Arroyave de la escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle.

Los objetivos de esta aplicación eran representar la distribución espacial del COVID-19 en la cuenca alta del Rio Cauca y evaluar cómo impacta la ocurrencia de COVID-19 en los determinantes sociales de la salud, lo que incluye considerar el acceso al agua y saneamiento.

En esta aplicación se presentan las estadísticas del COVID-19, y fue utilizada para obtener datos de incidencia acumulada, de los casos de COVID-19, en cada municipio y el número de muertes de hombres y mujeres en el periodo de marzo a septiembre de 2020.



Fuente: página web Geosalud

Imagen 5. Plataforma Geosalud laboratorio

Posteriormente se empezó a clasificar los municipios que más casos COVID-19 presentaban y que a su vez contaban con la mayor cantidad de población abastecida por los acueductos asociados a Aquacol (ver Tabla 2).

Tabla 2. *Acueductos Priorizados*

#	Departamento	Municipio	Incidencia Acumulada	No. Casos	Asociados	Suscriptores
1	Valle del Cauca	Cali	2464	50612	* ACUABAJA MONTEBELLO * EMPRESA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS PÚBLICOS ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO GOLONDRINAS *** ASOCIACION DE SUSCRIPTORES DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DEL CORREGIMIENTO LA CASTILLA** * ACUEDUCTO EL DIAMANTE DE FELIDIA * EMPRESA COMUNITARIA ASOCIACION DE USUARIOS Y / O SUSCRIPTORES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO RURAL DE LA VEREDA LAS PALMAS CORREGIMIENTO LA CASTILLA *** ACUABUITRERA CALI ESP** * ASOCIACION ADMINISTRADORA DEL ACUEDUCTO ALTO LOS MANGOS * EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DEL PARAJE LA LUISA * JUNTA ADMINISTRADORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EL CABUYO DE LA VEREDA LA FONDA * ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO EL HORMIGUERO ASOHORMIGUERO ESP * JUNTA ADMINISTRADORA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE FLAMENCO * ASOCIACION DE SUSCRIPTORES DEL ACUEDUCTO DEL VEREDA LA SIRENA *** ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO Y EL ALCANTARILLADO ASOCASCAJAL DE LA VEREDA CASCAJAL DEL CORREGIMIENTO EL HORMIGUERO DEL MUNICIPIO DE CALI**	196 1664 467
2	Cauca	Popayan	2430	6833	* No se tiene asociados a AQUACOL	
3	Valle del Cauca	Palmira	791,2	2442	* No se tiene asociados a AQUACOL	
4	Valle del Cauca	Jamundí	1022	1586	*** ASOCIACION DE USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DEL SUR** * CORPORACION REGIONAL DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BÁSICO PUENTE VELEZ	3829
5	Valle del Cauca	Tulua	811,7	1446	*** ASOCIACION DE AFILIADOS Y/O USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CORREGIMIENTO DE NARIÑO ESP** * ASDAL TRES ESQUINAS * BOCAS DE TULUÁ	1049
6	Valle del Cauca	Yumbo	1388	1242	*** ASOCIACIÓN JUNTA ADMINISTRADORA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE LA VEREDA PEÑAS NEGRAS**	80
7	Valle del Cauca	buga	943,8	1217	* ASOCIACION DE USUARIOSDEL ACUEDUCTO DE LAS COMUNIDADES DEL CORREGIMIENTO DE LA HABANA Y SUS VEREDAS:LA PISCINA, LA MAGDALENA Y LAS BRISAS	
8	Valle del Cauca	Candelaria	1092	940	* ASOCIACIÒN DE USUARIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE SAN JOAQUIN E.SP	
9	Cauca	Santander de Quilichao	742,5	771	*** ACUEDUCTO DE MONDOMO** * ACUEDUCTO INTERVEREDAL SAN RAFAEL * AGUAS DEL CURPAQ * ASOCIACIÓN DE USUARIOS ACUEDUCTO SAN ANTONIO	963
10	Valle del Cauca	Cartago	684,6	754	* No se tiene asociados a AQUACOL	

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 2 se puede observar en letras de color rojo los siete acueductos que inicialmente se habían seleccionado para realizar este estudio, cada uno con diferente cantidad de suscriptores, después fue necesario hacer una reforma al alcance del trabajo de grado, debido a la dificultad de desplazamiento en el tiempo de pandemia, además de la dificultad con la movilidad en marco del paro nacional en Colombia, lo cual llevo a que finalmente fueran seleccionados tres acueductos.

Para la selección de estos tres acueductos se priorizó que contaran con el mayor número de suscriptores y que tuvieran diferentes tecnologías de tratamiento, además la facilidad de desplazamiento para las visitas de campo. Teniendo en cuenta todas las condiciones planteadas resultaron como los acueductos seleccionados los resaltados en color naranja en la Tabla 2, la Asociación de Usuarios del Servicio de Agua Potable del Sur (ACUASUR) que cuenta con planta de tratamiento convencional de ciclo completo y 3829 suscriptores, Asociación de Afiliados y/o Usuarios del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado del Corregimiento de Nariño ESP (ACUANARIÑO) con planta de tratamiento OXFI y 1049 suscriptores y Acueducto de Mondomo con planta de tratamiento FiME con 963 suscriptores aproximadamente como se evidencia en la Tabla 2 en las casillas de color naranja.

6.3.2. Diagnóstico técnico participativo

Para poder obtener la información para el diagnóstico general fue necesario hacer video conferencias con el apoyo de las directivas de Aquacol, con el fin de establecer el primer contacto con los administradores de los acueductos. Después se citó a otras reuniones de manera individual para realizar una entrevista semi estructurada con preguntas direccionadas a representantes de los acueductos sobre sus sistemas de abastecimiento, fuente de abastecimiento, bocatoma, aducción, desarenadores, conducciones, unidades de tratamiento y red distribución. Además, compartieron planos de diseño de algunas unidades, y análisis químicos y físico químicos entre otros.

Para el caso del acueducto de ACUASUR participó su administrador Edgar Vivas, por ACUANARIÑO Jorge Amaya y por Acueducto de Mondomo Edwin Chávez, ambos presidentes de las juntas administradoras.

Posteriormente para conocer la información que contenían los archivos compartidos por cada representante de los acueductos, se hizo una revisión detallada de cada uno y se estructuró un registro con el metadato de cada archivo para conocer el estado de la información disponible en los acueductos, su formato, actualización, nivel de detalle, lo que se complementó con visitas de campo a los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Para el desarrollo del Diagnóstico se realizaron salidas de campo a cada uno de las organizaciones comunitarias en las que se ejecutaron las siguientes actividades:

A) ACUASUR: Se reconoció la sede administrativa del acueducto, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y se conoce el proceso de potabilización, las unidades de tratamiento.

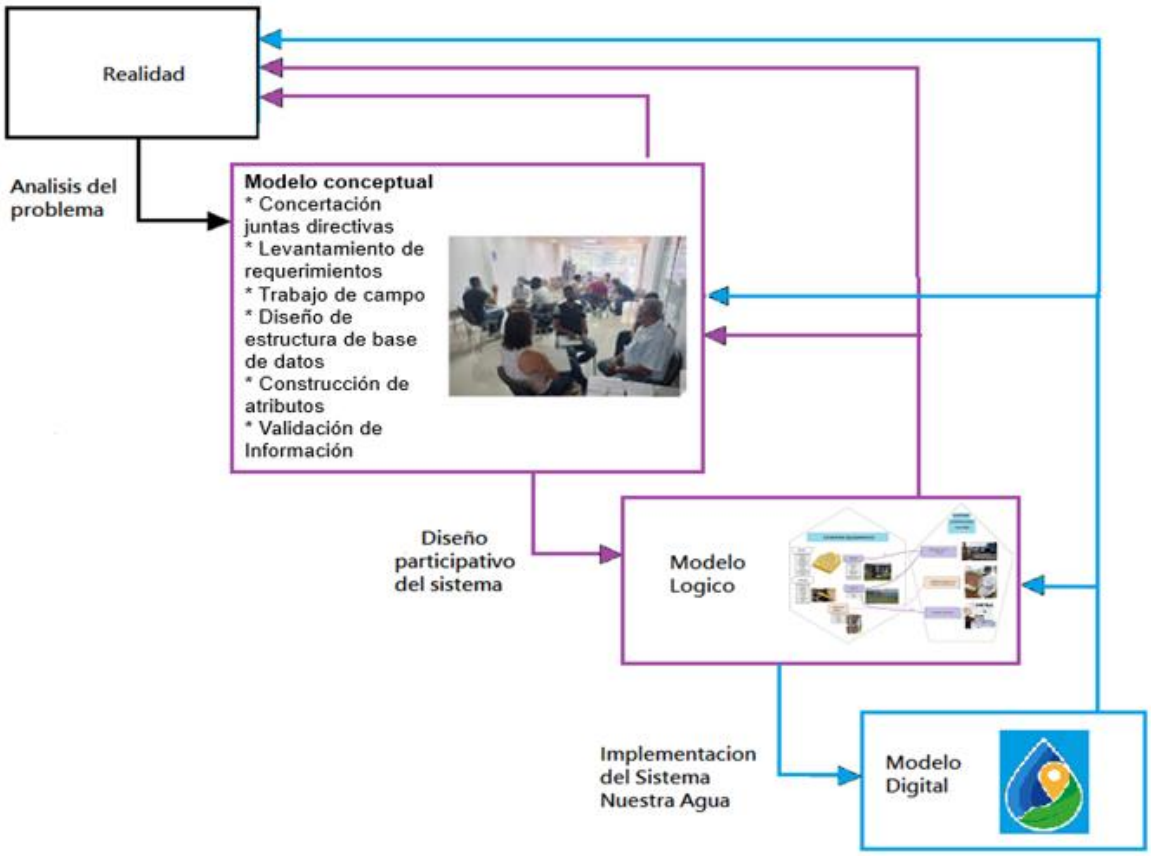
B) Acueducto de Mondomo: Se visitó la sede administrativa del acueducto, se revisaron las carpetas de los registros y documentación física y digital, se visitó la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) identificando, el proceso de potabilización, las unidades de tratamiento. Y se entrevista al señor Mariano Camayo sobre su jornada como operador de planta.

C) ACUANARIÑO: Reconocimiento de la sede administrativa del acueducto y el pozo (fuente de abastecimiento), existe una planta de tratamiento en construcción, por este motivo no se encuentran libros de registros de calidad tomados en planta ya que esta se encuentra en construcción y será con tecnología OXFI, pero si se encuentran los informes de calidad de agua generados por la secretaria de salud durante sus visitas de inspección para las redes de distribución. Además, se contó con información previa sobre las redes de distribución como resultado de un trabajo de modelación hidráulica contratado por esta comunidad.

Después de las entrevistas realizadas y las visitas de campo, se pudo evidenciar que para la administración y manejo del acueducto de ACUASUR tiene mucha información en formato físico de la planta de tratamiento y su operación especialmente para el seguimiento y control de la calidad de agua y bitácoras de operación, para ACUANARIÑO la mayor parte de la información está en formatos digitales debido a un proceso de modelación hidráulica que había sido contratado por este acueducto previamente, mientras que para el Acueducto de Mondomo es todo lo contrario se evidencia la falta de registros de seguimiento, control y operación de la PTAP

6.4. DISEÑO PARTICIPATIVO DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO LOGICO DE DATOS DEL MODULO TECNICO DE UN SISTEMA DE INFORMACION COMUNITARIO

Después de conocer la estructura y la información que se encuentra en las plataformas SUI, SUI Rural, SIVICAP Y SIASAR, asociados al control de la calidad de agua y saneamiento (descritos en el numeral 5.1), y conocer que estas plataformas no sirven a las comunidades como herramientas de apoyo para la gestión del agua potable, con Aquacol se concertó trabajar con tres acueductos (descritos en el numeral 6) en la construcción del módulo técnico de un sistema de información comunitario elaborado con ellos y para ellos (Ver Imagen 6)



Fuente: Adaptado por autor de Olaya (2020)

Imagen 6. Esquema Modelo Lógico

Concertación Juntas Directivas

Con Aquacol y tres de sus acueductos asociados (ACUASUR, ACUANARIÑO y Acueducto de Mondomo) se realizó un proceso de concertación en el que se definió en conjunto variables de estudio para el módulo técnico del sistema de información para la gestión del agua comunitaria; la calidad y cantidad del agua, la continuidad

del suministro de agua a la red y las condiciones de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua. Se priorizaron estas variables, teniendo en cuenta las necesidades de los acueductos, la información que almacenaba cada acueducto, la capacidad de toma de la información y que en gran parte esta información es generada desde las plantas de tratamiento por los operadores de planta y de redes, las secretarias de salud, e información secundaria de trabajos adelantados por las organizaciones.

Levantamiento de Requerimientos

Para realizar el levantamiento de requerimientos de lo que debería estar contenido en el módulo técnico del sistema de información, se realizaron varias reuniones por video conferencia y talleres presenciales con líderes comunitarios, personas de las juntas administradoras y operarios de los sistemas en la sede de Aquacol en la ciudad de Cali.

Es importante mencionar que para desarrollar el modelo conceptual del módulo técnico del sistema se contó con una gran diversidad de conocimientos de diferentes profesionales, además de la experticia de los operadores y miembros de las juntas directivas de cada acueducto, lo que permitió conocer de primera mano las necesidades de la población abastecida y de los acueductos.

En estos talleres junto con la comunidad representante de los acueductos vinculados a este estudio se realizó una dinámica donde se conoció la importancia de un dato y como estos registros se pueden convertir en información y esta posteriormente, al ser procesada se convierte en conocimiento que le aportara a cada uno de los acueductos bases, para tomar mejores decisiones asociadas a la operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Al reconocer las comunidades la necesidad de contar con datos estructurados para la toma de decisiones, a través del dialogo e intercambio de conocimientos con las personas de las juntas administradoras y operarios de los sistemas que participaban en los talleres, se pudo definir que para mantener la cantidad, continuidad y la calidad de agua, que se entrega a los usuarios de cada uno de los acueductos sería necesario recoger información de orden técnico como: los Informes de calidad en puntos de muestreo, informes de parámetros de calidad tomados en planta, bitácoras de operación de las plantas o el sistema, bitácoras de operación de la red, diseños de red de distribución y georreferenciación de puntos de interés.

Además, a partir de la construcción participativa de los requerimientos y con base en las necesidades de los acueductos se identificó a través de los talleres que no sólo es necesario incluir en el módulo técnico la información de calidad, cantidad y continuidad, sino que también era fundamental incluir una representación espacial en el sistema del catastro de redes.

Levantamiento de información detallada en terreno

En esta segunda fase de desarrollo del proyecto se realizó una segunda salida de campo que fue necesaria ya que después de revisar la información existente de catastros de redes se evidenció la falta de información como la ubicación geoespacial de puntos que se consideran importante para el módulo de calidad como los puntos de muestreo concertados por las secretarias de salud, en cuanto a continuidad se definieron como puntos importantes las válvulas de operación de la red y para el módulo de cantidad los tanques de almacenamiento, los cuales fueron georreferenciados

Por tanto, se programó una visita de campo a las localidades para georreferenciar dichos puntos. Para el cumplimiento de este requerimiento fue necesaria la asesoría del especialista en sistemas de información geográfica Federico Pinzón, quien recomendó y capacitó sobre el uso de la herramienta survey123 que es una aplicación digital que funciona en cualquier dispositivo Android, la cual permite la recopilación de información basada en formularios que permite crear y compartir datos geoespaciales con detalles como fotos y observaciones de cada punto, adicionalmente se revisaron y plotearon los planos existentes de las redes de distribución, para utilizarlos como herramienta base en los recorridos que se realizarían y para verificar la existencia de los accesorios con los operarios de redes.

Con la compañía de los operarios de redes y personal de las juntas directiva se observaron los mapas existentes para verificar que tan actualizados estaban, posteriormente se inicia el recorrido sobre toda la red de distribución de agua y de este modo se georreferenciaron los puntos de interés.

Diseño de Estructuras de Base de Datos

Teniendo en cuenta la información disponible y con base a las observaciones en las salidas de campo, de equipos disponibles para el análisis de la calidad de agua en las plantas de tratamiento, además del tipo de tecnología o tratamiento. Se elaboraron bases de datos para el seguimiento de parámetros de continuidad, cantidad y calidad de agua mínimos que cada organización comunitaria debe realizar con el fin de facilitar la alimentación de la información en el sistema.

Construcción de Atributos

Se creó de forma participativa las características que figuran en el sistema de información “Nuestra Agua” para los tanques de almacenamiento, tuberías y válvulas, para darle un orden y estructura a la información catastral, lo cual permitirá a los operarios tener información importante de la unidad o accesorio.

Validación de Información

Para ACUASUR y ACUANARIÑO existía una información más completa gracias a los trabajos contratados de manera autónoma relacionados con los catastros de redes, que los dejaban con un nivel de información más avanzados que Acueducto de Mondomo, ya en esta organización comunitaria se había dejado de lado la toma de datos operativos, además de que no se contaba con información catastral actualizada, ni en formatos digitales que pudieran ser usados en el sistema de información. En todos los casos fue necesario realizar levantamiento topográfico de accesorios.

Sin embargo, aunque para Acueducto de Mondomo fue necesario levantar con datos GPS todos los accesorios visibles del sistema y ajustar el trazado de las redes desde los archivos de diseño que se tenía, para ACUANARIÑO fue necesario validar la existencia de algunos accesorios y levantar algunos existentes que no estaban georreferenciados y para ACUASUR fue necesario georreferenciar todos los puntos de calidad de agua concertados con la secretaria de salud ya que no se contaba con esta información.

Después de obtener los resultados del catastro esquemático de los acueductos de Mondomo, ACUASUR y de ACUANARIÑO se citó a unas reuniones virtuales y presenciales para validación de los resultados obtenidos en el montaje del catastro esquemático y la información consolidada para los accesorios.

6.5. DEVOLUCIÓN DE LA INFORMACIÓN A AQUACOL

En esta fase se realizaron reuniones virtuales y presenciales una con las directivas de Aquacol y los acueductos asociados en marco de la celebración de los 20 años de Aquacol, donde se dio a conocer a los representantes de los acueductos presentes el primer avance del sistema de información, el cual podrán usar a su beneficio por estar asociados a Aquacol.

Por otro lado, se realizaron tres reuniones con los acueductos participantes en el estudio para dar a conocer los resultados finales, en donde los acueductos podían ya ver materializado parte del sistema de información con los datos propios que se habían construido con el trabajo participativo.

NOTA: Para todo el desarrollo del trabajo, desde la concepción de la metodología se tuvieron presentes los protocolos de bioseguridad en marco de la pandemia COVID-19.

7. RESULTADOS

7.1. Análisis de Aportes del enfoque de Ciencia Ciudadana para incorporarlos en el desarrollo metodológico.

Como este trabajo de grado se desarrolló en el marco de un proyecto interdisciplinario internacional que sugirió la ciencia ciudadana como estrategia para adelantar el trabajo con las comunidades, se realizó un análisis del uso de esta estrategia en Iberoamérica, pero también se revisaron enfoques usados en Colombia como la investigación acción participativa (IAP) y la apropiación social del conocimiento.

7.1.1. Ciencia Ciudadana

El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación ha permitido que la sociedad tenga diferentes formas y medios de relacionarse, lo que ha llevado a que las empresas, instituciones y los gobiernos se enfrenten a nuevos retos, como permitir la participación y colaboración ciudadana.

La ciencia ciudadana (CC) es: “La participación de la población en general en actividades de investigación científica en las que los ciudadanos contribuyen activamente, ya sea con su esfuerzo intelectual o con el conocimiento de su entorno o aportando sus propias herramientas y recursos”. (Natusfera, 2017, p.3)

La ciencia ciudadana busca involucrar a las comunidades en actividades científicas y fomentar la participación activa de los ciudadanos en la investigación a través de su esfuerzo intelectual, su conocimiento general de las localidades, o sus herramientas y recursos disponibles. (Rodríguez, 2019).

