

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**Levantamiento de información del sistema de abastecimiento de
la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de
Tolontag - Marco**

**Levantamiento de información de las redes de distribución de los
barrios Guanoloma, Macaloma, Rumiloma alta y baja**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN (RRA20) AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

KATHERINE ALEJANDRA AGUAS CHUQUIMARCA

Katherine.aguas@epn.edu.ec

DIRECTOR: EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

Eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Katherine Alejandra Aguas Chuquimarca declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

KATHERINE AGUAS
Katherine.aguas@epn.edu.ec
Katyaguas44@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por KATHERINE ALEJANDRA AGUAS CHUQUIMARCA, bajo mi supervisión.

Ing. Eduardo Vásquez Falcones
DIRECTOR
eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

KATHERINE AGUAS

DEDICATORIA

Es un sueño hecho realidad poder graduarme en la Escuela Politécnica Nacional y todo mi esfuerzo en concluir mi trabajo de titulación se lo dedico a quienes estuvieron de mi mano acompañándome en este trayecto.

A mi hija que es tan fuerte desde su día 8 de nacida, al esperar que mamá acabe de estudiar y regrese a casa, que sin importar las circunstancias me esperaba con un abrazo.

A mis padres Soledad y Carlos por ser mis fieles compañeros por todo lo que han hecho por mí, han estado a mi lado brindándome su apoyo y motivación para seguir adelante, en los momentos difíciles, han estado conmigo y gracias a su amor y esperanzas he encontrado la fuerza y la determinación para seguir superándome, gracias por su esfuerzo dedicación, paciencia y por siempre estar para mí.

A mi hermano que con sus consejos me ha dado la tranquilidad para seguir esforzándome.

A mi tía Rebeca que con su paciencia y amor supo acoger a mi bebé para que yo pueda culminar mis estudios.

A Alejandro que ha sido mi compañero, amigo, novio quien con sus palabras de aliento y paciencia ha sabido entenderme en este proceso de titulación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme puesto en este camino, por permitirme vivir esta felicidad.

A mis padres por su apoyo incondicional en toda mi vida académica.

A mi tutor Ing. Eduardo Vásquez por su paciencia al enseñarnos y guiarnos en cada paso y poder culminar este proyecto.

A la comunidad Tolontag- Marco que nos abrió sus puertas para poder hacer este proyecto realidad.

A mis compañeras por sus consejos y apoyo incondicional en el ámbito académico y diario.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
2 METODOLOGÍA	10
2.1 Levantar información y recopilar datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag.....	10
2.2 Levantamiento de información (planos, volúmenes de tanques)	11
2.3 Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento	19
3. RESULTADOS.....	29
3.1 Levantar información y recopilar datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag.....	29
3.2 Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento	32
3.3 Generar esquemas y planos de redes de distribución y elementos del sistema	37
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	40
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
7. ANEXOS.....	43

RESUMEN

El estudio realizado tuvo como objetivo principal recopilar información detallada del sistema de abastecimiento para su optimización y planeación futura. La metodología involucró una recopilación de datos a través de interacciones con la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento, uso de GPS para georreferenciar la infraestructura existente, y visitas técnicas para evaluar componentes clave, además, se determinó los caudales de consumo, volúmenes de almacenamiento, y la elaboración de planos y esquemas de la red de distribución. Los resultados muestran que la colaboración entre entidades y la tecnología avanzada fueron claves en la obtención de datos precisos, lo que resulta esencial para una gestión eficaz del recurso hídrico, se determinó un crecimiento poblacional hasta el año 2050, se realizó una evaluación de los caudales de consumo y los volúmenes de almacenamiento, evidenciando déficits significativos en horas pico, como el déficit en el tanque principal. Por otro lado, los planos generados y la información levantada, detallada en los Anexos 3 al 15, ofrecen una visión integral de la red que facilitará la gestión efectiva del sistema. Se concluye que la actualización de la red y la colaboración interinstitucional son fundamentales para enfrentar los desafíos actuales y futuros en la distribución de agua potable en Tolontag.

PALABRAS CLAVE: Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento, sistema de abastecimiento, distribución de agua, Tolontag.

ABSTRACT

The study aimed to gather detailed information on the Tolontag water supply system for its optimization and future planning. The methodology involved data collection through interactions with JAAPYS, the use of GPS for georeferencing, and technical visits to assess key infrastructures. It also determined the consumption flows, storage volumes, and the development of plans and schemes for the distribution network. The results indicate that collaboration between entities and advanced technology were key in obtaining accurate data, which is essential for effective water resource management. Additionally, population growth was projected until 2050, and an evaluation of consumption flows and storage volumes was carried out, revealing significant deficits during peak hours, such deficit observed in the main tank. On the other hand, the generated plans and the gathered information, detailed in Annexes 3 to 15, provide a comprehensive vision of the network that will facilitate the system's effective management. It is concluded that the network update and interinstitutional collaboration are fundamental to addressing current and future challenges in the distribution of drinking water in Tolontag.

