

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA AURELIO BAYAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

ISMAEL MARCELO MÉNDEZ ABRIL

C.I: 0105729891

KELLY JAZMÍN VALDIVIEZO LUNA

C.I: 0705040848

DIRECTOR:

ING. MARCO TULIO RAMÍREZ MATAMOROS MSc.

C.I: 0702774936

CUENCA – ECUADOR

2018



RESUMEN

En la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas es la entidad encargada del suministro y gestión del agua en su localidad. Sin embargo, al no contar con planos de la red se dificultan las acciones de operación, mantenimiento y diagnóstico de pérdidas físicas de agua. Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que aportan a la gestión de información y toma de decisiones en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial, por esta razón, el presente trabajo localizó geográficamente tuberías y accesorios de la red de agua potable de la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas, a partir de levantamiento de datos *in situ* mediante un GPS diferencial y posteriormente en base a la información alfanumérica y geográfica levantada se elaboraron mapas temáticos y se adjuntaron tablas de atributos en el software ArcGIS, donde se representaron las características y ubicación de cada elemento, incluyendo además la sectorización de la red, ubicación de tanques de distribución y planta de tratamiento. Finalmente, se concluyó con el catastro de 3 tanques de distribución, 8 sectores de dotación de servicio, 27090 metros de tuberías, 53 válvulas, 7 estaciones reductoras de presión, 12 desaireadores, 5 hidrantes, 18 reductores, 1 cruz, 78 tees, 35 codos y 54 tapones con sus respectivas características técnicas, se recomienda mantener este catastro actualizado con el objetivo de apoyar en la gestión del agua potable y brindar información precisa y vigente para futuros estudios que mejoren la calidad del servicio.

Palabras clave: catastro, red de agua potable, georreferenciación, corrección post-proceso, ArcGIS, sectorización.



ABSTRACT

In the city of Azogues, in the province of Cañar, the Company called Junta de Agua de la Parroquia Aurelio Bayas is the entity in charge of the supply and management of water in its parish. However, the lack of plans of distribution networks makes difficult the actions of operation, maintenance and diagnostic of physical water losses. The Geographic Information Systems are tools that contribute to the management of information and decision making in development and territorial ordering plans. For this reason, this study located geographically both the pipe system and the accessories of the drinking water network of the Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas. Based on data collected *in situ* by means of a differential GPS and complemented with the alphanumeric and geographic information collected, thematic maps were elaborated and attributes tables were attached in the ArcGIS software, where the characteristics and location of each element were represented, including the sectorization of the network, location of distribution tanks, treatment plant, Finally, it was concluded with the cadastre of 3 distribution tanks, 8 sectors of service provision, 27081 meters of pipes, 53 valves, 7 pressure reducing stations, 12 deaerators, 5 hydrants, 18 reducers, 1 cross, 78 tees, 35 elbows and 54 covers with their respective technical characteristics. This study recommends keeping this cadastre up to date in order to support drinking water management and provide accurate and current information for future studies that improve the quality of the service.

Key words: cadastre, drinking water network, georeferencing, post-process differential correction, ArcGIS, sectorization.



Contenido

RESUMEN..... 2

ABSTRACT 3

CAPÍTULO 1..... 15

 1.1 INTRODUCCIÓN..... 15

 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 16

 1.3 JUSTIFICACIÓN 16

 1.4 OBJETIVOS 18

 1.4.1 Objetivo General..... 18

 1.4.2 Objetivos específicos..... 18

CAPÍTULO 2..... 19

MARCO TEÓRICO 19

 2.1 AGUA POTABLE..... 19

 2.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE 19

 2.2.1 Función..... 19

 2.2.2 Tipos de redes de distribución 20

 2.2.3 Métodos de distribución 22

 2.2.4 Componentes de una red de distribución 23

 2.2.5 Sectorización 30

 2.3 CATASTRO DE REDES..... 30

 2.3.1 DGPS 31

 2.3.2 Organización estructural DGPS 31

 2.3.3 Corrección diferencial post-proceso..... 32

 2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) APLICADO AL
CATASTRO..... 33

 2.4.1 ArcGIS 34

 2.4.2 Utilización de los SIG en los sistemas de distribución de agua potable..... 34

 2.5 PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE 35

 2.5.1 Operaciones de mantenimiento correctivo 35

 2.5.2 Operaciones de mantenimiento preventivo 35

 2.5.3 Rehabilitación y renovación de la red..... 35

CAPÍTULO 3..... 37

MATERIALES Y MÉTODOS..... 37

 3.1 ÁREA DE ESTUDIO..... 37

 3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN 38

 3.3 CORRECCIÓN DIFERENCIAL POST-PROCESO 40



3.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.4.1 Delimitación del área de cobertura.....	41
3.4.2 Administrar las capas de límite, tuberías, válvulas, accesorios.	42
3.4.3 Mejoramiento de inconsistencias	42
3.4.4 Añadir datos alfanuméricos en tablas de atributos.	43
3.4.5 Agrupar capas de líneas de conducción y accesorios.	43
3.4.6 Cálculo de longitudes.....	43
3.4.7 Sectorización	44
3.4.8 Cálculo de alturas y pendientes	44
3.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	44
CAPÍTULO 4.....	46
RESULTADOS	46
4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	46
4.2 CORRECCIÓN DIFERENCIAL POST-PROCESO	49
4.3 SECTORIZACIÓN.....	51
4.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	51
4.4.1 Catastro de tuberías	51
4.4.2 Catastro de válvulas	52
4.4.3 Catastro de rompe presiones	53
4.4.4 Catastro de desaireadores	53
4.4.5 Catastro de hidrantes	53
4.4.6 Catastro de reductores	54
4.4.7 Catastro de cruces	54
4.4.8 Catastro de tees	54
4.4.9 Catastro de codos	54
4.4.10 Catastro de tapones	54
4.4.11 Catastro general.....	55
CAPÍTULO 5.....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1 CONCLUSIONES.....	68
5.2 RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	74
Anexo 1. Tabla de atributos de tuberías	74
Anexo 2. Tabla de atributos de válvulas.	77
Anexo 3. Tabla de atributos de rompe presiones.	78
Anexo 4. Tabla de atributos de desaireadores.	78



Anexo 5. Tabla de atributos de hidrantes.	79
Anexo 6. Tabla de atributos de reductores	79
Anexo 7. Tabla de atributos de cruces.	79
Anexo 8. Tabla de atributos de tees.	80
Anexo 9. Tabla de atributos de codos.	82
Anexo 10. Tabla de atributos de tapones.	82
Anexo 11. Posicionamiento de tuberías con el GPS diferencial MobileMapper 10. .	84
Anexo 12. Localización geográfica de tuberías, válvulas y accesorios de la red de distribución de la parroquia Aurelio Bayas.....	84
Anexo 13. Estación reductora de presión	85

Índice de tablas

Tabla 1. Componentes de la red.....	38
Tabla 2. Ficha de registro de tuberías.....	39
Tabla 3. Ficha de registro de válvulas.....	39
Tabla 4. Ficha de registro de desaireadores	39
Tabla 5. Ficha de registro de estaciones reductoras de presión.	39
Tabla 6. Ficha de registro de tanques de reserva	39
Tabla 7. Ficha de registro de hidrantes.	40
Tabla 8. Formatos de datos para post-procesamiento.	41
Tabla 9. Simbología de elementos de la red.	45
Tabla 10. Muestra de corrección post-proceso de coordenadas.	49
Tabla 11. Diámetros de tuberías de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.	52
Tabla 12. Tipos de válvulas de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.	52
Tabla 13. Tabla de válvulas	53
Tabla 14. Material de válvulas	53

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Distribución de agua potable	20
Ilustración 2. Tipos de redes de distribución.....	20
Ilustración 3. Red ramificada	21
Ilustración 4. Red mallada.....	21
Ilustración 5. Red Mixta	22
Ilustración 6. Tubería	23



Ilustración 7. Válvula de purga	24
Ilustración 8. Válvula eliminadora de aire	24
Ilustración 9. Válvula de no retorno	25
Ilustración 10. Válvula de control de flujo	25
Ilustración 11. Válvula aliviadora de presión.....	26
Ilustración 12. Válvula anticipadora contra golpe de ariete	26
Ilustración 13. Reducción	27
Ilustración 14. Hidrante	27
Ilustración 15. Accesorio tee.....	27
Ilustración 16. Tipos de codos.....	28
Ilustración 17. Accesorio Cruz.....	28
Ilustración 18. Tapón	28
Ilustración 19. Tanque de reserva	29
Ilustración 20. Cámara rompe presión	30
Ilustración 21. Estructura DGPS	32
Ilustración 22. Descomposición de la realidad en un SIG	33
Ilustración 23. Ubicación de la parroquia Aurelio Bayas.....	37
Ilustración 24. Área de abastecimiento de agua potable de la Junta de Agua Potable Aurelio Bayas	42
Ilustración 25. Corrección de incompatibilidades	43
Ilustración 26. Planta de tratamiento de la red de distribución	46
Ilustración 27. Tanques de distribución	47
Ilustración 28. Cobertura urbana y rural de abastecimiento de agua de la Junta de Agua Potable de Bayas	48
Ilustración 29. Sectorización de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.	56
Ilustración 30. Tuberías de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	57
Ilustración 31. Válvulas de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	58
Ilustración 32. Rompe presiones de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.....	59
Ilustración 33. Desaireadores de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.	60
Ilustración 34. Hidrantes de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	61
Ilustración 35. Reductores de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas... ..	62



Ilustración 36. Cruces de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	63
Ilustración 37. Tees de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	64
Ilustración 38. Codos de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas	65
Ilustración 39. Tapones de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.....	66
Ilustración 40. Red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.	67



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Ismael Marcelo Méndez Abril en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA AURELIO BAYAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de Enero de 2018

Ismael Marcelo Méndez Abril

C.I: 0105729891



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Kelly Jazmín Valdiviezo Luna en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA AURELIO BAYAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de Enero de 2018

Kelly Jazmín Valdiviezo Luna

C.I: 0705040848



Cláusula de Propiedad Intelectual

Ismael Marcelo Méndez Abril, autor del trabajo de titulación "ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA AURELIO BAYAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 16 de Enero de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ismael Méndez Abril", written over a horizontal line.

Ismael Marcelo Méndez Abril

C.I: 0105729891



Cláusula de Propiedad Intelectual

Kelly Jazmín Valdiviezo Luna, autora del trabajo de titulación “ELABORACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA AURELIO BAYAS DE LA CIUDAD DE AZOGUES”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 16 de Enero de 2018

Kelly Jazmín Valdiviezo Luna

C.I: 0705040848



DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios, por brindarme la fuerza necesaria para continuar y permitirme llegar a este momento importante de mi vida. A mis padres, Rosa y Efrén, por creer en mis capacidades, guiar mi camino, aconsejarme y apoyarme incondicionalmente en todo momento. A mis hermanas, Karina y Andrea, por confiar en mí y motivarme a salir adelante. A mis amigos, especialmente a Christian, por los momentos compartidos, palabras de motivación y por estar dispuesto a ayudarme en cualquier situación.

Kelly

Este trabajo está dedicado a Marcelo y Jeanneth, mis padres; Humberto, Ligia y Natividad, mis abuelos, Eduardo, mi tío y a Mateo, Victoria y Lucas, mis hermanos por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, por ser mi ejemplo, guiar mi camino y creer en mí. A mis amigos, especialmente Karina, Christian y Josselyn por su amistad e impulsarme a cumplir mis metas y fortalecerme en los momentos difíciles.

Ismael



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarnos a lo largo de nuestra vida, brindarnos fortaleza y sabiduría para concluir este trabajo.

A nuestro director de tesis, Ing. Marco Ramírez MSc., por apoyar la ejecución de este trabajo de titulación, compartir sus conocimientos y guiarnos como profesor y amigo.

Al Ing. Fernando García, por facilitarnos el tema de tesis y crear un vínculo con la Directiva de la Junta de Agua Potable de Bayas.

A nuestro asesor de tesis, Blgo. Danilo Mejía, por ayudarnos a resolver dudas y compartir sus conocimientos.

A la Junta de Agua Potable de la parroquia Aurelio Bayas, especialmente al Señor Edgar Gallegos, por acoger nuestra propuesta y brindarnos la información necesaria para realizar este proyecto.

Al Programa de Manejo de Agua y suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca, especialmente al Ing. Mateo López, por colaborar constantemente en el desarrollo de este trabajo.

Al GAD Municipal de Azogues, especialmente al Ing. Zhubert Carangui, por brindarnos información del área de estudio y recomendaciones para realizar el proyecto.



CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de distribución de agua potable están formados por un conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a suministrar agua desde fuentes naturales hasta las localidades de los usuarios; el abastecimiento debe garantizar la satisfacción de las necesidades de los consumidores, funcionalidad, calidad, cobertura óptima y continuidad de la prestación del servicio. Un sistema de distribución de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para asegurar su correcto funcionamiento (Trifunovic, 2006).

El catastro de redes de agua potable se fundamenta en contar con una base de datos georreferenciados con información real de los elementos que la componen y sus respectivas especificaciones. Esta representación constituye un instrumento para el análisis, evaluación y desarrollo correcto de operaciones y mantenimiento eficiente de la red de distribución (ERSAPS, 2007).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que aportan a la gestión, mediante la digitalización de los complejos entramados de redes con todos los elementos e instalaciones. ArcGIS es un software que relaciona información alfanumérica y geográfica que puede aplicarse en el desarrollo de inventarios y obtención de planos. La utilización de los SIG proporciona un apoyo a la toma de decisiones en cuanto a planificación, programas de mantenimiento de la red, control de fugas y mejoramiento del servicio (Fragoso et. al, 2013).

En la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas, es la entidad a cargo del suministro y gestión del agua en su localidad. Sin embargo, al no contar con planos de la red, se dificultan las acciones de operación y mantenimiento del sistema, razón por la cual este levantamiento técnico de la información contribuye a brindar un servicio adecuado, controlar las instalaciones y garantizar la seguridad y satisfacción de usuarios. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo realizar el catastro de la línea de suministro de la parroquia Aurelio Bayas.

El catastro determina el estado actual de la red con información precisa y referenciada de los elementos. A su vez, se convierte en una herramienta del personal técnico para establecer estrategias para el correcto mantenimiento de la red, estudiar la factibilidad de proyectos relacionados de posibles extensiones y solucionar daños en la infraestructura del sistema de distribución de agua potable.



1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua, al igual que la mayor parte de recursos naturales está sometida a un consumismo creciente por parte del ser humano, puesto que la demanda de este recurso es directamente proporcional al crecimiento poblacional; sin embargo, la dotación per cápita del recurso agua disminuye o se encarece debido a las variaciones climáticas que se presentan en forma de sequías e inundaciones y a un progresivo deterioro medioambiental.

La Junta de Agua Potable de la parroquia Aurelio Bayas es la empresa encargada del mantenimiento, gestión y potabilización del agua; sin embargo, esta entidad no cuenta con un catastro técnico de la red de agua potable que contenga y represente los componentes de la red, debido a que la realización del mismo conlleva una planificación prolongada, tiempo e inversión. Además, la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas carece de información técnica representada en planos, lo que dificulta el conocimiento del funcionamiento real de la red y por tanto, del recorrido del agua a lo largo del conjunto de tuberías, desde los puntos de producción hasta el consumo.

Por otra parte, la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas no tiene definido los límites de distribución en un mapa, siendo éste otro déficit para la adecuada gestión del recurso agua, dificultando las actividades de operación, mantenimiento, y ocasionando problemas en la facturación del agua, ya que existen edificaciones en los límites a las cuales no se les está facturando el consumo del recurso; del mismo modo, la ausencia de un catastro técnico imposibilita conocer el estado de la red de agua potable y dificulta el proceso de diagnóstico de las pérdidas del agua, además restringe efectuar maniobras de operación y mantenimiento con seguridad y exactitud, puesto que no se conoce la ubicación precisa de los diferentes elementos de la red.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un patrimonio nacional estratégico de uso público y constituye un elemento vital para la naturaleza y subsistencia de los seres humanos, siendo este pilar fundamental para mantener la soberanía alimentaria, saneamiento básico y garantizar el buen vivir o *sumak kawsay*.

Por esta razón, este estudio justifica realizar un catastro de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas mediante Sistemas de Información Geográfica, y de esta manera brindar un servicio adecuado en cuanto a la calidad del agua y mantenimiento, evitando la contaminación, pérdidas por consumo de agua no facturada y erosión del suelo por roturas en las redes.



La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la parroquia Aurelio Bayas ayuda como base inteligente para la gestión de datos. Además, con el catastro de la red de agua potable se dará prioridad a la gestión técnica, pagos por parte de los usuarios, programas de mantenimiento preventivo, etc. En todos estos casos, la elaboración de un modelo cartográfico de la red constituye un elemento clave no sólo para la gestión de las redes de agua potable, sino también en la toma de decisiones.

De acuerdo a (ERSAPS, 2007), el catastro técnico de redes de agua potable es una de las herramientas fundamentales para realizar una eficiente gestión del agua, ya que permite efectuar una eficiente operación y mantenimiento de las redes de agua potable, por lo que el catastro técnico:

- Ofrece las pautas necesarias para realizar actividades de operación.
- Permite conocer el estado de la red de agua potable.
- Identifica de manera precisa y referenciada cada uno de los elementos de los sistemas de la red hidráulica.
- Contribuye en el proceso de diagnóstico de las pérdidas físicas del agua.
- Ayuda a conocer los detalles técnicos y operacionales de la totalidad de los elementos que conforman la red.
- Facilita efectuar maniobras de operación y mantenimiento con seguridad y exactitud, puesto que se conoce la ubicación precisa de los diferentes elementos de la red.

También el catastro técnico de agua potable es útil como instrumento para:

- Apoyar en la elaboración de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión, ya que permite determinar la factibilidad técnica de diferentes proyectos.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Realizar el catastro de la red de distribución de agua potable en la parroquia Aurelio Bayas del cantón Azogues.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento y registro de la información técnica de los elementos de la red de distribución de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.
- Posicionar y digitalizar los componentes de la red de distribución de agua potable de la Junta Parroquial Aurelio Bayas con una precisión métrica.
- Representar gráficamente la red de distribución de agua potable utilizando el software ArcGIS.
- Dotar de planos catastrales de la red de distribución de agua potable a la directiva de la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas.



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 AGUA POTABLE

Es el agua sometida a un proceso de potabilización, cuyas características físicas, químicas y microbianas cumplen con estándares nacionales o internacionales sobre la calidad del agua potable y es considerada apta para usos domésticos habituales, sin provocar enfermedades o perjudicar la salud (NTE INEN 1108, 2014; OMS, 2006).

2.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Un sistema de distribución de agua potable es un conjunto de obras ingenieriles compuestas por subsistemas (tanques, bocatomas, conducciones, bombas, válvulas entre otros accesorios), que hacen posible que el agua potabilizada sea suministrada en condiciones de calidad y cantidad aceptables, desde una planta de tratamiento hacia los consumidores (Cualla & Alfredo, 1995; Academies, 2007).

Los sistemas de distribución requieren de diferentes infraestructuras que varían dependiendo de su complejidad, pudiendo ser desde complejos sistemas de tuberías hasta los más sencillos contenedores de agua. Toda infraestructura tiene costos relacionados con el mantenimiento, control y tratamiento. Además, el agua en cualquier sistema de distribución es susceptible a ser contaminada si no se protegen y monitorean adecuadamente las fuentes, operan debidamente las plantas de tratamiento o no se brinda mantenimiento a la infraestructura (Academies, 2007).

Por lo general, los sistemas de distribución de agua potable se abastecen de agua desde una fuente natural, ya sea superficial o subterránea hasta la planta de tratamiento, para posteriormente ser almacenada en tanques y de esta forma asegurar el abastecimiento continuo del servicio sin importar la variabilidad estacional u otro problema que se pueda ocasionar. La unión entre la red de distribución y el tanque de almacenamiento se la hace mediante una conducción conocida como "línea matriz" la misma que transporta el agua a los puntos de entrada de la red de distribución, además tiene un papel fundamental en la red, ya que su diseño depende de las condiciones de operación, tales como caudal, trazado y presiones de la red (Cualla & Alfredo, 1995; Academies, 2007).

2.2.1 Función

La red de distribución tiene como función transportar y suministrar el agua desde el almacenamiento de agua potabilizada, hasta los puntos de consumo, además el objetivo de la red es garantizar que todos los puntos de consumo cuenten con un caudal adecuado, presión y calidad química requerida (Cualla & Alfredo, 1995).

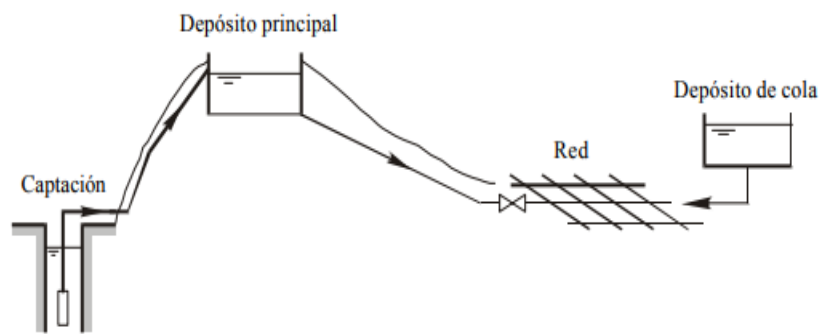


Ilustración 1. Distribución de agua potable. (Fuente: Cualla & Alfredo, 1995)

En la Ilustración 1 se muestra un esquema simplificado de una red de distribución de agua potable; sin embargo, estos sistemas cuentan con un elevado número de componentes, siendo estos, partes fundamentales en la calidad, presión y caudal del agua. Además, una red debe basarse en estudios topográficos del perímetro urbano y características geológicas de la zona (Jaume, 2014).

2.2.2 Tipos de redes de distribución

Las redes de distribución de agua potable se pueden caracterizar por su funcionamiento en tres formas diferentes, las cuales se muestran en la Ilustración 2.

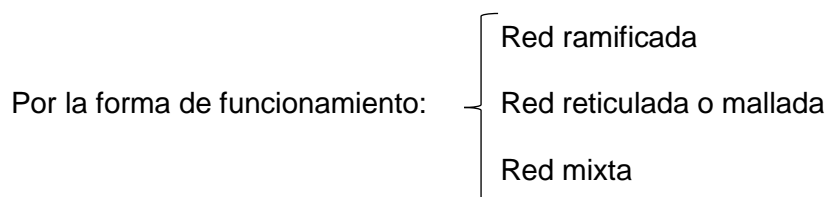


Ilustración 2. Tipos de redes de distribución. (Fuente: Jaume, 2014).

Red ramificada: El sistema ramificado está formado por una tubería principal o ramal troncal donde se derivan arterias secundarias y posteriormente arterias de tercero y cuarto orden sucesivamente, como las ramificaciones de un árbol. (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

En las redes ramificadas cada punto recibe el agua por un solo camino, siendo esto perjudicial en algunos casos, ya que de existir una avería en un punto determinado dejaría sin abastecimiento a las ramificaciones que se encuentran a continuación del punto averiado, sin embargo se adaptan a poblaciones que se desarrollan a lo largo de un río o una vía (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

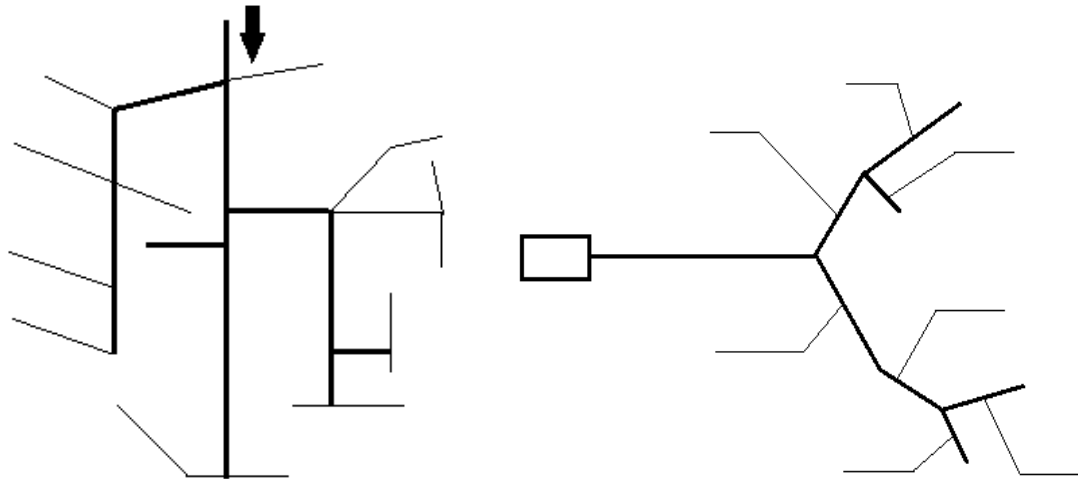


Ilustración 3. Red ramificada (Fuente: Bagaria, 2001).