Por otra parte, el Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) afirma que la ciencia ciudadana, también llamada ciencia comunitaria o monitoreo ambiental participativo, es hacer parte a la población general de toda la investigación científica. No se trata de que la ciudadanía soló ayude en el proceso de recolección de datos, sino que también sean parte del proceso, además que comprendan lo que se hace y tanto ellos como los científicos se vean beneficiados con el desarrollo de estos proyectos. (IDEAL, 2017)

Según la red de participación en ciencia ciudadana de Vitoria-Gasteiz, el primer ejemplo de ciencia ciudadana como la conocemos hoy en día se desarrolló a la segunda mitad del siglo XIX cuando Wells Woodbridge Cooke creó una red de observadores voluntarios en distintos puntos de Norteamérica para poder estudiar el comportamiento y desplazamiento de las aves. Estos voluntarios recolectaban sus observaciones que posteriormente mandaban a Cooke. Después, este analizaba los datos y elaboraba un informe detallado de las especies que encontraron (Vitoria-Gasteiz Green Capital, 2020)

Otro ejemplo a nivel mundial es la plataforma virtual creada por la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) denominada 'NaturaLista', donde se busca involucrar a población en general para registrar y compartir observaciones de fauna y flora con el fin de aumentar el conocimiento sobre la biodiversidad mexicana. (Ramírez, et al, s.f.,). Este aplicativo "NaturaLista" llegó a Colombia en el 2016 y a partir de aquel tiempo ha tenido una gran acogida. A la fecha, se ha logrado involucrar a más de 13 mil observadores y un registro total de 323 mil especies. Naturalista es una aplicación que favorece al conocimiento de la biodiversidad del país, ya que permite que cualquier persona interesada en el tema, pueda registrar información, en este caso fotografías, así como también colaborar en el proceso de identificación de especies en las que tenga conocimiento. (Redacción Vivir, 2020)

Para el éxito en el desarrollo de los proyectos en diferentes comunidades ha sido necesario superar las ideas habituales de desarrollo, donde las comunidades solo participaban como mano de obra, con el fin de disminuir costos, sino que se debe empezar a darle a las comunidades participación en los proyectos donde puedan tomar decisiones y gestionar en todas las fases del proyecto. Y de este modo la comunidad ya no es simplemente la meta o el objetivo del desarrollo, sino también un sujeto activo en el proceso. (Osorio et al, s.f.)

Hoy en día se puede encontrar proyectos de ciencia ciudadana de toda clase y de todas las disciplinas de la ciencia: Aun así, la mayor parte de los proyectos de ciencia ciudadana están enfocados a temas de biología, ecología y la conservación de especies además de ser proyectos que se llevan a cabo en grandes ciudades de países desarrollados y muy pocos enfocados a las áreas rurales y en temáticas de calidad y cantidad de agua a nivel comunitario.

Aunque en Finquelievich y Fischnaller (2014) se afirma que la mayoría de cibercientíficos y proyectos de ciencia ciudadana se concentran en las regiones más desarrolladas, al igual que las iniciativas y los fondos destinados a Ciencia Ciudadana (CC), también conocida como "ciberciencia" que se aplican principalmente en Europa y América del Norte, también se señala que proyectos de CC están actualmente surgiendo en Oceanía y Asia, así como en países africanos y latinoamericanos.

7.1.1.1. Ejemplos de aplicación de ciencia ciudadana en Iberoamérica

En la tabla 3 se presentan algunos ejemplos de aplicación de ciencia ciudadana en Iberoamérica.

Tabla 3. Experiencias de ciencia ciudadana en algunos países Iberoamericanos.

EXPERIENCIAS DE CIENCIA CIUDADANA EN ALGUNOS PAISES IBEROAMERICANOS				
LUGAR DE EJECUCION	**ACTORES**	**NOMBRE DEL PROYECTO**	**COMUNIDAD URBANA/ RURAL**	**DESCRIPCION**
Microcuenca Boca Itata Trehuaco, región del Ñuble CHILE	Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería, CRHIAM, Universidad de Concepción Chile	Monitoreo comunitario de la calidad del agua en la microcuenca Boca Itata, Trehuaco, región del Ñuble, Chile Central.	Rural	"Monitoreo comunitario de la calidad de agua donde no existen estaciones de monitoreo, Para la recolección de datos, se capacitó un grupo de personas de la comunidad en el uso de un equipo de medición de parámetros fisicoquímicos (pH, alcalinidad, dureza, temperatura, sulfitos, cloruro, nitrato). El 80% de las muestras indicó altos valores de nitrato, cloruro, dureza y alcalinidad total en las aguas de pozos, según los límites máximos permisibles de la norma chilena, para uso y consumo humano" (Yévenes, 2018).
COSTA RICA	Escuela de Geografía y Escuela de Ciencias de la Computación e Informática Universidad de Costa Rica.	Ciencia Ciudadana para la generación de información sobre calidad del agua en una cuenca afectada por el monocultivo de piña en la Zona Norte de Costa Rica.	Rural	"La investigación desarrolla un proceso de ciencia ciudadana para la recolección de datos de calidad de las aguas superficiales en una cuenca afectada en años recientes por la expansión del monocultivo de piña. La expansión de este cultivo ha contaminado fuentes de aguas superficiales y subterráneas con plaguicidas como el bromacil y ametrina, con fertilizantes y una mayor carga de sedimentos en suspensión debido a las prácticas agrícolas, en la Zona Norte del país. El proceso de ciencia ciudadana de esta investigación combina equipos de medición de parámetros básicos de calidad de agua de bajo costo (nitratos, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, presencia de coliformes y turbiedad) y con una aplicación móvil desarrollada para el proyecto llamada Monitoreo de Agua se registran, visualizan, para analizar, compartir y comunicar los datos generados" (Blanco et al, 2018).

EXPERIENCIAS DE CIENCIA CIUDADANA EN ALGUNOS PAISES IBEROAMERICANOS				
LUGAR DE EJECUCION	**ACTORES**	**NOMBRE DEL PROYECTO**	**COMUNIDAD URBANA/ RURAL**	**DESCRIPCION**
Ciudad Algeciras Municipio de Cádiz - ESPAÑA	Los centros escolares de Algeciras y la empresa de agua del municipio (Emalgesa)	Agua Con-ciencia	Urbana	Este proyecto de ciencia ciudadana pretendía mostrar cómo se puede racionalizar el consumo de agua, mejorar su aprovechamiento en instalaciones más grandes como los centros escolares. (López et al, 2017) Para lograr el objetivo los estudiantes implicados, Con cuestionarios hacen una recopilación de datos para sacar un diagnóstico del uso del agua en los centros escolares de Algeciras, generar campañas destinadas a promover un consumo racional de los recursos hídricos, buscar soluciones (López et al, 2017)
Dílar es un municipio español, perteneciente a la provincia de Granada, en Andalucía ESPAÑA	Colegio Internacional de Granada, AMPA del centro Fundación Descubre, Ayuntamiento de Dílar, Departamento de Microbiología de Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC)	Apuesto por el compost	Urbana	Los residuos orgánicos que generaba el colegio eran desechados en la basura y buscando una alternativa de reciclaje de estos residuos iniciaron una investigación en donde propusieron realizar composteras. Disponiendo de recipientes separados para los residuos orgánicos en donde recogían la materia prima y diariamente los estudiantes la recogían, dado que el colegio cuenta con un huerto escolar y El compost que resulto del proyecto fue aprovechado como fertilizante en el huerto escolar. (Roldan et al. 2017)
BARCELONA	Oficina de Ciencia Ciudadana, Barcelona Ciencia, impulsada por el Instituto de Cultura de Barcelona del Ayuntamiento de Barcelona.	• Mosquito alert • Red de observadores meteorológicos • Plant-tes • Observadores del mar Entre otros	Urbana	La Oficina ha promovido la ciencia ciudadana que se hace en Barcelona y su área metropolitana a través de asesorar, acompañar y promover proyectos y espacios de aprendizaje compartido basado en conocimiento y experiencia de los ciudadanos. Actualmente participa en 20 proyectos.

EXPERIENCIAS DE CIENCIA CIUDADANA EN ALGUNOS PAISES IBEROAMERICANOS				
LUGAR DE EJECUCION	**ACTORES**	**NOMBRE DEL PROYECTO**	**COMUNIDAD URBANA/ RURAL**	**DESCRIPCION**
MEXICO	La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y población en general	Naturalista	Local	Aplicación creada con el fin de registrar y compartir observaciones de fauna y flora por medio de fotografías con el fin de aumentar el conocimiento sobre la biodiversidad mexicana. (Ramírez, et al, s.f.,)
COLOMBIA	Visitantes, guarda parques, guías e intérpretes ambientales.	Soy Naturista	Parques Nacionales Naturales	Evento que se lleva a cabo durante un día en donde se comparten conocimientos, observando y registrando a través de la app iNaturalist (Naturalista Colombia) la biodiversidad presente en los Parques Nacionales Naturales. Los asistentes reunidos en grupos de máximo 15 personas y distribuidos por grupo biológico (aves, plantas, anfibios, reptiles, entre otros) recorrerán el área de Parques y compartirán sus observaciones encontradas en http://naturalista.biodiversidad.co/ Parques
COLOMBIA	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)	BIRDFAIR 2021: "EL ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD"	Local	El evento se realizó de Forma virtual del 26 al 29 de noviembre de 2021, acogiéndose a la situación de distanciamiento social que se vivía en el momento, por motivo de la pandemia del COVID-19, pretendía que el público realizara avistamiento de aves desde sus casas y registrara sus observaciones en la plataforma digital eBird. Tenía como misión, promover una cultura de observación y conservación de las aves y sus hábitats, el reconocimiento, admiración y protección de los recursos naturales y el posicionamiento de Colombia como destino internacional para el avistamiento de aves.

Fuente: Elaborado por los autores

Durante la revisión de literatura se pudo observar que gran parte de los proyectos de ciencia ciudadana son implementados en los países desarrollados de Europa y América del Norte, principalmente en la zona urbana para el beneficio y desarrollo de las ciudades. López (2018) menciona que el sesgo que existe entre lo rural y lo urbano se da porque la política y la economía están enfocadas en crear riquezas que benefician a las ciudades y su población, mientras que las inversiones en las zonas rurales son ineficientes y desiguales.

Los proyectos de ciencia ciudadana de más antigüedad han justificado la participación comunitaria argumentando que los recursos son limitados, mientras que científicos argumentan que no es posible llegar a todas partes y que los ciudadanos pueden participar cubriendo áreas geográficas lejos de su alcance. (CCBLAB, 2019)

La ciencia ciudadana cambia el modelo de ciencia que se ha desarrollado durante el siglo XX, el cual era regido por expertos, científicos y las instituciones a las que representan. (CCBLAB, 2019) Dando lugar al rol de los ciudadanos científicos en los proyectos de ciencia ciudadana que con el uso de tecnologías de información y comunicación móviles motiva al empoderamiento de las comunidades para involucrarse en la investigación científica (Finquelievich et al, 2014)

En Finquelievich et al., 2014 se resalta que las decisiones construidas a través de la participación inclusiva y el intercambio de conocimientos son más propensas a ser exitosas cuando se involucra a las comunidades durante su planeación, ejecución e implementación, que las que son impuestas por mecanismos jerárquicos y centralizados.

Por otro lado, se resalta que la ciencia ciudadana es incluyente dado que existen numerosos proyectos de investigación participativa dirigidos a mujeres que participan como científicas o proveedoras de información (Finquelievich et al, 2014). Además los proyectos de ciencia ciudadana pueden ser adoptados a diferentes necesidades ya que son proyectos flexibles que abarcan diferentes tipos de acciones y distintas escalas a nivel local, regional, nacional, continental y/o global (López, 2016), aunque la práctica de la ciencia ciudadana en la investigación se encuentra en un periodo de rápido crecimiento a través de muchas disciplinas la gran mayoría de estos proyectos de los que se encuentra información bibliográfica son proyectos relacionados con la diversidad de especies tanto de fauna como flora en distintos países.

Es importante resaltar que la gran mayoría de los voluntarios que participan en ciencia ciudadana no reciben ningún incentivo financiero. Pero las razones que motivan a su participación es la curiosidad por el conocimiento y la ciencia, preocupación social, y la utilidad de los proyectos de ciencia ciudadana para su entorno y vida cotidiana lo que muchos le estimulan su participación en el proceso completo de investigación y promueve su empoderamiento como actores sociales (Finquelievich et al, 2014).

Una de las ventajas de la aplicación de la ciencia ciudadana es que se obtienen más puntos de vista y más elementos de análisis, además de producirse propuestas bien orientadas a la optimización de los recursos y solución de las verdaderas necesidades de las comunidades. Por contrapartida también hay desventajas en la aplicación de la ciencia ciudadana para el desarrollo de los proyectos como lo es tener menos agilidad en la toma de decisiones, los procesos se hacen más largos.

7.1.2 Investigación-Acción Participativa

La Investigación Acción Participativa (IAP), es una forma de intervenir en los problemas sociales buscando que los conocimientos originados por una investigación sirvan para la transformación social, teniendo en cuenta la participación de la comunidad donde se desarrolla, ya que son los más idóneos para precisar sus propias necesidades, conflictos y soluciones. (Guzmán, 2018)

La investigación acción participativa tiene tres fundamentos el primero es la investigación que es el valor que se le da al conocimiento, el segundo es la participación que hace referencia a la importancia tanto de los investigadores como de los miembros de una comunidad y por último la acción que es llevar acabo soluciones o cambios de una situación específica. (Zapata et al. 2016)

La investigación acción participativa se diferencia de la investigación tradicional porque la IAP inicia de un problema específico de una comunidad y busca de manera constructiva que tanto los investigadores externos como los locales construyan cada uno de los pasos del proyecto de investigación. (Zapata et al. 2016)

Por otro lado, en Musito (2004) en el capítulo V, La investigación acción participativa escrito por Maricela Montenegro se resalta que la IAP inicia en que la comunidad debe participar en todo el proceso de investigación, incluyendo que las acciones que se van a tomar para la solución deben ser tomadas principalmente por la población.

Como se dijo anteriormente la investigación acción participativa promueve que las personas de las comunidades afectadas participen tanto en la definición como en la solución de sus problemas a través de la acción social organizada.

Además, la diferencia entre la investigación acción participativa y otras formas de hacer investigación no está dada por la metodología o técnicas utilizadas sino el compromiso con el cambio social y la búsqueda de que grupos vulnerables se empoderen para que decidan y gestionen su propio cambio (Zapata et al. 2016), Por último, es importante resaltar que en América Latina uno de sus principales impulsores fue colombiano Orlando Fals Borda.

7.1.3. Apropiación Social del Conocimiento

Es el proceso social donde diferentes actores intercambian combinan y ponen en discusión sus conocimientos expertos y no expertos, de tal modo que permitan acercarse a desarrollar y comprendes tecnologías o ciencia, para aplicarla en sus contextos o realidades sociales particulares para la construcción de soluciones innovadoras y vitales para el bienestar de las comunidades. (Colciencias, 2018)

El objetivo de la ASC es generar espacios de dialogo he intercambio de conocimiento y experiencias para investigaciones científicas y formativas construidas colaborativamente. Por otro lado, asegura que la ASC es un elemento propio de la relación entre sociedad, tecnología y conocimiento y que las trasformaciones sociales reales se dan cuando se hace uso del conocimiento disponible tanto científico como empírico (Gutiérrez, 2019)

En el desarrollo de proyectos de investigación participativa, orientados a lograr procesos de la apropiación social del conocimiento, tienen la posibilidad de construir soluciones de manera colectiva a favor de las comunidades, reconociendo que la cultura, la ciencia y la sociedad se complementan de manera permanente y que existe otro tipo de conocimiento como el empírico, que son tan importantes como los desarrollados desde lo académico (Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación, 2020).

Al desarrollar un sistema de información comunitario teniendo como referente los planteamientos desarrollado por la CC, la IAP y la ASC se parte de las necesidades, la opinión, el conocimiento de los líderes sociales de las organizaciones, lo cual permite que el sistema sea amigable con las capacidades de la comunidad, además facilita su manejo y entendimiento de los resultados obtenidos y que trabajen a gusto.

7.2. Diagnóstico técnico participativo de tres acueductos rurales asociados a Aquacol con niveles de complejidad diferentes.

En este numeral se presenta en primera instancia una valoración técnica de los acueductos, el estado de la fuente, infraestructura, etc., para posteriormente presentar un diagnostico asociado a las labores del personal y manejo de información.

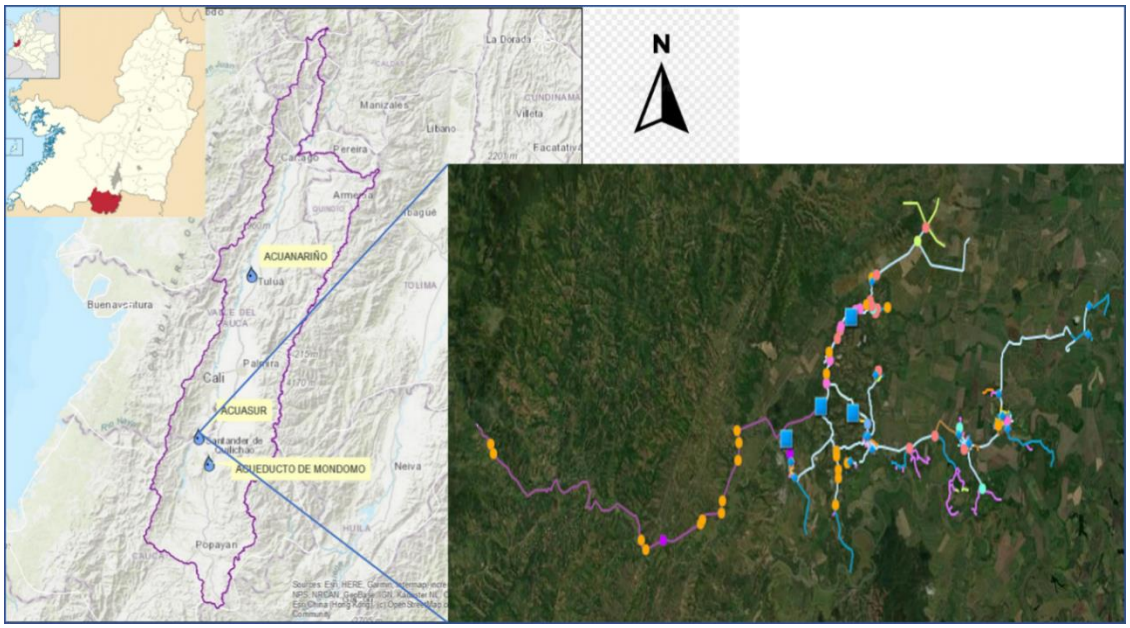
7.2.1. Acueducto Regional ACUASUR – Robles.

En el año 1993 dada las necesidades de las comunidades del sur de Jamundí surge la idea de construir un acueducto, idea que se materializo en 1998 cuando se finalizó la obra, la comunidad toma la decisión de administrar y operar su acueducto para lo cual se constituye el 5 de mayo de 1999 la Asociación de Usuarios del Servicio de Agua Potable del Sur (ACUASUR), la cual está ubicada en Robles, el sistema de abastecimiento inicia operación el 01 de julio de 1999 (Cinara, 2016).

Población abastecida e información general

En la actualidad el acueducto cuenta aproximadamente con 3760 suscriptores y abastece a 15 comunidades rurales entre corregimientos y veredas del sur del municipio de Jamundí, Valle del Cauca entre las que están Chagres, El Progreso, Robles, Varejonal, Guachinte, Tinajas, Timba, La Berta, Playa Amarilla, Avispal, Quinamayó, Villapaz, Mandivá, Cañitas y La Ventura, con aproximadamente 16.000 usuarios ver imagen 7.

El corregimiento que más usuarios tiene es Robles con 804, seguido de Villapaz con 797 suscriptores, Quinamayo con 654 suscriptores y Timba con 522 suscriptores, su población es principalmente afrodescendiente, la actividad económica principal es la agricultura destacando los cultivos de caña, arroz y plátano. En las comunidades de Robles, Villapaz, Quinamayó, La Ventura, Timba, Chagres y Guachinte hay puestos de salud, donde se presta atención médica y salud preventiva por días, para procedimientos de alta complejidad los pobladores deben desplazarse a Jamundí al Hospital Piloto o a Cali.