KEYWORDS:

Water and Sanitation Board, water supply system, water distribution, Tolontag.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente proyecto se encuentra enfocado en el sistema de abastecimiento de agua potable y procede de una colaboración entre la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Tolontag y los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN); destacando que su desarrollo ha resultado ser positivo como modelo sobre los beneficios de la cooperación que pueden presentarse entre instituciones educativas y organizaciones de tipo comunitario, las cuales pueden conducir a proporcionar soluciones de tipo innovador y sostenible para problemas puntuales.

En este sentido, durante décadas la infraestructura de agua potable de Tolontag había permanecido sin presentar cambios significativos sin considerar la creciente demanda debido al aumento de la población y el propio sistema; por lo que el presente proyecto solo propuso actualizar la información de la red de distribución sino que también ofrece una perspectiva de futuro sobre cómo se debería gestionar el recurso hídrico de forma eficiente para satisfacer las necesidades futuras de la comunidad.

El paso inicial en el desarrollo del proyecto consistió en obtener información sobre la red de distribución del sistema de abastecimiento, cuál implicó visitas técnicas efectuadas en el sitio y recorridos de la infraestructura; además utilizando tecnología de GPS logró la georreferenciación de los elementos claves del sistema

De igual manera, se realizó un análisis poblacional a partir del método geométrico utilizando datos del crecimiento poblacional obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el período 2001 a 2010 y en el cual se efectuó una proyección del crecimiento poblacional hasta el año 2050; de igual manera se realizó una estimación de la dotación según las recomendaciones del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) considerando varios tipos de consumo doméstico, comercial e industrial; por otro lado, la evaluación de volúmenes de almacenamiento se a través del método de la curva integral permitió estimar los volúmenes de agua tanto requeridos como disponibles a lo largo del tiempo y finalmente); se generó esquemas y planos detallados de la red de distribución así como de los elementos que forman parte del sistema y se desarrolló los perfiles planimétricos utilizando el software civil 3D.

En general el presente trabajo consistió en una recopilación de datos correspondientes a la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag, en conjunto con un análisis exhaustivo de las necesidades y capacidades del sistema y el desarrollo de planos y esquemas según la información recolectada.

1.1 Objetivo general

Levantar información del sistema de abastecimiento de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Tolontag - Marco

1.2 Objetivos específicos

1. Levantar información y recopilar datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag
2. Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento.
3. Generar esquemas y planos de redes de distribución y elementos del sistema.

1.3 Alcance

La comunidad de Tolontag- Marco cuenta con un sistema de distribución de agua potable la misma que es dirigido por la Junta de Agua la "JAAPYS", esta obra se la realizo hace 30 años atrás y durante el funcionamiento se determinó el aumento de la línea de distribución y los accesorios como las válvulas de rompe-presión, codos etc. Sin ningún documento que les permita conocer a futuras generación la localización de cada uno de ellos.

El presente proyecto incluyó el levantamiento de información del sistema de distribución de agua potable ya existente, la tubería de la línea de distribución principal y accesorios de esta.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistemas de abastecimiento

Un sistema de suministro de agua potable engloba una serie de infraestructuras esenciales para la captación seguido por la conducción el tratamiento, almacenamiento y distribución de agua proveniente de fuentes naturales, hacia los hogares de los beneficiarios de dicho sistema. Una planificación apropiada del sistema de distribución de agua potable conlleva a la mejora de la calidad de vida, la salud y el progreso de la comunidad. Por tanto, es esencial que dicho sistema cumpla con las leyes y normativas actuales para garantizar su adecuado desempeño (Vela, 1994).

Un sistema de suministro se compone de elementos interconectados que posibilitan el desplazamiento de agua apta para el consumo desde las instalaciones de procesamiento

hasta los beneficiarios, conservando niveles regulados de presión y volumen (Duran, 2015).

Estas cualidades definen la funcionalidad que el servicio ofrece a los usuarios finales y sirven como la base para medir el rendimiento de una red de distribución de agua potable. Es esencial distinguir entre el usuario como cliente y el usuario como residente. Se considera cliente aquel que posee la propiedad de un punto de acceso al agua potable o una conexión a la red, y, por lo tanto, presenta patrones de consumo establecidos. (Duran, 2015)

El agua potable proviene de tres tipos de fuentes de abastecimiento (Tuesca Molina, 2015):

- Fuentes superficiales: Las aguas superficiales se pueden extraer mediante tomas laterales, represamientos o tomas de captación directa. Incluyen ríos, lagunas, embalses, quebradas y, en algunos casos, aguas salinas.
- Fuentes subterráneas: Incluyen mantos acuíferos y aguas subterráneas, se pueden aprovechar ahondando la tierra de tal manera que se acumule como un pozo.
- Plantas potabilizadoras de agua: Dichas instalaciones emplean una variedad de procedimientos destinados a eliminar las impurezas existentes en el líquido, con el propósito de asegurar su adecuación para ser consumida por las personas.