Red reticulada o mallada: La red reticulada se caracteriza por los ramales que se unen formando mallas, permitiendo que el agua potabilizada pueda llegar a un punto por varios caminos; sin embargo, este tipo de redes tiene la dificultad de indeterminación del sentido de circulación del agua, pero tiene la ventaja de que en caso de presentarse una avería el agua puede llegar al resto de la red por otras tuberías, siempre y cuando se aíse correctamente el tramo averiado por medio de válvulas, emplazadas de modo que formen pequeños polígonos cerrados (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

Este tipo de redes es más conveniente por cuanto la superficie de energía es compensada al producirse un flujo a través de circuitos, lo mismo que produce un servicio eficiente en presión y caudal (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

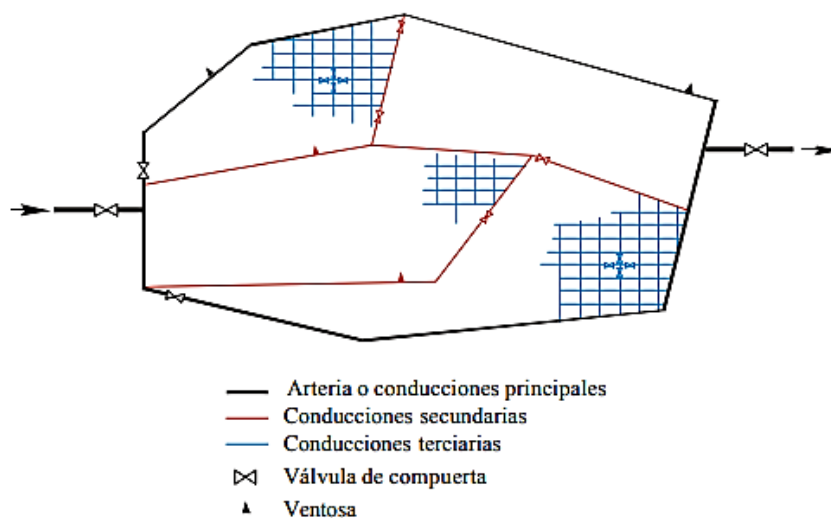


Ilustración 4. Red mallada. (Fuente: Cualla & Alfredo, 1995).

Red mixta: Las redes mixtas se caracterizan por ser una mezcla de las dos redes anteriormente nombradas, ya que forman retículos y al mismo tiempo se subdividen en ramificaciones. Este tipo de redes cuenta con todas las ventajas y desventajas de los dos tipos de redes de distribución de agua mencionados anteriormente (Trifunovic, 2006; Cualla & Alfredo, 1995).

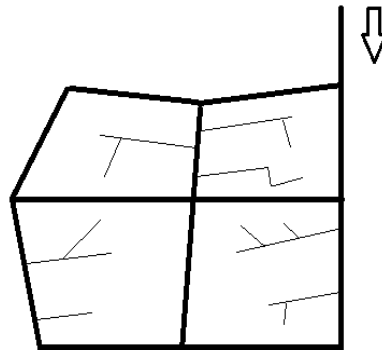


Ilustración 5. Red Mixta (Fuente: Cualla & Alfredo, 1995).

2.2.3 Métodos de distribución

Distribución por gravedad: Este tipo de distribución se realiza cuando el suministro de agua es un lago o manantial ubicado en un punto elevado con respecto a los consumidores, pero en casos donde el nivel de la cota sea exagerado es importante subdividir la red en zonas de presiones, de tal forma que en cada una de las zonas se dé cumplimiento a las exigencias de presión, permitiendo que las presiones no sean excesivas en los puntos de elevación mínimas y no sean muy bajas en los puntos altos (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

Distribución por medio de bombas: La distribución por medio de bombas es usada cuando las condiciones de terreno y la viabilidad económica no permiten el diseño de una red de distribución por gravedad (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

En la distribución por bombeo existen dos opciones de abastecimiento, siendo la primera cuando se utiliza bombas y un tanque de almacenamiento elevado. Esta opción mantiene un suministro continuo, ya que durante los periodos de bajo consumo el agua se almacena y durante los períodos de alto consumo sirve como apoyo a la cantidad de agua suministrada por la bomba (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

La segunda opción y la menos recomendada es utilizar bombas sin almacenamiento, en este caso las bombas inyectan el agua directamente a la tubería sin otra salida que a la de los consumidores, representando un problema en casos de avería (Bagaria, 2001; Cualla & Alfredo, 1995).

2.2.4 Componentes de una red de distribución

Tuberías

Una tubería es definida como el conjunto formado por el conducto y su sistema de unión. Hoy en día, las tuberías más utilizadas son aquellas fabricadas de plástico y acero, siendo las primeras las más recomendadas para redes de distribución (Romero, 2005). Los materiales plásticos de mayor demanda para redes de distribución de agua potable son polietileno de alta densidad (PEAD) y polivinilo de cloruro (PVC), los mismos que se caracterizan por su resistencia y durabilidad (Romero, 2005).

Entre las ventajas de los materiales plásticos está su gran flexibilidad, su ligereza ya que es ocho veces más liviano que el acero y la ausencia de corrosión (Romero, 2005).

Las tuberías de acero son recomendables para líneas de conducción con altas presiones de trabajo. Su utilización obliga a revestirlos contra la corrosión interior y exterior. Son muy durables, resistentes y adaptables a las distintas condiciones de instalación que se tenga (Romero, 2005).

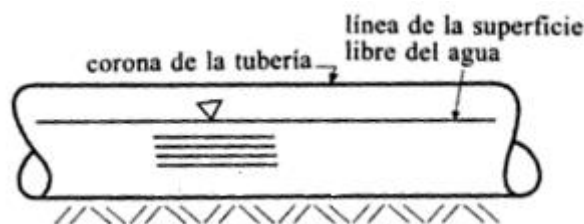


Ilustración 6. Tubería. (Fuente: Biérre & Pizarro, 2008).

Piezas especiales

Los cambios de dirección, las conexiones de la tubería en las intersecciones, cambios de diámetro de tuberías, acoples, válvula, entre otros., son conocidas comúnmente como “piezas especiales” y en su mayoría son fabricadas de acero, hierro, materiales plásticos (PVC y PEAD), dependiendo de qué material sean los tubos (SIAPA, 2014).

Válvulas

Válvulas de purga: Son válvulas que cumplen la función de eliminar la arenilla o barro que se acumula en las tuberías. Estas válvulas se deben colocar en cada uno de los puntos más bajos de la red de distribución y directamente conectadas al sistema de alcantarillado (SIAPA, 2014; Romero, 2005).

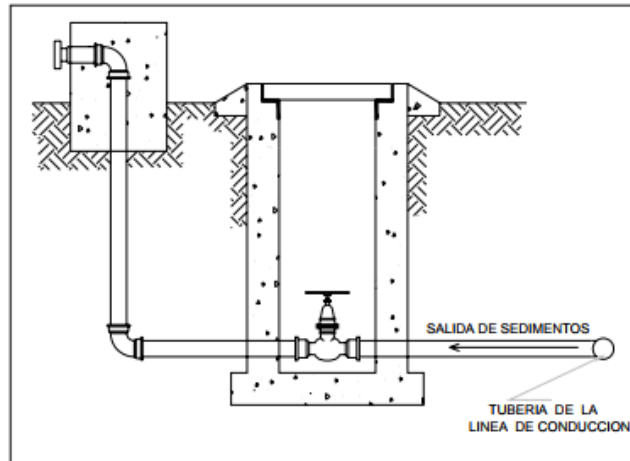


Ilustración 7. Válvula de purga. (Fuente: CEPIS & OPS, 2004).

Válvula eliminadora de aire: La válvula eliminadora de aire cumple la función de expulsar el aire del tubo que continuamente se acumula en la tubería cuando ésta se encuentra en operación, comúnmente es llamado desaireador, generalmente se encuentran ubicadas en todos los puntos altos de la red para permitir la salida de aire (SIAPA, 2014).

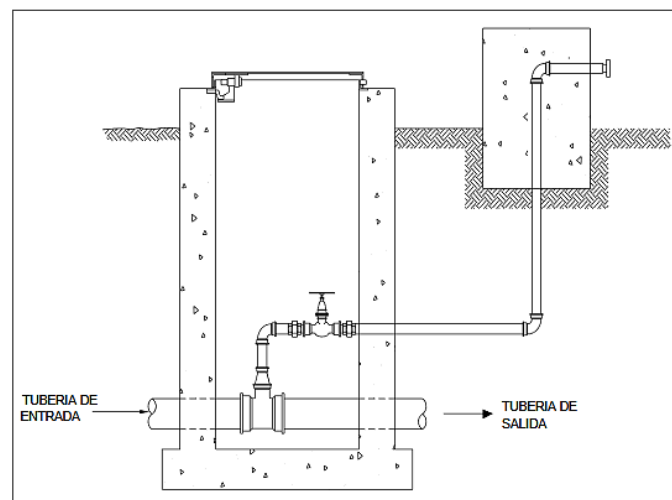


Ilustración 8. Válvula eliminadora de aire. (Fuente: CEPIS & OPS, 2004).

Válvula de no retorno: Esta válvula permite el flujo en una sola dirección. Cuando se muestra un flujo en sentido contrario la válvula se cierra hasta que se restablezca el sentido del flujo. Son utilizadas generalmente en estaciones de bombeo y líneas de descarga (SIAPA, 2014).

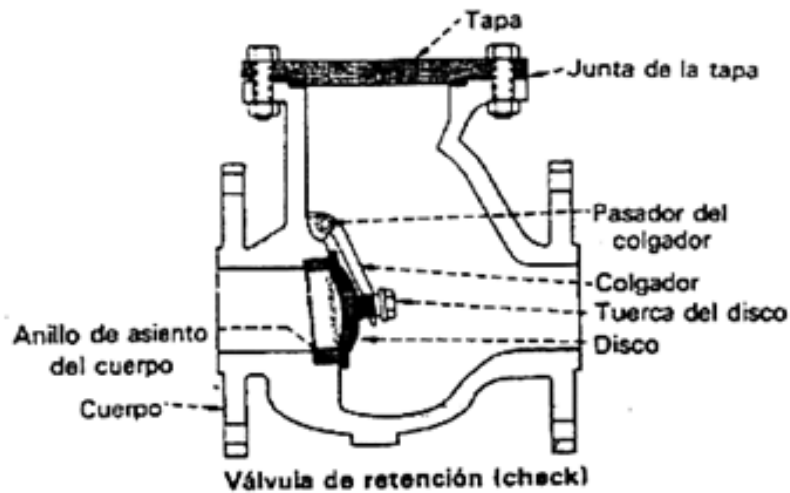


Ilustración 9. Válvula de no retorno. (Fuente: Gancedo & Merayo, 1999).

Válvula de seccionamiento o control: La válvula de seccionamiento se utiliza para permitir o impedir el paso del flujo del agua, también se utiliza para reducir el caudal, es llamada válvula de control. Las válvulas de control se clasifican de acuerdo a su forma, por ejemplo, tipo dado, de mariposa, o de esfera (SIAPA, 2014).

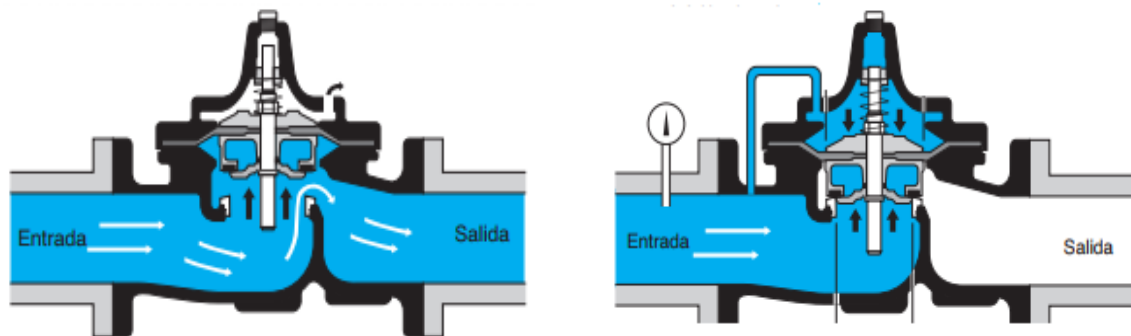


Ilustración 10. Válvula de control de flujo. (Fuente: CLA-VAL, 2013).

Válvula aliviadora de presión: La válvula aliviadora de presión se coloca en la tubería para disminuir las sobrepresiones causadas por un fenómeno transitorio. Es un dispositivo provisto de un resorte calibrado para abrir la compuerta cuando la presión sobrepasa un valor determinado (SIAPA, 2014).

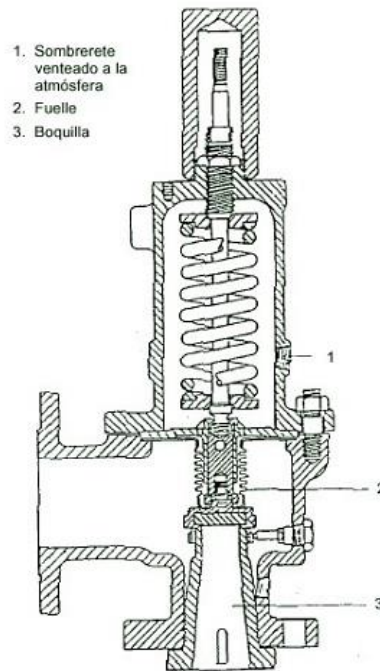


Ilustración 11. Válvula aliviadora de presión. (Fuente: Turmo, 1999).

Válvulas de alivio o anticipadoras contra golpe de ariete: Las válvulas aliviadoras de presión son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y demás elementos en la conexión, contra los cambios bruscos de presión que se producen por el arranque o paro del equipo de bombeo. La válvula está diseñada de tal manera que puede abrirse automáticamente y descargar al exterior cuando la presión en el sistema es mayor que aquella con la que fue calibrada, lográndose con ello el abatimiento de la línea piezométrica. El cierre de esta válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración (Cualla & Alfredo, 1995; SIAPA, 2014).

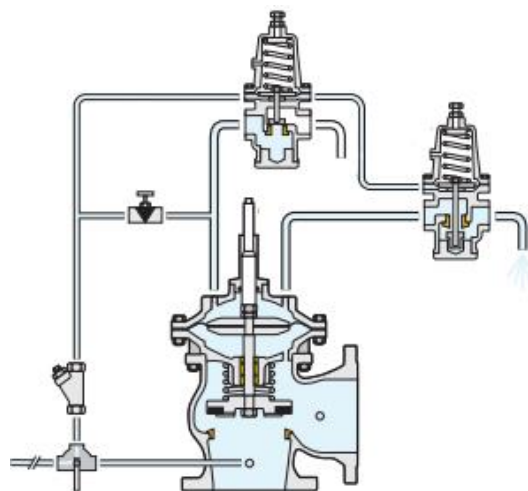


Ilustración 12. Válvula anticipadora contra golpe de ariete. (Fuente: BERMAD, 2015).

Reducciones: Las reducciones se emplean para enlazar dos tubos de diferente diámetro. En algunos materiales, como el PVC, las reducciones pueden ser en forma de espiga o de campana (SIAPA, 2014).

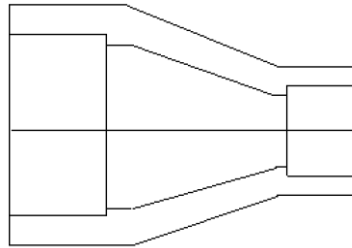


Ilustración 13. Reducción. (Fuente: SIAPA, 2014)

Hidrantes: Son accesorios utilizados para obtener un caudal de agua a presión, con el objetivo de sofocar un incendio. En la mayor parte de redes de distribución cada hidrante está aislado por una válvula de la red (Cualla & Alfredo, 1995; Romero, 2005).

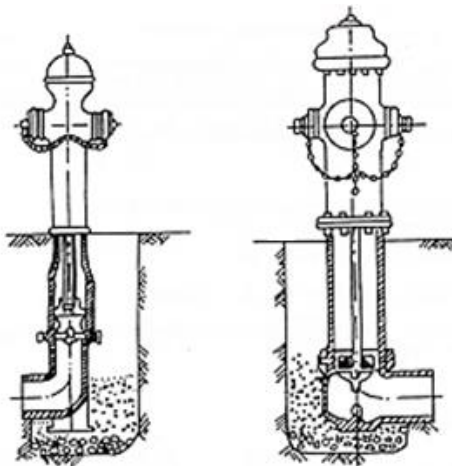


Ilustración 14. Hidrante. (Fuente: Villeta, 2000).

Tees: Este accesorio se utiliza para unir tres conductos en forma de T, donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor, cuando esto último ocurre se le llama tee reducción (Cualla & Alfredo, 1995; Romero, 2005).

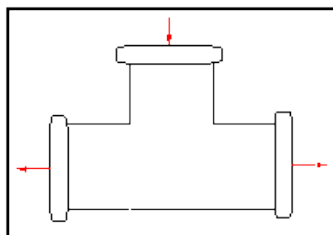


Ilustración 15. Accesorio tee. (Fuente: Cualla & Alfredo, 1995).

Codos: Los codos tienen la función de unir dos tuberías de un mismo diámetro y cambiar la dirección ya sea horizontal o vertical, entre las más comunes se encuentra de 22.5, 45 y 90 grados, pero dichos ángulos pueden cambiar en función del material y el diámetro de la tubería, inclusive el fabricante puede adoptar deflexiones diferentes a las mencionadas (SIAPA, 2014).

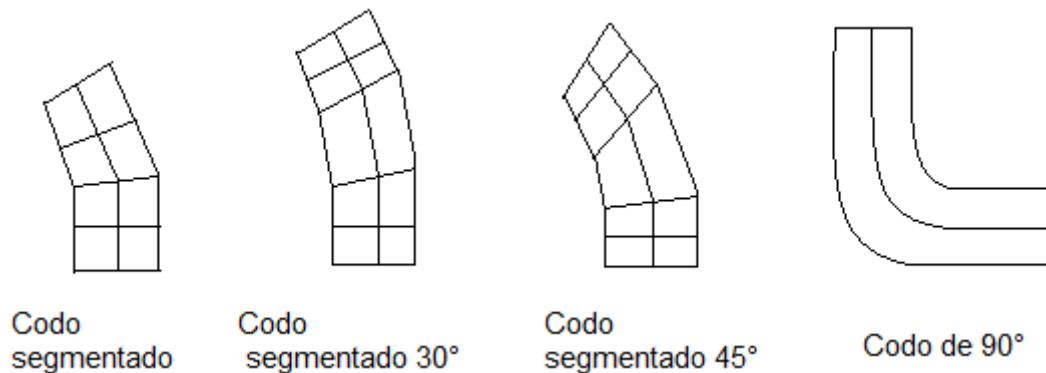


Ilustración 16. Tipos de codos. (Fuente: SIAPA, 2014).

Cruces: Son accesorios que sirven para unir 4 tuberías diferentes, existen 2 tipos de cruces: con 3 entradas y 1 salida o con 1 entradas y 3 salidas (SIAPA, 2014).



Ilustración 17. Accesorio Cruz. (Fuente: SIAPA, 2014).

Tapones: Son accesorios utilizados para impedir el paso del agua en las tuberías. Mayoritariamente son colocados en los extremos de las líneas de conducción y suelen ser roscables; pero para mayor seguridad deberían soldarse, a pesar de que son fabricados para soportar altas presiones (Gancedo & Merayo, 1999).

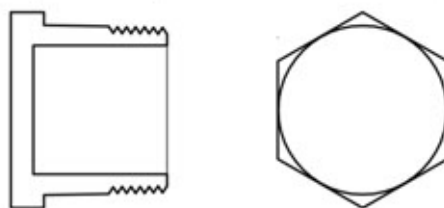


Ilustración 18. Tapón. (Fuente: Gancedo & Merayo, 1999).

Depósitos o Tanques de almacenamiento: El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para mantener un caudal de abastecimiento constante. Los tanques pueden ser superficiales o elevados o una combinación de ambos (Romero, 2005).

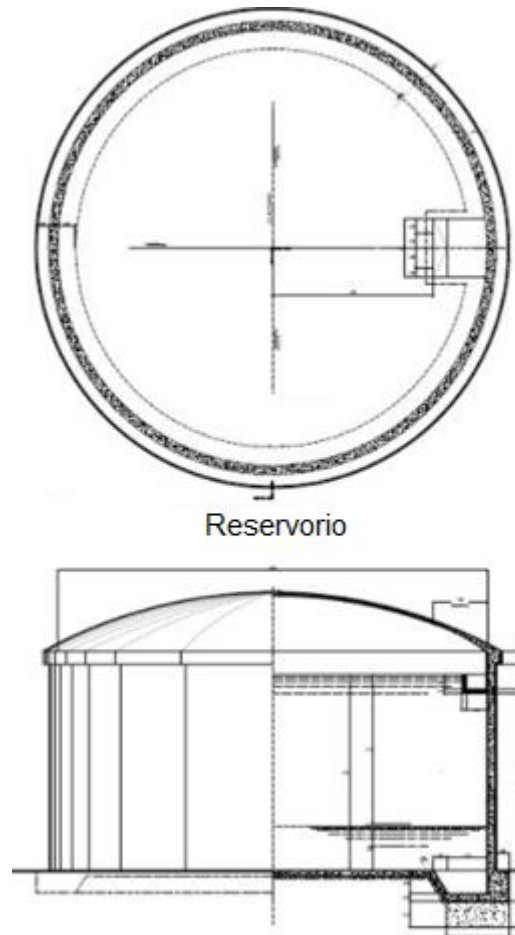


Ilustración 19. Tanque de reserva. (Fuente: Ruiz, 2012).

Cámara rompe presión: Se utiliza para evitar presiones excesivas a lo largo de la línea de conducción cuando se generan presiones superiores a la máxima que puede soportar una tubería producidas por el desnivel entre la captación y algunos puntos de la red de distribución. Por lo general esta estructura se puede instalar cada 50 m. de desnivel para reducir los daños en las tuberías (CEPIS & OPS, 2004).

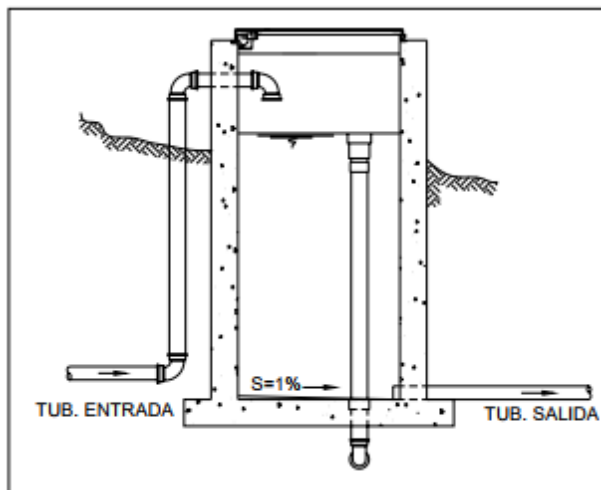


Ilustración 20. Cámara rompe presión. (Fuente: CEPIS & OPS, 2004)

2.2.5 Sectorización

La sectorización de redes consiste en la división de la red de distribución en pequeñas redes de suministro autónomo con entradas y salidas controladas, para facilitar su operación. Es importante distinguir los diferentes tipos de redes a fin de comprender su funcionamiento a la hora de llevar a cabo un proyecto de sectorización (Fragoso et al., 2013).

Sectorizar una red contribuye a la toma de decisiones en la gestión del abastecimiento, facilita la detección y control de anomalías del sistema como roturas, fugas, deficiencias de presión, usos no autorizados, entre otros. En este sentido una sectorización realizada a partir de un planteamiento de las necesidades presentes y futuras de la red, de sus características físicas y de unas condiciones de operación adecuadas, puede ser clave para garantizar en el futuro una gestión más eficiente del sistema (Vegas, 2012).