Fuente: Adaptado por Autor desde el sistema de información Nuestra Agua

Imagen 7. *Ubicación de ACUASUR*

Fuente de Abastecimiento

La fuente de abastecimiento de agua es superficial (Río Timba) tiene un caudal aproximado de 3000 L/s siendo este una fuente hídrica muy importante, nace en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, en el municipio de Jamundí departamento del Valle del Cauca y desemboca en el río Cauca en el límite entre los municipios de Jamundí y Buenos Aires, departamento del Cauca. (CVC, 2015)

Entre la planta de tratamiento y la bocatoma se tiene una distancia aproximada de 21 kilómetros, de los cuales alrededor de 17 kilómetros están en zonas de conflicto armado y cultivos de uso ilícito, lo cual afecta la continuidad del servicio por conexiones ilegales en la red de aducción, el agua de estas conexiones ilegales es utilizada para riego de cultivos de coca, Edgar Vivas afirma que por esta línea de aducción de 10 pulgadas antes llegaba a la planta un caudal de aproximadamente 50 L/s y en la actualidad llega alrededor de 20 L/s lo que representa menos del 50%. ACUASUR cuenta con una concesión de agua de 40L/s. En cuanto al control de calidad de agua en la fuente, en ACUASUR no se realizan análisis de calidad de agua por los costos que estos análisis tienen.

Es relevante mencionar que entre junio y julio 2021 debido a que se está presentando una situación crítica en la fuente de abastecimiento por deslizamiento y arrastre de materiales desde hace un año, los operarios se están viendo obligados a sectorizar el suministro de agua y de este modo el servicio a cada comunidad se presta por dos horas en la mañana o en la tarde.

Como ejemplo se tienen dos eventualidades recientes: la primera se presentó el 3 de junio de 2021 debido a que este mes se caracterizó por ser un mes lluvioso en la zona y se presentó un deslizamiento de gran magnitud y provocó taponamiento de la bocatoma. Y la segunda eventualidad se presenta desde el mes de abril del 2022 durante 80 días hasta aproximadamente el 23 de junio, donde hubo deslizamiento de una gran cantidad de tierra que provocó la ruptura de la tubería de aducción y que por la magnitud del deslizamiento y la problemática que se presenta en el orden público no se ha logrado conseguir la maquinaria necesaria para remover el material y poder reparar la tubería, por lo que se vieron obligados a tomar una fuente alterna de abastecimiento pero esta no es suficiente para abastecer la totalidad de la población. Adicionalmente, reciben ayudas por medio de carrotanques, acciones que siguen siendo insuficientes para suplir las necesidades básicas de la población.

Sistema de abastecimiento de agua

Este sistema de abastecimiento está conformado por los siguientes componentes
Fuente: En la actualidad se abastece del Rio Timba.
Captación: Actualmente tiene una bocatoma de dique frontal construida en concreto que permite captar un caudal de 50 L/s de agua para el abastecimiento de la población.
Conducción: La tubería a través del cual se transporta el agua cruda a flujo por gravedad, aprovechando la diferencia de nivel del terreno es en material PVC de 10 pulgadas.
Potabilización y desinfección Almacenamiento: La potabilización del agua se realiza por medio de un sistema de tratamiento convencional de ciclo completo. La desinfección se realiza con la aplicación de cloro gaseoso y el almacenamiento se hace en un tanque que se encuentra en la planta con una capacidad de 180m^3 y posteriormente se distribuye.

Almacenamiento: En ACUASUR se cuenta con un tanque de almacenamiento en la planta y seis tanques más a lo largo de la red de distribución, que distribuyen agua a las poblaciones que se encuentran en Timba, Varejonal-Guachinte, Tinajas, Robles-Villatatiana, Gualandaye y Quinamayo.
Distribución: Esta compuesta por un conjunto de estructuras y elementos encargados de entregar el agua a los usuarios entre estas estructuras se encuentran válvulas, tuberías, tomas domiciliarias y medidores en materiales como PVC, HF entre otros.

Sistema de Tratamiento

El sistema de tratamiento es una planta convencional de ciclo completo y lo integran los siguientes componentes: La primera unidad que se encuentra es la cámara de aquietamiento ver imagen 8. La cual por medio de un canal se conecta con la canaleta Parshall en donde se genera el resalto hidráulico y se hace la dosificación del coagulante, (ver imagen 9), usan como coagulante sulfato de aluminio líquido o cuando se tiene turbiedades altas entre 1000 y 3000 UNT se aplica hidroxicloruro de aluminio.



Fuente: Tomada por Autor
Imagen 8. Cámara de aquietamiento ACUASUR



Fuente: Tomada por Autor
Imagen 9. Canaleta Parshall y Dosificación de coagulante de ACUASUR

El agua continua por un canal donde se distribuye a las dos líneas de floculadores hidráulicos de tabiques en acrílico (ver imagen 10), posteriormente pasa el agua a los dos sedimentadores tipo colmena (ver imagen 11), continua las cuatro líneas de filtros rápidos (ver imagen 12).



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 10. Floculadores hidráulicos de tabiques en acrílico de ACUASUR



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 11. Sedimentadores tipo colmena de ACUASUR



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 12. Filtros rápidos de ACUASUR

Finalmente llegar al tanque de contacto de cloro, donde se dosifica cloro gaseoso (ver imagen 13) y por último se encuentra el tanque de almacenamiento (ver imagen 14) donde salen las cinco líneas que distribuye el agua potable a las comunidades una para Robles de 8 pulgadas, dos para Timba- La Berta de 4 pulgadas, una Chagres de 3 pulgadas y una Varejonal de 4 pulgadas (ver imagen 15).



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 13. Tanque de contacto de cloro de ACUASUR y punto de dosificación de cloro



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 14. Tanque de almacenamiento de ACUASUR



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 15. Las 5 líneas que distribuye el agua potable a las comunidades de ACUASUR

Red de distribución

En cuanto a la red de distribución en ACUASUR se cuenta con bitácoras de operación y mantenimiento en donde los operarios que reciben turno hacen registro de las actividades y eventualidades que se presentan durante cada jornada laboral, entre ellas se registran la operación de las válvulas con las que se sectoriza el suministro.

Los planos de redes de distribución disponibles son planos elaborados en el año 2002, en formato AutoCAD, en donde se encuentra detalles como longitudes de tubería, diámetros, cotas de terreno, en algunos se encuentra material de tubería y RDE, pero por el año de elaboración son planos desactualizados en cuanto a crecimiento poblacional o cambio de red.

ACUASUR desarrollo un estudio planimétrico en donde se evidenció de manera parcial, una estructura de datos ya georreferenciados con planimetría realizada con GPS en donde se identificaban las redes, tanques y accesorios de la red de distribución, lo que permitió que este trabajo fuera utilizado en el plano o mapa base de la red de distribución que se montó al sistema.

Puntos de calidad de Agua

En ACUASUR cuenta con puntos de toma de calidad de agua a lo largo de la red estos puntos han sido concertados con la secretaria de salud y en total son quince y están distribuidos de la siguiente forma en Robles tres ubicados en la Santa Cecilia, Loma de la Cruz y colegio, dos en Timba en el centro de salud y en el cementerio, uno Chagres en la escuela, uno Tinajas en la vía, uno Guachinte en la escuela, dos Quinamayo en la cancha y vía al cementerio, dos Villa Paz escuela y salida, uno Cañitas en la entrada, dos La Ventura centro de salud, en la cancha, y se hacen análisis periódicos en el agua tratada de dos muestras semanales en distintos puntos de muestreo cada semana, estos análisis están a cargo de la fundación Cinara contratada por el acueducto para conocer y hacer el seguimiento de la calidad del agua que suministran y por parte de salud pública la Unidad Ejecutora de Saneamiento del Valle del Cauca se hace seguimiento cada mes.

Cuenta con informes de calidad de puntos de muestreo realizados por laboratorio Cinara en tres puntos de calidad tomados mensualmente, donde se realiza análisis fisicoquímicos y microbiológicos como turbiedad con un rango de valores máximos aceptables ≤2 NTU, color con un rango de valores máximos aceptables ≤15 UPC, pH con un rango de valores máximos aceptables 6.5-9.0 unidades, cloro residual libre con un rango de valores máximos aceptables 0.3-2.0 mg/L, coliformes totales con un rango de valores máximos aceptables de cero (0) UFC/100mL, E-coli con un rango de valores máximos aceptables de cero (0) UFC/100mL, además de la determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA).

Administración y personal

ACUASUR cuenta con cuatro operarios capacitados y certificados por el SENA, con turnos de 12 horas intercalados; adicionalmente tienen un operario de control en la bocatoma que está encargado de revisar y gestionar emergencias y eventualidades que se presenten, como mecanismo de comunicación utilizan la plataforma WhatsApp.

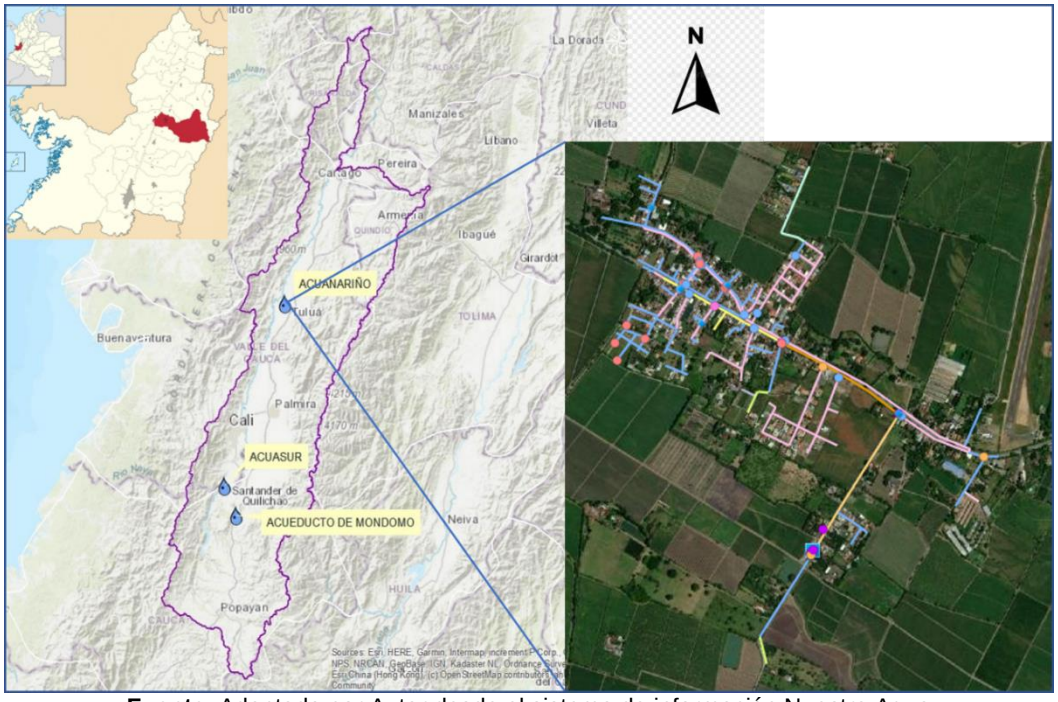
Dentro de las actividades de los operarios de planta esta los registros de daños, cierres de planta, suspensión de servicio por daños o turbiedad, diligenciamiento de las bitácoras de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Entre ellas está el registro de mantenimiento de las unidades. Además cuenta con informes de parámetros tomados en planta de agua cruda y tratada en donde durante las 24 horas al día y por cada hora se registran parámetros de control para el tratamiento de agua como turbiedad, color del agua cruda y tratada además de registrar datos operativos como dosificación de cloro, sulfato de aluminio, cal, cloro residual, niveles de taque de almacenamiento, toma de lectura a diario de los macromedidores que se encuentran a la salida de la planta, los operadores de redes hacen la lectura una vez al mes de los que se encuentran a lo largo de la red como en Guachinte, Quinamayo y Villapaz, también se encargan del cierre y control de válvulas con las que se sectoriza el suministro de agua a las comunidades.

7.2.2. ACUANARIÑO

La organización Comunitaria de Servicio de Agua y Saneamiento de Nariño y Palomestizo, está ubicada en el corregimiento de Nariño se encuentra en el costado Nor-occidental del municipio de Tuluá ver imagen 16.

La Asociación de Usuarios del Acueducto de Nariño (ACUANARIÑO) lleva más de 27 años al frente de los servicios de acueducto y del alcantarillado, para la organización y el fortalecimiento de la asociación los han apoyado Aquacol *de* manera oportuna tanto en capacitaciones de tipo técnico como en acciones de aspectos ambientales.

Aquacol que ha sido una organización muy importante para mejorar su función administrativa, porque les ha brindado diferentes capacitaciones en estos aspectos; de la misma manera se resalta el papel especial que ha tenido el instituto Cinara, desde su trabajo con el programa PAAR (Programa de Abastecimiento de Agua rural del Valle del Cauca, realizado en el año 2004, porque a partir de esa época y posteriormente con la vinculación a Aquacol, han recibido de esta institución, asesorías y apoyo en diferentes temas relacionados tanto con el servicio de agua como del manejo de las aguas residuales (Vallecaucana de Aguas S.A E.S.P, UNIVALLE y Cinara, 2013)



Fuente: Adaptado por Autor desde el sistema de información Nuestra Agua

Imagen 16. *Ubicación de Nariño-Tuluá*

Población Abastecida

AQUANARIÑO cuenta con 1049 suscriptores, la principal actividad económica de la población son las labores del campo principalmente en el Ingenio San Carlos, cuyos cultivos de caña de azúcar hacen parte del eje territorial del corregimiento.

Fuente de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable son dos pozos profundos llamados Vtu 118 y Vtu 151. El primero, es el más antiguo con 80m de profundidad y una tubería de diámetro de 10 pulgadas en acero al carbón, fue construido hace 25 años tiene un concesión de aguas de 15.75 L/s es la fuente de abastecimiento actual de la población imagen 17 y el Vtu 151 cuenta una profundidad de 100m construido en el año 2004 tiene concesión de agua de 30l/s con una tubería de diámetro de 10 pulgadas de acero al carbón, el agua de este pozo no está siendo utilizada para el abastecimiento de la población dado que este pozo presenta mayor concentración de hierro, manganeso y alcalinidad que el pozo Vtu 118, a estos pozos se les hace un control cada año de revisión de tubería interna y funcionamiento de la moto bomba.

La impulsión desde los pozos al tanque de almacenamiento está en material PVC de 6 pulgadas para el pozo Vtu 151 esta fue instalada en el año 2004, por lo tanto, tiene una antigüedad de 18 años y para el pozo Vtu118 tiene una antigüedad de 10 años ya que en el año 2012 se realizó un cambio de tubería. Por otro lado, las mediciones para el control de calidad y cantidad de agua extraída y producida por

los pozos son realizadas por la secretaria de salud municipal y la CVC, respectivamente.



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 17. Pozo Vtu 118

Sistema de abastecimiento de agua

El sistema de abastecimiento de agua de ACUANARIÑO permite que llegue el agua desde las fuentes naturales subterráneas hasta el punto de consumo con la calidad requerida, con un conjunto de obras o tecnologías que están destinadas a conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde su fuente hasta los hogares de los usuarios.

Este sistema de abastecimiento está conformado por los siguientes grupos funcionales

Fuente: Dos pozos profundos el Vtu 118 y Vtu 151

impulsión: La tubería a través del cual se transporta el agua cruda hasta el tanque de almacenamiento es en material PVC de 6 pulgadas.

Desinfección: En la actualidad como tratamiento se realiza desinfección con hipoclorito de sodio al 13,5% líquido inyectado con un clorinador ubicado en la tubería de impulsión (imagen 18) y posteriormente va al tanque de almacenamiento para finalmente distribuir a la comunidad imagen 19.



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 18. Caseta de suministro de cloro



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 19. Tanque de almacenamiento

Almacenamiento: El almacenamiento se hace en un tanque alto con una capacidad de almacenamiento de 90.96 m^3, y posteriormente se distribuye el agua a la población. Es importante mencionar se tendrá otro tanque de almacenamiento con una capacidad de 400m^3 que se encuentra en la planta en construcción y almacenará el agua tratada en la planta con tecnología OXFI.

Distribución: Esta compuesta por un conjunto de estructuras y elementos encargados de entregar el agua a los usuarios entre estas estructuras se encuentran válvulas, tuberías, tomas domiciliarias y medidores en materiales como PVC, HF entre otros

.

Actualmente se está construyendo la planta de potabilización ver imagen 20. En la construcción por parte del acueducto atraves de un trabajo de consultoría se está realizando una interventoría, que se hace cargo de inspeccionar la construcción de la planta y verificar que se construya con los requerimientos que se diseñó.



Fuente: Tomada por Federico Pinzón

Imagen 20. Planta de tratamiento ACUANARIÑO en construcción

La tecnología de tratamiento es OXFI, que corresponde a oxidación y retención en filtros de gravas ascendentes en serie, estará compuesto por sistema de bombeo desde la fuente subterránea a la estructura de entrada y sistema de aireación, contará con dos unidades de Filtros gruesos ascendentes, tanque de contacto de cloro, tanque de almacenamiento bajo y sistema de bombeo de tanque bajo a tanque alto.

Hasta el momento se tiene construido el tanque de carga, los filtros, taque de almacenamiento bajo, está pendiente la prueba de estanqueidad y algunos acabados de fundición de las estructuras lo que representa entre el 70-80% de la planta construida. Como fuente de abastecimiento para la operación de la planta se usará el pozo Vtu 151 dado que presenta ciertas características que requieren más tratamiento como color rojizo y olor por la presencia de hierro.

Red de distribución

Los planos de redes de distribución disponibles son planos elaborados en mayo de 2014, en formato AutoCAD, en donde se encuentra detalles como longitudes de tubería, diámetros, cotas de terreno, material de tubería y elevaciones, también se cuenta con un plano de modelación de red de distribución donde se ubican los nodos, válvulas, diámetro de tubería y material elaborado en el año 2019, pero por el año de elaboración son planos desactualizados en cuanto a crecimiento poblacional o cambio de red.

Por otro lado, los daños más frecuentes en la red de distribución son en la tubería domiciliaria por tuberías viejas, pero en el momento como medida preventiva se están implementando el cambio de tuberías desde la red principal al micromedidor en las tuberías más antiguas, no presentan problemas de presiones, la red de conducción de agua de ACUANARIÑO cuenta con válvulas de cierre que permiten sectorizar la red de abastecimiento de agua, para que de este modo cuando se presente daño en algún tramo de la red no se quede toda la población sin el abastecimiento de agua cuando se repara el daño.

En ACUANARIÑO no cuentan con bitácoras de operación de redes dado que las válvulas solo son operadas en el momento que se presenta un daño. Pero cuentan con una base de datos donde tienen todos los detalles de la red de distribución como materiales de tuberías por tramos, coordenadas de válvulas, ventosas, entre otros.

También se cuenta con una modelación de detección de perdidas en tramos y red de distribución, donde además de levantar las redes habían procesos de modelación hidráulicas y escenarios de modelación futura para poder plantear un área de prestación de servicio hasta donde pueden suministrar agua, debido a la preocupación como acueducto por el crecimiento de Tuluá y para ellos tener las herramientas suficientes para justificar en el momento que les hagan solicitudes de abastecimiento en zonas donde ellos no puedan abastecer.

Puntos de calidad

En total en la red de abastecimiento tiene cinco puntos de muestreo de calidad concertados con Secretaria Publica ubicados el punto uno frente al CAI de la policía en el sector la Coralia, punto dos en el callejón Buenaventura, punto tres en el sector de la merced, punto cuatro en el callejón Primavera y punto cinco en el callejón el Limar frente al colegio Jovita Santacoloma. ACUANARIÑO realiza control diario de pH y cloro residual en dos puntos en la mañana y dos en la tarde y en la noche el primero con el último de la red de distribución además hace análisis periódicos en el agua tratada de tres muestras mensuales en distintos puntos de muestreo de la red de distribución, estos análisis están a cargo de la fundación Cinara fundación contratada por el acueducto para conocer y hacer el seguimiento de la calidad del agua que suministran.