Red de distribución

Una red de suministro de agua es aquella que representa a la conexión de todos los accesorios que la conforman con el fin de dirigir el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento y desde la planta de tratamiento hasta los usuarios con el fin que los mismos lo apliquen (Tipantuña & Caguana, 2018).

Elementos de una red de agua potable

Los elementos principales de un sistema de suministro de agua entienden como las tuberías, las piezas especiales aquí se entiende las ramificaciones, uniones, uno de los elementos más importantes son las válvulas, estas ayudan a disminuir la presión en un trayecto largo de tuberías o cuando se requiera, los tanques de distribución su función tener una cierta cantidad de agua para ocuparla en fallas futuras del suministro (Tipantuña & Caguana, 2018).

En un sistema de suministro de agua la línea principal es aquella que está conformada por tuberías, las mismas que dependiendo de la línea principal estarán unidas por nodos y esta secuencia de tuberías va a depender del metraje y los diámetros que varíen a lo largo del o los trayectos, las tuberías de mayor diámetro serán aquellas que conforman la red principal llamada también como tubería de alimentación y la red secundaria de menor diámetro puede ser utilizada para las acometidas del sistema (Tipantuña & Caguana, 2018).

Diseño de los sistemas de suministro de agua

Los elementos que conforman un sistema de suministro público de agua potable están conformados por diversas unidades, las cuales se eligen según la localización y particularidades de la fuente de suministro (Lárraga Jurado, 2017).

Sistemas de suministro de Agua Potable en zonas rurales

El uso del agua es importante para el consumo en el hogar y para diversas actividades en el campo entre ellas el riego, el transporte de agua es esencial en comunidades que la requieren y que no cuentan con agua potable que suministre el municipio por ello en la antigüedad por necesidad se han visto obligados a formar las juntas de agua (Lossio Aricoche, 2012).

Para la concepción de un sistema de suministro de agua se debe tomar en cuenta, la fuente, cantidad y calidad de esta, el tipo puede ser subterránea, pluvial o superficial ya que esto puede influir en la forma de tratar el agua, los costos, que estarán involucrados para todo el sistema de suministro de agua (Lossio Aricoche, 2012).

Aspectos técnicos a tener en cuenta al elegir el sistema de suministro de agua:

- **Dotación:** Se tomará en cuenta un promedio de la dotación diaria anual en caso de no encontrar los datos requeridos para un justificado técnico, se puede tomar en cuenta una dotación de 200 l/Hab/d para el clima frío y 250 l/Hab/d en clima cálido y templado (Lossio Aricoche, 2012).
- **Fuente:** Es uno de los pasos más importantes reconocer el origen, capacidad y de que tipo es la fuente para determinar si su costo de tratamiento será el menor (Lossio Aricoche, 2012).
- **Ubicación:** Este punto determinará si la distribución dependerá de la gravedad o por bombeo (Lossio Aricoche, 2012).

Juntas administradoras de agua

Las Juntas administradoras de agua potable son entidades sin la intención de lucrar cuyo propósito es ofrecer el servicio público de agua y saneamiento. Su actuación se basa en principios de eficiencia económica, sostenibilidad de los recursos hídricos, calidad en la prestación de servicios y equidad en la distribución del agua. (Sandre Osorio, 1950)

El trabajo de las juntas es asegurar una distribución de agua cumpliendo normativas, garantizando una buena infraestructura en todo el sistema para ello tienen la obligación de nombrar operarios por etapas los mismos que se encargaran de la lectura de los medidores repartidos a lo largo de la línea principal y acometidas, la responsabilidad de los usuarios al adquirir el servicio de la junta es acercarse a cancelar el valor generado del uso del agua. (Sandre Osorio, 1950)

El SAyF controla la administración de las juntas a través de encargados nombrados por la misma para manejar e inspeccionar el cumplimiento o no de las normas. (Sandre Osorio, 1950)

Los operadores de las juntas son los encargados de vigilar, de la lectura de los medidores, vela por la correcta distribución es el encargado de pedir repuestos y reparar algún daño en el sistema, también es aquel que queja de algún usuario de su red. (OPS/OMS, 1988)

1.4.2 Conducciones y redes de distribución

Las líneas de conducción son las que transportan agua cruda desde su fuente hasta las plantas de tratamiento. Pueden ser de flujo libre o presurizado, y su objetivo es transportar el agua sin pérdidas ni contaminación. Las líneas de transmisión transportan agua con finalidad de repartir agua a los usuarios. Por lo general, no se realizan entregas de agua en ruta. (EPMAAP-Q, 2008)