Una red sectorizada permite (Campbell, 2013):

- Facilitar las labores de operación y mantenimiento general del sistema.
- Posibilitar la conformación de diferentes zonas de presión.
- Optimizar el proceso de detección de fugas, conexiones clandestinas y pérdidas, para lograr un ahorro en los costos y operación del sistema de acueducto.

2.3 CATASTRO DE REDES

El catastro técnico de la red de agua potable, en términos generales, es el censo analítico de los accesorios que componen la red, que tiene el propósito de georreferenciar, describir y registrar las características físicas de los accesorios, tanques y tuberías que forman parte de una red de distribución (ERSAPS, 2007).

El catastro técnico al ser la representación gráfica de los diferentes accesorios de la red de agua potable mediante planos digitales o en planos físicos, debe estar apoyado en



una base cartográfica que posibilite la ubicación de las redes e instalaciones de forma rápida, sencilla y precisa (ERSAPS, 2007).

En otras palabras, un catastro de redes de agua potable es un sistema de registro y archivo de planos y de fichas técnicas que contiene información estandarizada, relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación y especificaciones de los elementos de la red instalados (ERSAPS, 2007).

2.3.1 DGPS

El GPS Diferencial o DGPS es un sistema de gran exactitud en el posicionamiento de entidades gráficas. Este receptor no solo recibe y procesa la información de los satélites, sino que simultáneamente capta datos recibidos de una estación terrestre, con la finalidad de hacer correcciones a los datos recibidos inicialmente y obtener una mayor precisión en la posición calculada (Giménez & Ros, 2009; González, 2015).

La información recibida de las estaciones terrestres permite corregir las inexactitudes que el receptor recibe de los satélites, ya que la estación terrestre conoce exactamente su posición y puede calcular los errores producidos por el sistema GPS, comparando su posición con la de los objetos. De esta forma, la estación terrestre transmite al receptor datos de corrección los mismos que se proceden a comparar con los datos captados por los satélites y así se obtienen datos correctos con gran precisión (Giménez & Ros, 2009; González, 2015).

2.3.2 Organización estructural DGPS

- 1) Estación terrestre, se conoce su posición con precisión.
 - a) Receptor GPS.
 - b) Microprocesador, para calcular los errores del sistema GPS y para generar la estructura del mensaje que se envía a los receptores.
 - c) Transmisor de datos unidireccional hacia los receptores.
- 2) Equipo de usuario, compuesto por un receptor DGPS (GPS más receptor del enlace de datos desde la estación monitorizada).

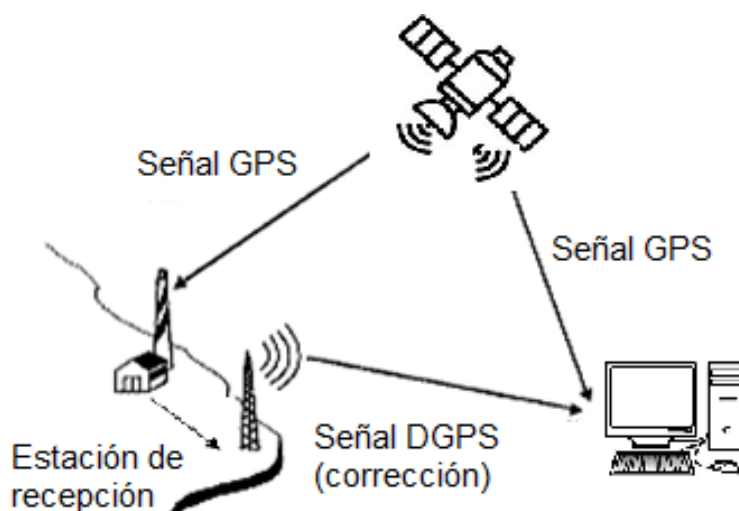


Ilustración 21. Estructura DGPS (Fuente: Giménez & Ros, 2009).

2.3.3 Corrección diferencial post-proceso

El post-proceso diferencial de datos mejora la precisión de las ubicaciones de las entidades gráficas desde aproximadamente 2 o 3 metros, hasta alcanzar correcciones de menos de un metro en condiciones favorables (González, 2015).

El objetivo de la corrección diferencial es eliminar algunos errores inherentes a la posición GPS autónoma determinada por el receptor GPS remoto. Una estación de referencia de coordenadas conocidas registra los datos del satélite GPS y de la misma forma del receptor remoto. Al ser conocidas las coordenadas reales de la estación de referencia, el software de corrección diferencial puede utilizar esta información para corregir las mediciones brutas de la distancia a cada satélite registrada por el receptor remoto (Magellan, 2005; González, 2015).

La captura de datos del receptor está sujeta a distintas fuentes de error que afectan notablemente la posición adquirida por el usuario. Siendo estas fuentes de error producidas por desfases en los satélites, medios de propagación de la señal o los receptores (Farjas, 2014).

El problema en los satélites radica cuando en sus relojes existe un desfase de tiempo, ya que un microsegundo de desfase produciría un error de alrededor de 300 m. en la distancia. Otro factor que influye en el error de posicionamiento es el paso de las longitudes de onda a través de las capas atmosféricas, puesto que, en la ionósfera produce una dispersión no lineal de las ondas electromagnéticas enviadas por los satélites y en la tropósfera se produce una refracción de las ondas las condiciones climatológicas y meteorológicas (Farjas, 2014).

2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) APLICADO AL CATASTRO

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que analiza, presenta e interpreta hechos relativos a la superficie terrestre, especialmente diseñada para la adquisición, mantenimiento y uso de datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas para contribuir a la solución de problemas de planificación y gestión (Olaya, 2014).

En un SIG se almacena información cartográfica y alfanumérica, con la información cartográfica es posible conocer la ubicación exacta de cada elemento en el espacio con respecto a otros elementos; mientras que con la alfanumérica, se obtienen datos sobre las características o atributos de cada elemento geográfico (Ochoa, 2008).

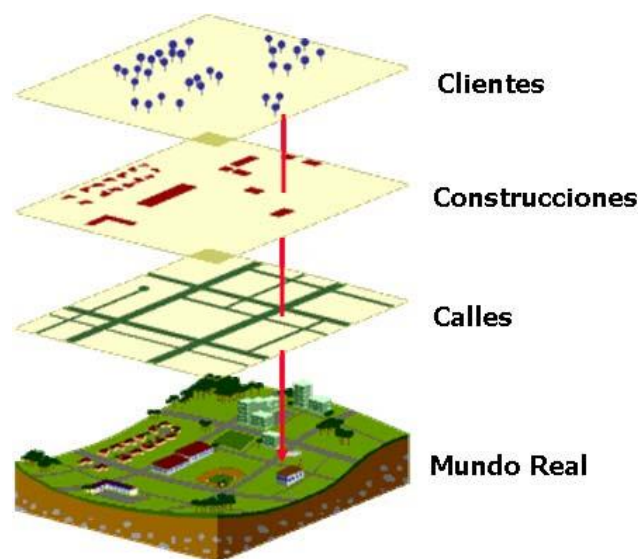


Ilustración 22. Descomposición de la realidad en un SIG. (Fuente: Lopis, 2010)

Por esta razón, un SIG es idóneo para realizar un catastro de red agua potable ya que no sólo es un software para la elaboración de mapas, sino que tiene ciertas funciones específicas como su capacidad para almacenar y analizar grandes cantidades de datos alfanuméricos de los accesorios, facilitando la administración de la información geográfica, toma de decisiones y planificación (Vegas, 2012). A diferencia de otros softwares como AutoCAD, los cuales no realizan planos georreferenciados donde se pueda obtener información exacta de la realidad (Sivila, 2017).

(Segovia, 2016), realizó el levantamiento catastral de la red principal y secundaria en la ciudad de Puyo, el cual se fundamentó en la recolección de datos en campo y procesamiento de información en el software ArcGIS para finalmente realizar mapas temáticos con sus respectivas especificaciones técnicas.



(López, 2012), mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, desarrolló un catastro de la red de agua potable del cantón Paute, la cual contiene una base de datos alfanuméricos de los elementos de la red que permite gestionar de manera adecuada el sistema de agua potable.

(Fragoso et al., 2013), aplicó un SIG para la administración de la información espacial y alfanumérica de la red de agua potable de dos localidades de México con el objetivo de mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable y mantener actualizado un catastro anteriormente realizado.

Los estudios descritos anteriormente demuestran que la realización de un catastro a partir de la recolección de información en campo contribuye al conocimiento del estado de la red de agua potable, identifica de manera precisa los elementos del sistema hidráulico y proporciona beneficios en la administración del agua potable. Además, se demuestra que los SIG son ampliamente utilizados en estudios referentes al catastro, ya que permiten representar gráficamente los componentes de la red y almacenar grandes volúmenes de datos.

2.4.1 ArcGIS

ArcGIS es un sistema de información geográfica que contiene un conjunto de aplicaciones que permiten organizar, administrar, analizar y distribuir información geográfica para obtener mapas digitales, es ampliamente utilizado para actividades de planificación y toma de decisiones (Kraak & Ormeling, 2011).

2.4.2 Utilización de los SIG en los sistemas de distribución de agua potable

Habitualmente la gestión de una red de agua potable se basa en realizar operaciones de mantenimiento correctivo e inclusión de nuevas conducciones mediante fichas y croquis realizados manualmente; causando una serie de problemas como: inadecuado control de la red, falta de actualización y desconocimiento de la totalidad de elementos presentes en la red.

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica abre la oportunidad de relacionar la información del sistema de distribución con entidades espaciales y geográficas. Los SIG han llegado a ser un instrumento clave para la gestión eficiente de redes de agua potable, ya que asegura la calidad de los datos y permite controlar los elementos de distribución de agua potable a lo largo de su vida útil (Vegas, 2012).



2.5 PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

La planificación de un sistema de distribución considera la detección de necesidades futuras de infraestructuras hidráulicas. La implementación de una nueva tubería se debe realizar tomando en cuenta los siguientes aspectos (Martínez, 2002):

- Necesidad: Verificar si es necesario construir una tubería, analizando los puntos de consumo.
- Impacto: Examinar la influencia funcional y ambiental de la construcción de la tubería. Debe comprobarse la influencia de la construcción de la nueva tubería en el entorno.
- Viabilidad: Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y económicos para la construcción de la nueva tubería.
- Fiabilidad. Satisfacer las necesidades y cumplir requisitos mínimos de operación.
- Control. Seguimiento del proceso de ejecución, tanto a nivel de plazos y recursos inicialmente asignados.

2.5.1 Operaciones de mantenimiento correctivo

Son aquellas acciones de detección, localización y posterior reparación de fallas y anomalías existentes, orientadas a minimizar el daño ocasionado y mantener la operación del sistema. Por lo general, los daños son causados por el deterioro de materiales, trabajos de construcción, cambios en la operación del sistema, presiones altas o desplazamiento del suelo (Anaya, 2015).

A partir de ello, es importante utilizar herramientas computacionales que combinen el conocimiento del personal operativo y las tecnologías de información geográfica de tal manera que proporcionen información de la localización exacta de la anomalía, para ayudar a establecer decisiones y acciones óptimas (Anaya, 2015).

2.5.2 Operaciones de mantenimiento preventivo

Son las actividades enfocadas en lograr que los elementos de la red se encuentren en buen estado y funcionen correctamente para cumplir su vida útil proyectada. La función del mantenimiento preventivo es mantener el servicio de suministro y evitar interrupciones; y mediante los SIG definir estrategias óptimas de mantenimiento de la red, considerando el estado y características de los elementos (Grise et al., 2001).

2.5.3 Rehabilitación y renovación de la red

Son aquellas tareas de renovación, corrección de averías, mejoramiento y rendimiento de las instalaciones para garantizar la eficiencia del servicio de distribución de agua



potable. Se realizan cuando se ve afectada la capacidad hidráulica y cuando los elementos del sistema se encuentran deteriorados por su ubicación (Martínez, 2002).

Para crear un plan de rehabilitación es indispensable conocer el correcto funcionamiento de la red, la relación de los elementos con las infraestructuras urbanas, fecha de instalación y estado de conservación (Martínez, 2002).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo descriptivo, ya que especifica las características de los componentes de la red al igual que su ubicación geográfica por medio de planos catastrales. El estudio presenta una solución para la gestión de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas mediante el uso de un Sistema de Información Geográfico, proponiendo un método de levantamiento de datos en campo, post-proceso de la información en el software MobileMapper 4.5 y representación de la red de distribución a través de mapas realizados en el software ArcGIS 10.2.

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió la parroquia Aurelio Bayas Martínez, la cual forma parte del sector urbano del cantón Azogues. El territorio comprende alrededor de 1,69 km² y se encuentra ubicado al noreste de las parroquias urbanas, en el centro del cantón Azogues y en el centro sur del Ecuador, tal como se muestra en la Ilustración 23. Su precipitación media anual es de 560 mm, temperatura media anual de 11.3 °C y presenta un clima templado y cálido (INAMHI, 2015).

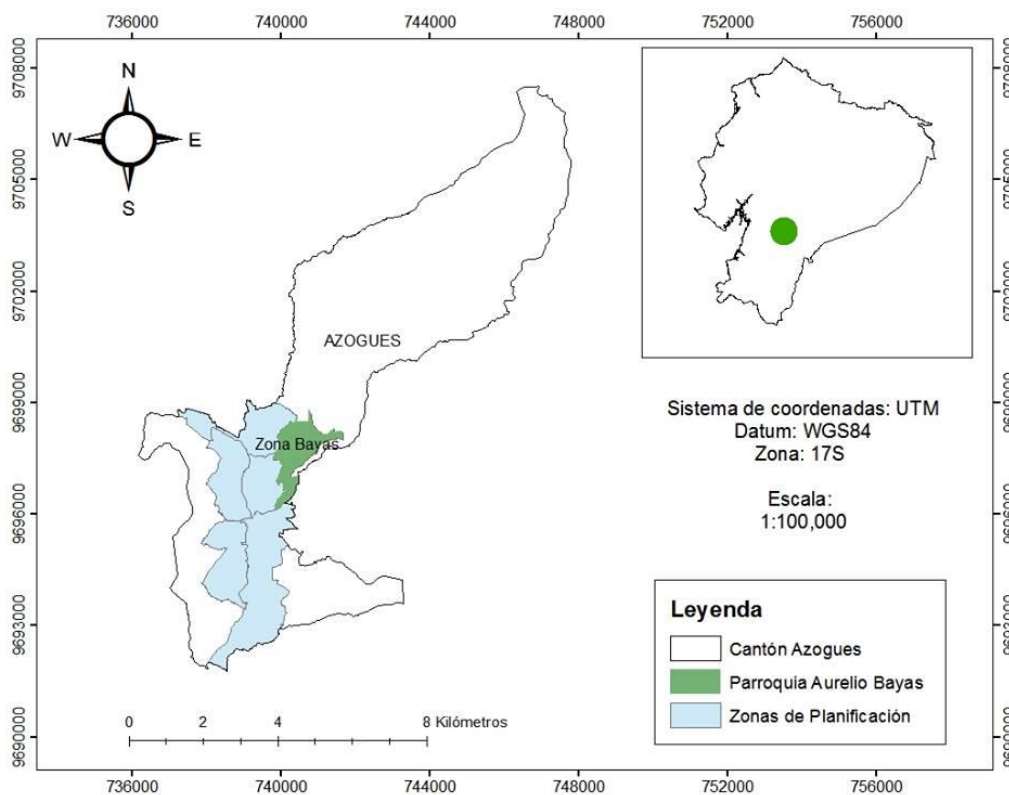


Ilustración 23. Ubicación de la parroquia Aurelio Bayas.

(Fuente: GAD Municipal de Azogues. Elaboración: Autores).



La distribución de agua potable en la parroquia Aurelio Bayas está a cargo de la Junta de Agua Potable de Bayas y EMAPAL-EP. La Junta de Agua implementó en el año 1998 una planta de tratamiento y varias líneas de conducción, con el propósito de brindar agua de buena calidad a los usuarios que actualmente son 1241 (Junta de Agua Bayas, 2017).

3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el presente estudio se obtuvieron tanto, datos *in situ* de la posición y características de las tuberías y accesorios de la red, así como cartografía pertinente al tema de estudio.

Los datos *in situ* incluyeron la localización geográfica de los componentes de la red con un GPS diferencial Spectra Precision MobileMapper 10 (Ver Anexo 11) en el sistema de coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) y Datum World Geodesic System of 1984 (WGS84). Para obtener mayor precisión en la ubicación, se trabajó con la señal de al menos 8 satélites, lo cual permite al GPS triangular de mejor manera la posición de los componentes de la red. La ubicación y características de los elementos de la red de distribución se registró con el apoyo de los operadores de la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas mediante recorridos de la zona a partir del día 13 de julio hasta el 30 de agosto de 2017 como se muestra en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se levantó información de los componentes de la Tabla 1. Además, se establecieron los límites de la planta de tratamiento y tanques de reserva, recorriendo el perímetro de la zona.

Tabla 1. Componentes de la red.

Elemento
Válvula eliminadora de aire (desaireador)
Válvula de control de flujo
Válvula de purga
Válvula check
Reductor
Estación reductora de presión
Tee
Hidrante
Codo
Conducción
Tapón
Cruz

Elaboración: Autores



Durante el registro de tuberías se presentaron inconvenientes, ya que existían zonas con altas pendientes o de difícil acceso, por lo que se tomaron puntos para posteriormente procesarlos. En la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5,

Tabla 6 y

Tabla 7, se muestra el formato de fichas técnicas para el registro de las características de los componentes de la red de distribución de agua potable:

Tabla 2. Ficha de registro de tuberías

Ficha de registro de tuberías							
Fecha	Código	Diámetro	Material	Fecha de instalación	Estado	Profundidad	Observaciones

Elaboración: Autores

Tabla 3. Ficha de registro de válvulas

Ficha de registro de válvulas									
Fecha	Código	Tipo	Estado	Material	Fecha de instalación	Diámetro	Función	Profundidad	Observaciones

Elaboración: Autores

Tabla 4. Ficha de registro de desaireadores

Ficha de registro de desaireadores										
Fecha	Código	Collarín	Neplo	Adaptador	Llave	Tipo	Fecha de instalación	Estado	Material	Observaciones

Elaboración: Autores

Tabla 5. Ficha de registro de estaciones reductoras de presión.

Ficha de registro de estación reductora de presión						
Fecha	Código	Fecha de instalación	Estado	Profundidad	Material	Observaciones

Elaboración: Autores

Tabla 6. Ficha de registro de tanques de reserva

Ficha de registro de tanques de reserva



Fecha	Código	Material	Altura	Diámetro	Volumen	Fecha de instalación	Estado	Observaciones

Elaboración: Autores
 Tabla 7. Ficha de registro de hidrantes.

Ficha de registro de hidrantes		
Fecha	Código	Diámetro

Elaboración: Autores

Las tuberías y accesorios de la red se clasificaron en dos grupos según la fecha de instalación (Junta de Agua Bayas, 2017):

- Elementos en estado bueno: Se consideraron los componentes instalados desde el año 1978 hasta el 2006.
- Elementos en estado regular: Se consideraron los componentes instalados a partir del año 2007 hasta el 2017.

La información cartográfica de la zona de estudio fue proporcionada por la Municipalidad de Azogues, Geoportal del Instituto Geográfico Militar y EMAPAL-EP, se contó con la cartografía de ríos y quebradas a escala 1:25.000, callejeros y edificaciones a escala 1:1.000 y curvas de nivel a escala 1:50.000 en formato shapefile (.shp) del año 2017.

La ortofoto y Modelo Digital de Terreno (MDT) de la ciudad de Azogues se obtuvieron de la plataforma del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), en el catálogo de metadatos del programa SIGTIERRAS a escala 1:5.000 del año 2010. Según (MAGAP, 2015), las fotografías aéreas se sometieron a un proceso de rectificación digital de sus distorsiones y deformaciones, para obtener como resultado ortofotografías con una resolución espacial entre 30 y 50 centímetros por pixel.

3.3 CORRECCIÓN DIFERENCIAL POST-PROCESO

Para obtener la localización de las tuberías y accesorios de la red, el GPS diferencial captó las señales de radio emitidos por al menos 3 satélites. Sin embargo, existieron fuentes de error que influyeron en la ubicación. Debido a estos errores se realizó un post-procesamiento con el software Mobile Mapper 4.5, usando los datos brutos remotos levantados con la estación móvil (DGPS) y datos brutos de referencia captados por la estación fija de coordenadas X= 721167.24 m y Y=9679168.09 m ubicada en la terraza del edificio del Programa de Manejo de Agua y Suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca (Ver Tabla 8).



Tabla 8. Formatos de datos para post-procesamiento.

Datos brutos remotos	(.grw)
Datos brutos de referencia	Ashtech (b*.*)

Elaboración: Autores

Al realizar el post-proceso, se ajustó el objeto almacenado en la capa GIS, corrigiendo su ubicación, aunque no sus datos tabulares almacenados en él.

Cabe recalcar que el fabricante indica que el software Mobile Mapper 4.5 es compatible con el DGPS Spectra Precision MobileMapper 10, que proviene de la misma casa comercial y que la precisión del equipo sin post-proceso es menor a 3 metros; sin embargo, al hacer el post-proceso la precisión se incrementa, es decir existe un error de posición menor a 50 centímetros

3.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.4.1 Delimitación del área de cobertura

Para obtener el límite de abastecimiento de agua potable que se muestra en la Ilustración 24, se realizaron recorridos guiados por el personal de la Junta de Agua siguiendo los linderos de abastecimiento. Para esto se consideraron los siguientes aspectos:

- Se encerraron los predios de abastecimiento.
- Se utilizó como límite un tramo de la quebrada Zhirincay, ubicada al sureste de la parroquia.
- En lugares de difícil acceso se tomaron puntos de unión.

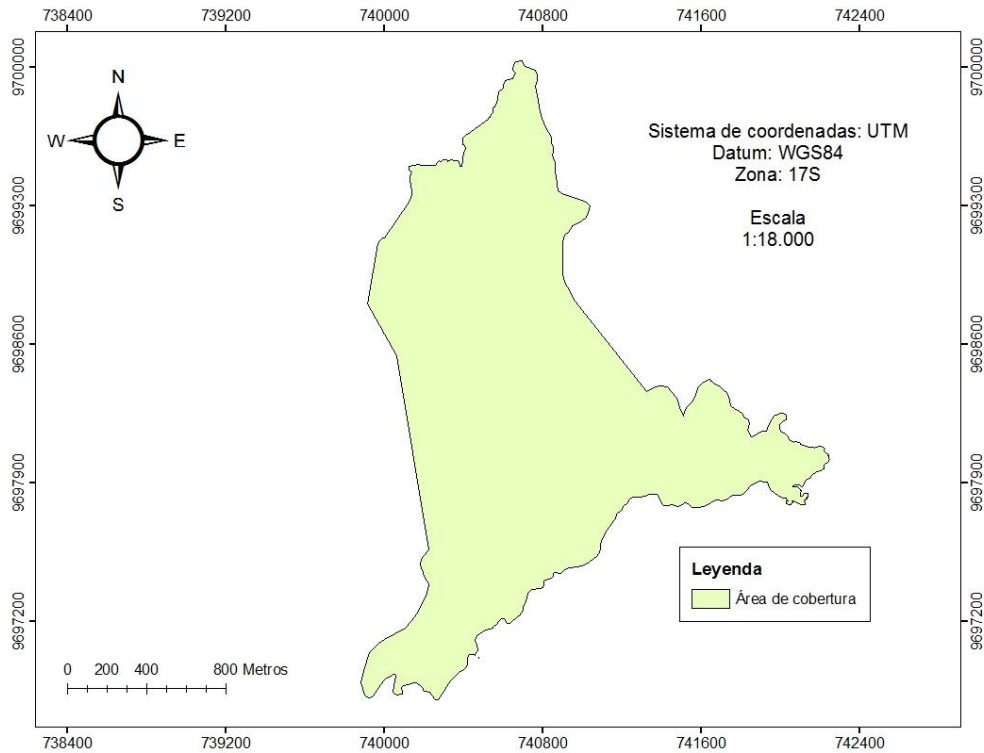


Ilustración 24. Área de abastecimiento de agua potable de la Junta de Agua Potable Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

3.4.2 Administrar las capas de límite, tuberías, válvulas, accesorios.

Se cargaron los archivos en formato vectorial de la parroquia Aurelio Bayas donde se incluyen las entidades gráficas de callejero, manzanero, ríos y quebradas y curvas de nivel. Además, datos levantados en campo previamente post-procesados como: límite del área de estudio, tuberías, válvulas, reductores, estaciones rompe presiones, codos, hidrantes, desaireadores, tapones, cruces y tees.