Cuenta con informes de calidad de agua realizados por el laboratorio Cinara tomados en tres puntos, en periodos de tiempo mensual donde se toman análisis fisicoquímicos y microbiológicos como turbiedad con un rango de valores máximos aceptables ≤2 NTU, color con un rango de valores máximos aceptables ≤15 UPC, pH con un rango de valores aceptables 6.5-9.0 unidades, cloro residual libre con un rango de valores aceptables 0.3-2.0 mg/L, coliformes totales con un rango de valores máximos aceptables de cero (0) UFC/100mL, E-coli con un rango de valores máximos aceptables de cero (0) UFC/100mL, además de la determinación del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA)

Administración y personal

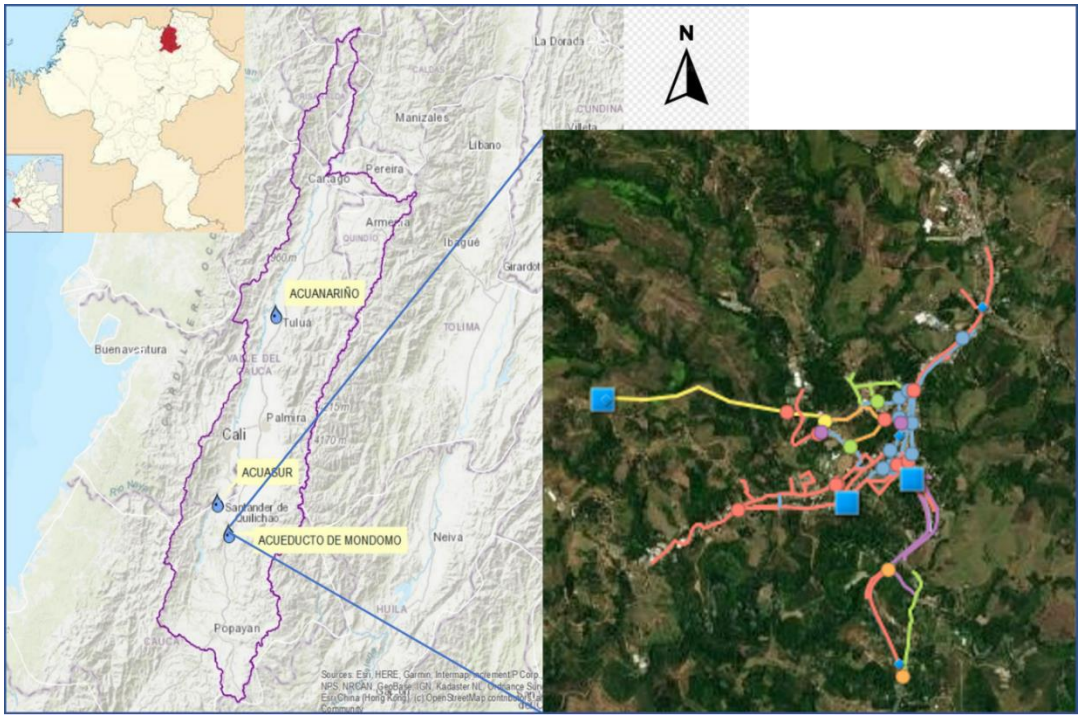
ACUANARIÑO cuenta con dos operarios capacitados, con turnos de ocho horas la operación y mantenimiento del sistema lo realizan los fontaneros, el señor Orlando Zamora y Yair López, dentro de las actividades de los operarios de planta está la reparación de daños en la red de distribución, operación de válvulas para cierre del sector a reparar, además de registrar datos operativos como dosificación de cloro, estar pendiente de la operación de la bomba de extracción de agua del pozo para garantizar los niveles del tanque de almacenamiento, hacer la lectura una vez al mes de los micromedidores.

También realiza lavado al tanque de almacenamiento cada 45 días, en cuanto a mantenimiento de la estructura del tanque se evidencia falta de mantenimiento estructural y de impermeabilización.

7.2.3. Acueducto de Mondomo

El Sistema de Abastecimiento de Agua para el Corregimiento de Mondomo está ubicado en el corregimiento de Mondomo que pertenece al municipio de Santander de Quilichao, en el departamento del Cauca, en el suroccidente de Colombia. Mondomo está a 64 kilómetros de Cali y se encuentra sobre la carretera Panamericana ver imagen 21.

En 1994 un sismo dañó las estructuras del acueducto y Mondomo fue declarado en emergencia sanitaria aprovechando el apoyo de diferentes actores se encontró la financiación para un proyecto de construcción del nuevo acueducto donde contrataron al instituto Cinara, para que diseñara el sistema de abastecimiento de agua y creara capacidad en la comunidad para el manejo y la administración del sistema, la obra fue entregada a la comunidad el 5 de diciembre de 1998.



Fuente: Adaptado por Autor desde el sistema de información Nuestra Agua

Imagen 21*. Ubicación de Mondomo-Santander de Quilichao*

Población Abastecida

Presta el servicio alrededor de 963 usuarios. Mondomo cuenta con un puesto de salud local, las principales actividades económicas son agricultura y pequeñas industrias como rallanderías de yuca.

Fuente Abastecimiento

La fuente de abastecimiento principal la quebrada San Pablo, y secundaria la quebrada Montañitas. Los predios donde nacen las quebradas son de propiedad del acueducto, y como medida de protección se hacen campañas de reforestación a lo largo de la cuenca y se ha contado con campañas de compensación forestal de empresas como Cementos Argos, de estas campañas participan activamente la comunidad y el colegio en la siembra y transporte de los árboles y la asociación de Acueducto de Mondomo pone a disposición las herramientas necesarias para realizar estas jornadas.

La quebrada Montañitas es utilizada para abastecimiento de otros acueductos por lo que el agua que llega en épocas de verano a la bocatoma de Acueducto de Mondomo de esta quebrada es poca, en invierno cuando se presenta elevadas turbiedades en la quebrada San Pablo la fuente de abastecimiento que se usa es Montañitas ya que en esta fuente no se presenta este problema.

Sistema de abastecimiento de agua

Este sistema de abastecimiento está conformado por los siguientes grupos funcionales

Fuente: En la actualidad se abastece de la quebrada San Pablo, pero tienen como fuente alternativa la quebrada Montañitas y de este modo este sistema cuenta con dos fuentes de abastecimiento de agua.

Captación: Actualmente tiene dos bocatomas de fondo construidas en concreto que permite captar el agua para el abastecimiento de la población en la que se encuentra en la quebrada San Pablo se capta un caudal de 15 l/s y en la que se encuentra ubicada en la quebrada Montañitas se capta con una tubería de 4 pulgadas a la cual no se le ha realizado aforo, para el abastecimiento de la población.

Conducción: La tubería a través del cual se transporta el agua cruda a flujo por gravedad, aprovechando la diferencia de nivel del terreno es en material PVC de 6 pulgadas además cuenta con tres viaductos en concreto, el Viaducto 1 y 2 que protegen el paso del agua cruda por las quebradas San Pablo y el viaducto 3 la quebrada La Peligrosa.

Potabilización y desinfección / Almacenamiento: La potabilización del agua se realiza por un conjunto de estructuras destinadas a darle al agua cruda la calidad necesaria para el consumo y uso humano por medio de un sistema de tratamiento con tecnología FiME. La desinfección se realiza por medio de hipoclorito de calcio granular al 70% y el almacenamiento se hace en tres tanques que se encuentran uno en la planta con una capacidad de almacenamiento de 403 m^3 y dos que tienen la función de cámara de quiebre de presión ubicados en Los Pinos y El Refugio con una capacidad de almacenamiento de 18m^3 cada uno y posteriormente se distribuye el agua a la población.

Distribución: Esta compuesta por un conjunto de estructuras y elementos encargados de entregar el agua a los usuarios entre estas estructuras se encuentran válvulas, tuberías, tomas domiciliarias y medidores en materiales como PVC, HF entre otros.

Sistema de Tratamiento

Mondomo cuenta con una planta de tratamiento de filtración en múltiples etapas FiME, el sistema de tratamiento de agua está diseñado para tratar 18 L/s y está compuesto por: La bocatoma de fondo, con una rejilla de 3m de largo con 40cm de ancho imagen 22, dos desarenadores el viejo y el nuevo, el desarenador viejo se utiliza principalmente cuando se le hace mantenimiento al nuevo o cuando se va hacer alguna reparación imagen 23, desde el desarenador a la planta se tiene tres viaductos en concreto Imagen 24.



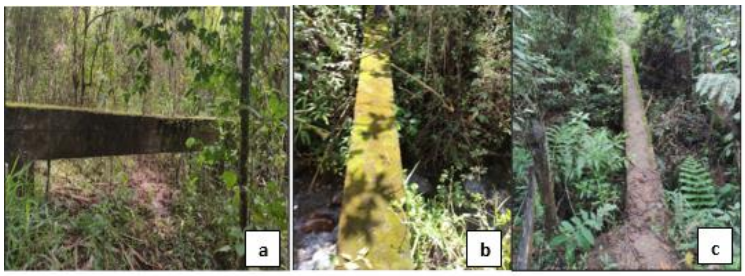
Fuente: Tomada por Autor

Imagen 22. Bocatoma de fondo



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 23. Desarenadores a) nuevo b) viejo



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 24. a) viaducto 1 b) viaducto 2 c) viaducto 3

La aducción es en tubería de PVC de 6 pulgadas con válvulas de purga y lavado, como unidades de tratamiento en la planta se tiene cuatro filtros gruesos, cuatro filtros dinámicos y cuatro filtros lentos, tanque de almacenamiento con capacidad de 403m^3 de agua, caseta de cloración actualmente se utiliza 2100gr de hipoclorito de calcio granular al 70% para 24 horas de abastecimiento con un caudal entre 12-15 l/s para una población de 906 suscriptores aproximadamente en la cabecera municipal de mondomo y 38 suscriptores en el municipio de Caldono a los que se les presta el servicio de agua potable. Acueducto de Mondomo tiene en la planta un operario que en la actualidad toma como parámetro de calidad turbiedad solo en

eventualidades, caudal y macro medición, no toman datos de los niveles del tanque, no tiene bitácoras de operación de la planta, lo que deja en evidencia la falta de un seguimiento para una adecuada gestión del agua, ellos están más enfocados en atender la parte administrativa.

Red de Distribución

En cuanto a la red de distribución se han presentado algunas conexiones fraudulentas en industrias de rallanderias de yuca que fueron identificadas y corregidas. Generalmente el acueducto presta el servicio de agua potable las 24 horas del día durante los 7 días de la semana, pero en épocas de verano prolongados han tenido que tomar medidas de contingencia como prestar el servicio hasta las 9-8 de la noche, suspenderlo y volver a suministrar agua a las 5 am.

Los planos de redes de distribución disponibles son planos elaborados en mayo de 1998 y 2002, en formato AutoCAD o dwg otros planos de diseño en papel y fotografías de esos registros en papel, en donde se encuentra detalles de tubería como diámetros, material de tubería y ubicación y numeración de los lotes donde se encuentran ubicadas las viviendas, pero por el año de elaboración son planos desactualizados en cuanto a crecimiento poblacional o cambio de red. No cuentan con bitácoras de operación de redes. La información catastral se encuentra en la cabeza principalmente del fontanero Paulo Tenorio Osorio y del presidente de la Junta Edwin Chávez.

Puntos de Calidad

En Mondomo se tienen cuatro puntos para la toma de muestras de calidad donde la secretaria de salud hace análisis mensual de tres puntos de manera aleatoria. Cuenta con informes de calidad de puntos de muestreo realizados por la Secretaria Departamental de salud de Santander de Quilichao, tomadas en tres puntos de calidad en periodos de tiempo mensual, en donde hacen análisis fisicoquímicos y microbiológicos como coliformes totales con valores aceptables <1 NMP/100mL, E-coli con un rango de valores aceptables <1 NMP/100mL, pH con un rango de valores aceptables >=6.5 y <=9 unidades de pH, turbiedad con un rango de valores aceptables <=2 NTU, cloro residual libre con un rango de valores aceptables >=0.3 y <=2 mg CL2/L, alcalinidad total con un rango de valores aceptables <=200 mg CaCO3/L, calcio con un rango de valores aceptables <60 mg Ca/L, dureza total con un rango de valores aceptables <=300 mg CaCO3/L, Magnesio con un rango de valores aceptables <=36 mg Mg/L.

Administración y personal

En el Acueducto de Mondomo para a la gestión administrativa del acueducto manejan la plataforma PIP (plataforma informática para pequeños prestadores), actualmente cuenta con dos operarios uno es el señor Pablo Osorio que es el operario de las redes de distribución y reparar daños que se presenten en la red y el segundo es el señor Mariano Camayo Daza que aproximadamente desde junio

de 2021 regreso a prestar sus servicios al acueducto y es el operario de planta y quien está a cargo de manejo y control del proceso de potabilización del agua además del mantenimiento de la planta de potabilización.

El operario de planta que se encuentra actualmente estuvo trabajando con esta planta hace 10 años atrás y manifiesta que en ese tiempo se hacía registro de parámetros como pH, pero con el tiempo esta actividad se dejó de hacer y en la actualidad no se toman datos.

Durante el recorrido a lo largo de la red en donde visitamos y observamos el estado de los tanques de almacenamiento de lo cual se puede decir que se evidencia filtración de agua en el tanque de almacenamiento del refugio además de la falta de mantenimiento (Imagen 25).



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 25. Tanque de almacenamiento el refugio

Posteriormente se hace la visita a la planta de tratamiento imagen 26, en donde se conocen las unidades de tratamiento y se revisa el estado de las unidades donde visualmente se ven en buen estado, a diferencia del tanque de almacenamiento y distribución en donde se evidencio que tiene fugas de agua en las juntas que quedaron después de la ampliación de esta unidad (ver Imagen 27).



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 26. Planta de tratamiento de Mondomo



Fuente: Tomada por Autor

Imagen 27. *Tanque de almacenamiento de agua potable*

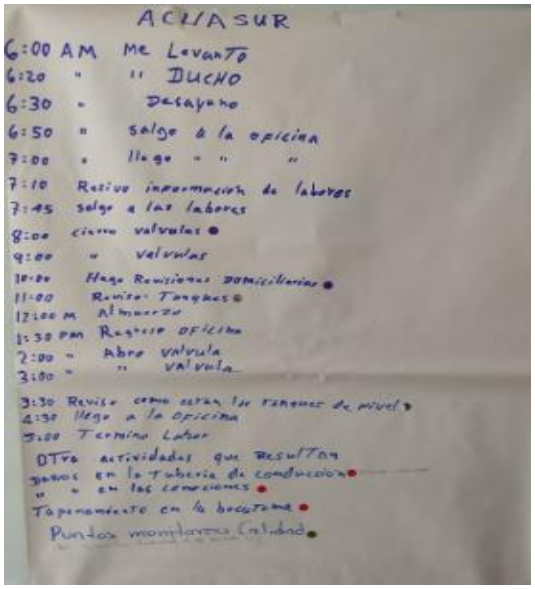
7.2.4. Esquemas y rutinas en la operación y manejo de los sistemas

A raíz de los ejercicios que se hicieron durante el primer taller se logró conocer de parte de los administradores un esquema general de los sistemas de abastecimiento que operan y red de distribución y conocer la rutina de los operadores en donde se pudieron identificar las actividades más representativas y con mayor peso que realizan día a día los fontaneros y operarios de planta.

Los esquemas generales de los acueductos y redes de distribución, permitió comprender con facilidad las complejidades de operación a las que se enfrentan los operarios de planta y de red de cada sistema.

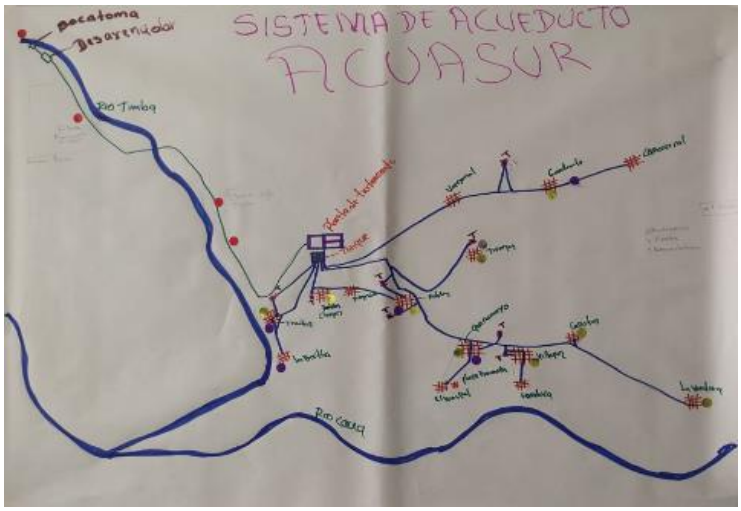
ACUASUR es el sistema que requiere más trabajo, dado que por las problemáticas que enfrenta actualmente por taponamientos de la bocatoma causados por deslizamientos o movimientos de tierra, además de las conexiones fraudulentas que llevan a que el caudal de llegada a la planta haya disminuido en un 50% aproximadamente tienen como consecuencia que la cantidad de agua tratada no sea suficiente para abastecer todas las comunidades al mismo tiempo lo cual lleva a que se sectorice el suministro y este sea prestado a las comunidades solo por un periodo de tiempo de 2 horas al día por lo tanto esto lleva a que los operarios de redes tengan que desplazarse constantemente alrededor de la red para operar las válvulas con las que se sectoriza el suministro de agua.

En las Imágenes 28, podemos ver la rutina que un operario de ACUASUR tiene en un día de trabajo y en la Imagen 29, el esquema del acueducto y la red de distribución realizado por Edgar Vivas el cual nos permitió conocer detalles de la red de distribución como ubicación de tanques y parámetros de operación del sistema.