3.4.3 Mejoramiento de inconsistencias

Se procedió a verificar el trazado de las líneas de conducción y la ubicación de los accesorios. Para esto se contó con la colaboración del personal de la Junta de Agua, y se empleó como referencia material cartográfico de callejeros y ortofoto.

En este paso se enlazaron las líneas de conducción aisladas de la matriz principal y se ubicaron diferentes nudos donde existían cambios de características como diámetro y material. Otro elemento modificado fue el límite del área de estudio, este fue ampliado de tal manera que encierre a todos los componentes de la red y los domicilios donde se abastece del servicio.

Finalmente, se corrigieron ciertas incompatibilidades en cuanto a la continuidad y alineación de las tuberías, tomando en cuenta la ubicación del acueducto con respecto

al sentido de la vía, ya que en ciertos casos al momento del levantamiento se presentaron interferencias en el trazado y lugares de difícil acceso. Para esta acción se utilizó la herramienta *Editor* con el objetivo de mejorar la calidad de los datos (Ver Ilustración 25)

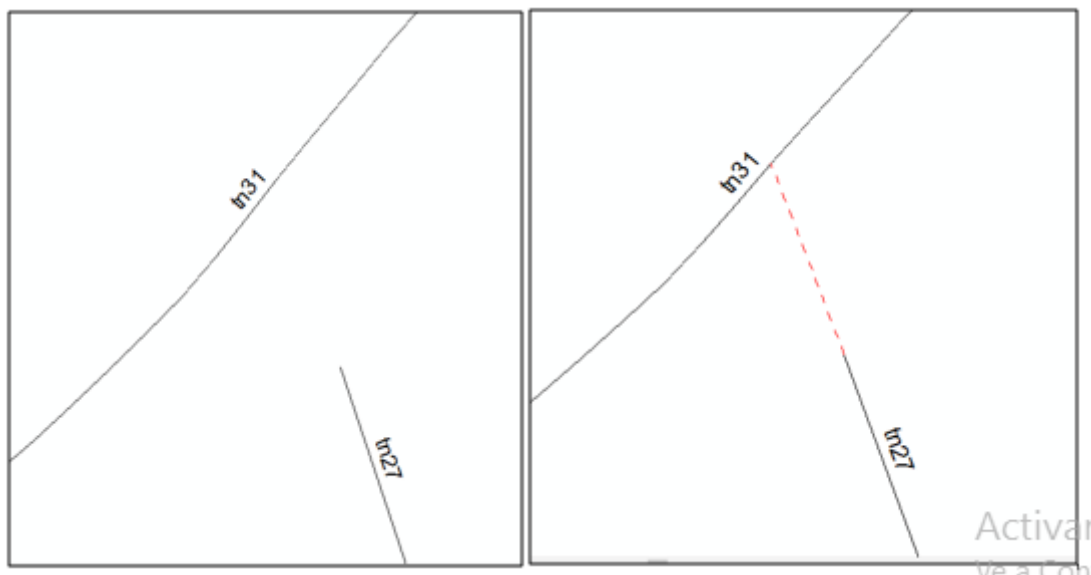


Ilustración 25. Corrección de incompatibilidades. (Elaboración: Autores).

3.4.4 Añadir datos alfanuméricos en tablas de atributos.

Existen en el ArcGIS diferentes formas de agregar información a las tablas de atributos. Sin embargo, al poseer datos levantados en campo, el proceso más adecuado para agregar datos es la edición, donde se puede transcribir manualmente la información de las fichas técnicas a las tablas de atributos y editar atributos existentes o crear nuevos.

Para editar las tablas de atributos se utilizó la herramienta *Editor* para añadir la información de las fichas técnicas, de tal manera que correspondan a cada elemento.

3.4.5 Agrupar capas de líneas de conducción y accesorios.

Debido al periodo prolongado del levantamiento, la red de agua potable se encontraba segmentada en diversas capas de tuberías y accesorios, por esta razón fue necesario agruparlas y clasificarlas de acuerdo a sus características. La herramienta *Merge* se utilizó para agrupar la información de todos los elementos en capas independientes para facilitar el manejo de los datos.

3.4.6 Cálculo de longitudes

Para realizar mediciones automáticas de longitudes de tuberías y área de cobertura del servicio, se utilizó la herramienta *Calculate Geometry*, aquella que proporcionó los cálculos longitudinales de las tuberías, así como el área de emplazamiento de la red.



3.4.7 Sectorización

Para llevar a cabo la sectorización de la red de acueducto se tomaron puntos con el GPS, los mismos que indican las fronteras entre cada sector. Este proceso se realizó con la ayuda del personal operativo de la Junta de Agua, los sectores se definieron según la presencia de válvulas de control de flujo a lo largo del sistema y siguiendo la trayectoria de las líneas de conducción. Finalmente, para diferenciar los sectores se le asignó un color a cada uno.

3.4.8 Cálculo de alturas y pendientes













Para calcular la altura y pendiente de cada accesorio de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas se procesó el MDT de SIGTIERRAS que tiene un tamaño de celda de 3 x 3 m, bajo el cual se obtuvieron los valores de pendiente en grados y altura en m, dado que estos datos permiten conocer la inclinación y altura a la que están instalados los accesorios, apoyando a la gestión del agua.

3.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La representación gráfica de los elementos de la red de distribución de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas se realizó en base a la simbología existente en el software ArcGIS del estilo *Utilities*, como se indica en la Tabla 9.

Se utilizó nomenclatura de ArcGIS debido a que maneja información generalizada acorde a los hitos que se han tomado en el estudio. (ESRI, 2016) afirma que ArcGIS tiene capacidad de generar un conjunto coherente de cartografía que cumpla un estándar acordado por un grupo de trabajo. Además, en la comunidad ArcGIS existen cartógrafos experimentados que compilan bibliotecas de símbolos con la finalidad de crear mapas con diferentes temas.

Tabla 9. Simbología de elementos de la red.

SIMBOLOGÍA	
Representación gráfica	Elemento
	Válvula eliminadora de aire (desaireador).
	Válvula de control de flujo
	Válvula de purga
	Válvula check
	Reductor
	Estación reductora de presión
	Tee
	Hidrante
	Codo
	Cruz
	Tapón
	Conducción

Elaboración: Autores

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La planta de tratamiento se encuentra emplazada en un área de 1692 m² en la parte norte de la parroquia como se indica en la Ilustración 26, donde se realiza la potabilización del agua mediante procesos de floculación, coagulación, sedimentación, filtración, filtración lenta y cloración, para posteriormente dotar de agua a los tres tanques de distribución.

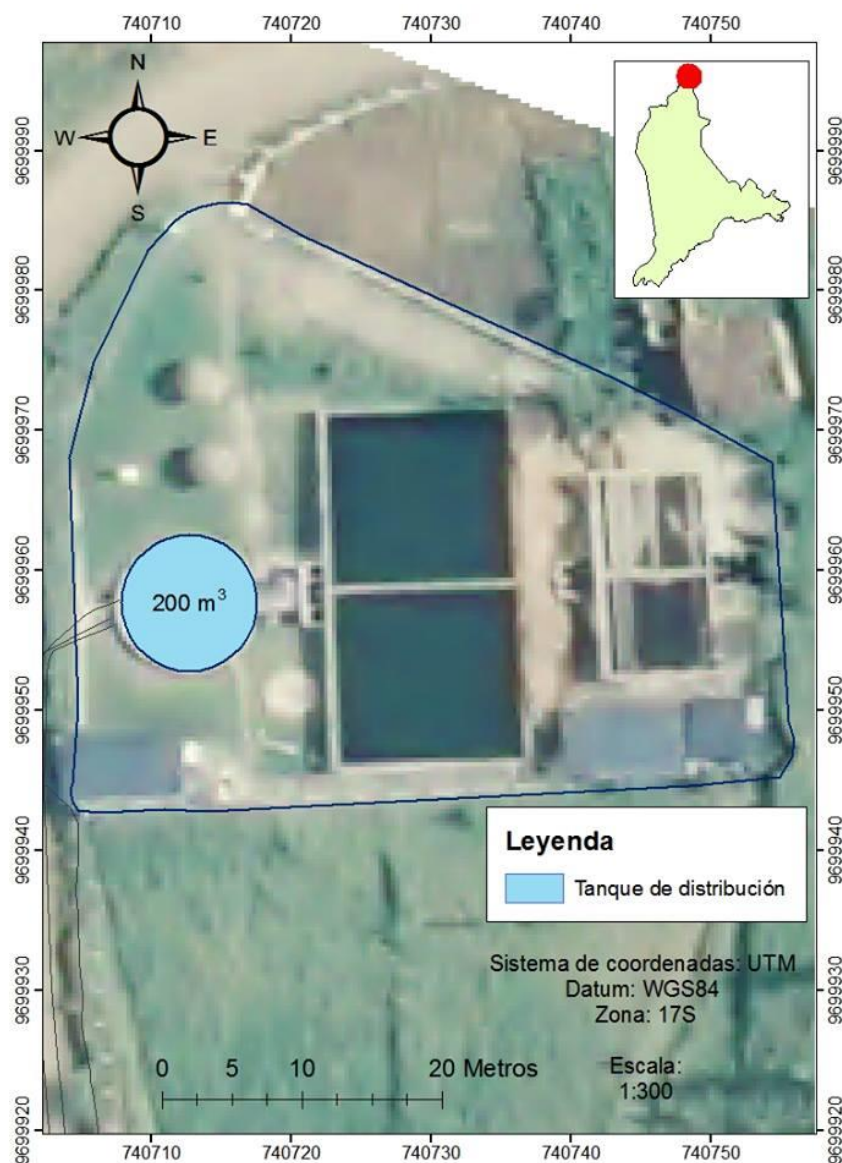


Ilustración 26. Planta de tratamiento de la red de distribución. (Elaboración: Autores).

Dos de los tanques de distribución se implementaron en el año de 1998, uno en la parte Norte de 200 m³ que se encuentra dentro de la planta de tratamiento y otro en la parte Este del área de cobertura del servicio de 200 m³, el mismo que se utiliza para distribuir agua a la parte sur, sin embargo, debido al crecimiento poblacional y demanda de agua, en el 2008 se construyó un tercer tanque próximo al tanque de 200 m³, como se muestra en la Ilustración 26 e Ilustración 27.

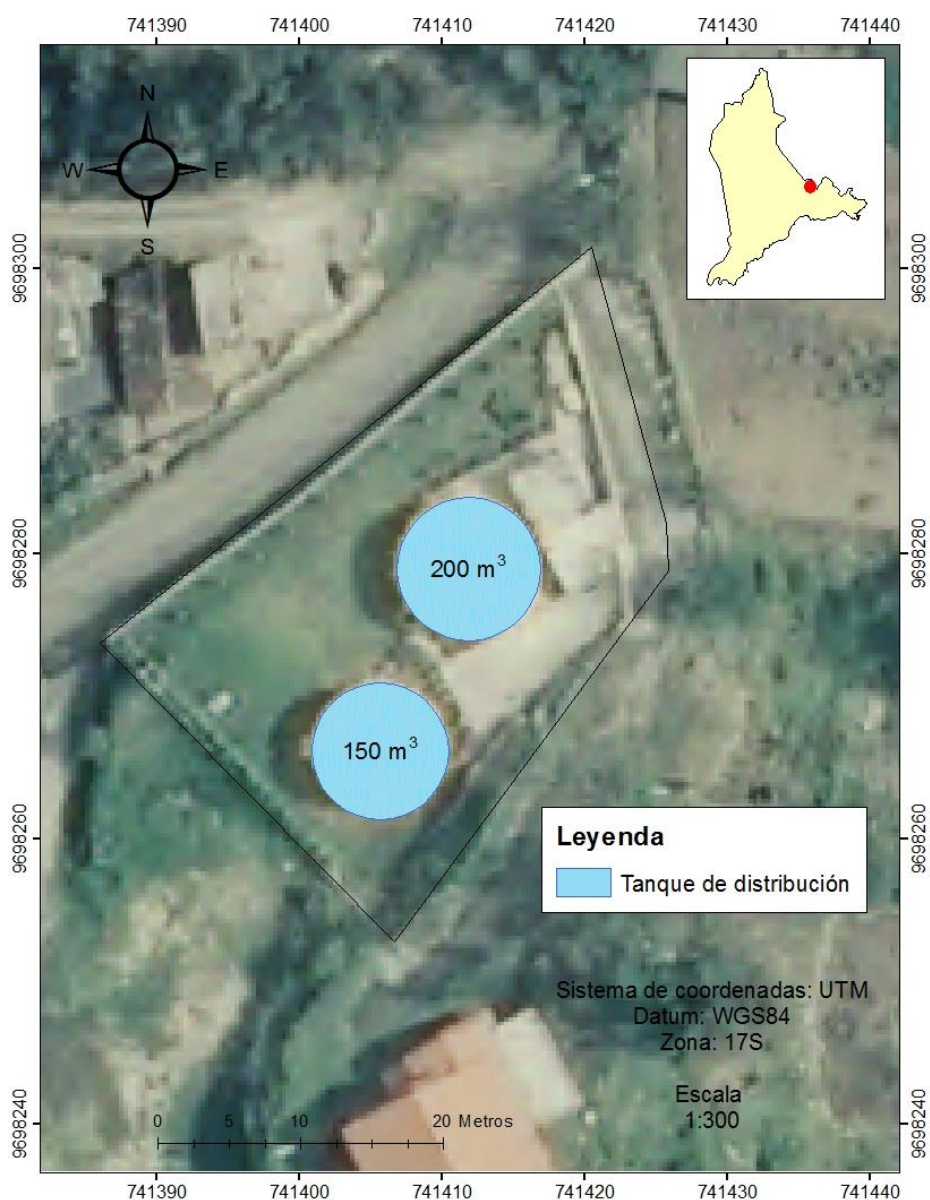


Ilustración 27. Tanques de distribución. (Elaboración: Autores).

Es importante destacar que la Junta de Agua Potable brinda el servicio en un área de 2.933 km², la cual se representa en el mapa de cobertura de abastecimiento (Ver Ilustración 24). Sin embargo, la Junta de Agua no se limita a abastecer solo al sector urbano, sino que también distribuye agua al sector rural en un área de 1589988 m², lo que representa un 54 % del área de distribución (Ver Ilustración 28).

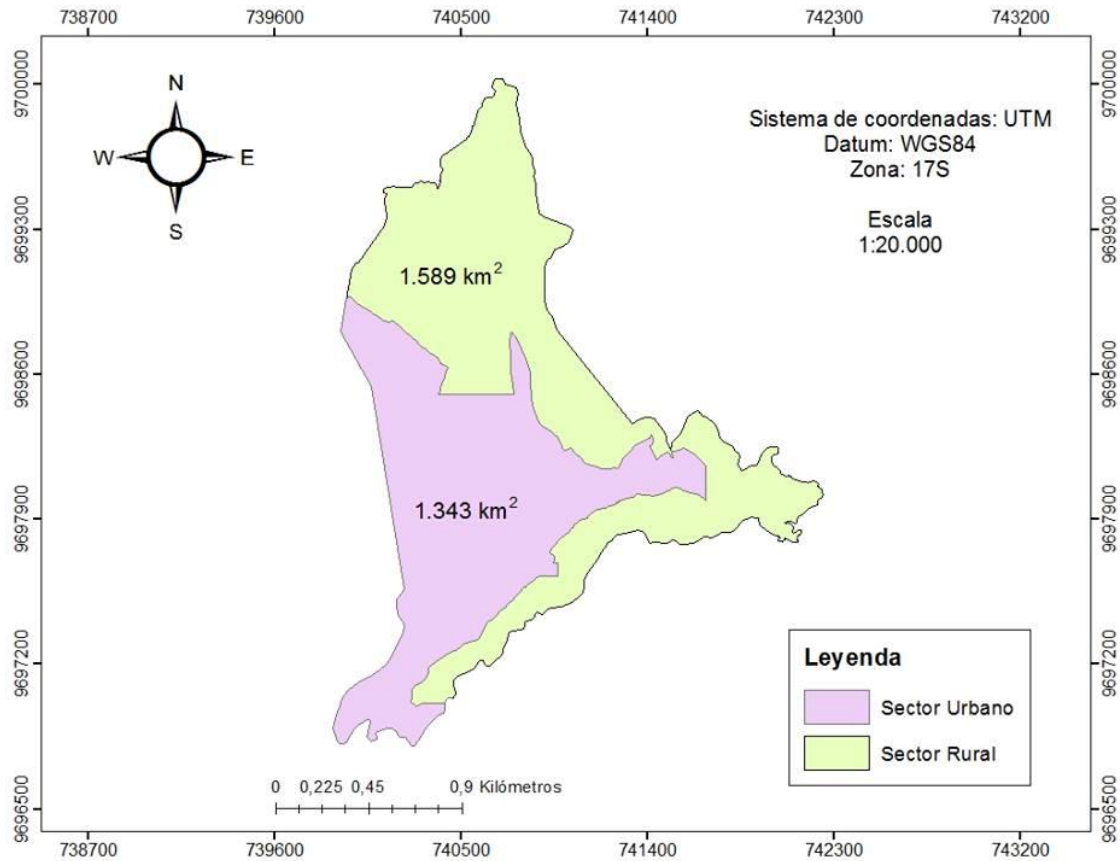


Ilustración 28. Cobertura urbana y rural de abastecimiento de agua de la Junta de Agua Potable de Bayas. (Elaboración: Autores).



4.2 CORRECCIÓN DIFERENCIAL POST-PROCESO

Tabla 10. Muestra de corrección post-proceso de coordenadas.

Componentes	Código	Coordenadas iniciales (m)		Coordenadas finales (m)		Diferencia	
		Xo	Yo	X	Y	X	Y
Tuberías	ta38	741398,936	9698263,939	741400,603	9698265,943	1,667	2,004
	tn58	740625,994	9697439,727	740628,206	9697441,539	2,12	2,339
	tn61	740758,529	9698400,066	740757,266	9698402,21	1,263	2,144
Válvulas	v17	741399,943	9698266,868	741399,267	9698264,931	0,676	1,937
	v29	740345,304	9697185,176	740345,809	9697185,937	0,505	0,761
	v45	740801,172	9698396,652	740798,817	9698394,814	2,355	1,838
Rompe presiones	rp1	740893,352	9697819,883	740892,215	9697817,493	1,137	2,39
	rp3	740547,391	9698977,548	740546,053	9698978,32	1,338	0,772
	rp7	740844,038	9697764,793	740845,286	9697766,297	1,248	1,504
Desaireadores	d5	740890,379	9699176,339	740889,86	9699174,964	0,519	1,375
	d8	741153,182	9698363,569	741152,455	9698364,63	0,727	1,061
	d11	740714,334	9699908,969	740713,275	9699907,905	1,059	1,064
Hidrantes	h1	740225,872	9696858,38	740227,55	9696857,99	1,678	0,39
	h3	741040,972	9697904,433	741040,716	9697907,785	0,256	3,352
	h5	740356,472	9697199,434	740357,853	9697198,349	1,381	1,085
Reductores	r3	740852,998	9699393,416	740854,996	9699395,261	1,998	1,845
	r9	740457,876	9697290,349	740459,597	9697291,177	1,721	0,828
	r14	740286,028	9697726,81	740288,046	9697724,41	2,018	2,4
Cruces	cr1	740212,853	9696968,334	740213,062	9696969,661	0,209	1,327
Tees	t10	740524,471	9698087,048	740521,599	9698086,093	2,872	0,955
	t35	740291,59	9697139,913	740290,136	9697137,692	1,454	2,221



	t56	740462,128	9697265,628	740464,073	9697267,546	1,945	1,918
Codos	c7	740292,983	9698476,746	740291,365	9698477,329	1,618	-0,583
	c20	741100,986	9697933,217	741100,444	9697935,073	0,542	1,856
	c32	740847,816	9699396,462	740849,497	9699395,245	1,681	1,217
Tapones	tp10	740506,37	9698452,669	740505,403	9698453,074	0,967	0,405
	tp37	740487,982	9697526,628	740489,664	9697525,656	1,682	0,972
	tp53	740032,703	9697065,179	740034,918	9697063,283	2,215	1,896

Elaboración: Autores

En la Tabla 10 se puede visualizar el cambio de posición entre las coordenadas iniciales y las coordenadas post-procesadas, obteniendo mayor precisión en la ubicación de las tuberías y accesorios, puesto que se corrigieron errores en la sincronización de las señales de los satélites, errores ocasionados por la dispersión y refracción de la señal en las capas atmosféricas y problemas en el receptor.



4.3 SECTORIZACIÓN

La red de abastecimiento de agua potable de la Junta de Agua de la parroquia Aurelio Bayas se dividió en 8 sectores de distribución, los cuales se llamaron con el mismo nombre del barrio o sector al cual distribuyen, para la sectorización de la red de distribución se tomó en consideración la ubicación de 5 válvulas de control de flujo y 2 rompe presiones, las que controlan el paso de agua a cada uno de los sectores a excepción del sector Oriente Bajo, el cual carece de válvulas reguladoras para controlar el flujo en el sector tal como se muestra en la Ilustración 29.

Por otro lado, la ubicación de los tanques de distribución permite un adecuado abastecimiento por gravedad a los 8 sectores, ya que el tanque de 200 m³ ubicado en la planta de tratamiento abastece de agua potable a los sectores Leg Abuga y Leg Tabacay, localizados en la parte alta de la red de distribución, mientras que los tanques del sector Señor de Flores de 200 m³ y 150 m³ distribuyen de agua potable a todos los sectores de la parte baja, siendo éstos: Corazón de María, General Veintimilla, Oriente Alto, Oriente Bajo, Señor de Flores y Zhirincay.

4.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.4.1 Catastro de tuberías

De acuerdo al trazado de la red mostrada en la Ilustración 30, se determinó que en su mayoría es de tipo ramificada y en ciertas secciones es reticulada, ya que se mantiene un patrón de red principal dividida en subredes de segundo, tercer e incluso cuarto orden, además, la red de distribución tiene instaladas tuberías de 160, 110, 90, 63, 50, 40, 32, 25 y 20 milímetros de diámetro las que en su totalidad son de policloruro de vinilo (PVC).

En la Tabla 11 se puede observar los tramos de tuberías según su diámetro, cabe señalar que se presenta con mayor frecuencia la tubería de 63 milímetros, principalmente en los sectores Oriente Alto, Oriente Bajo y General Veintimilla.



Tabla 11. Diámetros de tuberías de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.

Diámetro (mm)	Tramos de tuberías	Longitud (m)
160	3	3408,71
110	5	1784,11
90	1	18,01
63	36	7069,15
50	15	5956,83
40	3	200,65
32	29	4624,67
25	25	3947,00
20	1	80,87
Total		27090

Elaboración: Autores

La línea de conducción tiene una longitud total de 27090 metros y su estado es bueno. Las profundidades de instalación de las tuberías varían desde 0.4 a 1.20 metros, siendo la más común la profundidad de 0.6 metros (Ver Anexo 1); no obstante, en el sector Leg Abuga existen tramos donde la tubería está descubierta debido a la erosión del suelo.

4.4.2 Catastro de válvulas

Para la distribución controlada del abastecimiento de agua, mantenimiento y evitar sobre presiones en la red, la Junta de Bayas se apoya en 53 válvulas, las cuales se subdividen en válvulas de control, purga y check como se visualiza en la Tabla 12 e Ilustración 31. Dos de las válvulas de control cumplen la función de válvulas Bypass, las que se usan en caso de emergencia para abastecer en lugares donde se averió algún accesorio o la red se encuentre dañada por algún motivo. (Ver Anexo 2).

Tabla 12. Tipos de válvulas de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas.

Función	Número de válvulas
Control de flujo	39
Purga	12
Check	2

Elaboración: Autores

La red de distribución cuenta con 36 válvulas de hierro fundido, 14 válvulas de cobre y 3 de acero inoxidable, por otro lado, el estado de las válvulas de la red de distribución es bueno, debido a que no se han presentado fallos en su funcionamiento, aunque las válvulas existentes en las salidas de los tanques del Señor de Flores y de la planta de tratamiento son de mayor antigüedad (Ver Tabla 14 y Tabla 14).



Tabla 13. Tabla de válvulas

Estado	Número de válvulas
Bueno	47
Regular	6

Elaboración: Autores

Tabla 14. Material de válvulas

Material	Número de válvulas
Hierro fundido	36
Cobre	14
Acero inoxidable	3

Elaboración: Autores

4.4.3 Catastro de rompe presiones

La distribución de los rompe presiones dentro de la red de abastecimiento se localiza básicamente en los sectores: Leg Tabacay, Corazón de María, General Veintimilla y Oriente Bajo con un total de 7 tanques rompe presiones como se muestra en la Ilustración 32. Todos los tanques rompe presiones están protegidos por una estructura de concreto, no obstante, el material de los accesorios de los rompe presiones es de hierro fundido y PVC (Anexo 3 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El estado de los rompe presiones de la Junta de Agua Potable de Bayas es bueno, debido a que el rango de antigüedad de instalación va desde el año 2012 hasta el 2017, sin embargo, el rompe presiones ubicado en el sector Leg Tabacay siempre sufre un taponamiento del filtro.

4.4.4 Catastro de desaireadores

La Ilustración 33 indica la presencia de 12 desaireadores en la red de distribución, los cuales están ubicados en los sectores Leg Abuga y Señor de Flores, donde 2 de ellos son de hierro fundido y el resto de PVC (Ver Anexo 4). La mayoría de desaireadores se instalaron en el año 1998, por lo tanto, su estado se considera regular, ya que en ocasiones era necesario que un operador de la Junta de Agua manipule este accesorio para liberar el aire acumulado en las tuberías.

4.4.5 Catastro de hidrantes

Los hidrantes utilizados en la red de agua potable para sofocar incendios se encuentran en los en los sectores de Oriente Alto y Oriente Bajo, brindando este servicio a la parte central y sur del área de distribución como se muestra en la Ilustración 34.



El material predominante de los cinco hidrantes es hierro fundido y los hidrantes se encuentran solo en las tuberías de 63 milímetros de diámetro, por otra parte, en su mayoría, los hidrantes están precedidos por una válvula de control, la cual aísla el hidrante de la red de distribución (Ver Anexo 5). Cabe recalcar que los hidrantes deben estar en lugares de fácil acceso y distribuidos de manera que la distancia entre ellos no sea mayor a 200 m (INSHT, 1983).

4.4.6 Catastro de reductores

Como se muestra en la Ilustración 35 y Anexo 6, a lo largo de la red existen 18 reductores de material PVC, pero en los sectores General Veintimilla y Oriente Alto este accesorio no fue instalado, ya que no se necesita reducir el caudal de flujo (Junta de Agua Bayas, 2017).

4.4.7 Catastro de cruces

En la red de distribución de agua potable solo se puede encontrar una cruz de PVC, instalada en el año 2007, la que se ubica en el sector Oriente Bajo para interceptar las tuberías de 63 milímetros localizadas en las calles Carlos Domínguez Tapia y Benjamín Carrión (Ver Ilustración 36 y Anexo 7).

4.4.8 Catastro de tees

La Junta de Agua Potable utiliza este accesorio para cambiar la dirección y dividir el flujo de agua. Además, esta institución controla las velocidades de flujo y caudal por medio de tees reductoras. En la línea de conducción de la parroquia se encuentran 78 tees, donde 36 son reductoras y se localizan en el sector Leg Abuga y las 42 tees regulares se encuentran en el sector Oriente Bajo (Ver Ilustración 37 y Anexo 8).

4.4.9 Catastro de codos

Generalmente las dimensiones de este accesorio son variadas, pero en la línea de conducción de la zona de estudio se encuentran únicamente codos de 45 y 90 grados.

En la Ilustración 38 y Anexo 9 se puede visualizar un total de 35 codos de material PVC. Los sectores donde predomina este elemento son Leg Tabacay y Señor de Flores, existiendo 8 codos en cada sector.

4.4.10 Catastro de tapones

Como se indica en la Ilustración 39 y Anexo 10, la red de dotación de agua potable tiene 54 tapones de PVC que están adaptados a cada uno de los extremos de la red, es decir el tapón está de acuerdo al diámetro de las tuberías impidiendo el paso del agua y delimitando la red.



4.4.11 Catastro general

Se realizó el levantamiento de 386 registros, divididos en 3 tanques de distribución, 118 tramos de tuberías, 53 válvulas, 7 estaciones reductoras de presión, 12 desaireadores, 5 hidrantes, 18 reductores, 1 cruz, 78 tees, 35 codos y 54 tapones y 8 sectores (Ver Ilustración 40).

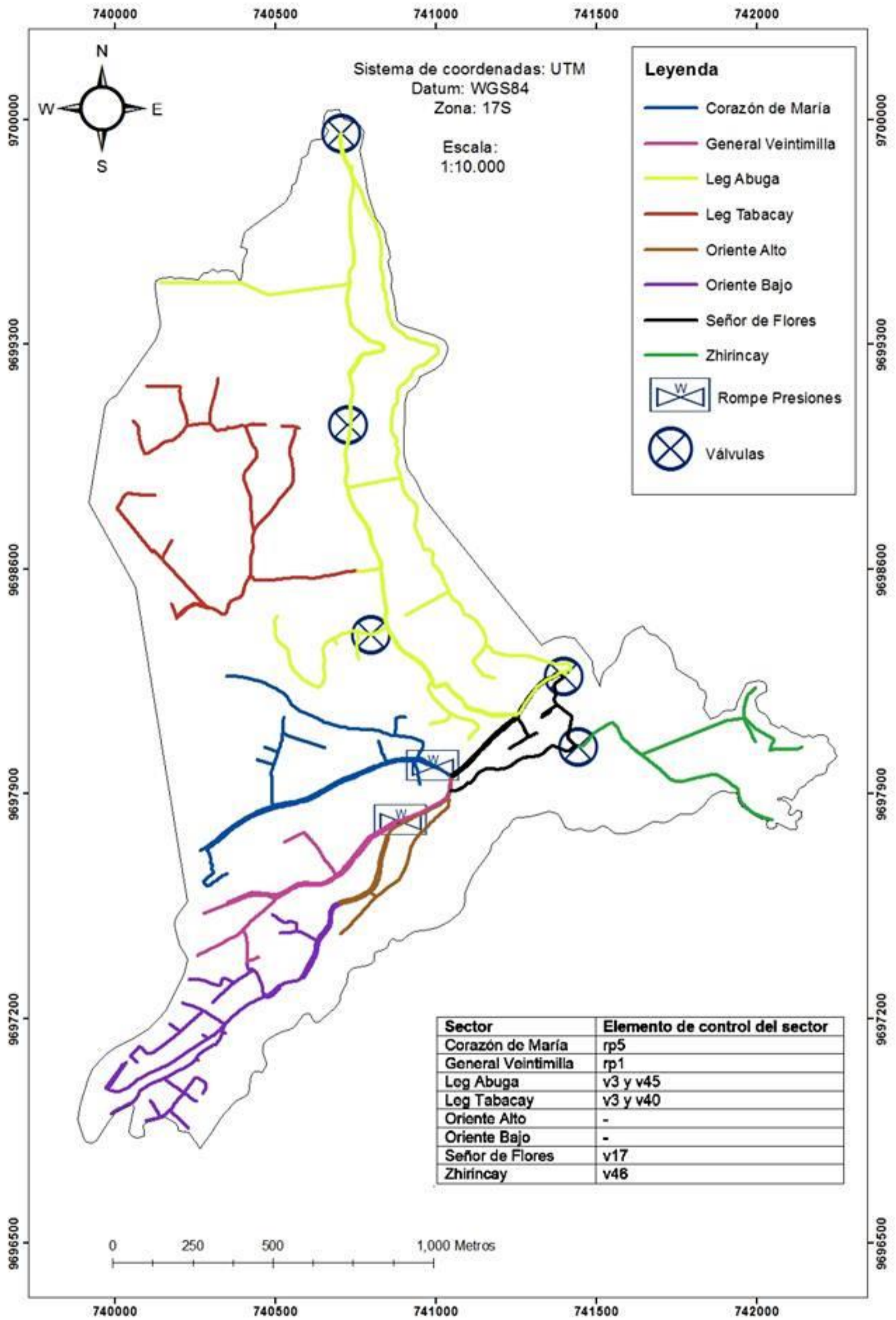


Ilustración 29. Sectorización de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

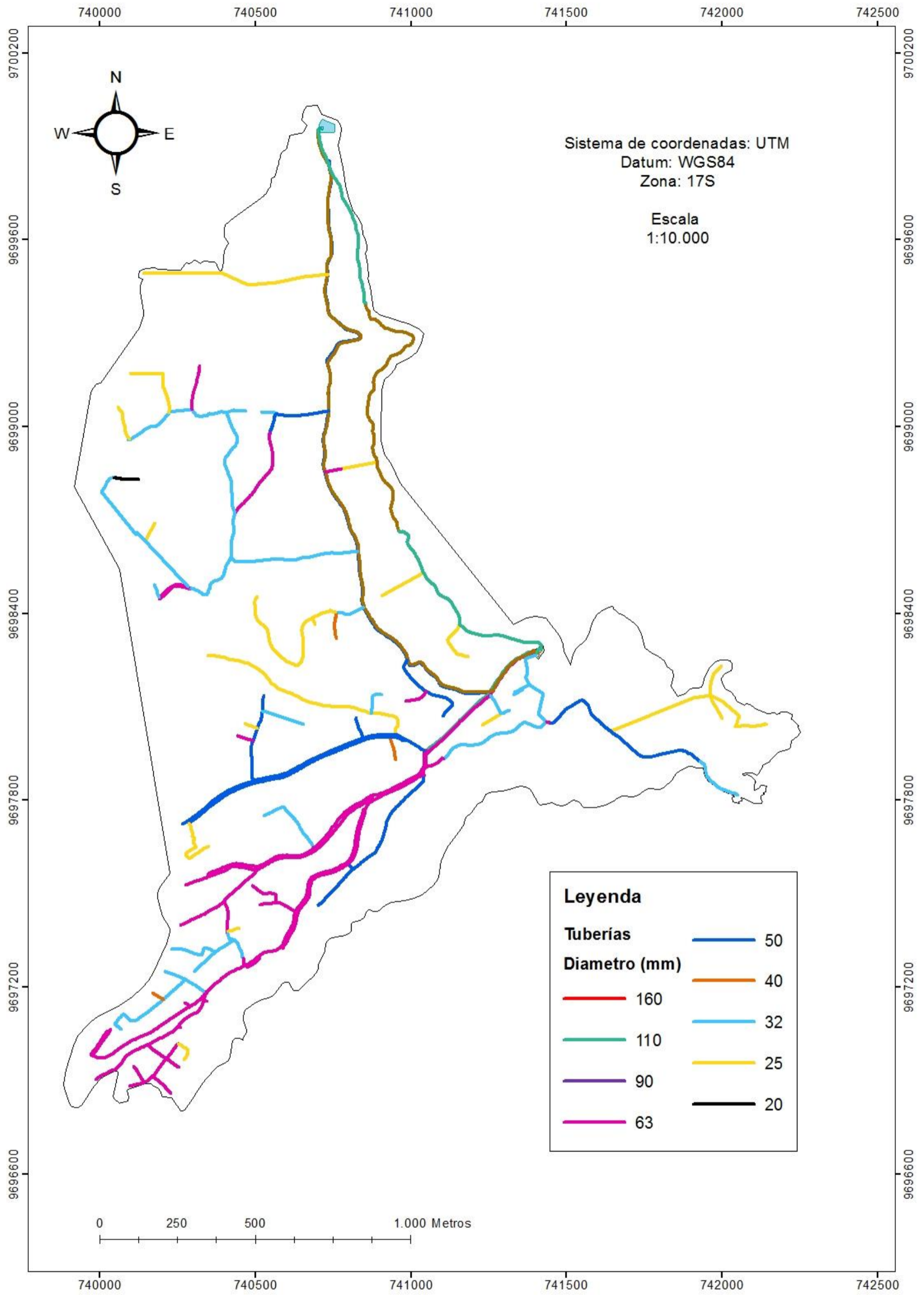


Ilustración 30. Tuberías de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

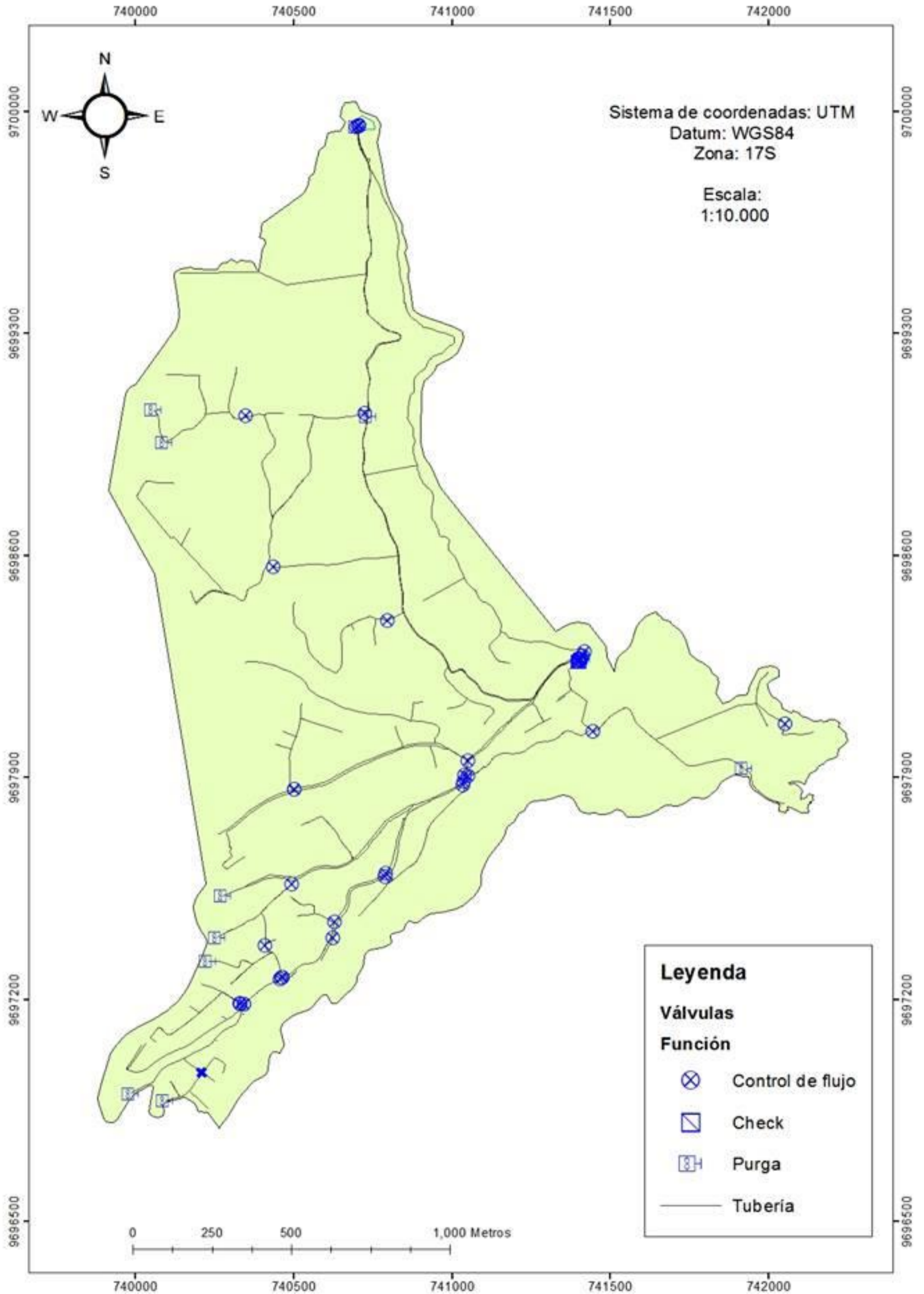


Ilustración 31. Válvulas de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

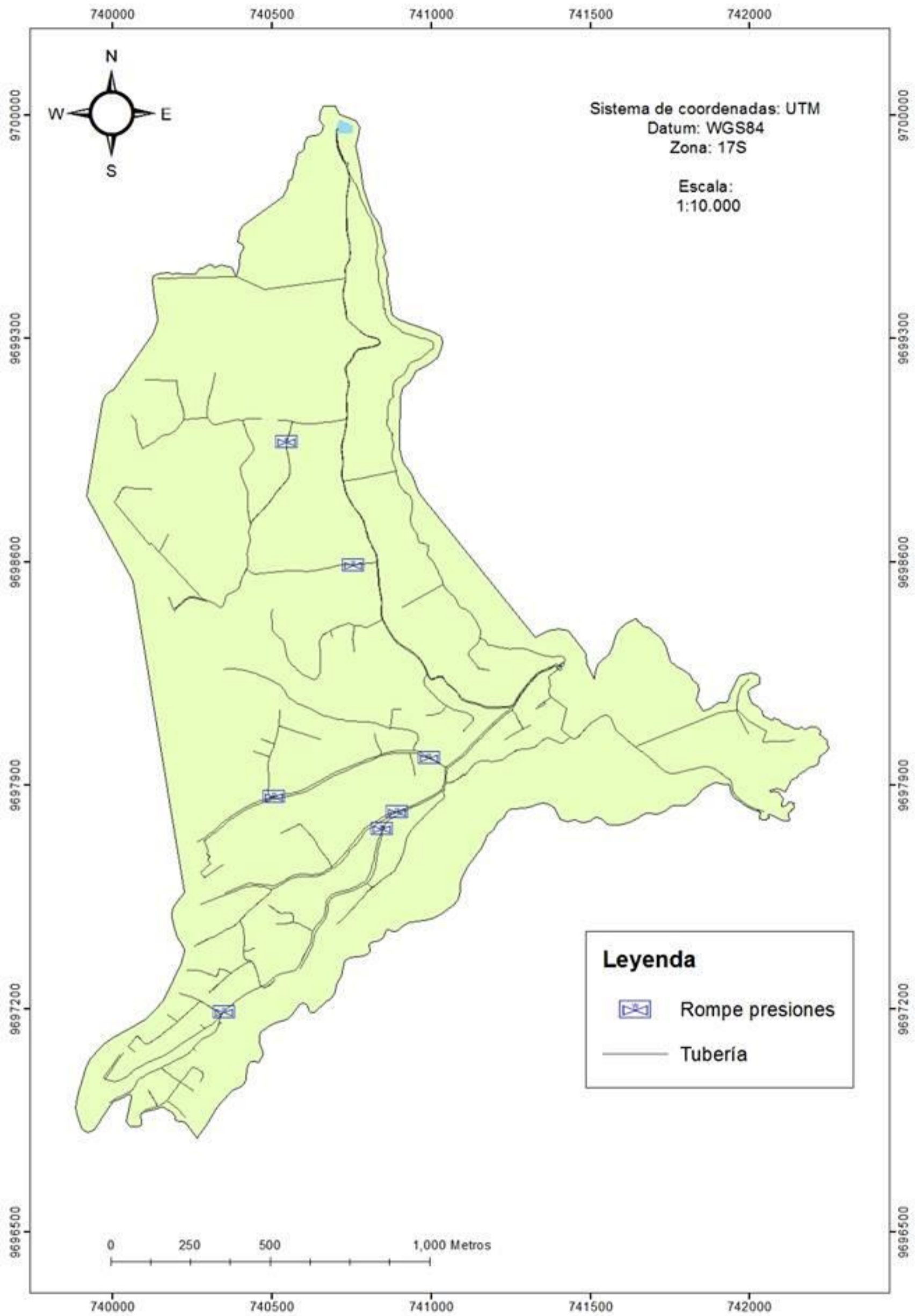


Ilustración 32. Rompe presiones de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

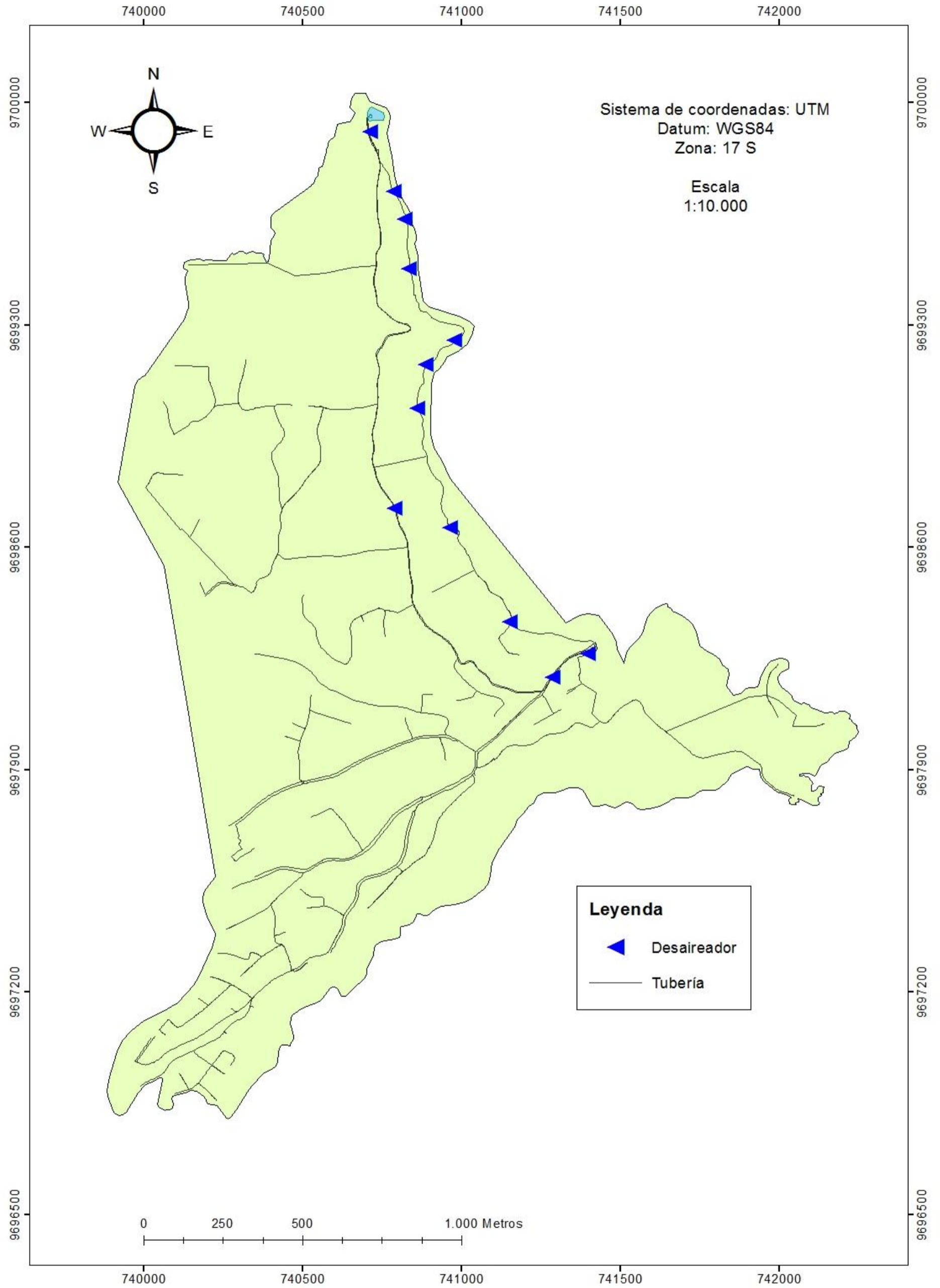


Ilustración 33. Desaireadores de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