Fuente: Elaborada por el fontanero

Imagen 28*. Rutina de trabajo fontanero de ACUASUR*

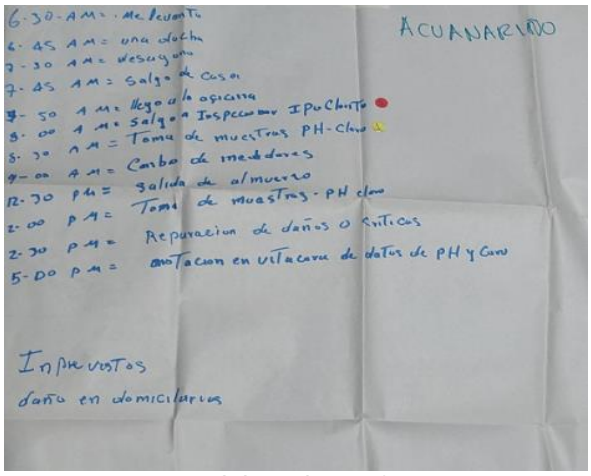


Fuente: Elaborado por Edgar Vivas

Imagen 29. Esquema de ACUASUR

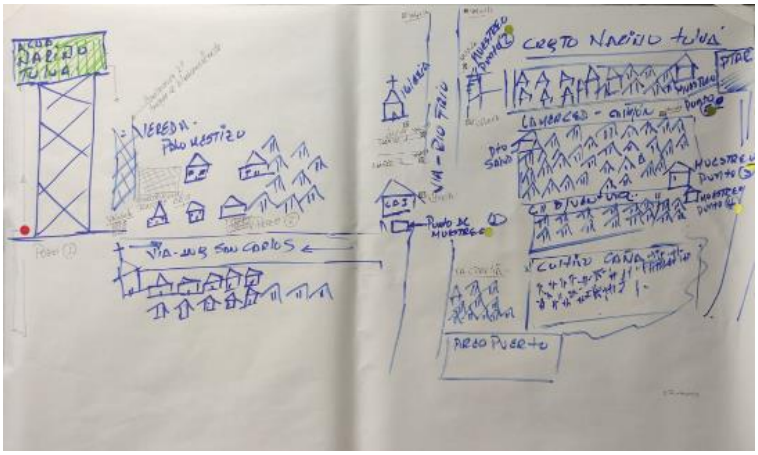
Por otro lado, en el caso de ACUANARIÑO se tiene un menor grado de complejidad tanto en la operación del sistema debido a que el único tratamiento que le hacen al agua es la desinfección, y en cuanto a la operación de las redes, gracias a que de la fuente de abastecimiento subterránea que tienen pueden extraer el caudal necesario para abastecer toda su población durante las 24 horas del día la operación de válvulas solo es necesaria en caso de un daño en la red de distribución. En las Imágenes 30, podemos ver la rutina que el señor Orlando Zamora tiene en un día de trabajo y en la Imagen 31, el esquema del sistema de abastecimiento y la red de distribución realizado por William García el cual nos

permitió conocer detalles como la red de distribución, la ubicación del pozo, del tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaborado por fontanero

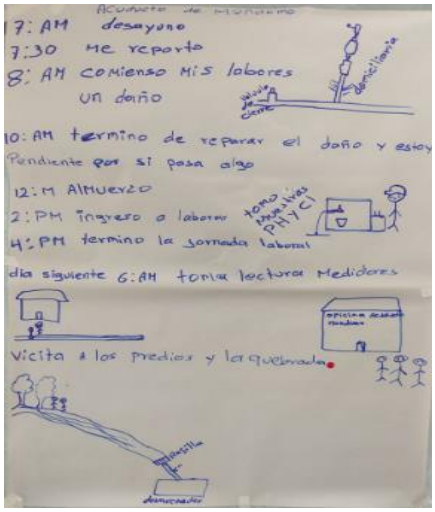
Imagen 30. Rutina de trabajo de fontanero de ACUANARIÑO



Fuente: Elaborado por William García

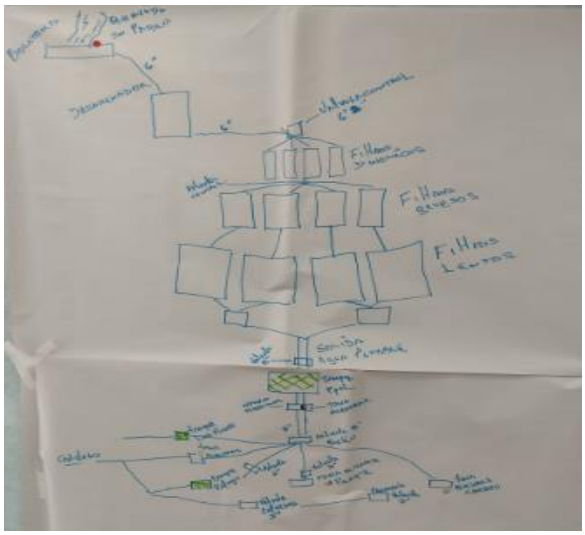
Imagen 31. Esquema de ACUANARIÑO

Por último, en el caso de Acueducto de Mondomo tampoco se tienen grandes complejidades en el manejo y operación de la planta, dado que su fuente de abastecimiento les da el caudal necesario para que presten el servicio de manera continua y el sistema de tratamiento FiME con el que cuentan entrega un agua con buena calidad y potable para abastecer a la población, en cuanto a la operación de válvulas solo es necesaria en caso de un daño en la red de distribución. En las Imágenes 32, podemos ver la rutina que el señor Pablo Osorio tiene en un día de trabajo y en la Imagen 33, el esquema del sistema de abastecimiento y la red de distribución realizado por Oscar William Silva el cual nos permitió conocer detalles como la red de distribución, la ubicación de los tanques de almacenamiento.



Fuente: Elaborado Fontanero

Imagen 32. Rutina de trabajo de fontanero de Acueducto de Mondomo



Fuente: Elaborado por William García

Imagen 33. Esquema de Acueducto de Mondomo Realizado por Oscar Willian Silva

7.2.5. Análisis del estado de la información técnica de los acueductos

Se evidencia una gran diferencia en el estado de la información de estos tres acueductos como se muestra en el resumen realizado en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Tabla de información existente de cada acueducto

ACUEDUCTO	Informes de calidad en puntos de muestreos	Informes de parametros tomados en planta	Bitacoras de operación de la planta o sistema	Bitacoras de operación de la red	Diseños de red de distribucion
ACUASUR	SI	SI (2019-2021)	SI	SI	SI
ACUAMONDOMO	Solo de Marzo, Agosto, Octubre, Diciembre de 2020	NO	NO	NO	SI
ACUANARIÑO	SI (2018-2021)	No aplica	No Aplica	NO	SI

Fuente: Elaborado por Autor

Según el resumen presentado en la tabla 3, se puede evidenciar en las casillas en blanco con que información cuenta cada acueducto y en las casillas de color rojo que información no se tiene:

ACUASUR: Es una asociación organizada la cual lleva registros y bitácoras de operación de la planta del día hora a hora, y de la red de distribución, además han mostrado gran interés en el desarrollo de este sistema, brindando de manera oportuna la información que se les requiere.

ACUANARIÑO: La información requerida es menos dado que ellos en la actualidad no cuenta con un sistema de tratamiento de agua, ya que ellos toman agua de la fuente (pozo), desinfectan, almacenan y suministran por tal razón no se requiere informes de parámetros tomados en planta y bitácoras de operación. Cabe resaltar que este acueducto en cuanto a catastro de redes es el que mejor tiene la información ya que cuentan con un catastro de redes actualizado y adicional a ello tienen una base de datos con todos los detalles de la red de distribución, pero no cuentan con bitácora de operación de red donde registren datos como operación de válvulas, cambio de red entre otros.

Acueducto de Mondomo: El acueducto con la información más desactualizada es Acueducto de Mondomo ya en la actualidad que no toman ningún registro de operación de planta, ni de parámetros de calidad del agua, lo que se ha podido evidenciar es que esta asociación está enfocada a la organización de la parte administrativa y han dejado de lado la parte operativa, porque no se les ha presentado necesidad del uso de la información.

Es importante mencionar que a pesar de que en el Acueducto de Mondomo no están registrando datos, están tomando decisiones que pueden ser transcendentales en el sistema de tratamiento, pues se evidenció interés en modificar el esquema de tratamiento con una pre-coagulación, decisión que se iba a tomar si ningún criterio técnico o información de soporte.

7.3. DISEÑO PARTICIPATIVO DEL MODELO LÓGICO DEL MÓDULO TÉCNICO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN COMUNITARIO

7.3.1. Concentración juntas directivas

Teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico, se trabajó participativamente con la directiva de Aquacol y delegados de cada uno de los acueductos participantes en este estudio, en el diseño del módulo técnico del sistema de información y seguimiento comunitario con el que se pretende monitorear, el sistema de abastecimiento de agua y la calidad de agua distribuida a la comunidad.

Como se mencionó anteriormente de manera participativa con las juntas directivas y operarios de los sistemas se establecieron como variables de interés para el módulo técnico del sistema de información para la gestión del agua comunitaria; la calidad y cantidad del agua, la continuidad del suministro de agua a la red y las condiciones de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua.

Con la información actual con la que cuentan los acueductos, más la capacidad tiene que para registrar nuevos datos y relacionar la información que suministran otras entidades como la secretaría de salud y los laboratorios, se puede construir un acervo de datos estructurados para actualizar el módulo técnico del sistema de información.

En lo que corresponde a la cantidad se establecieron como indicadores el caudal promedio de entrada a la planta por hora, caudal de salida de planta por hora, en cuanto a continuidad los indicadores considerados fueron el número de horas en que la planta está fuera de operación, días con eventos de paradas de planta, porcentaje de tiempo por fuera de operación y turbiedad de agua cruda dado que una elevada turbiedad en la fuente de abastecimiento obliga a una parada de planta.

Estas variables se asociaron desde la planta, no porque en la red no se tenga problemas de cantidad y continuidad si no porque los datos y requerimientos que había se centraron en la planta por parte de las comunidades, aunque se entiende que en la red también se puede presentar discontinuidad por un daño donde se deban cerrar válvulas y el servicio de agua a una localidad especifica.

Por otro lado, la información asociada a la calidad fue el pH, cloro residual y turbiedad máxima, estos datos se generan desde los puntos de muestreo de calidad de agua y los informes de las secretarias de salud o laboratorios particulares que sean contratados para realizar el análisis de las muestras de control de calidad de agua que se tomen.

Por último, para el requerimiento de catastro esquemático que fue una necesidad planteada por las comunidades, se realizó la georreferenciación de puntos de calidad y válvulas de control para los tres acueductos (Tabla 5) y de los trabajos adelantados por los acueductos se hizo el montaje de la red de distribución para

ACUASUR y ACUANARIÑO, mientras que para el Acueducto de Mondomo por ser la asociación con información más desactualizada se tuvo que hacer un trabajo con mayor grado de dificultad ya que se partió desde la georreferenciación de la bocatoma hasta el trazado de la red de distribución.

7.3.2. Georreferenciación

Teniendo en cuenta la necesidad planteada por las comunidades de tener un catastro esquemático surgió este requerimiento de georreferenciación de puntos de calidad y válvulas de control para los tres acueductos, en donde para ACUANARIÑO y el Acueducto de Mondomo se georreferenciaron puntos de calidad y válvulas, mientras que para ACUASUR solo se georreferenciaron puntos de calidad (Ver Tabla 5)

Tabla 5. Georreferenciación accesorios y puntos de calidad

Punto de Interés	ACUASUR	ACUANARIÑO	Acueducto de Mondomo
Válvulas	• No se georreferenciaron válvulas porque se contó con información secundaria. • La información que existía fue generada por el Ingeniero Topográfico Cristian Balanta. • Se contaba con un total de 59 válvulas georreferenciadas a lo largo de la red de distribución.	• El día 10 de septiembre 2021, se referenciaron en total 34 válvulas a lo largo de la red de distribución	• El día 28 de agosto de 2021 Se referenciaron en total 34 válvulas a lo largo de la red de distribución
Puntos de Muestreo	Se georreferenciaron en total 15 puntos de toma de calidad de agua a lo largo de la red de distribución. ➢ Están distribuidos de la siguiente forma: • En Robles 3 ubicados en la santa Cecilia, loma de la cruz y colegio, • En Timba 2 en el centro de salud y en el cementerio. • En Chagres 1 en la escuela. • En Tinajas 1 en la vía • En Guachinte 1 en la escuela	Se georreferenciaron en total 5 puntos de muestreo de calidad a lo largo de la red de distribución. ➢Están distribuidos de la siguiente forma: • El punto 1 frente al CAI de la policía en el sector la Coralia • El punto 2 callejón Buenaventura 2. • El punto 3 sector de la Merced. • El punto 4 callejón Primavera.	Se georreferenciaron 4 puntos de calidad ubicados a lo largo de la red de distribución. ➢ Están distribuidos de la siguiente forma: • El punto 1 Planta de tratamiento (6981). • El punto 2 Parque Central (6982). • El punto 3 Entrada Vereda El Turco (6983).

Fuente: Elaborado por Autor

Punto de Interés	ACUASUR	ACUANARIÑO	Acueducto de Mondomo
	• En Quinamayo 2 en la cancha y vía al cementerio • En Villa Paz 2 escuela y salida. • En Cañitas 1 en la entrada. • En La Ventura 2 en centro de salud y en la cancha	• El punto 5 en callejón el Limar frente al colegio Jovita Santacoloma.	• El punto 4 Vía Panamericana (6984) • El punto 5 Barrio Belén (primera vivienda)

7.3.3. Diseño de estructuras de base de datos

Tanto para Acueducto de Mondomo como para ACUANARIÑO se crearon las bases de datos en Excel para el seguimiento de la calidad del agua, teniendo en cuenta los parámetros mínimos, a los cuales debe hacer seguimiento según el tipo de tecnología existente. Estos datos serán usados para alimentar el sistema de información que se está creando (ver Tabla 6). Para esta estructura se tuvo en cuenta: la capacidad de cada asociación para la toma de la información, con el fin de que todos estos puedan ser ingresados de forma periódica en el sistema de información.

Tabla 6. Parámetros mínimos para seguimiento de calidad de agua

Acueductos	Acueducto de Mondono	ACUANARIÑO
Parámetros a tomar	• Caudal de entrada y salida • Turbiedad de agua cruda y tratada • Color de agua cruda y tratada • Cloro residual • pH	➢ Según lo concertado estos datos se tomarán tres veces al día tratando de hacerlo siempre a la misma hora y de manera periódica. • Caudal de entrada (Bombeo) y salida de agua* • Turbiedad en agua cruda, filtrada y tratada * • Color en agua cruda, filtrada y tratada* • pH* ➢ Con una frecuencia mensual se tomarán: • Hierro* • Manganeso • Alcalinidad • Dureza* • E-coli

Fuente: Elaborado por Autor

*Para el caso de los parámetros de calidad de agua que se tomaran en la planta OXFI se revisó la guía de manejo y operación de la planta y se tuvo en cuenta las recomendaciones hechas en esta.

Además de los parámetros mínimos de calidad descritos anteriormente también se tomarán algunos parámetros de control de operación de planta para Acueducto de Mondomo y ACUANARIÑO (ver tabla 7).

Tabla 7. Parámetros mínimos para seguimiento de calidad de agua

Acueductos	Acueducto de Mondomo	ACUANARIÑO
Parámetros a Tomar	• Niveles de filtros dinámicos lentos y gruesos • Nivel del tanque de almacenamiento • Las paradas de planta. • Tipo de desinfectante • Dosis de desinfectante	• Tipo de desinfectante • Dosis de desinfectante • Lavado de filtros gruesos (LFG)* • Nivel de tanque de carga* • Nivel de tanque de almacenamiento 1 y 2*

Fuente: Elaborado por Autor

*Los parámetros que se especifican para la planta OXFI de ACUANARIÑO se tomaron del manual de operación y mantenimiento de la planta que tiene la asociación

Para el caso de ACUASUR de las carpetas recolectadas en las visitas de campo (Imagen 34), se digitalizaron los formatos de control de tratamiento de agua desde del año 2019, de este modo se obtuvieron 19809 datos digitalizados debido a que en ACUASUR se registra datos hora a hora durante los 7 días a la semana (Imagen 35).



Fuente: Tomada por Federico Pinzón

Imagen 34. Evidencia de carpetas recolectadas para digitalizarlas

1	Acueduc	Año	Mes	Dia	Fecha	Hora	Q_l_seg	V_m3_h	Tur_crud	Tur_sedi	Tur_trat	Col_crud	Col_sedi	Col_trat	Ph
19805	Acuasur	2021	7	3	2021-julio-03	19:00:00	32,00	115,20	17,30	2,63	2,02	120,00	20,00	10,00	
19806	Acuasur	2021	7	3	2021-julio-03	20:00:00	32,00	115,20	16,90	2,61	2,00	110,00	20,00	10,00	
19807	Acuasur	2021	7	3	2021-julio-03	21:00:00	32,00	115,20	16,60	2,62	1,98	100,00	20,00	10,00	
19808	Acuasur	2021	7	3	2021-julio-03	22:00:00	32,00	115,20	16,40	2,63	1,97	100,00	20,00	10,00	
19809	Acuasur	2021	7	3	2021-julio-03	23:00:00	32,00	115,20	16,70	2,65	1,99	100,00	20,00	10,00	

Coagul	Dosi_coag	Dosi_cal	Desinf	Dosi_des	Clo_resi	Niv_talm1	Niv_talm2	Niv_talm3	Observa	Analist
El sulfato de aluminio (Alumbre)	6,60	5,50	Dióxido de cloro	6,00	1,50					Acuasur4
El sulfato de aluminio (Alumbre)	6,60	5,50	Dióxido de cloro	6,00	1,50					Acuasur4
El sulfato de aluminio (Alumbre)	6,60	5,50	Dióxido de cloro	6,00	1,50					Acuasur4
El sulfato de aluminio (Alumbre)	6,60	5,50	Dióxido de cloro	6,00	1,50					Acuasur4
El sulfato de aluminio (Alumbre)	6,60	5,50	Dióxido de cloro	6,00	1,50					Acuasur4

Fuente: Elaborado por Autor

Imagen 35 Base de datos de informe de calidad de agua para ACUASUR

7.3.4. Construcción de atributos

Durante el segundo taller se realizaron tres grupos de trabajo uno por cada acueducto participante, en conjunto con los representantes de cada asociación se discutieron que atributos se deberían considerar para que se reflejaran en el catastro esquemático, es decir, cuáles serían las propiedades o características que se asignarían a cada elemento geográfico (red de distribución, planta, las válvulas, tanques, etc.) (Olaya, 2014). Para definir estos atributos se tuvo en cuenta que se contaran con la información es decir que fueran datos existentes o que las comunidades pudieran recolectar fácilmente para que de este modo se pueda mantener actualizado el sistema.

7.3.4.1. Atributos Red de Distribución

Para el catastro de red esquemático que se presentara en el módulo técnico del sistema de información se obtuvo como resultado que los atributos de interés para las tuberías por acueducto eran los presentados en la siguiente tabla 8.

Tabla 8. *Atributos de interés para las tuberías por acueducto.*

CAMPO	ACUEDUCTOS		
	AC. SUR	AC. NAR	AC. MON
SECTOR	X	X	X
DIAMETRO (pulgadas)	X	X	X
MATERIAL	X	X	X
PROFUNDIDAD (m)	X		
RESISTENCIA (RDE)	X		
FUNCIÓN	X		
LONGITUD (este campo será calculado en el sistema)	X	X	X
fecha de instalación de tubería		X	

AC. SUR: ACUASUR
AC. NAR: ACUANARIÑO
AC. MON: Acueducto de Mondomo

Fuente: Elaborado por Autor

Se puede evidenciar en la tabla 8 que no todos los acueductos escogieron los mismos atributos, Aunque coincidieron en varios de estos. En el caso de

ACUANARIÑO la longitud, profundidad, función y RDE no fueron considerados como atributos, en el caso de ACUASUR la longitud y fecha de instalación y para Acueducto de Mondomo la profundidad, RDE y la fecha de instalación de la tubería fueron considerados en primera instancia.

De esta misma forma sucedió para los atributos asociados a la información de válvulas y tanques de almacenamiento, por lo que fue necesario realizar un proceso de concertación a través de reuniones virtuales, en las cuales se presentó a representantes de los acueductos participantes todos los atributos considerados para llegar a un acuerdo de cuáles serían los atributos definitivos a considerar en el sistema de información.

Teniendo de este modo unos atributos más unificados como se observa en el listado que es presentado en la tabla 9, en donde se tiene en las columnas de color verde los atributos definidos y en los campos color naranja los dominios de esos campos, los cuales están asociados a valores numéricos en el caso de diámetros, profundidad y resistencia y a atributos o categorías en los otros campos.

Tabla 9. Atributos de tubería para catastro participativo esquemático.

CAMPO	ACUEDUCTOS			ACUEDUCTOS		
	AC. SUR	AC. NAR	AC. MON	ACUASUR	ACUANARIÑO	ACUEDUCTO MONDOMO
* SECTOR	X	X	X	* COMUNIDAD DE CHAGRES: escuela(El Piñal), Chapinero(Puertocarrero), El Progreso (baja y alta) * COMUNIDAD ROBLES: baja (baja: parque a Acuasur, alta: parque -Loma de la cruz, La Isla, Cauquita * COMUNIDAD BAREJONAL; COMUNIDAD GUACHINTE (baja, alta, Gualandaye, Cañaveral) * COMUNIDAD TINAJAS: baja, alta(Los Popo, Los Naranjos) * COMUNIDAD TIMBA: Pueblo Nuevo(entrada),La Guaira, Las Palmas, Bellavista, Plaza(centro) * COMUNIDAD LA BERTA * COMUNIDAD PLAYA AMARILLA; * COMUNIDAD AVISPAL * COMUNIDAD QUINAMAYO * COMUNIDAD VILLAPAZ: Las Gemelas, Parque la Guaca * COMUNIDAD MANDIVA * COMUNIDAD CAÑITAS * COMUNIDAD LA VENTURA: Puesto de Salud, Escuela	* CARRETERA VIEJA: Santabárbara, Buenaventura, La Merced, El jardín, El Limar. * LA VARIANTE I: Palomestizo, El Aeropuerto, El Llanito, El Refugio, La Armonía, La Capilla, La Floresta, San Fermín, San Miguel, Villa del Mar y Mejoral. * MARÍA CLARA * LA VARIANTE II: El Canal, El Lago, primavera, Los Pinos, La Isla.	* Barrio Panamericano, * Barrio Belen, * Barrio Las Veraneras, * Barrio La Callaja, * Barrio Los Pinos, * Barrio El Refugio, * San Pablo * San Carlos
* DIAMETRO (pulgadas)	X	X	X	8, 6, 4 ,2-1/2 ,2 ,1-1/2 ,3, 1, 10	1/2", 3/4", 1", 2",3",4" 6",8"	8", 6", 3", 2", 1", 3/4",1/2" , 1-1/2"
* MATERIAL	X	X	X	PVC, PHDF	PVC	PVC, pf,HD
* PROFUNDIDAD (mts)	X	X	---	0.50-0.80 robles- la barca (1.80)	0.50-0.80	0.50 a 1mts
* RESISTENCIA (RDE)	X	X	X	21, 26, 32.5, 41, 13,5 (conduccion)		21, 26,41
* FUNCIÓN	X	X	X	aduccion, conduccion, red matriz (distribuccion: sectores principlaes ; subsectores: distribuccion o secundaria)	impulsion, conduccion, distribucion	aduccion, conduccion, red principal, circuitos sobre la red principal, ramales secundarios, implusion
* LONGITUD (este campo será calculado en el sistema)	X		X	-----NA------	------NA------	-----NA-----
* Fecha de instalacion de tuberia		X				

*AC SUR: ACUASUR **AC NAR: ACUANARIÑO ***AC MON: Acueducto de Mondomo

Fuente: Elaborado por Autor

Es importante destacar que todos los acueductos consideraron como atributo de importancia la profundidad de la red de distribución, pero se evidenció en la información recopilada que no se cuenta con estos detalles tramo a tramo, por tanto, solo se tiene un rango de las profundidades. Por otro lado, el acueducto de ACUANARIÑO consideró como atributo también la fecha de instalación, pero al igual que la profundidad tampoco se cuenta con la información de las fechas exactas de instalación de cada tramo por tanto este atributo se consideró, pero no cuenta con datos o registro de información.