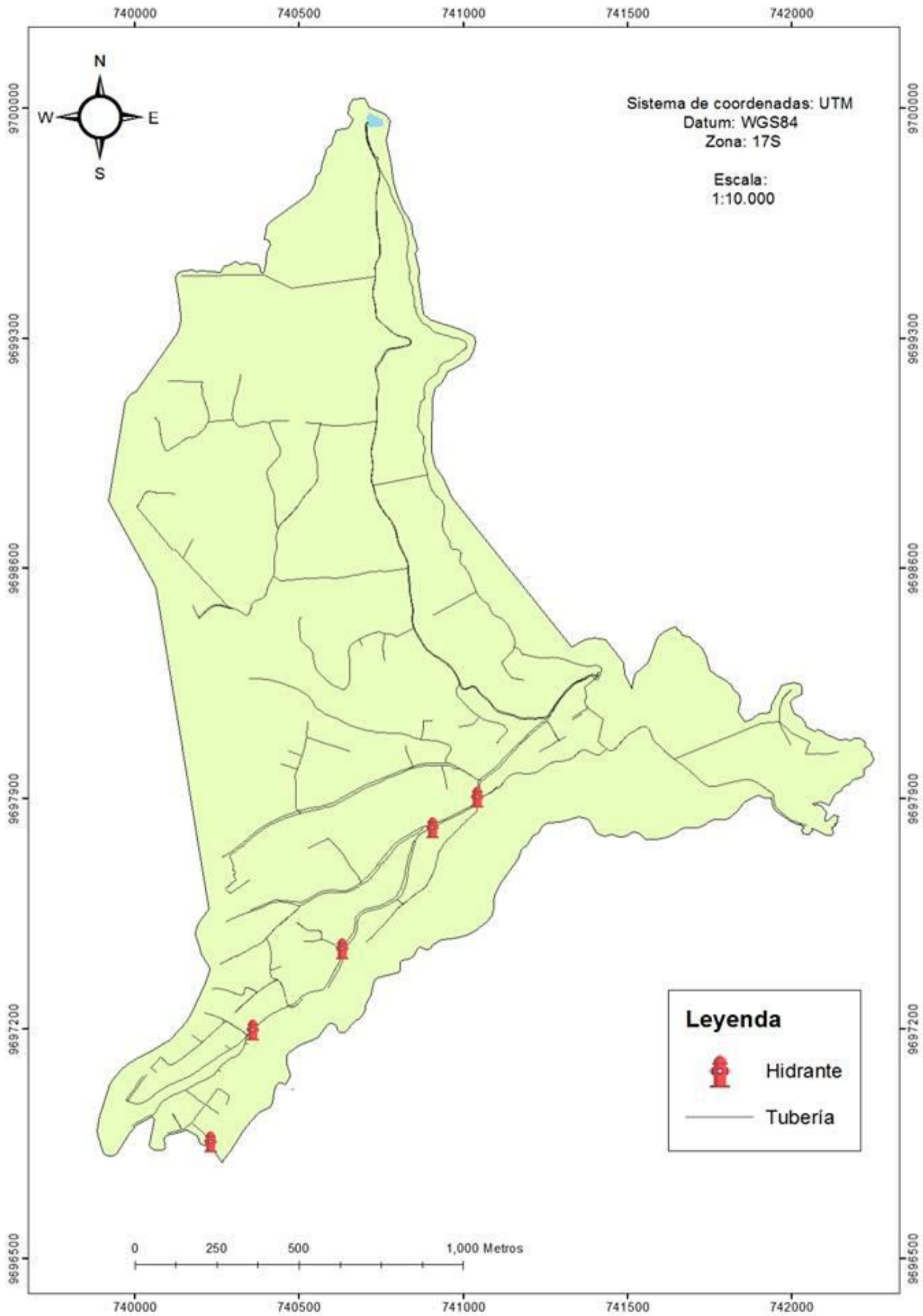


Ilustración 34. Hidrantes de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

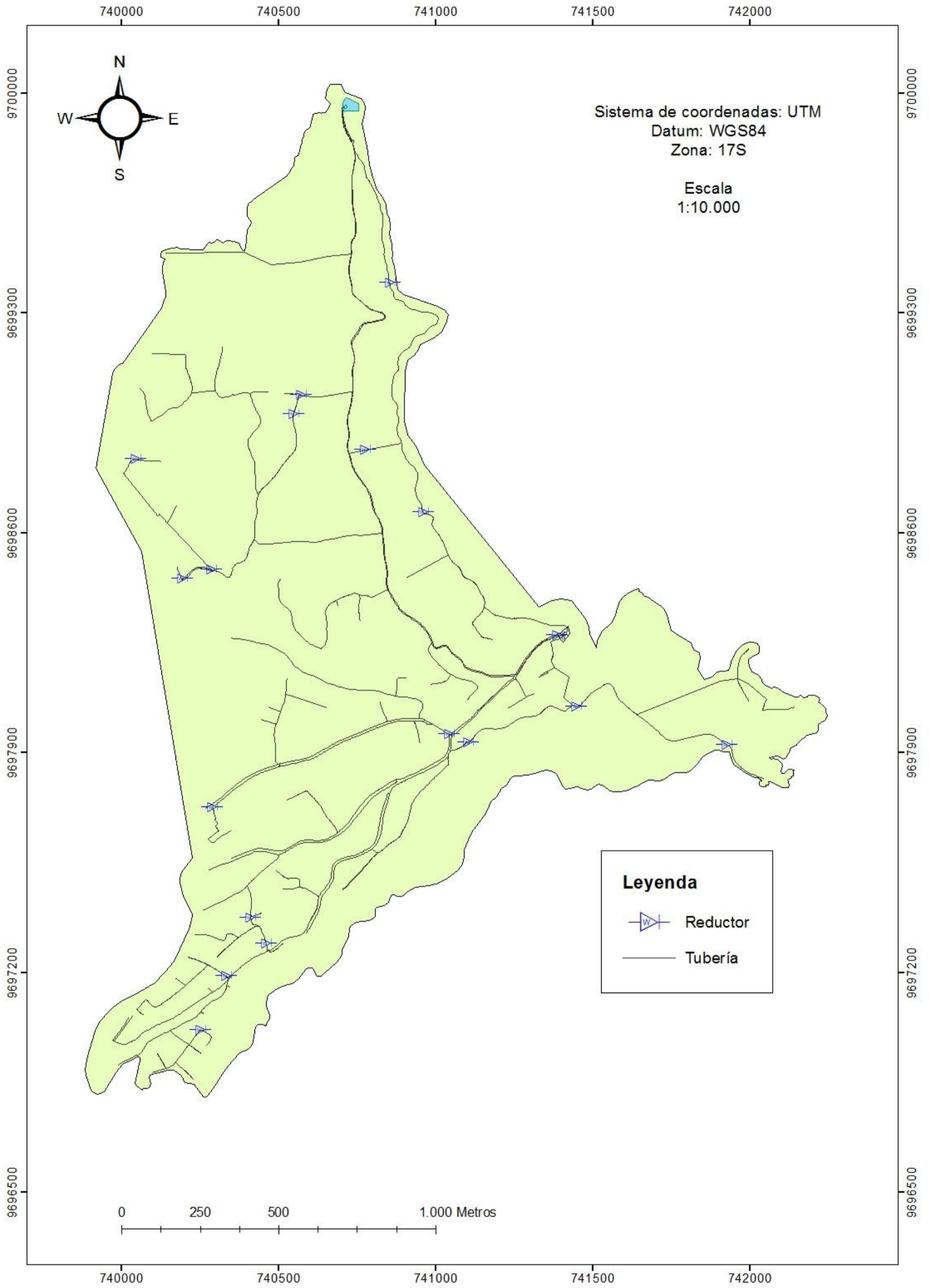


Ilustración 35. Reductores de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

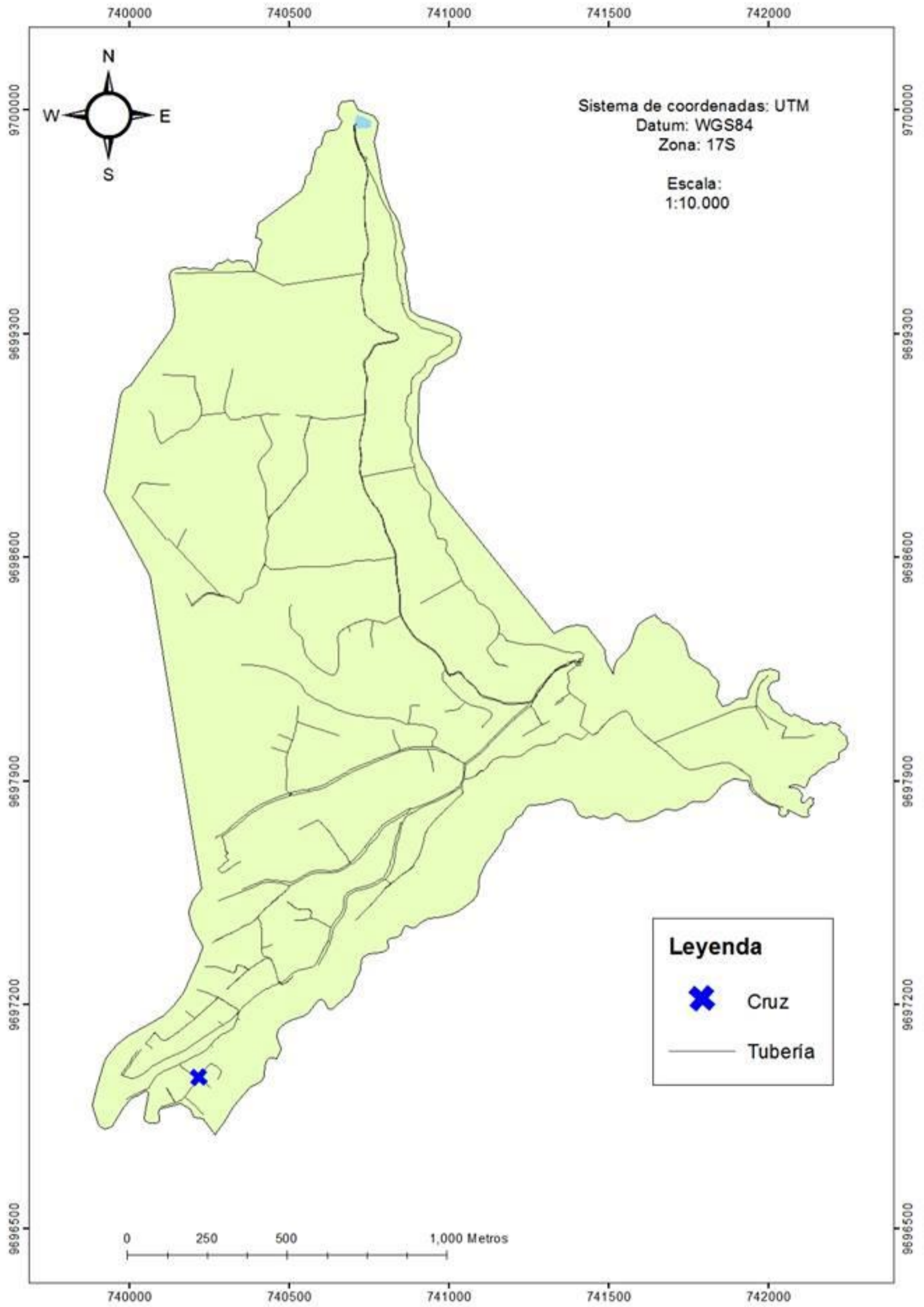


Ilustración 36. Cruces de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

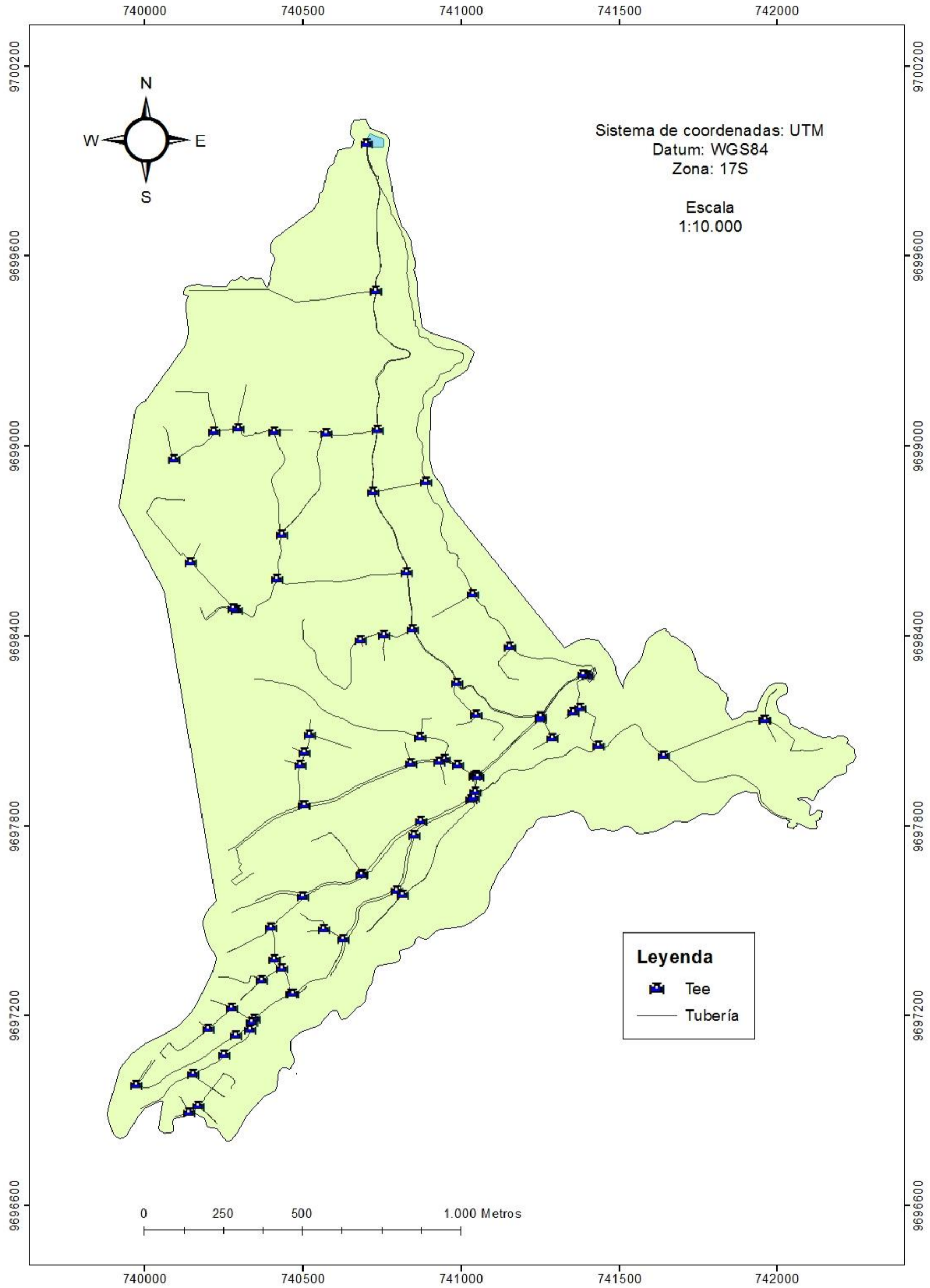


Ilustración 37. Tees de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

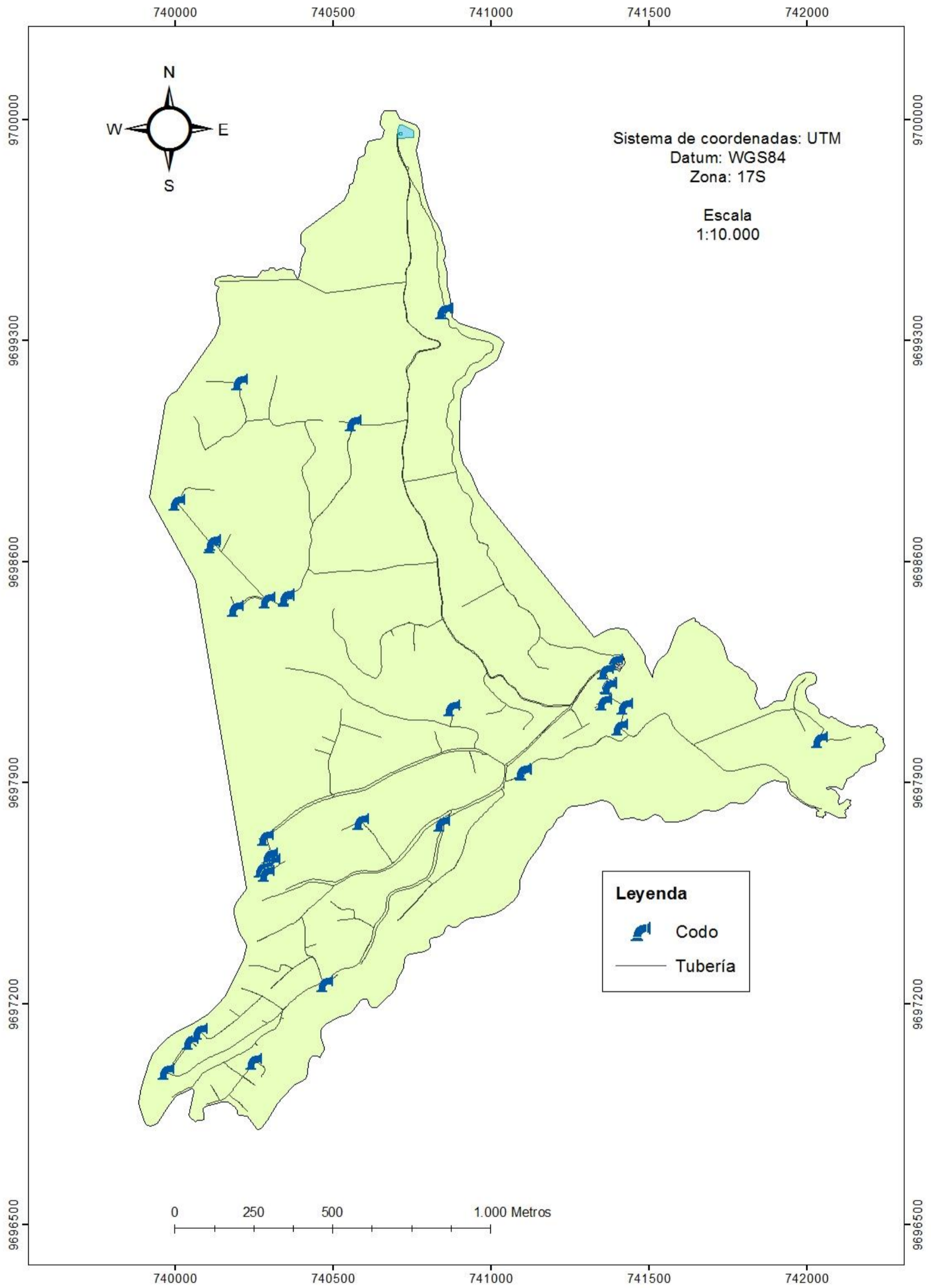


Ilustración 38. Codos de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

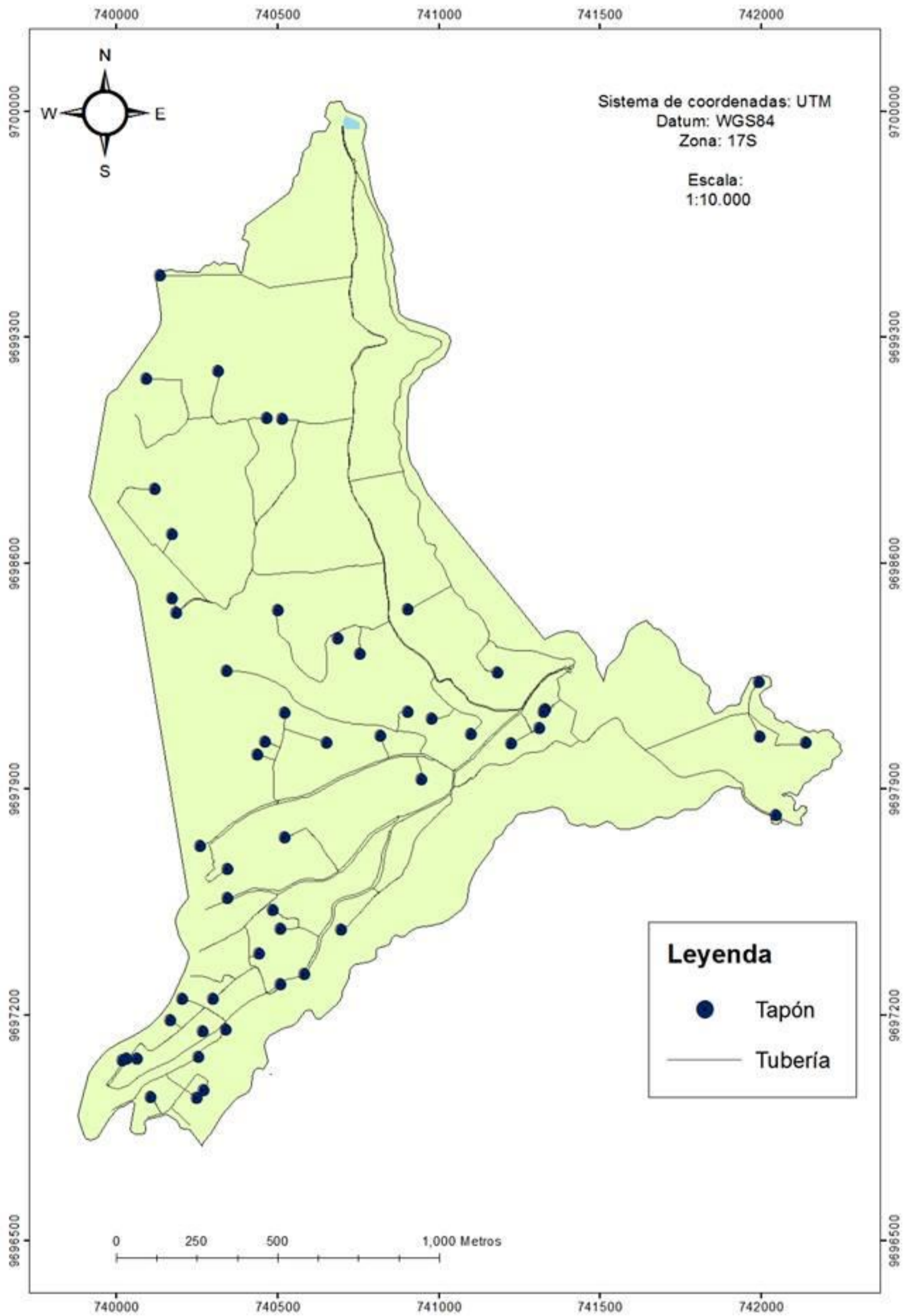


Ilustración 39. Tapones de la red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).

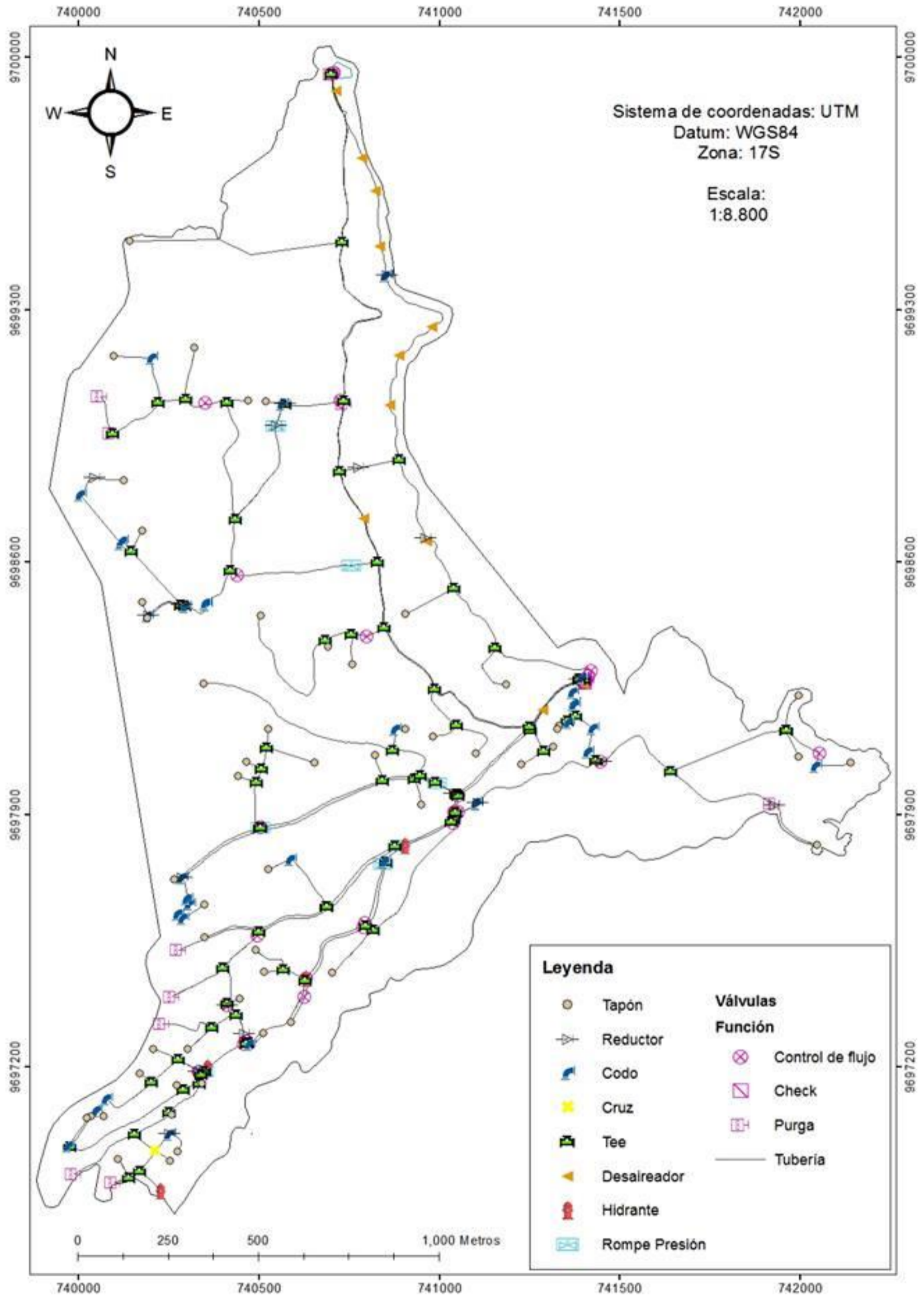


Ilustración 40. Red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas. (Elaboración: Autores).



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El post-procesamiento permitió obtener mayor precisión de la ubicación de los componentes de la red, donde se redujo el error de posición de 3 metros a un valor inferior a 50 centímetros, lo cual proporciona confiabilidad en la localización de la línea de conducción y accesorios, para acciones de control y mantenimiento.
- La red de agua potable de la parroquia Aurelio Bayas en su mayoría es de tipo ramificada y en ciertas secciones es reticulada, ya que se mantiene un patrón de red principal dividida en subredes de segundo, tercer e incluso cuarto orden.
- El abastecimiento de agua potable en la parroquia Aurelio Bayas y sus alrededores es realizado por dos entidades, EMAPAL – EP y la Junta de Agua Potable de Bayas, pero para este estudio, el levantamiento se realizó en el área de cobertura de la Junta de Agua de Bayas donde existen 1241 usuarios, ya que EMAPAL-EP ya cuenta con planos catastrales.
- El catastro de la red de agua potable dio un total de 27090 metros de tubería, donde predominan como características: diámetro de 63 milímetros, estado bueno y material PVC; no obstante, existen pequeños tramos de tubería que se encuentran descubiertas.
- El sistema de distribución administrado por la Junta de Agua de Bayas se compone de 3 tanques de distribución, 27090 metros de tuberías, 53 válvulas, 7 estaciones reductoras de presión, 12 desaireadores, 5 hidrantes, 18 reductores, 1 cruz, 78 tees, 35 codos y 54 tapones, distribuidos en los sectores: Corazón de María, General Veintimilla, Leg Abuga, Leg Tabacay, Oriente Alto, Oriente Bajo, Señor de Flores y Zhirincay.
- Considerando la amplitud del área de abastecimiento, se pudo observar que la cantidad de hidrantes es deficiente en el área de estudio, ya que el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España recomienda implementarlos a distancias menores de 200 m.
- El catastro de la red de agua potable fue entregado a la directiva de la Junta de Agua Potable de Bayas, con el propósito de establecer una base de datos que permita identificar los recursos que se tienen, conocer detalles técnicos y apoyar en las actividades de operación, mantenimiento y diagnóstico de pérdidas físicas.



5.2 RECOMENDACIONES

- La base de datos que se entregó a la Junta debería someterse a una continua actualización para brindar información precisa, confiable y vigente para la toma de decisiones.
- A partir del catastro de red de agua potable se debería catastrar las acometidas domiciliarias para mejorar la base de datos de la Junta e identificar instalaciones clandestinas.
- Debido a la deficiente cantidad de hidrantes, se recomienda realizar un estudio de hidrantes necesarios según normas técnicas.
- Se recomienda dar prioridad al mantenimiento correctivo de los elementos que se encuentran en estado deficiente o que puedan afectar la distribución de agua y establecer un programa de mantenimiento preventivo de la red.



BIBLIOGRAFÍA

- Academias, N. (2007, septiembre 1). Safe Drinking Water Is Essential [Text].
Recuperado 27 de septiembre de 2017, a partir de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Distribution/Household-Service.html>
- Anaya, S. (2015). *MODELO DE GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL DE LOS DAÑOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA*. Universidad de Manizales. Recuperado a partir de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2198/Anaya_Sergio_Alonso_2015.pdf?sequence=1
- Bagaria, J. (2001). *ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO* (tercera edición). Gustavo Gili.
- Campbell, E. (2013). *Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable*. Universidad Politécnica de Valencia.
Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38947/Tesina%20Master%20Ingenieria%20hidraulica.pdf?sequence=1>
- CEPIS, & OPS. (2004). *GUÍA DE DISEÑO PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL*.
Recuperado a partir de <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20%20Gravedad/disenosistemagua/Gu%C3%ADa%20de%20dise%C3%B1o%20para%20l%C3%ADneas%20de%20conducci%C3%B3n.pdf>
- Cualla, L., & Alfredo, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Panamericana de Formas e Impresos S.A. Recuperado a partir de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISC&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=54151&indexSearch=ID>



- ERSAPS. (2007). Procedimientos y buenas prácticas en catastro de redes de agua potable y redes de alcantarillado. Recuperado 15 de abril de 2017, a partir de <http://www.ersaps.hn/documentos/interes/Manual%20Catastro%20redes.pdf>
- ESRI. (2016). ArcMap: Utilizar Símbolos y estilos. Recuperado a partir de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/working-with-arcmap/using-symbols-and-styles.htm>
- Farjas, M. (2014). Topografía. Recuperado a partir de http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf
- Fragoso Sandoval, L., Roberto Ruiz, J., Flores, Z., León, J., & Bruno, A. (2013). Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(1), 112-126.
- Gancedo, E. G., & Merayo, V. M. (1999). *Esquemas de instalaciones hidraulicas*. Universidad de Oviedo.
- Giménez, T., & Ros, M. (2009). Sistema de posicionamiento global (GPS). Recuperado a partir de http://webs.um.es/bussons/GPSresumen_TamaraElena.pdf
- González Alcaraz, P. (2015). Levantamiento mediante GPS de una red de puntos establecidos para correlacionar los distintos espacios de la universidad en el mismo sistema de coordenadas. Recuperado a partir de <http://repositorio.upct.es/handle/10317/4651>
- González, P. (2015). *LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS DE UNA RED DE PUNTOS ESTABLECIDOS PARA CORRELACIONAR LOS DISTINTOS ESPACIOS DE LA UNIVERSIDAD EN EL MISMO SISTEMA DE COORDENADAS*. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado a partir de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf?sequence=1>
- Grise, S., Idolyantes, E., Brinton, E., Both, B., & Zeiler, M. (2001). *Water Utilities. ArcGIS Data Models*.



- INAMHI. (2015). Anuario Meteorológico. Recuperado a partir de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- INSHT. (1983). NTP 42: Bocas e hidrantes de incendio. Condiciones de instalación. Recuperado a partir de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_042.pdf
- Jaume, A. (2014). *Infraestructuras Hidráulico - Sanitarias I. Abastecimiento y distribución de agua*. (Universidad de Alicante).
- Junta de Agua. (2017). Características de la Parroqui Aurelio Bayas.
- Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2011). *Cartography, Third Edition: Visualization of Spatial Data*. Guilford Press.
- López, H. (2012). *Sistema de Información Geográfica aplicado al Catastro de Agua Potable del Cantón Paute, Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito.
- MAGAP. (2015). Fotografía Aérea y Ortofotos | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. Recuperado 17 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.sigtierras.gob.ec/fotografia-aerea-y-ortofotos/>
- Magellan. (2005). Manual de usuario MobileMapper Office. Recuperado a partir de <https://ashgps.com/mirror/master/MobileMapper%20Office%20for%20MMCX%20&%20MMPPro/Manuals/Espa%C3%B1ol/Manual%20del%20usuario.pdf>
- Martínez Solano, F. J., & others. (2002). Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable. Recuperado a partir de <http://www.tdx.cat/handle/10803/391065>
- NTE INEN 1108. (2014). Agua Potable. Requisitos. Recuperado a partir de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- Ochoa, P. (2008). Tutorial de prácticas ArcGIS Versión 9.2.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de información Geográfica*. España.



OMS. (2006). OMS | Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud.

Recuperado 17 de agosto de 2017, a partir de

http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/

Romero, F. (2005). *Acueductos: teoría y diseño*. Universidad de Medellín.

Segovia, O. (2016). *LEVANTAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN DE LA RED PRINCIPAL,*

SECUNDARIA DE AGUA POTABLE Y SUS COMPONENTES

COMPRENDIDO EN LOS BARRIOS EL RECREO, LAS PALMAS Y

COOPERATIVA PLAZA ARAY DE LA CIUDAD DE PUYO, CANTÓN Y

PROVINCIA DE PASTAZA APLICANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO.

SIAPA. (2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la A.M.G. |

Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.

Recuperado 29 de septiembre de 2017, a partir de

<http://www.siapa.gob.mx/transparencia/criterios-y-lineamientos-tecnicos-para-factibilidades-en-la-zmg>

Sivila, R. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG LIBRE PARA EL CATASTRO DE

REDES Y USUARIOS CASO DE ESTUDIO: COSSALT. Recuperado a partir

de <http://www.uajms.edu.bo/revistas/wp-content/uploads/2017/09/bitabit2017-digital-art4.pdf>

Trifunovic, N. (2006). *Introduction to Urban Water Distribution: Unesco-IHE Lecture*

Note Series. CRC Press.

Vegas, O. (2012). *HERRAMIENTAS DE AYUDA A LA SECTORIZACIÓN DE REDES*

DE ABASTECIMIENTO DE AGUA BASADAS EN LA TEORÍA DE GRAFOS

APLICANDO DISTINTOS CRITERIO. Universidad de Valencia, Valencia.

Recuperado a partir de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18008/Tesina_Master_OscarVegas.pdf?sequence=1

Villeta, J. (2000). *Diseño de proyectos de ingeniería*. INTEC



ANEXOS

Anexo 1. Tabla de atributos de tuberías

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Diámetro (mm)	Material	Fecha de instalación	Profundidad (m)	Estado	Longitud	Observaciones
ta2	740854,996 m	9699395,265 m	160	PVC	1998	0.4	regular	936,419 m	
tn63	741405,281 m	9698271,166 m	160	PVC	2012	1	bueno	2459,438 m	
tn75	741408,331 m	9698275,073 m	160	PVC	1998	0.6	regular	21,262 m	
ta1	740707,709 m	9699957,906 m	110	PVC	1998	0.8	regular	475,209 m	
ta3	740960,748 m	9698665,769 m	110	PVC	1998	0.8	regular	672,038 m	
ta43	740833,621 m	9699516,804 m	110	PVC	1998	superficial	regular	9,297 m	
ta49	740835,093 m	9699508,289 m	110	PVC	1998	0.8	regular	121,118 m	
ta5	741387,457 m	9698274,678 m	110	PVC - Caucho	2009	0.4	regular	469,657 m	
tn74	741400,615 m	9698266,293 m	90	PVC	2008	0.6	bueno	18,014 m	
tn2	741044,050 m	9697957,579 m	63	PVC	2014	0.6	bueno	865,998 m	
ta6	741052,799 m	9697953,697 m	63	PVC	1998	0.6	regular	469,755 m	
tn10	740213,062 m	9696969,659 m	63	PVC	2007	1	bueno	48,895 m	
tn11	740213,062 m	9696969,659 m	63	PVC	2007	1	bueno	59,695 m	
tn13	740258,884 m	9697069,530 m	63	PVC	2016	1.2	bueno	9,149 m	
tn14	740342,624 m	9697153,918 m	63	PVC	2016	1.2	bueno	9,157 m	
tn15	740348,341 m	9697189,391 m	63	PVC	2008	1	bueno	444,014 m	
tn16	739975,336 m	9696980,792 m	63	PVC	2013	0.6	bueno	101,926 m	
tn17	739970,969 m	9696983,354 m	63	PVC	2013	0.6	bueno	91,820 m	
tn18	740290,136 m	9697137,692 m	63	PVC	2013	1	bueno	21,438 m	
tn19	740340,007 m	9697179,571 m	63	PVC	2016	1.2	bueno	7,031 m	
tn24	740464,073 m	9697267,546 m	63	PVC	2016	1.2	bueno	25,422 m	
tn25	740469,785 m	9697269,942 m	63	PVC	2016	1	bueno	58,098 m	
tn26	740469,357 m	9697269,736 m	63	PVC	2016	1.2	bueno	5,358 m	
tn27	740410,653 m	9697372,343 m	63	PVC	2008	0.6	bueno	148,324 m	
tn3	740276,099 m	9697526,410 m	63	PVC	2014	0.6	bueno	707,337 m	
tn31	740259,681 m	9697398,905 m	63	PVC	2012	0.6	bueno	292,244 m	
tn33	740687,175 m	9697645,453 m	63	PVC	2014	1	bueno	5,439 m	matriz 1 lado
tn37	741047,871 m	9698148,882 m	63	PVC	2012	0.6	bueno	76,800 m	
tn38	740492,133 m	9697990,997 m	63	PVC	2012	1	bueno	56,998 m	
tn4	740587,578 m	9697325,000 m	63	PVC	2017	1	bueno	852,460 m	
tn40	740546,218 m	9698979,020 m	63	PVC	2007	1	bueno	301,034 m	
tn41	740286,110 m	9698483,907 m	63	PVC	2010	0.8	bueno	109,486 m	
tn45	740296,988 m	9699053,482 m	63	PVC	2007	0.8	bueno	143,988 m	
tn47	741434,683 m	9698052,478 m	63	PVC	2017	1	bueno	13,954 m	
tn5	741052,799 m	9697953,697 m	63	PVC	2014	0.6	bueno	4,443 m	
tn54	740722,565 m	9698853,030 m	63	PVC	2014	0.4	bueno	53,327 m	
tn58	740628,206 m	9697441,539 m	63	PVC	2012	1.2	bueno	177,716 m	



tn59	740513,491 m	9697465,202 m	63	PVC	2012	1.2	bueno	54,771 m	
tn6	740851,846 m	9697768,786 m	63	PVC	2016	1	bueno	1310,382 m	
tn69	740292,630 m	9698481,501 m	63	PVC	2013	0.8	bueno	122,106 m	
tn69	741104,334 m	9697931,538 m	63	PVC	2014	0.6	bueno	76,309 m	
tn7	740154,645 m	9697015,055 m	63	PVC	2007	0.8	bueno	226,615 m	
tn71	741039,374 m	9697888,706 m	63	PVC	2015	0.8	bueno	9,469 m	
tn8	740228,160 m	9696858,848 m	63	PVC	2007	1	bueno	80,503 m	
tn9	740139,902 m	9696893,491 m	63	PVC	2007	1	bueno	60,349 m	
ta10	741041,931 m	9697957,835 m	50	PVC	2005	0.6	regular	60,922 m	
ta11	740993,658 m	9697988,378 m	50	PVC	2005	0.6	regular	522,536 m	
ta12	740504,623 m	9697865,189 m	50	PVC	2005	0.6	regular	282,987 m	
ta13	740286,662 m	9697726,261 m	50	PVC	2005	0.6	regular	261,335 m	
ta14	740502,146 m	9697855,593 m	50	PVC	2005	0.6	regular	519,782 m	
ta15	740843,372 m	9697997,345 m	50	PVC	2005	0.8	regular	71,513 m	algunas reparaciones
ta16	740505,239 m	9697865,318 m	50	PVC	2005	1	regular	290,423 m	
ta29	741447,260 m	9698046,433 m	50	PVC	2000	0.8	regular	593,845 m	
ta36	740730,092 m	9699049,027 m	50	PVC	1998	0.8	regular	4.253 m	
ta37	740573,148 m	9699038,138 m	50	PVC	1998	0.5	regular	71.994 m	
ta4	740707,000 m	9699956,008 m	50	PVC	1999	0.8	regular	2257,230 m	
ta41	741101,733 m	9698069,702 m	50	PVC	1978	0.8	regular	280,610 m	
ta45	740572,057 m	9699038,797 m	50	PVC	1998	0.6	regular	160,517 m	
ta7	741033,973 m	9697883,315 m	50	PVC	2017	0.4	bueno	409,196 m	
ta8	740816,989 m	9697581,832 m	50	PVC	2000	0.4	regular	167,348 m	
tn21	740202,814 m	9697158,622 m	40	PVC	2016	0.6	bueno	40,524 m	
tn46	740931,124 m	9698001,135 m	40	PVC	2017	0.4	bueno	74,949 m	
tn60	740757,266 m	9698402,210 m	40	PVC	2015	0.6	bueno	85,174 m	empata 32
ta20	740434,900 m	9698722,514 m	32	PVC	2000	0.8	regular	361,210 m	
ta21	740281,926 m	9698484,929 m	32	PVC	2000	0.8	regular	246,544 m	
ta22	740005,129 m	9698788,808 m	32	PVC	2000	0.6	regular	63,701 m	
ta25	740434,414 m	9698719,852 m	32	PVC	2000	0.8	regular	408,980 m	
ta26	740410,441 m	9699044,517 m	32	PVC	2000	0.6	regular	75,443 m	
ta32	741434,683 m	9698052,478 m	32	PVC	1998	0.4	regular	28,753 m	
ta34	741413,360 m	9698033,189 m	32	PVC	1998	1	regular	350,410 m	
ta38	741400,603 m	9698265,943 m	32	PVC	1998	0.4	regular	182,646 m	
ta39	741378,042 m	9698171,604 m	32	PVC	1998	0.5	regular	156,943 m	
ta39	741265,427 m	9698123,507 m	32	PVC	1998	0.4	regular	80,376 m	sup mang salida
ta40	741265,427 m	9698123,507 m	32	PVC	1978	0.6	regular	20,134 m	
ta42	740798,817 m	9698394,814 m	32	PVC	1998	0.6	regular	43,616 m	empatado a 63
ta44	740005,129 m	9698788,808 m	32	PVC	2000	0.8	regular	175,024 m	final con tapón
ta46	741356,137 m	9698159,034 m	32	PVC	2017	0.4	bueno	26,576 m	
ta47	740341,651 m	9699033,421 m	32	PVC	1998	0.8	regular	295,913 m	
tn20	740332,050 m	9697187,406 m	32	PVC	2008	0.6	bueno	394,532 m	
tn22	740276,081 m	9697222,600 m	32	PVC	2008	0.6	bueno	74,146 m	



tn23	740302,978 m	9697250,164 m	32	PVC	2003	0.6	regular	248,855 m	
tn28	740410,653 m	9697372,343 m	32	PVC	2008	0.6	bueno	28,433 m	
tn30	740370,185 m	9697311,009 m	32	PVC	2008	0.8	bueno	160,555 m	
tn32	740526,303 m	9697749,873 m	32	PVC	2012	0.4	regular	234,589 m	
tn34	740521,599 m	9698086,093 m	32	PVC	2008	1	bueno	143,310 m	
tn35	740877,151 m	9698136,799 m	32	PVC	2012	0.8	bueno	58,367 m	
tn36	740906,010 m	9698138,356 m	32	PVC	2014	0.8	bueno	28,971 m	continua tubería 32
tn42	740191,309 m	9698451,534 m	32	PVC	2010	0.6	bueno	41,943 m	
tn48	741926,084 m	9697925,083 m	32	PVC	2017	0.4	bueno	173,526 m	
tn55	740518,712 m	9699045,341 m	32	PVC	2014	0.8	bueno	54.878 m	
tn57	740419,944 m	9698578,347 m	32	PVC	2008	0.6	bueno	415,393 m	empata en 32
tn73	740798,817 m	9698394,814 m	32	PVC	2007	0.8	bueno	54,248 m	
ta17	740308,320 m	9697650,507 m	25	PVC	2003	0.4	regular	88,820 m	
ta18	740308,320 m	9697650,507 m	25	PVC	2003	0.4	regular	42,506 m	
ta19	740279,812 m	9697620,304 m	25	PVC	2003	0.6	regular	84,823 m	
ta24	740150,927 m	9698642,073 m	25	PVC	2008	0.4	bueno	11,553 m	
ta27	740221,698 m	9699043,274 m	25	PVC	2000	0.6	regular	128,613 m	
ta28	740097,887 m	9699171,743 m	25	PVC	1998	0.6	regular	105,140 m	
ta31	742053,848 m	9698070,393 m	25	PVC	1998	0.8	regular	453,916 m	
ta48	740274,517 m	9697625,828 m	25	PVC	2003	superficial	regular	7,652 m	
ta9	740948,582 m	9698009,516 m	25	PVC	1998	0.6	regular	715,629 m	
tn12	740250,130 m	9697016,318 m	25	PVC	2016	0.4	bueno	73,035 m	
tn29	740410,652 m	9697378,109 m	25	PVC	2008	0.4	bueno	36,178 m	
tn39	740505,993 m	9698029,734 m	25	PVC	2015	0.8	bueno	48,482 m	
tn44	740150,927 m	9698642,073 m	25	PVC	2008	0.4	bueno	55,054 m	
tn49	742140,590 m	9698044,665 m	25	PVC	2007	0.4	bueno	100,302 m	
tn50	742041,425 m	9698035,935 m	25	PVC	2007	superficial	bueno	35,927 m	
tn52	741996,038 m	9698231,474 m	25	PVC	2014	0.4	bueno	189,772 m	
tn56	741153,339 m	9698363,370 m	25	PVC	2008	0.6	bueno	157.575 m	
tn61	740757,266 m	9698402,210 m	25	PVC	2012	0.8	bueno	540,639 m	
tn62	740683,163 m	9698385,322 m	25	PVC	2014	0.6	bueno	21,522 m	
tn64	740093,886 m	9698957,936 m	25	PVC	2008	0.5	bueno	112,915 m	
tn65	740774,936 m	9698863,082 m	25	PVC	2012	0.4	bueno	117,054 m	empataen25enT
tn66	741039,343 m	9698530,211 m	25	PVC	2008	0.6	bueno	152,727 m	
tn67	740140,393 m	9699490,744 m	25	PVC	2009	0.6	bueno	599,399 m	empataen25enT
tn68	741288,837 m	9698076,797 m	25	PVC	1998	0.4	regular	71,566 m	
tn70	741959,783 m	9698134,643 m	25	PVC	2014	0.4	bueno	189,772 m	
ta23	740044,172 m	9698835,085 m	20	PVC	2000	0.5	regular	80,871 m	