Con esto se evidenció que todas las redes están sectorizadas, lo que facilita la operación por parte de las administraciones de los acueductos y van a estar reflejados en el sistema para que las asociaciones puedan hacer seguimiento.

7.3.4.2. Atributos Válvulas

Después de hacer la concertación y de unificar los atributos que fueron considerados por cada acueducto respecto a la información de válvulas, los datos que se incorporaron en el catastro esquemático del sistema de información es lo que se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Atributos de válvulas para catastro participativo esquemático.

CAMPO	ACUEDUCTOS			ACUEDUCTOS		
	ACUASUR	ACUANARIÑO	ACUAMONDOMO	ACUASUR	ACUA-NARIÑO	ACUA-MONDOMO***
SECTOR	X	X	X			
DIAMETRO	X	X	X			
MATERIAL	X	X	X	Hierro, PVC	HF*, PVC, HD**	HD, HF,
ESTADO	X	X	X			
FUNCION	X	X	X	válvulas de sectorización, reguladoras de presión, purga, equilibrar presión,	válvulas de cierre, purga, ventosas	válvulas de control, de purgas, apertura rápida, expulsión de aire, válvulas de cierre.
TIPO	X	X	X	compuerta, globo, mariposa, ventosa (triple acción, sencilla, doble acción)	mariposa,	compuerta: sello elástico, cortina, de bola, mariposa o wafer, ventosa, flotador
VUELTAS			X			
DAÑOS		X				

*__HF__: Hierro Fundido
**__HD__: Hierro Dúctil
***__ACU-MONDOMO__: Acueducto de Mondomo

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 10, se evidenció que dentro de los cambios realizados después de la concertación están que ACUASUR consideró la importancia del sector que se opera con cada válvula y para el caso ACUANARIÑO y Acueducto de Mondomo consideraron la importancia de tener la información de estado y función de las válvulas.

Por otra parte, aunque en este trabajo de grado su alcance es hasta el modelo lógico de datos, se evidenció que a pesar de que los acueductos manifiestan tener interés en información como, el material de las válvulas, el estado operativo de la válvula (si la válvula está en condiciones de ser operada o presenta fallos que limitan su operación), si está cerrada, si está abierta etc., se tiene debilidades en contar con la información completa válvula a válvula, aunque se mapearon los dominios, para una materialización del modelo de datos o para poder tener esta información en el sistema ya en operación, aún falta trabajo de campo para registrar estos detalles.

Es importante mencionar que, aunque en algunos casos se tiene atributos con mucha información en otros se tiene debilidad en los datos existentes debido a que no se lleva un registro detallado o contino. Por ejemplo, en la información actual que se tiene ACUANARIÑO de 34 válvulas reportadas solo dos cuentan con información de un único material, aunque la comunidad reconoce que se tienen tres tipos de materiales en este accesorio del sistema. Por tanto, esta información se debe construir a futuro para dejarla registrada en el modelo de datos, ya que además de que se concertó con los acueductos, es relevante que los atributos por cada accesorio en el sistema estén completos.

7.3.4.3. Atributos Tanques de almacenamiento

Antes de la concertación se observaron ciertas diferencias, mientras que ACUASUR consideró como un atributo relevante el nivel del tanque, los otros dos acueductos participantes no lo hicieron, en cambio el registro de mantenimiento de cada tanque fue considerado únicamente por el Acueducto de Mondomo. No obstante, después de hacer la concertación y unificar los atributos se llegó a al resultado que se describe en la Tabla 11.

Tabla 11. Atributos de tanques de almacenamiento para catastro participativo esquemático.

CAMPO	ACUEDUCTOS		
	AC. SUR	AC. NAR	AC. MON
SECTOR	X	NA	X
MATERIAL	X	X	X
CAPACIDAD	X	X	X
NIVEL	X	X	X
DIAMETRO ENTRADA	X	X	X
DIAMETRO SALIDA	X	X	X
TIPO	X	X	X
CONDICIONES	X	X	X
MANTENIMIENTO	X	X	X

AC. SUR: ACUASUR
AC. NAR: ACUANARIÑO
AC. MON: Acueducto de Mondomo

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 11 podemos observar que para el caso de ACUANARIÑO el atributo de sector no aplica, ya que este acueducto no cuenta con tanques de almacenamiento que abastezcan de forma sectorizada. En la actualidad solo tiene uno en funcionamiento que distribuye el agua a toda la población, mientras que el segundo tanque construido en la planta de tratamiento aún no está en funcionamiento.

Posteriormente se definieron los dominios de esos campos (ver Tabla 12), los cuales están asociados a valores numéricos: en el caso de diámetros de entrada y salida, capacidad o categorías en los otros campos.

Tabla 12. Dominios

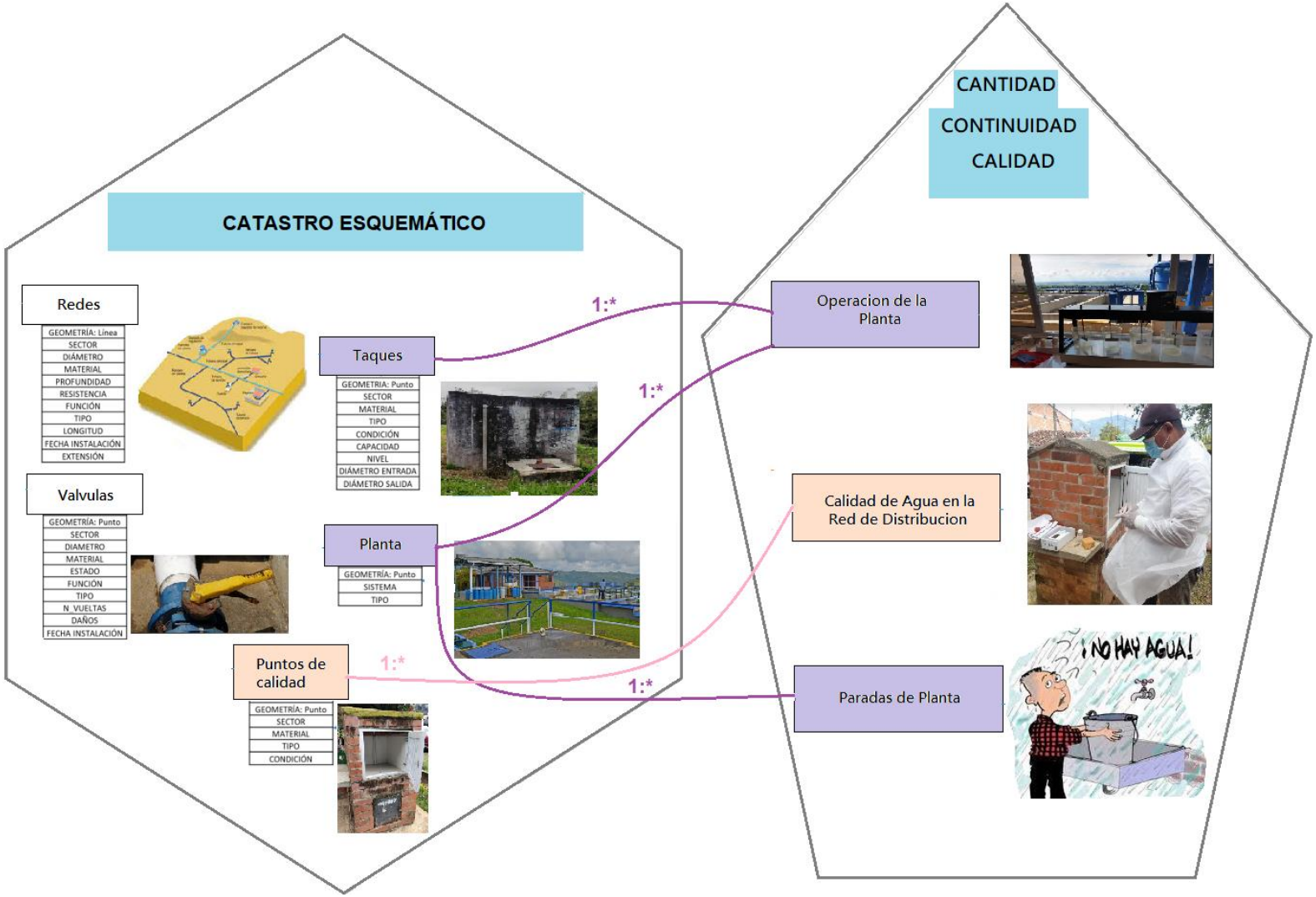
SECTOR	MATERIAL	CAPACIDAD m^3	NIVELES	Diámetros		Tipo	Condiciones
				Entrada	Salida		
ACUASUR							
TIMBA	Concreto	113	válvulas de cierre (automática flotador)	2"	4"	Almacenamiento	6 años mantenimiento (2014)
PLANTA	Concreto	180	X (Sin funcionamiento)	8"	8",4" y 3"	Almacenamiento y contacto de cloro	2004
VAREJONAL - GUACHINTE	Concreto	32	válvulas de cierre (automática flotador)	3"	4"	Almacenamiento	2 años mantenimiento (2019)
TINAJAS	Concreto	30	válvulas de cierre (automática flotador)	2"	2" y 3"	Almacenamiento	2019
ROBLES-VILLA TATIANA	Concreto	122 enterrado	válvulas de cierre (automática flotador)	2"	4"	Almacenamiento	2003
GUALANDAYE	Ladrillo	30	válvulas de cierre (automática flotador)	1-1/2"	3"	Almacenamiento	Nuevo 2021
QUINAMAYO	Concreto	205	válvulas de cierre (automática flotador)	2"	4"	Almacenamiento	Sin Funcionamiento por Filtraciones (2021)
ACUEDUCTO DE MONDOMO							
PLANTA	Concreto	403	Diarios	6"	8"	Almacenamiento y contacto de cloro	Adecuaciones internas (1998)
Mondomo Pinos	Concreto	18	no	3"	2"	Cámaras de quiebre	Buenas condiciones (2019
Refugio	Concreto	18	no	3"	3"	Cámaras de quiebre	Buenas condiciones (2017)
ACUANARIÑO							
TANQUE 1	Concreto	90.96	no	6"	8"	almacenamiento	impermeabilización (2021 instalación pasamanos)
TANQUE 2	Concreto	400	no	4"	6"	almacenamiento	Nuevo

Fuente: Elaborado por Autor

Ya con la información de estos atributos en un sistema de información comunitario asociado a un catastro esquemático se facilita que en la planificación de los acueductos se pueda pensar a futuro condiciones más a analíticas como lo es la reposición de redes, monitoreo constante de fugas visibles, entre otras.

7.3.5. Modelo de Datos Lógico del Módulo Técnico

La estructura de datos que se diseñó de forma participativa para este módulo técnico del sistema de información para la gestión del agua comunitaria se presenta a continuación en la Imagen 36.



***1:*=** Tipo de Relación “Uno a Muchos”

Fuente: Elaborado por Autor

Imagen 36. *Esquema de modelo lógico de datos.*

Para este modelo lógico se usaron datos tipo vector, es una forma de representar datos espaciales en sistemas de información geográficos cuando son variables discretas, que permite representar la realidad combinando tres formas geométricas líneas, puntos y polígonos lo que facilita representar elementos importantes y que son pequeños (Olaya, 2014). Dentro de este modelo lógico, dado el trabajo participativo, el tipo de relación definida fue *"uno a muchos (1: *)",* Porque por cada elemento geográfico es decir válvulas, tanque, puntos de calidad, planta, entre otros, puede haber múltiples datos o atributos que se relacionan a un solo elemento geográfico (Jimenes et.al., 2014).

Catastro Esquemático: Teniendo en cuenta que la geometría de un dato espacial es la forma en que se codifica los elementos en el espacio geográfico y que son de tres tipos puntos, líneas y polígonos (Pucha et al., 2017). La parte catastral en el sistema de información Nuestra Agua, se configura de esta forma: redes, representada con una geometría tipo línea; además Válvulas, Tanques de Almacenamiento, Puntos de Calidad y Planta que son representados con puntos dentro del esquema.

Es importante resaltar que este catastro esquemático se realizó conjunto con las comunidades, teniendo en cuenta, que no se tenían los recursos para hacer apiques, entonces se realizó con objetos visibles, que son accesorios que se pueden ver sobre la superficie terrestre como hidrantes, válvulas o cámaras a lo largo de las redes de distribución.

Otro punto importante es la realización de procesos de extracción, transformación y carga o procesos ETL (del inglés *Extraction - Transformation - Loading*), los cuales se denominan como la *extracción* de información de diferentes fuentes como bases de datos existentes, *transformación* de registros tales como la conversión de tipo de formato, eliminación de datos erróneos, verificación, clasificación entre otros y su posterior *carga* en un archivo actualizado (Trujillo, 2011) de los planos que se encontraban de diseño de redes o de información catastral anterior en formato digital. Además, teniendo en cuenta que ninguno de estos formatos era propio de un sistema de información y lo más avanzado que se tenía era en formatos CAD o dwg, los cuales presentaban una rigurosidad en los dibujos, pero no presentaban una estructura funcional para el sistema de información, ni coordenadas. Por lo tanto, se hizo necesario hacer visitas de campo para realizar el levantamiento de coordenadas con dispositivos móviles GPS, para de este modo ampliar la información de coordenadas, puntos de interés, puntos de calidad, válvulas entre otros.

Cantidad, continuidad y calidad: Los componentes de cantidad continuidad y cantidad se llevaron a cabo a partir de la revisión de metadatos, además de los archivos en formato físico y registros que hacen en los diferentes acueductos lo que nos permitió diseñar tres formularios de toma de datos que son operación en planta, paradas de planta y calidad de agua en la red de distribución.

Este modelo de datos es de tipo objeto-relación lo cual nos permite conectar elementos como la planta, los tanques y además la infraestructura de los acueductos con los datos registrados en las bitácoras, lo cual posibilita obtener indicadores claves (paradas de planta caudal de salida del agua, niveles de los tanques, entre otros) asociados de forma espacial a los componentes del sistema de abastecimiento en los que se está registrando la información.

En el caso de los indicadores asociados a calidad del agua se relaciona los puntos de muestreo, ya que no se contaba con indicadores a nivel de tramos de red si no que estos indicadores de la calidad de agua en la red de distribución son generados o asociados a los puntos de calidad que es donde se toman las muestras para realizar los análisis.

Este modelo lógico de datos sirvió como insumo para la materialización del módulo técnico del sistema de información para la gestión del agua comunitaria, que conforme se dijo al inicio de este documento, las comunidades denominaron "NUESTRA AGUA" que se creó como resultado del proyecto financiado por la Universidad de Newcastle, Reino Unido en el marco del proyecto Hub de Seguridad Hídrica y Desarrollo Sostenible, En cada módulo del sistema se observa una representación de parte del modelo lógico realizado como se presenta a continuación:

Modulo catastro esquemático: Este componente del módulo técnico agrupa en un mapa el número de tanques, número de válvulas, diámetros ubicación geográfica de válvulas, tanques, puntos de calidad de agua, longitud de las redes, cantidad de válvulas según su diámetro y longitud de redes según su diámetro, todos estos elementos georreferenciados.

Modulo cantidad y continuidad: Este componente del módulo técnico contiene el número de horas de la planta por fuera de operación, días con eventos de paradas de planta, porcentaje de tiempo de la planta sin operar, caudal promedio por hora, caudal de salida de la planta, turbiedad de agua cruda que se ha presentado en el agua cruda en la planta de tratamiento.

Modulo Calidad: Este componente del módulo técnico contiene indicadores claves de calidad de agua como lo son: pH, cloro residual, turbiedad máxima.

Cabe resaltar que estos indicadores no son los únicos que se deben tomar, pero son los indicadores que hasta el momento se pueden estimar o calcular con la información disponible en el modelo de datos que se construyó de manera participativa.

En las siguientes tablas se presentan la estructura de datos alfanuméricos que se registraron en la base de datos que alimentará el sistema. El dato tipo texto será utilizado para variables de orden cualitativo o en las cuales se tenga una descripción, el dato tipo fecha se tiene en cuenta para indicar periodos de días meses y años.

Tabla 13. Estructura de datos alfanuméricos de Redes de Distribución

REDES			
	Dominio	**Tipo de dato**	**Unidades**
Sector		Texto	
Diámetro	Desde ½" a 8"	Numero	Pulgadas (")
Material	PVC, PHDF, PF, HD,	Texto	
Profundidad	Desde 0.5m a 1.5m	Numero	Metros (m)
Resistencia	21,26,32.5, 41. 13.5	Numero	
Función	Aducción, Conducción, impulsión, succión, distribución red Principal, ramales	Texto	
Tipo		Texto	
Longitud		Numero	Metros (m)
Fecha de Instalación		Fecha	Yyyy/mm/dd

Fuente: Elaborado por Autor

En cuanto a la información que se verá en el sistema de información "Nuestra Agua" sobre las redes de distribución se encontraran registros de material, profundidad, RDE, entre otras, sin embargo, esta información deberá ser recogida, diligenciada y actualizada a medida que se opera el sistema, dado que en la actualidad no se cuenta con la información completa. Por ejemplo, a pesar de que en Acueducto de Mondomo manifiestan tener como materiales de las tuberías PVC, pf, HD, de la información recogida se tiene que el material de las tuberías es PVC, para ACUASUR se reportó que los materiales de tubería son PVC, PHDF pero los campos se encuentran vacíos, por ultimo para el caso de ACUANARIÑO se reportó que solo cuentan con un material de tubería y es PVC, consistente con la información que quedó registrada en la base de datos.

La geometría de representación de las válvulas en el sistema de información será tipo punto y contaran con los atributos registrados en la Tabla 14, la cual cuenta con nueve campos como se muestra a continuación.

Tabla 14. Estructura de datos alfanuméricos de Válvulas

VALVULAS			
	Dominio	**Tipo de dato**	**Unidades**
Sector*			----
Diametro	Desde 1/2" a 8"	Numero	Pulgadas"
Material	Hierro, PVC, Hierro Fundido, Hierro Ductil	Texto	----
Estado	Bueno, Regular, Malo, Para cambio		----
Funcion	Válvulas de sectorización, Reguladoras de presión, Purga, Válvulas de cierre, Ventosas, Apertura rápida, Expulsión de aire	Texto	----
Tipo	Compuerta, Globo, Mariposa, Ventosa (Triple Accion, Sencilla, Doble Accion), Compuerta: Sello, Elastico, Cortina o HF, Bola, Mariposa, Wafer	Texto	----
N_Vueltas	----	Numero	----
Daños	----	Numero	----
Fecha de Instalacion	----	Fecha	----

***Sector:** Los dominios se especifican en la Tabla 9

Fuente: Elaborado por Autor

La comunidad cuenta con datos de las características físicas como diámetros y1 materiales y operativos como lo son el estado, función y tipo de válvulas, pero es importante mencionar que se encontraron debilidades en la información de daños asociada a estos accesorios del sistemas, porque aunque la comunidad quiere que dentro de las características se encuentre esta información, no se ha tenido un registro de toma de datos puntuales de daños visibles o no visibles que se han presentado en las válvulas. Por lo tanto, esta será información que se empezará a recoger para posteriormente al ir alimentando el sistema de información.