Anexo 2. Tabla de atributos de válvulas.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Tipo	Estado	Material	Fecha de instalación	Diámetro (mm)	Función	Observaciones	Profundidad (m)	Pendiente (°)	Altura (m)
v1	740707.707 m	9699957.908 m	mariposa	regular	cobre	1998	110	control flujo	cambio de accesorios en 2017 y salida al tanque	3	13,25	2787,74
v2	740707.075 m	9699956.623 m	mariposa	bueno	cobre	2010	110	control flujo		3	13,25	2787,74
v3	740707.000 m	9699956.008 m	mariposa	regular	cobre	1998	50	control flujo		3	13,16	2787,37
v4	740701.320 m	9699953.291 m	mariposa	bueno	cobre	2010	160	purga	lavado de tanque	1	7,17	2786,55
v5	740700.777 m	9699953.341 m	dado	bueno	hierro fundido	2010	160	control flujo		1	7,17	2786,55
v6	740734.560 m	9699039.878 m	dado	bueno	hierro fundido	2010	160	purga	efluente al alcantarillado	1.2	15,21	2711,75
v7	741419.314 m	9698297.684 m	mariposa	regular	hierro fundido	1998	110	control flujo	entrada de recarga al tanque	1.2	12,41	2768,58
v8	741414.028 m	9698284.000 m	mariposa	regular	hierro fundido	1998	110	control flujo	entrada de recarga al tanque	0.8	13,26	2769,87
v9	741408.331 m	9698275.073 m	mariposa	regular	hierro fundido	1998	160	control flujo		0.6	10,72	2769,88
v10	741408.573 m	9698274.855 m	mariposa	regular	hierro fundido	1998	110	purga		0.6	10,72	2769,88
v11	741400.327 m	9698275.681 m	dado	bueno	hierro fundido	2008	160	control flujo	entrada de recarga al tanque	0.7	20,64	2767,32
v12	741405.479 m	9698271.269 m	mariposa	bueno	cobre	2008	90	control flujo	entrada de recarga al tanque	0.4	11,24	2769,17
v13	741400.693 m	9698267.023 m	mariposa	bueno	cobre	2008	90	purga		1.10	11,66	2768,13
v14	741400.708 m	9698266.693 m	mariposa	bueno	cobre	2008	90	control flujo	posterior funcionamiento	1.10	11,66	2768,13
v15	741400.697 m	9698266.349 m	mariposa	bueno	cobre	2008	90	control flujo		1.10	11,66	2768,13
v16	741400.679 m	9698266.022 m	mariposa	bueno	cobre	2008	90	control flujo		1.10	11,66	2768,13
v17	741399.267 m	9698264.931 m	mariposa	bueno	cobre	2008	50	control flujo		0.8	11,66	2768,13
v20	740503.968 m	9697864.821 m	mariposa	bueno	cobre	2012	40	control flujo	abierta	0.4	10,07	2655,16
v21	740503.513 m	9697864.739 m	mariposa	bueno	cobre	2012	40	control flujo		0.4	10,07	2655,16
v22	740495.946 m	9697565.295 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo	abierta 4 vueltas	1	13,64	2641,09
v23	740276.099 m	9697526.410 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	purga		0.40	13,23	2615,60
v24	740257.795 m	9697394.858 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	purga		0.40	6,27	2611,47
v25	740230.077 m	9697321.050 m	palanca	bueno	hierro fundido	2008	32	purga		0.40	9,65	2607,89
v26	740410.998 m	9697371.993 m	mariposa	bueno	cobre	2008	32	control flujo	bypass emergencia	0.4	8,36	2636,85
v27	740334.728 m	9697185.519 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo	4 vueltas	1	2,66	2634,06
v28	740332.508 m	9697187.883 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo	posterior funcionamiento	1	1,96	2634,11
v29	740345.809 m	9697185.937 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		1	16,50	2632,57
v30	740345.483 m	9697186.418 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		1	12,99	2632,96
v31	739986.148 m	9696902.478 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	purga		1	10,61	2598,15
v32	740094.542 m	9696880.876 m	dado	bueno	hierro fundido	2006	63	purga		0.8	2,76	2591,87
v33	740458.655 m	9697265.233 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		0.8	13,79	2642,18
v34	740463.471 m	9697270.546 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		1	12,86	2642,80
v35	740468.497 m	9697271.644 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo	posterior funcionamiento	1	11,13	2643,38
v36	740626.151 m	9697395.576 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		0.8	7,30	2658,21
v37	740630.270 m	9697445.924 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo	control flujo para el hidrante	1.2	8,24	2663,26
v38	740793.004 m	9697600.172 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		1	3,85	2685,55
v39	740789.575 m	9697589.327 m	dado	bueno	hierro fundido	2016	63	control flujo		1	7,19	2685,99
v40	740726.404 m	9699048.284 m	palanca	bueno	cobre	2008	32	control flujo		0.2	14,17	2709,36
v41	740351.953 m	9699040.523 m	palanca	bueno	hierro fundido	2016	32	control flujo	1/4 de vuelta	superficial	17,15	2616,40
v42	740090.521 m	9698957.829 m	palanca	bueno	hierro fundido	2008	32	purga		0.8	13,56	2563,99
v43	740056.590 m	9699060.844 m	palanca	bueno	hierro fundido	2008	25	purga		0.5	18,02	2565,06
v44	740438.445 m	9698564.944 m	palanca	bueno	hierro fundido	2008	25	control flujo	bypass emergencia	0.7	11,41	2604,83
v45	740798.817 m	9698394.814 m	palanca	bueno	acero inoxidable	2008	32	control flujo	1/4 de vuelta	0.8	12,94	2692,91
v46	741445.770 m	9698047.149 m	dado	bueno	hierro fundido	2017	63	control flujo		1	9,27	2739,43
v47	741921.263 m	9697929.536 m	palanca	bueno	acero inoxidable	2017	50	purga		1.20	2,38	2672,04
v48	742053.848 m	9698070.393 m	palanca	bueno	acero inoxidable	2008	25	control flujo		superficial	12,58	2690,57



v49	741052.799 m	9697953.697 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo		0.4	5,72	2721,96
v50	741052.943 m	9697907.267 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo		0.5	2,19	2718,54
v51	741040.907 m	9697908.132 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo	control flujo para el hidrante	0.5	3,59	2718,67
v52	741039.662 m	9697888.702 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo		0.5	8,54	2716,89
v53	741037.279 m	9697877.894 m	dado	bueno	hierro fundido	2012	63	control flujo		0.5	2,88	2715,79
v54	741401.403 m	9698266.102 m	Check	bueno	hierro fundido	2012	90	flujo en un solo sentido		0.5	11,66	2768,13
v55	741401.329 m	9698266.467 m	Check	bueno	hierro fundido	2012	90	flujo en un solo sentido		0.5	11,66	2768,13

Anexo 3. Tabla de atributos de rompe presiones.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Fecha de instalación	Estado	Profundidad (m)	Material	Observaciones	Pendiente (°)	Altura (m)
rp1	740892.215 m	9697817.493 m	2012	bueno	1.40	PVC y hierro fundido		9,78	2702,31
rp2	740349.328 m	9697190.338 m	2016	bueno	1.20	PVC Y hierro fundido		13,80	2633,48
rp3	740546.053 m	9698978.320 m	2008	bueno	0.5	PVC y hierro fundido	Da problemas, siempre se tapona el filtro	7,40	2666,81
rp4	740755.627 m	9698592.093 m	2008	bueno	0.8	PVC y hierro fundido		15,21	2689,43
rp5	740993.150 m	9697988.619 m	2015	bueno	0.8	PVC y hierro fundido		6,40	2712,85
rp6	740504.677 m	9697864.889 m	2017	bueno	0.8	PVC y hierro fundido		10,07	2655,16
rp7	740845.286 m	9697766.297 m	2017	bueno	1.2	PVC y hierro fundido		12,43	2697,58

Anexo 4. Tabla de atributos de desaireadores.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Collarin	Neplo	Adaptador	Llave	Tipo	Fecha de instalación	Estado	Material	Observaciones	Pendiente (°)	Altura (m)
d1	740787,244 m	9699721,201 m	110 a 1/2	L0.5 D 1/2	3/4 a 1/2 rosca	no	3/4 bola	1998	regular	PVC	cambio de accesorio	16,82	2784,27
d2	740822,931 m	9699631,257 m	110 a 1/2	L 0.3 -0.2 D1/2	3/4a1/2 rosca hembra	1/2 mariposa	3/4 bola	1998	regular	Hierro galvanizado	cambio de accesorio	16,02	2785,32
d3	740835,544 m	9699477,581 m	110 a 1/2	L 0.3 0.2 D1/2	3/4 1/2 rosca hembra	1/2	3/4 bola	1998	regular	Hierro galvanizado		22,22	2784,96
d4	740979,947 m	9699252,547 m	160 a 1/2	L0.1 1 0.5 D1/2	3/4 a1/2 rosca hembra	no	3/4 bola	1998	regular	PVC	cambio de accesorio	50,79	2783,27
d5	740889,860 m	9699174,964 m	160 a 1/2	L0.5 D1/2	3/4 a1/2 rosca hembra	si	3/4 bola	1998	regular	PVC		52,31	2784,30
d6	740862,398 m	9699037,946 m	160 a 1/2	L0.5 a D1/2	3/4 a1/2 rosca hembra	no	3/4 bola	1998	regular	PVC		37,54	2788,09
d7	740964,817 m	9698659,959 m	110 a 1/2	L1.20 D1/2	no	si	no	1998	regular	PVC		22,83	2780,21
d8	741152,455 m	9698364,630 m	110 a 1/2	L0.20 0.10 D1/2	3/4 a 1/2 rosca hembra	si	3/4 bola	1998	regular	PVC		17,84	2778,79
d9	741287,549 m	9698191,264 m	160 a 1/2	L0.5 D3/4prdro	no	si 3/4	3/4 triple ac	2012	bueno	PVC	neplo sin adaptador	8,14	2747,69
d10	740791,338 m	9698721,353 m	160 a 1/2	L0.5 D3/4	no	si 3/4	3/4 tripleac	2012	bueno	PVC	perdido roscable	17,97	2714,04



d11	740713,275 m	9699907,905 m	160 a 1/2	L0.5 D3/4	no	si	3/4 bola	2010	bueno	PVC		20,82	2783,93
d12	741398,317 m	9698265,009 m	50 a 1/2	D3/4 L0.05 D3/4	L3/4 a D0.5	no	3/4 bola	2008	bueno	PVC	1 neplo perdido	11,66	2768,13

Anexo 5. Tabla de atributos de hidrantes.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Diámetro (mm)	Material	Pendiente (°)	Altura (m)
h1	740227.550 m	9696857.990 m	63	hierro fundido	10,44	2594,25
h2	740630.408 m	9697446.700 m	63	hierro fundido	8,24	2663,26
h3	741040.716 m	9697907.785 m	63	hierro fundido	3,59	2718,67
h4	740905.755 m	9697813.790 m	63	hierro fundido	8,53	2704,35
h5	740357.853 m	9697198.349 m	63	hierro fundido	14,98	2633,71

Anexo 6. Tabla de atributos de reductores

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Material	Pendiente (°)	Altura (m)
r1	740960,748 m	9698665,769 m	PVC	23,04	2781,02
r2	741387,457 m	9698274,678 m	PVC	15,56	2763,56
r3	740854,996 m	9699395,261 m	PVC	19,40	2789,83
r4	741041,931 m	9697957,835 m	PVC	9,15	2721,19
r5	740774,936 m	9698863,082 m	PVC	20,68	2726,64
r6	740546,244 m	9698978,994 m	PVC	8,85	2667,12
r7	740250,213 m	9697016,309 m	PVC	16,93	2611,71
r8	740332,003 m	9697187,441 m	PVC	1,96	2634,11
r9	740459,597 m	9697291,177 m	PVC	9,83	2642,70
r10	740410,653 m	9697372,343 m	PVC	7,55	2637,43
r11	741104,633 m	9697931,849 m	PVC	5,06	2722,37
r12	741447,260 m	9698046,433 m	PVC	12,39	2739,04
r13	741926,084 m	9697925,083 m	PVC	5,48	2672,19
r14	740288,046 m	9697724,410 m	PVC	6,60	2625,28
r15	740192,365 m	9698452,517 m	PVC	7,00	2628,18
r16	740286,110 m	9698483,907 m	PVC	19,13	2607,83
r17	740044,172 m	9698835,085 m	PVC	12,50	2558,13
r18	740572,057 m	9699038,797 m	PVC	20,49	2673,61

Anexo 7. Tabla de atributos de cruces.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Material	Pendiente (°)	Altura (m)
cr1	740213.062 m	9696969.661 m	PVC	10,60159969	2602,060059

**Anexo 8. Tabla de atributos de tees.**

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Material	Tipo	Pendiente (°)	Altura (m)
t1	740731,655 m	9699488,193 m	PVC	reductora	24,03	2745,98
t2	740735,414 m	9699048,854 m	PVC		15,73	2712,59
t3	740890,759 m	9698885,098 m	PVC	reductora	46,61	2805,44
t4	740722,565 m	9698853,030 m	PVC	reductora	3,00	2713,03
t5	741039,343 m	9698530,211 m	PVC	reductora	20,88	2779,85
t6	740846,902 m	9698419,927 m	PVC	reductora	14,39	2705,27
t7	740757,266 m	9698402,210 m	PVC	reductora	14,12	2685,65
t8	740492,133 m	9697990,997 m	PVC	reductora	10,78	2643,79
t9	740505,993 m	9698029,734 m	PVC	reductora	12,63	2645,59
t10	740521,599 m	9698086,093 m	PVC	reductora	4,77	2646,05
t11	740843,372 m	9697997,345 m	PVC		6,61	2701,24
t12	740870,459 m	9698079,081 m	PVC	reductora	9,88	2691,39
t13	741047,871 m	9698148,882 m	PVC	reductora	6,93	2723,23
t14	740687,616 m	9697645,835 m	PVC	reductora	13,27	2665,70
t15	740501,724 m	9697575,822 m	PVC		12,54	2640,38
t16	740796,808 m	9697593,283 m	PVC	reductora	8,94	2686,36
t17	740816,989 m	9697581,832 m	PVC		6,75	2689,23
t18	740874,289 m	9697814,546 m	PVC		11,12	2699,56
t19	741033,973 m	9697883,315 m	PVC	reductora	5,91	2716,14
t20	741039,374 m	9697888,706 m	PVC		8,53	2717,23
t21	740948,582 m	9698009,516 m	PVC	reductora	6,30	2708,58
t22	740931,124 m	9698001,135 m	PVC	reductora	3,77	2706,85
t23	740683,163 m	9698385,322 m	PVC		11,53	2671,48
t24	741154,378 m	9698364,020 m	PVC	reductora	15,00	2779,70
t25	740829,199 m	9698600,619 m	PVC	reductora	8,90	2710,54
t26	741288,837 m	9698076,797 m	PVC	reductora	2,17	2747,97
t27	741356,137 m	9698159,034 m	PVC		18,49	2757,56
t28	741378,042 m	9698171,604 m	PVC		3,89	2762,44
t29	740410,652 m	9697378,109 m	PVC	reductora	11,00	2637,42
t30	740567,522 m	9697471,775 m	PVC		9,89	2655,47
t31	740370,185 m	9697311,009 m	PVC		10,20	2628,45
t32	740276,081 m	9697222,600 m	PVC		11,86	2619,73
t33	740202,814 m	9697158,622 m	PVC	reductora	13,26	2616,40
t34	740333,816 m	9697156,222 m	PVC		18,06	2631,85
t35	740290,136 m	9697137,692 m	PVC		4,15	2632,14
t36	740252,048 m	9697075,518 m	PVC		26,62	2623,52
t37	739975,336 m	9696980,792 m	PVC		10,66	2603,90
t38	740154,645 m	9697015,055 m	PVC		20,63	2614,76
t39	740169,843 m	9696913,090 m	PVC		5,31	2594,58
t40	740139,902 m	9696893,491 m	PVC		1,88	2592,70
t41	740399,614 m	9697476,897 m	PVC		10,40	2631,67



t42	740503,505 m	9697864,888 m	PVC		9,92	2655,12
t43	740292,630 m	9698481,501 m	PVC	reductora	16,99	2607,21
t44	740281,926 m	9698484,929 m	PVC	reductora	22,57	2607,95
t45	740419,944 m	9698578,347 m	PVC		6,44	2600,84
t46	740145,664 m	9698631,810 m	PVC	reductora	21,31	2586,07
t47	741640,731 m	9698021,240 m	PVC	reductora	13,92	2715,92
t48	741959,783 m	9698134,643 m	PVC		10,52	2701,59
t49	741961,540 m	9698134,903 m	PVC		10,63	2701,30
t50	740434,414 m	9698719,852 m	PVC		16,52	2614,37
t51	740221,698 m	9699043,274 m	PVC	reductora	9,96	2587,91
t52	740296,988 m	9699053,482 m	PVC	reductora	13,59	2604,09
t53	740410,441 m	9699044,517 m	PVC		17,23	2637,64
t54	740574,342 m	9699038,167 m	PVC		20,25	2674,77
t55	740093,886 m	9698957,936 m	PVC	reductora	9,93	2565,11
t56	740464,073 m	9697267,546 m	PVC		12,86	2642,80
t57	740469,357 m	9697269,736 m	PVC		10,33	2642,80
t58	740469,785 m	9697269,942 m	PVC		10,84	2643,35
t59	740986,945 m	9698250,051 m	PVC		10,61	2715,53
t60	741253,009 m	9698136,447 m	PVC	reductora	11,85	2744,45
t61	741251,840 m	9698144,926 m	PVC	reductora	6,98	2744,12
t62	741044,050 m	9697957,579 m	PVC	reductora	7,90	2721,67
t63	741047,697 m	9697960,204 m	PVC	reductora	7,80	2722,00
t64	741052,799 m	9697953,697 m	PVC		6,17	2722,19
t65	740701,178 m	9699953,665 m	PVC		7,17	2786,55
t66	740348,341 m	9697189,391 m	PVC		13,80	2633,48
t67	740340,007 m	9697179,571 m	PVC		15,19	2633,01
t68	741046,108 m	9697906,673 m	PVC		1,34	2718,71
t69	740990,119 m	9697990,273 m	PVC		6,63	2712,75
t70	741434,683 m	9698052,478 m	PVC	reductora	16,54	2740,10
t71	741401,631 m	9698274,381 m	PVC	reductora	18,28	2768,42
t72	741387,937 m	9698276,397 m	PVC	reductora	11,75	2763,35
t73	741387,412 m	9698277,002 m	PVC	reductora	11,75	2763,35
t74	740687,175 m	9697645,453 m	PVC		13,27	2665,70
t75	740505,239 m	9697865,318 m	PVC		9,92	2655,12
t76	740852,825 m	9697768,620 m	PVC		11,78	2699,32
t77	740435,880 m	9697347,145 m	PVC		5,88	2638,21
t78	740628,206 m	9697441,539 m	PVC		7,98	2663,23



Anexo 9. Tabla de atributos de codos.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Material	Pendiente (°)	Altura (m)
c1	740202,985 m	9699168,755 m	PVC	8,65	2587,15
c2	740563,945 m	9699038,872 m	PVC	9,52	2671,93
c3	740005,129 m	9698788,808 m	PVC	6,50	2556,23
c4	740115,481 m	9698652,957 m	PVC	18,27	2579,17
c5	740119,697 m	9698659,783 m	PVC	9,85	2577,83
c6	740191,309 m	9698451,534 m	PVC	7,35	2628,67
c7	740291,365 m	9698477,329 m	PVC	14,17	2607,69
c8	740353,250 m	9698484,113 m	PVC	10,40	2602,36
c9	740351,502 m	9698487,792 m	PVC	11,56	2602,11
c10	740877,151 m	9698136,799 m	PVC	10,00	2696,14
c11	741393,812 m	9698281,271 m	PVC	9,50	2764,32
c12	741365,006 m	9698253,014 m	PVC	15,66	2760,86
c13	741374,040 m	9698209,454 m	PVC	7,50	2762,32
c14	741371,846 m	9698208,341 m	PVC	7,54	2761,93
c15	741373,216 m	9698205,701 m	PVC	7,60	2761,96
c16	741358,127 m	9698155,286 m	PVC	19,95	2756,76
c17	741423,397 m	9698142,377 m	PVC	2,04	2763,42
c18	741408,845 m	9698075,702 m	PVC	19,95	2756,81
c19	741104,334 m	9697931,538 m	PVC	5,06	2722,37
c20	741100,444 m	9697935,073 m	PVC	4,44	2722,22
c21	740588,734 m	9697777,391 m	PVC	11,64	2651,50
c22	740286,662 m	9697726,261 m	PVC	8,13	2625,16
c23	740308,320 m	9697650,507 m	PVC	20,05	2616,60
c24	740298,279 m	9697666,768 m	PVC	11,82	2621,49
c25	740274,517 m	9697625,828 m	PVC	17,80	2611,63
c26	740287,542 m	9697613,195 m	PVC	4,39	2609,98
c27	740472,902 m	9697263,941 m	PVC	8,89	2642,62
c28	740845,921 m	9697769,985 m	PVC	12,03	2698,08
c29	739970,969 m	9696983,354 m	PVC	8,57	2603,25
c30	740048,062 m	9697080,788 m	PVC	10,63	2599,51
c31	740854,996 m	9699395,265 m	PVC	19,40	2789,83
c32	740849,497 m	9699395,245 m	PVC	31,47	2789,43
c33	742041,425 m	9698035,935 m	PVC	13,07	2692,36
c34	740250,130 m	9697016,318 m	PVC	16,93	2611,71
c35	740077,264 m	9697112,788 m	PVC	12,71	2601,68

Anexo 10. Tabla de atributos de tapones.

Código	Coordenadas X	Coordenadas Y	Material	Pendiente (°)	Altura (m)
tp1	740140.393 m	9699490.744 m	PVC	10,00	2551,41
tp2	740097.887 m	9699171.743 m	PVC	30,70	2544,41
tp3	740320.370 m	9699194.305 m	PVC	15,35	2613,46



tp4	740469.069 m	9699048.805 m	PVC	10,70	2648,95
tp5	740518.712 m	9699045.341 m	PVC	18,35	2661,87
tp6	740124.084 m	9698828.262 m	PVC	12,05	2564,55
tp7	740177.317 m	9698688.525 m	PVC	8,16	2582,88
tp9	740175.291 m	9698490.235 m	PVC	6,06	2623,78
tp8	740190.364 m	9698444.633 m	PVC	6,68	2629,23
tp10	740505.403 m	9698453.074 m	PVC	14,24	2644,97
tp11	740905.673 m	9698456.760 m	PVC	16,61	2724,98
tp12	740758.561 m	9698317.435 m	PVC	9,17	2682,60
tp13	740690.032 m	9698365.053 m	PVC	15,15	2670,95
tp14	740345.672 m	9698264.471 m	PVC	5,29	2651,96
tp16	741183.707 m	9698261.169 m	PVC	13,44	2759,49
tp17	740982.184 m	9698117.821 m	PVC	9,49	2711,86
tp18	741101.751 m	9698069.526 m	PVC	3,88	2726,43
tp15	740905.767 m	9698138.446 m	PVC	10,32	2701,40
tp19	740526.268 m	9698137.323 m	PVC	8,49	2648,39
tp20	740654.309 m	9698043.712 m	PVC	11,97	2668,66
tp21	740464.435 m	9698046.923 m	PVC	9,47	2637,94
tp22	740440.663 m	9698006.602 m	PVC	8,04	2633,79
tp23	740821.597 m	9698064.709 m	PVC	16,86	2691,61
tp24	740949.455 m	9697928.784 m	PVC	8,44	2708,02
tp25	741314.133 m	9698088.983 m	PVC	3,24	2748,08
tp26	741227.647 m	9698040.875 m	PVC	6,49	2742,53
tp27	741331.712 m	9698146.986 m	PVC	11,51	2750,96
tp28	741327.289 m	9698138.399 m	PVC	6,18	2750,10
tp29	741996.038 m	9698231.474 m	PVC	8,10	2717,35
tp30	741996.145 m	9698061.514 m	PVC	14,48	2682,68
tp31	742140.612 m	9698044.645 m	PVC	13,22	2685,14
tp32	742046.985 m	9697817.267 m	PVC	16,13	2693,04
tp33	740263.958 m	9697722.079 m	PVC	14,06	2620,16
tp34	740348.619 m	9697652.095 m	PVC	5,90	2618,58
tp35	740526.490 m	9697749.625 m	PVC	10,96	2644,93
tp36	740348.258 m	9697560.291 m	PVC	12,19	2624,60
tp37	740489.664 m	9697525.656 m	PVC	9,39	2644,47
tp38	740513.491 m	9697465.202 m	PVC	3,74	2651,39
tp39	740701.535 m	9697462.669 m	PVC	24,34	2672,61
tp40	740446.422 m	9697389.497 m	PVC	7,50	2642,88
tp41	740587.511 m	9697324.927 m	PVC	15,92	2653,37
tp42	740512.163 m	9697295.096 m	PVC	19,65	2644,40
tp43	740303.079 m	9697250.294 m	PVC	9,63	2622,60
tp44	740207.699 m	9697249.833 m	PVC	7,68	2606,49
tp45	740169.675 m	9697181.945 m	PVC	9,84	2607,50
tp46	740272.462 m	9697149.824 m	PVC	11,90	2629,24
tp47	740342.624 m	9697153.918 m	PVC	27,25	2628,26
tp48	740258.875 m	9697069.516 m	PVC	19,46	2618,75
tp49	740273.305 m	9696966.914 m	PVC	12,87	2606,86
tp50	740253.053 m	9696941.739 m	PVC	9,91	2605,56
tp51	740109.281 m	9696945.237 m	PVC	12,47	2601,49
tp52	740068.510 m	9697064.673 m	PVC	19,94	2605,97
tp53	740034.918 m	9697063.283 m	PVC	3,87	2598,82
tp54	740023.535 m	9697058.447 m	PVC	3,82	2598,08

Anexo 11. Posicionamiento de tuberías con el GPS diferencial MobileMapper 10.



Anexo 12. Localización geográfica de tuberías, válvulas y accesorios de la red de distribución de la parroquia Aurelio Bayas.





Anexo 13. Estación reductora de presión