Se encuentra que todos los acueductos usan válvulas de hierro, pero que tienen diferentes tecnologías y condiciones en las redes de distribución, algunas son válvulas de control de caudal o de cierre, que son manipuladas para cortar el flujo del agua en los sectores donde se presenten daños.

En cambio, otras válvulas tienen como función la sectorización de la red de distribución, por ejemplo, para el caso específico de ACUASUR que deben

suministrar el agua por sectores, estas son utilizadas a diario, aunque no se tiene diferenciado geográficamente los sectores específicos que aíslan.

En cuanto a los tanques Tabla 15, lo que sé encontró es que se priorizó por parte de las comunidades las características de la estructura como material de construcción y tipo de tanque. Pero respeto a información como niveles del tanque de almacenamiento se adolecen y sería bueno considerar para un análisis futuro o un modelo lógico de datos mejorado, tomar el registro de niveles de los tanques además de si los tanques tienen rebose o no, si se tiene control de rebose entre otros.

Tabla 15. *Estructura de datos alfanuméricos* de Tanques

TANQUES			
	Dominio	**Tipo de dato**	**Unidades**
Sector		Texto	----
Material	Concreto, ladrillo	Texto	----
Tipo	Almacenamiento, quiebre de presión	Texto	----
Condición	Bueno, regular, malo,	Texto	----
Capacidad	Desde 18 a 400 m^3	Numero	m^3
Nivel		Numero	Metros (m)
Diámetro entrada	Desde 8” a 2”	Numero	Pulgadas
Diámetro salida	Desde 8” a 2”	Numero	Pulgadas

Fuente: Elaborado por Autor

Es importante mencionar que los puntos de calidad están asociados a los datos de los reportes que las secretarias de salud toman para vigilar a cada acueducto. En la Tabla 16, podemos evidenciar que la estructura de datos de los puntos de calidad está asociada a la infraestructura, material y estado del punto de muestreo (si está funcional o no). En el trabajo de construcción del modelo lógico, la comunidad no consideró registrar los mantenimientos que se hacen a cada uno de los puntos de monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución, pero este es un dato relevante que debería considerarse para ser ingresado en el sistema de información.

Tabla 16. Estructura de datos alfanuméricos de Puntos de Calidad de Agua

PUNTOS DE CALIDAD			
	Dominio	**Tipo de dato**	**Unidades**
Sector		Texto	----
Material	Concreto, aluminio, lata	Texto	----
Condición	Funcionando, dañado	Texto	----

Fuente: Elaborado por Autor

Tabla 17. Estructura de datos alfanuméricos de la Planta de Tratamiento

PLANTA			
	Dominio	**Tipo de dato**	**Unidades**
Planta	Punto	Geométrico	----
Sistema	PTAP	Texto	----
Tipo	FiME, Convencional, OXFI	Texto	----

Fuente: Elaborado por Autor

Como los acueductos participantes ACUASUR, ACUANARIÑO y Acueducto de MONDOMO manejan tres tecnologías diferentes; convencional, FiME y OXFI, la realidad a la hora de transformar esto en un sistema de información evidenciamos que en la tabla 18 para la planta tipo convencional (ACUASUR) se cuenta con un registro de datos hora a hora por lo tanto posee mucha información.

Mientras que para el caso de los indicadores de operación de la planta FiME y OXFI (Tabla 19), nos basamos en los requerimientos mínimos para una planta de esta tecnología. Por otro lado, para la planta de Acueducto de Mondomo (FiME) no se encontrarán datos porque no se toma estos registros y en caso de la planta de ACUANARIÑO (OXFI) tampoco se puede dar un diagnóstico mayor debido a que la planta no ha entrado en operación.

Tabla 18. Indicadores de Operación de la planta convencional

OPERACIÓN DE LA PLANTA			
Abreviatura	**Significado**	**Tipo de dato**	**Unidades**
Acueduc	Acueducto	Texto	
Q_l_seg	Caudal	Numero	L/s
V_m^3_h	Volumen	Número	m^3/h
Tur_crud	Turbiedad agua cruda	Numero	UNT
Tur_sedi	Turbiedad agua sedimentada	Numero	
Tur_trat	Turbiedad agua tratada	Numero	
Col_crud	Color agua cruda	Numero	UNC
Col_sedi	Color agua sedimentada	Numero	UNC
Col_trat	Color agua tratada	Numero	UNC
Coagul	Coagulante	Numero	
Dosi_coag	Dosis de Coagulante	Numero	
Dosi_cal	Dosis de cal	Numero	
Desinf	Desinfectante	Texto	
Dosi_des	Dosis de desinfectante	Numero	
Clo_resi	Cloro residual	Numero	
Niv_talm1	Nivel tanque de almacenamiento 1	Numero	Metros
Niv_talm2	Nivel tanque de almacenamiento 2	Numero	Metros
Niv_talm3	Nivel tanque de almacenamiento 3	Numero	Metros
Observa	observaciones	Texto	
Analist	analista	Texto	

Fuente: Elaborado por Autor

Tabla 19. Indicadores de Operación de las plantas FiME y OXFI

PERACIÓN DE LA PLANTA			
Abreviatura	**Significado**	**Tipo de dato**	**Unidades**
Acueduc	Acueducto	Texto	
Fecha	Fecha	Fecha	yyyy-mm-dd
Hora	Hora	Hora	Hh:mm
Q_l_seg	Caudal	Numero	L/s
V m^3 h	Volumen	Número	M^3/h
Tur_crud	Turbiedad agua cruda	Numero	UNT
Tur_FiltraG	Turbiedad Filtración Gruesa	Numero	UNT
Tur_trat	Turbiedad agua tratada	Numero	UNT
Col_crud	Color agua cruda	Numero	UNC
Col_Filtra	Color agua Filtrada	Numero	UNC
Col_trat	Color agua Tratada	Numero	UNC
pH		Numero	Unidades
Fe	Hierro	Numero	
Mn	Manganeso	Numero	
Alcali	Alcalinidad	Numero	
Dureza	Dureza	Numero	
E.Coli	Escherichia Coli	Numero	UFC/100mL
Desinf	Desinfectante	Texto	
Dosi_des	Dosis de desinfectante	Numero	mg/L
Clo_resi	Cloro residual	Numero	mg/L
LFG	Lavado Filtro Grueso	Numero	
Nivel_FG	Nivel Filtro Grueso	Numero	m
LFD	Lavado Filtro Dinámico	Numero	
Nivel_FD	Nivel Filtro Dinámico	Numero	m
LFL	Lavado Filtro Lento	Numero	
Nivel_FL	Nivel Filtro Lento	Numero	m
TANQ-C	Tanque contacto de cloro		
Niv_Talm	Nivel Tanque Almacenamiento	Numero	m
Observa	Observaciones	Texto	
Analist	Analista	Texto	

Fuente: Elaborado por Autor

En la tabla 19 se diferencian algunos parámetros resaltados en las filas de color rojo que solo son tomados en la planta con tecnología OXFI y los resaltados en color amarillo que son tomados para la planta con tecnología FiME.

En la realidad el modelo de datos lógico para la operación de la planta Tabla 20, construido de forma participativa con las comunidades se parece a una estructura normal de un sistema de control de operación de planta, pero es importante resaltar que un modelo de datos de este tipo está en constante dinamismo ya que, si, por alguna razón aparecen nuevos patógenos en la calidad de agua se deberá crear un campo para hacer seguimiento a este.

Tabla 20. Indicadores de Paradas de Planta

PARADAS DE PLANTA			
Abreviatura	**Significado**	**Tipo de dato**	**Unidades**
H_incpp	Hora de inicia parada de planta	Hora	hh:mm
H_finpp	Hora de Finaliza parada de planta	Hora	hh:mm
t_Hparp	Total, de horas que paro la panta	Numero	hh:mm
Par_Plan	paradas de planta	Numero	unidad
H_Servp	horas de servicio de agua a la población	Hora	hh:mm
H_incj	hora de inicio jornada	Hora	hh:mm
H_finj	hora de finalización de jornada	Hora	hh:mm
Durajor	duración de la jornada (del operario)	Hora	hh:mm

Fuente: *Elaborado por Autor*

En cuanto a los indicadores de puntos de calidad, en tabla 21, lo que sé encuentra son los parámetros a los que se les hace seguimiento para definir si la calidad de agua cumple con lo establecido en la norma. Es importante mencionar que si por alguna razón se empieza a hacer seguimiento a otro parámetro de forma regular este deberá ser incluido como un nuevo atributo en el sistema de información.

Tabla 21. Indicadores de Puntos de Calidad de Distribución

CALIDAD DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCION		
Abreviatura	**Significado**	**Unidades**
YR	Año de toma de muestra	yyyy
Mes	Mes de toma de muestra	mm
Dia	Dia de toma de muestra	dd
Acueduc	acueducto	
Pun_mues	punto de muestreo	
cond_Amb	condiciones Ambientales en el momento de la toma de la muestra	
Muestra	Numero de Muestra	nnnn
turbied	Turbiedad	NUT
Color	Color	NUC
Ph	Ph	Unidades
cloresi_lib	cloro residual libre	mg/L
Fe_tot	Hierro total	
Fluoru	Fluoruros	
coli_tot	Coliformes Totales	UFC/100mL
E_coli	Escherichia Coli	UFC/100mL
IRCA	Índice de Riesgo de Calidad de Agua	

Fuente: Elaborado por Autor

7.3.5.1. Validación de información

Se realizaron reuniones virtuales y presenciales de validación de resultados del modelo de datos, donde se les mostro el trazado del catastro esquemático realizado para cada uno de los acueductos, y a través de este plano en formato SIG con un representante de los acueductos se realizaban correcciones, con el soporte técnico de una estudiante de ingeniería topográfica. Además, se validaron las reglas topológicas o de posicionamiento y de formato, ya que existían archivos tipo CAD o en planos físicos en papel y requerían ser trasladados a formato shapefile.

En los casos donde se encontraba información en planos análogos o medios físicos se digitalizaron hacia una estructura propia de un sistema de información geográfico, en archivos shapefile, los CAD que existían se actualizaron y se llevaron también a formatos shapefile para si lograr una información base del catastro esquemático.

La información base se completó con datos georreferenciados con GPS donde se obtuvo la posición especifica de accesorios visibles como válvulas, tanques y puntos de muestreos de calidad de agua, además de datos no visibles como el trazado de la red de distribución. Como este trazado se realizó de forma esquemática y se tuvo errores de posicionamiento estos se corrigieron sobre imágenes satelitales de alta resolución espacial, y posteriormente se relacionaron los datos georreferenciados con los atributos según lo diseñado en el modelo lógico.

Finalmente se validaron con personas de los acueductos algunos errores o faltantes de información, para que de este modo se pudiera llegar a una versión de un catastro esquemático.

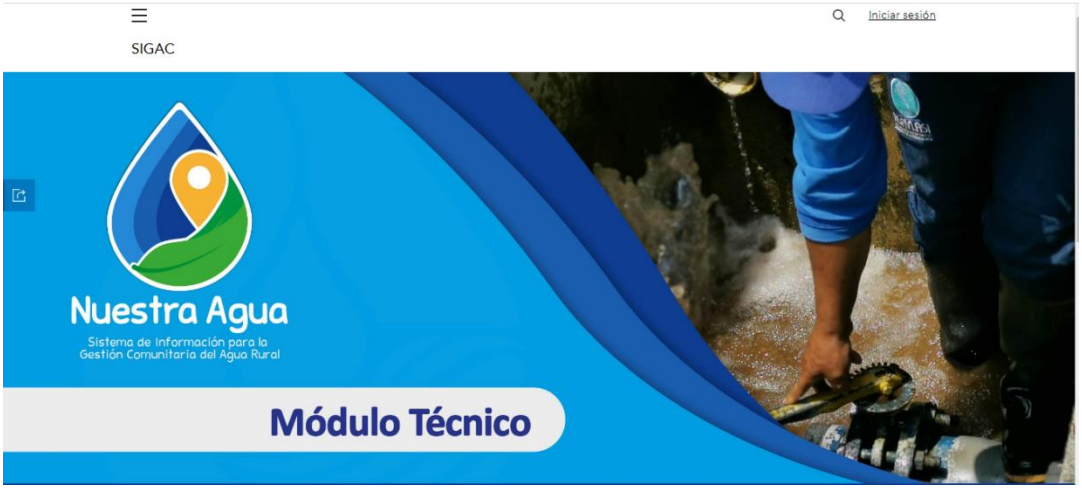
Para el caso de ACUASUR y ACUANARIÑO ya existían archivos relacionados con el catastro de redes dado a que estos acueductos de manera autónoma habían adelantado este trabajo con diferentes profesionales, lo cual permitió que estuvieran con información más adelantada y que la validación fuera más rápida, aunque se encontraron elementos que no estaban en estos datos iniciales como los puntos de calidad para ACUASUR y algunas válvulas para ACUANARIÑO estas se georreferenciaron y se completó la información.

7.4. DEVOLUCION DE LA INFORMACION.

En este último ítem se presenta como se materializó el sistema de información teniendo en cuenta que el trabajo participativo realizado en este proyecto de grado permitió la construcción del modelo lógico, el cual fue base para el desarrollo de la estructura de datos materializada en el módulo técnico del sistema de información “Nuestra Agua” por diferentes profesionales. Este sistema recoge los siguientes módulos, catastro esquemático, cantidad y continuidad y por último calidad.

La primera presentación del sistema que adoptaba el modelo lógico trabajado en este proyecto de grado se dio en la reunión de celebración de los 20 años de Aquacol donde se pudo hacer la exposición del sistema de información Nuestra Agua en fase de desarrollo a todos los acueductos socios de Aquacol que asistieron al evento y se mostró el trabajo adelantado con los tres acueductos participantes. Este módulo técnico del sistema de información está disponible en el enlace: https://sigac-aguacuenca.hub.arcgis.com/.

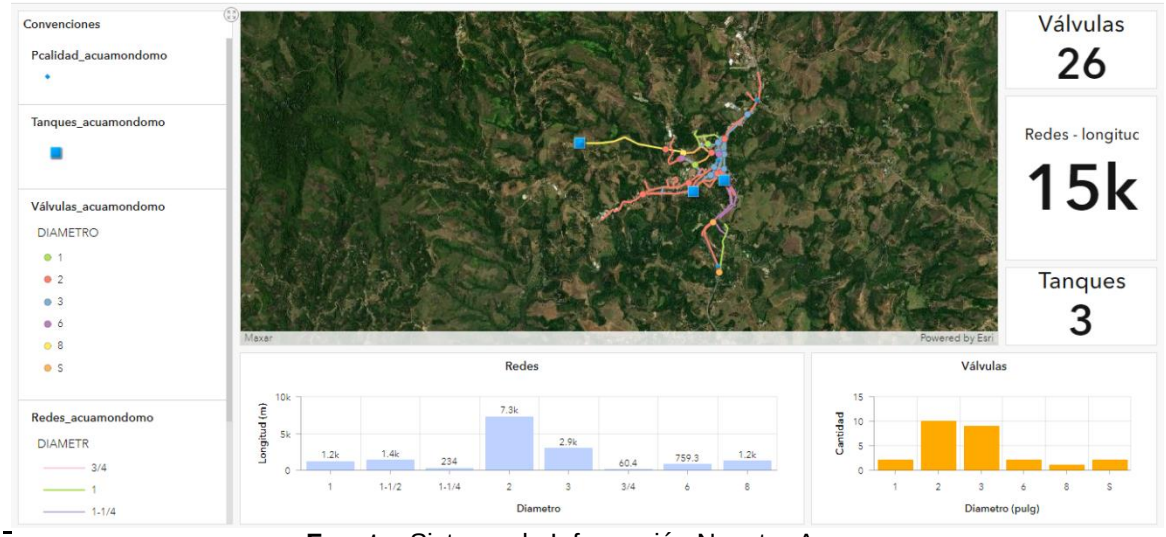
Otro aspecto relevante es que la identidad e imagen del sistema de información fue construida con un proceso participativo con la comunidad, por medio de diferentes reuniones donde se dieron propuestas tanto de nombres como de logo y colores implementados. Este trabajo permitió denominar el sistema como “Nuestra Agua”, teniendo como resultado de la página de inicio del sistema de información lo que se presenta en la Imagen 37.



Fuente: Sistema de Información Nuestra Agua

Imagen 37. Página de inicio sistema Nuestra Agua

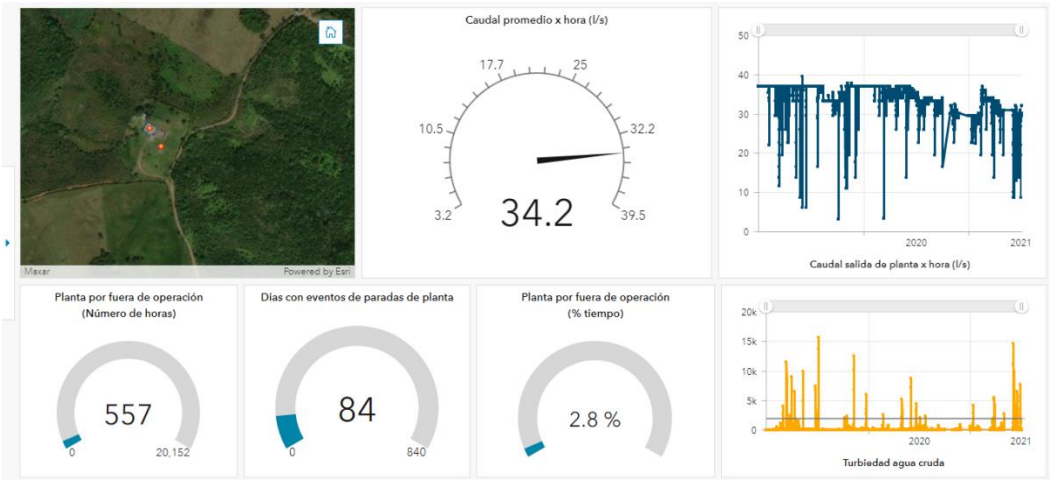
<u>Componente Catastral</u>: Como ya se nombró anteriormente en este componente se muestra el catastro esquemático, donde se agrupa en tres mapas web, uno para cada sistema ACUASUR, ACUANARIÑO y Acueducto de Mondomo, todos los elementos georreferenciados y considerados para el catastro planimétrico como lo son las plantas de tratamiento, tanques, válvulas, redes y puntos de calidad. En la siguiente imagen se presenta el resultado de la implementación de este componente, para el caso del Acueducto de Mondomo (ver Imagen 38):



Fuente: Sistema de Información Nuestra Agua

Imagen 38. Componente catastral - Acueducto de Mondomo.

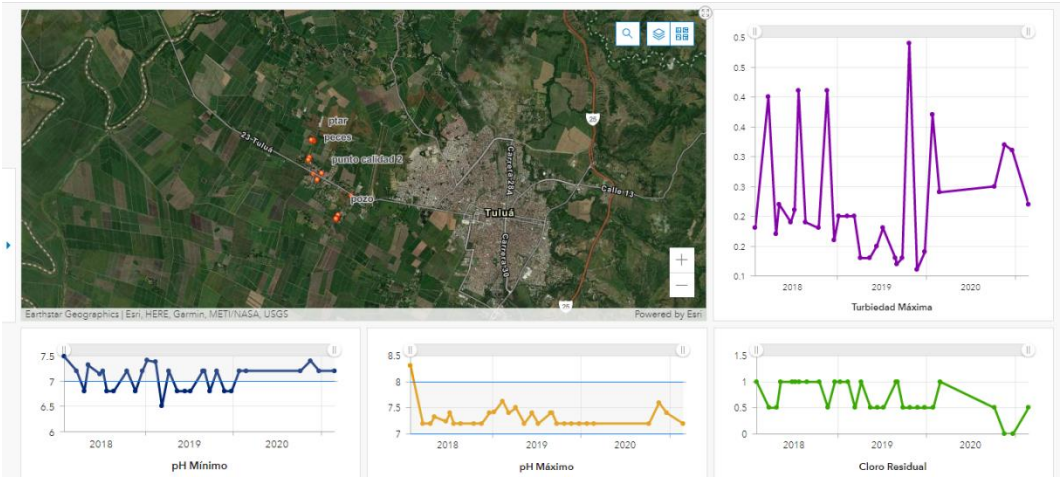
<u>Componente de Cantidad y Continuidad:</u> En este componente se presentan indicadores como paradas de planta, número de horas y porcentaje de tiempo que la planta estuvo fuera de operación, así como el número de días en los que se presentó esta condición, también se presenta el valor, máximo, mínimo y promedio del caudal entregado desde la planta de tratamiento a la red de distribución es importante resaltar que todos estos indicadores de cantidad y continuidad están asociados a las plantas de tratamiento sin desconocer que desde las redes de distribución también se puede presentar discontinuidad (ver Imagen 39).



Fuente: Sistema de Información Nuestra Agua

Imagen 39. Componente de cantidad y continuidad – ACUASUR.

<u>Componente de Calidad</u>: Este componente refleja indicadores de calidad y su ubicación sobre la red como lo son pH, turbiedad y cloro residual. La medición de estos parámetros se realiza en la red de distribución, en los puntos de calidad de agua concertados con las secretarias de salud y los acueductos (ver Imagen 40).



Fuente: Sistema de Información Nuestra Agua

Imagen 40. Componente de calidad de agua potable – ACUANARIÑO.

8. CONCLUSIONES

Para la elaboración de un sistema de información comunitario como este es necesario primer o realizar un diagnóstico participativo, seguido de los procesos de concertación, antes de pensar en una plataforma tecnológica como solución.

El diagnóstico permite inventariar las necesidades de las organizaciones en cuanto a la parte técnica e identificar los puntos que son necesarios para el registro de información para llevar a cabo la implementación exitosa del sistema de información.

El enfoque de ciencia ciudadana facilita el reporte de información por parte de las comunidades, pero la identificación del tipo de información a reportar es responsabilidad exclusiva del personal académico. Por lo tanto, un enfoque como la IAP que rescata el saber comunitario y promueve el diálogo de saberes permitió trabajar sobre las necesidades identificadas directamente por las comunidades afectadas y construir un conocimiento colectivo. El contacto con estos dos enfoques permite alcanzar soluciones que impactan de manera efectiva las problemáticas de dichas comunidades.

El modelo lógico de datos construido es una herramienta para el fortalecimiento de la gestión comunitaria de los acueductos rurales, ya que al ser construido de manera colectiva se convierte en los pilares y los pasos iniciales para el desarrollo del sistema de información comunitario que es una herramienta que ayuda para la definición de estrategias, seguimiento, evaluación y control.

Se desarrolló el modelo de datos lógico del módulo técnico del sistema de información “Nuestra Agua” el cual les permite a las comunidades reconocer de una manera más ágil y efectiva la situación de sus sistemas de abastecimiento de agua y aprovechar las ventajas de las TIC para transformar la información de operación de las plantas de tratamiento, facilitando la toma de decisiones ante posibles eventualidades como aumento de turbiedad o deterioro de la calidad del agua.

El sistema de información “Nuestra Agua” es útil porque permitirá monitorear continuamente los puntos de calidad de agua, lo cual puede funcionar como una alerta temprana permitiendo la toma de decisiones a tiempo. El poder obtener la información de manera digitalizada facilitara a los operarios de planta establecer respuestas acertadas y oportunas, ya que el sistema está construido para almacenar, ordenar, procesar, graficar y emitir resultados que posibilita mayor comprensión de la información para los operarios de planta y de este modo se convierten en una herramienta sólida para la toma de decisiones.

Contar con un catastro esquemático para las organizaciones comunitarias es de gran importancia para poder definir su área de prestación de servicio, según la

capacidad del sistema y de esta manera los POT deben estar en la lógica de la capacidad de abastecimiento de los acueductos, ya que si se necesita ampliar coberturas y para esto se requiere recursos para modificaciones del sistema de tratamiento se tiene la forma de sustentar este requerimiento.

El sistema de información Nuestra Agua ayuda a tomar decisiones técnicas dependiendo de la fuente de abastecimiento sea subterránea o superficial se tendrán reportes de caudales máximos y mínimos históricos en una línea de tiempo lo cual permite determinar las épocas de afectación según la temporada invierno-verano, es decir en invierno se tendrá gran cantidad de agua pero por lluvias y otros factores puede aumentar la turbiedad a puntos que no sea posible tratar el agua y en verano será el caso contrario épocas de sequía lo cual implicara bajos caudales. Al saber esto el acueducto puede activar planes de emergencia que los preparen para hacer frente a esas situaciones que ya saben se pueden presentar

No se puede construir un sistema de información comunitario con un análisis de requerimientos vertical, debe ser un trabajo horizontal en conjunto con las comunidades y las personas técnicas o profesionales de diferentes áreas (multidisciplinario). Además, este se debe crear con base en las necesidades de los acueductos buscando una herramienta que les ayude a gestionar la parte técnica de los sistemas de abastecimiento, con el fin de que sea un apoyo o soporte en el momento de acceder a ayudas o auxilios de la gobernación o en su defecto hacer reclamos con información estructurada.

9. RECOMENDACIONES

Para el caso específico de la planta OXFI de ACUANARIÑO, Se recomienda que cuando la planta empiece operación se haga un ejercicio participativo para revisar o generar la estructura de datos propia para esta tecnología para los indicadores de planta.

Se recomienda al Acueducto de Mondomo empezar a manejar bitácora de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento además de hacer registro de parámetros básicos de calidad de agua.

El modelo de datos lógico debe estarse actualizando porque las condiciones de las fuentes de abastecimiento o de las cuencas pueden cambiar y por ende las condiciones de operación de los sistemas pueden ser modificados o las tecnologías pueden actualizarse.

Es importante que un sistema de información como Nuestra Agua nunca deje de actualizarse, ya que los datos que se requieren en los módulos como en el de calidad de agua estarán en constate cambio y podrán surgir nuevas necesidades.

Se recomienda que para tener mejores resultados en el modelo lógico es necesario mantener de forma periódica un proceso de revisión o validación de los datos que se están registrando, mantener diálogos con los acueductos de la importancia de mantener la información actualizada en el sistema, como los parámetros de seguimiento de planta para el caso de Acueducto de Mondomo, debido a que este acueducto no está tomando datos y para ACUANARIÑO, al no tener todavía la planta en funcionamiento. Para así poder obtener resultados en los indicadores que quedaron registrados en el módulo técnico del sistema de información Nuestra Agua.

El desarrollo de este sistema de información abre las puertas a nuevos trabajos de grado para el apoyo en desarrollo de los otros módulos que se van a incorporar como el ambiental, contable etc.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguas de Occidente. (s. f.). “preguntas frecuentes sobre la calidad del agua en los sistemas operados por Aguas Regionales epm S.A. E.S.P.” Grupo epm. Consultado 10 Julio 2022, Disponible en: https://www.grupo-epm.com/site/portals/23/documentos/Boletines/ABC-%20Calidad%20de%20Agua.pdf

Blanco. S.; Espinosa. E.; Brikel. C.; Rodríguez. T.; Vásquez. J. (2018) *“Ciencia Ciudadana para la generación de información sobre calidad del agua en una cuenca afectada por el monocultivo de piña en la Zona Norte de Costa Rica”* Universidad de Costa Rica. San Pedro, Costa Rica.

Cadavid. N. (2009), *“Acueductos comunitarios: Patrimonio social y ambiental del Valle de Aburrá.”* Facultad de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Consultado 1 octubre de 2020, Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/14332/15110

Castro. J. (2015), *“DESAFIO Project – Vol. 2 No 11”* WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers Research Projects Series SPIDES, Consultado el 4 de octubre de 2020, Disponible en http://waterlat.org/WPapers/WPSPIDES211.pdf

CCCBLAB. (2019), “Ciencia Ciudadana y Cambio Social” Consultado el 25 de noviembre de 2020, Disponible en https://lab.cccb.org/es/ciencia-ciutadana-y-cambio-social/

Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL), (2017), “*Ciencia ciudadana: el poder de la comunidad”*, Consultado el 10 septiembre de 2020, Disponible en: https://www.centroideal.cl/2017/ciencia-ciudadana-poder-la-comunidad/

Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara), (2016), “El Acueducto Regiona ACUASUR celebra sus 20 Años” Consultado 25 de noviembre de 2020, Disponible en http://cinara.univalle.edu.co/index.php/2-uncategorised/106-el-acueduto-regional-acuasur-celebra-sus-20-anos

Colciencias, (2018), *“A Ciencia Cierta experiencias que inspiran”*, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Bogotá, Consultado 3 octubre de 2020, Disponible en: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/A%20Ciencia%20Cierta%20Experiencias%20que%20inspiran.pdf

Corporación Autónoma Regional Valle del Cauca (CVC). (2015), ALIANZA POR LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TIMBA consultado 12 marzo de 2022, Disponible en: https://cvc.gov.co/carousel/422-timba-2015

Cruz. C. (2019), *"Curso Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)",* Universidad del Valle, Cali, octubre 2019.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), (2018), *"Censo Nacional de población y vivienda 2018"* Consultado 3 septiembre de 2020, Disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

El País, (2019), "*364 de los 442 acueductos regionales del Valle tienen deficiencias sanitarias",* Consultado 26 septiembre de 2020, Disponible en: elpais.com.co/valle/364-de-los-442-acueductos-regionales-del-tienen-deficiencias-sanitarias.html

Felizzola. Y. (2010), "*Tecnologías de información y comunicación para el desarrollo rural en Colombia",* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Consultado el 3 octubre de 2020, Disponible en: https://revistas.javerianacali.edu.co/index.php/economia/article/download/387/600/

Finquelievich. S.; Fischnaller. C. (2014), *"Citizen science in the Information Society. New world trends"*, Revista CTS, nº 27, vol. 9, Consultado 13 septiembre de 2020. Disponible en: http://www.revistacts.net/component/content/article/285-volumen-9-numero-27/articulos/611-ciencia-ciudadana-en-la-sociedad-de-la-informacion-nuevas-tendencias-a-nivel-mundial%20pag%2022

Garcia M.; Pinzon F.; Toro A.; Vidal. J. (2022*) "Fortalecimiento de capacidades de las organizaciones comunitarias rurales de abastecimiento de agua para el trabajo en red y el monitoreo, bajo un escenario de pandemia (adaptado para Covid-19)"* Water Segurity & Sustainable Development (HUB), Cinara, Universidad del Valle, Cali Colombia.

Gutierrez. A.; Hincapie. L. (2019) "Tejer redes para la apropiación social de conocimiento", Universidad de Antioquia, consultado el 20 de mayo de 2022, disponible en: https://books.google.com.co/books?id=VQYCEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=APROPIACION+SOCIAL+DEL+CONOCIMIENTO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwippJXk3-33AhVdmWoFHTKSDSwQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=false

Guzman. G. (2018), *"Investigación Acción Participativa (IAP): ¿qué es y cómo funciona?"* Pisicologia y Mente, Mexico, Consultado 1 octubre de 2020, Disponible en: https://psicologiaymente.com/social/investigacion-accion-participativa.

Heesu lee, (2020), *"Covid's Spreading Fast Because Billions Don't Have Water to Wash",* Bloomberg Green, Consultado 25 de septiembre de 2020, Disponible en: https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-07/covid-s-spreading-fast-because-billions-don-t-have-water-to-wash.

Jiménez. I.; Pardo. C.; (2014). “Operaciones Auxiliares Para la Configuración y Explotación”, 2ª edición, Ediciones Nobel, Madrid-España, Consultado 13 Julio de 2022, Disponible: https://books.google.com.co/books?id=8Nr7CAAAQBAJ&pg=PA245&dq=tipos+de+relaciones+datos+uno+a+muchos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZ2IHlrff4AhURn4QIHUt7A1EQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=tipos%20de%20relaciones%20datos%20uno%20a%20muchos&f=false.

López. L., (2018), *“Pobreza y subdesarrollo rural en Colombia. Análisis desde la Teoría del Sesgo Urbano”,* Universidad de Antioquia, Colombia, Consultado 26 de septiembre de 2020, Disponible en: https://www.redalyc.org/jatsRepo/164/16459057004/html/index.html#B56
López. M.; Vásquez I.; Muños. N.; Villaescusa. A.; Garzón. O.; (2017). *“Andalucía Mejor con ciencia”***,** Proyecto Agua Con-ciencia. Andalucía España.

Martínez, (2006), *“Las organizaciones de segundo grado como nuevas formas de organización de la población rural”*, CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires, consultado el 3 de octubre de 2020, Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20100926015926/4MValle.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - Minciencias, (2020), *“Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos”*, Bogotá D.C., Consultado 20 de mayo de 2022, Disponible en: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda), (2021), “La política pública de agua y saneamiento básico para las zonas rurales parte de la estrategia de esquemas diferenciales y a través de seis temáticas principales podremos comprenderlo integralmente”, Consultado 11 de Julio de 2022, Disponible en: https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/abece-siasar-comunidad.pdf

Mora, (2009), *“Agua”,* Primera edición, editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa rica, consultado 5 agosto de 2021, disponible en: https://books.google.com.co/books?id=eafu8E2PtQAC&pg=PA109&dq=calidad+cantidad+y+continuidad+de+agua+potable&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjMx4ji35ryAhWtJzQIHVCWC1QQ6AEwA3oECAMQAg#v=onepage&q=calidad%20cantidad%20y%20continuidad%20de%20agua%20potable&f=false

Musitu O. G., Herrero O. J., Cantera E. L. & Montenegro M. M, (2004), “*Introducción a la Psicología Comunitaria*”, Capítulo V, Ed. UCO. 2004, Barcelona España, Consultado el 25 de junio de 2022, Disponible en: https://www.academia.edu/24931499/LIBRO_PSICOLOG%C3%8DA_COMUNITARIA?from=cover_page

Natusfera, (2017), *"Conceptos de Ciencia Ciudadana"* I Taller GBIF.ES de Natusfera, Madrid, Consultado 1 octubre de 2020, Disponible en: https://www.gbif.es/wp-content/uploads/2017/12/02_Conceptos_de_CienciaCiudadana.pdf
Olaya. V. (2020), "*Sistemas de Información Geográfica*", Creativecommons, ISBN: 978-1-71677-766-0.

Organización de las Naciones Unidas para Alimentos y la Agricultura (FAO).; (s.f.), *"Clasificación de las organizaciones",* Consultado 1 de octubre de 2020, Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/laderas/asocia/clasificacion.pdf

Organización Mundial de la Salud, (2006), *"Guías para la calidad del agua potable"*, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1, Versión electrónica para la Web, Consultado el 5 de agosto de 2021, Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf

Osorio. C.; Espinosa. S.; (s.f.), *"Participación comunitaria en los problemas del agua*", Organización de Estados Iberoamericanos, Universidad del Valle, Consultado el 11 septiembre de 2020, Disponible en: https://www.oei.es/historico/salactsi/osorio2.htm

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (s. f.). *"Parques Nacionales Naturales de Colombia"*, Consultado 19 de septiembre de 2020, Disponible en: https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/natureforall/programa-soy-naturalista/

Peiro. R., (2020), "Sistema de Información", Consultado 16 de mayo de 2022, Disponible en: https://economipedia.com/definiciones/sistema-de-informacion.html
Popo. H., (2010), *"La zona rural tiene sed de agua potable"*, NotiAcuacol, Edición 4.

Pucha. F.; Fries. A.; Canovas. F.; Oñate. F.; Gonzales. V.; Pucha. D., (2017), *"Fundamentos de SIG",* Editorial Ediloja Cia. Ltda., Consultado el 18 abril de 2022, Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=XOIsDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=modelo+vectorial+y+raster&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi9hMKAqp_3AhX-SjABHZ_IBTYQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q&f=false

Ramírez. D.; García. M.; Serio. J.; (s.f.), *"Ciencia Ciudadana en México"*, INECOL El Instituto de Ecología, Consultado el 10 septiembre de 2020, Disponible en: http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/transparencia-inecol/17-ciencia-hoy/857-ciencia-ciudadana-en-mexico.

Redacción Vivir, (2020), *"La ciencia ciudadana no para: desde sus ventanas, aficionados avistan 2.146 especies"*, El Espectador, Consultado el 12 septiembre de 2020, Disponible en: https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/la-ciencia-ciudadana-no-para-desde-sus-ventanas-aficionados-avistan-2146-especies-articulo-917284/

Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). (2017), Resolución 0330 de 8 junio de 2017, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Republica de Colombia, Art. 43, Pág. 32. Consultado 6 agosto de 2022. Disponible en: https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf

Resolución 64/292 de 2010 [Naciones Unidas]. Por el cual establece el derecho humano al agua y saneamiento. 28 de julio de 2010

Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por medio de la cual establecen las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 22 de junio de 2007

Restrepo. E, Zarate. C, (2015), *"El mínimo vital de agua potable en la jurisprudencia de la Corte Constitucional colombiana"* Revista Opinión Jurídica Universidad de Medellín, Consultado el 28 febrero de 2022, Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/ojum/v15n29/v15n29a07.pdf

Rodríguez. L, (2019), *"¿Qué aporta la ciencia ciudadana a los proyectos?",* Revista IDESQBRE, Consultado el 11 septiembre de 2020, Disponible en: https://idescubre.fundaciondescubre.es/revista/aporta-la-ciencia-ciudadana-los-proyectos/

Roldan. C.; Walkley. C.; Tortosa. G., (2017), "*Andalucía Mejor con ciencia"*, Proyecto Apuesto por el compost", Colegio Internacional de Granada, Dilar, España Sampieri. R.; Fernández. C.; Baptista. P., (2010) *"Metodología de la Investigación"* Quinta edición, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México D.F

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), (2022), "Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI)." Consultado el 18 Julio de 2021, Disponible en: https://sui.superservicios.gov.co

Trujillo. J.; Mazon. J.; Pardillo. J.; (2011), *"Diseño y explotación de almacenes de datos conceptos básicos de modelado multidimensional", Sanvicente- Alicante, Editorial Club Universitario, Consultado 11 Julio de 2022, Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Dise%C3%B1o_y_explotaci%C3%B3n_de_almacenes_de_d.html?id=E7Aceg--o4oC&redir_esc=y*

Vallecaucana de Aguas S.A E.S.P, la Universidad del Valle, Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso hídrico (Cinara), (2013), *"Transferencia de metodologías y tecnologías para el tratamiento de agua de consumo humano y saneamiento básico en la zona rural del departamento del valle del cauca"* la localidad de Nariño - municipio de Tuluá, Valle del Cauca.

Villalobos. G. M. G. (2021), "*COVID-19: Importancia del lavado de manos y otras prácticas para la manipulación de alimentos". Revista Hispanoamericana De Ciencias De La Salud*, *6*(4), 233–235. Consultado 11 mayo de 2022, Disponible en https://uhsalud.com/index.php/revhispano/article/view/454

Vitoria-Gasteiz Green Capital, 2020, *"La ciencia ciudadana, un poco de historia",* Consultado el 12 septiembre de 2020 Disponible en: https://blogs.vitoria-gasteiz.org/ataria/2020/02/29/la-ciencia-ciudadana-un-poco-de-historia/

Yevenes. M., 2018, *"Monitoreo comunitario de la calidad del agua en la microcuenca Boca Itata, Trehuaco, región del Ñuble, Chile Central".* Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería Universidad de Concepción, Concepción, Chile, Consultado 12 septiembre de 2020, Disponible en: https://www.cazalac.org/publico/fileadmin/templates/documentos/Sequias2018/Resumen_Mariela_Yevenes_-_mariela_yevenes.pdf

Zapata. F.; Rondan V., 2016. *"La Investigación Acción Participativa: Guía conceptual y metodológica del Instituto de Montaña"*. Instituto de Montaña. Lima. Consultado 11 marzo de 2021 Disponible en: https://mountain.pe/recursos/attachments/article/168/Investigacion-Accion-Participativa-IAP-Zapata-y-Rondan.pdf