Consideraciones

Las condiciones generales que se deben tomar en claro son:

- La accesibilidad de paso y el material de la tubería en donde se puede modificar o no. (EPMAAP-Q, 2008)
- El tipo de tubería deberá contar con todos los accesorios necesarios para disminuir la presión y evitar un rompimiento de tubería. (EPMAAP-Q, 2008)
- El mantenimiento y la maniobra en accesorios en la conducción y acometidas, es importante contar con un croquis principal de la tubería que permita futuras conexiones. (EPMAAP-Q, 2008)

Análisis hidráulico

La tubería debe ser elegida de acuerdo con la cantidad de agua y de acuerdo con las presiones para ello se realiza un análisis en flujo permanente y no permanente, los mismos que deben realizarse con un software. Es importante el cálculo de pérdida de carga para lo cual se realiza con la ecuación de Darcy- Weisbach (EPMAAP-Q, 2008).

Velocidades

El fin de la tubería de distribución conjunto con la tubería de transmisión que no poseen servicio a los usuarios, la velocidad predominante debe estar asociada con la utilización de cotas a favor de la gravedad (EPMAAP-Q, 2008).

Velocidad máxima

Según corresponda el caudal de diseño y según el tipo de recubrimiento interior de la tubería va a variar ente 6 y 4 (m/s) (EPMAAP-Q, 2008).

Velocidad mínima

Esta velocidad va a depender del caudal medio del año que se diseñó la tubería esta puede ser mayor a 0.60 m/s en agua cruda y con 0.45 m/s ya en agua tratada (EPMAAP-Q, 2008).

Presiones

La presión depende de las consideraciones y el tipo de material, debe tener un mínimo de presiones de 5.0 m.c.a., esto evitara un que la línea piezométrica se corte y por ende ni haya una despresurización de tubería (EPMAAP-Q, 2008).

Dimensiones de tuberías

Los diámetros de las tuberías tanto para la conducción y para la línea de impulsión se debe calcular con la ecuación de Hazen o Darcy, para el cálculo se debe tomar en cuenta un coeficiente valor que dependerá del material. De los diámetros va a depender las presiones y velocidades (EPMAAP-Q, 2008).

Pendiente mínima

Para evitar que las partículas más pequeñas se sedimenten en los conductos cerrados, la pendiente mínima debe ser suficiente para mantener una velocidad de flujo adecuada (EPMAAP-Q, 2008).

Estimación de la dotación (INEN – Dotaciones)

La dotación se refiere a la asignación de requerimientos de agua por habitante y se calcula a partir de consumos históricos, tipos de consumo y pérdidas físicas, se describen diferentes tipos de consumos, como doméstico, comercial, industrial, oficial y municipal, mientras que, la asignación neta equivale a la cantidad esencial de agua necesaria por individuo, sin incluir las fugas físicas en el sistema. Se puede estimar a partir de registros históricos o comparando con áreas similares (EPMAAP-Q, 2008). Las categorías de usuario según EPMAPS son las siguientes (EPMAAP-Q, 2008):

- **Doméstico:** Esta categoría abarca el agua utilizada en los hogares para consumo y otras actividades. La cantidad de agua utilizada en esta categoría puede variar según factores como el acceso de la comunidad al suministro de agua, el estrato socioeconómico, la calidad del agua y las costumbres locales.
- **Comercial:** El agua consumida en distintas áreas destinadas al comercio de productos entra en esta categoría. Esto incluye restaurantes, centros y otros establecimientos comerciales. La cantidad de agua utilizada en esta categoría varía según la escala y el tipo de actividad comercial presente en la zona.
- **Oficial:** El agua destinada al uso de instituciones gubernamentales, como oficinas públicas y las Fuerzas Armadas, cae en esta categoría.
- **Municipal:** El agua se destina al consumo de instituciones pertenecientes a los municipios encargados de realizar trabajos comunitarios en cada sector. Esto puede incluir Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADS), Casas Barriales, centros educativos, servicios higiénicos y otros servicios públicos comunitarios.
- **Público:** Esta categoría se utiliza principalmente para beneficios de la comunidad y se considera como "agua no contabilizada" de uso legal, lo que significa que no se considera una pérdida. Esto incluye el riego de parques, la limpieza de calles, fuentes públicas, servicios contra incendios y otros servicios de beneficio público. A menudo, este tipo de consumo puede ser excesivo y los sistemas de distribución no siempre pueden atenderlo de inmediato.
- **Instituciones sin fines de lucro:** El agua destinada a centros que brindan beneficios sociales, pero no con fines de lucro, como orfanatos, albergues, fundaciones y otros tipos de organizaciones similares, se encuentra en esta categoría.

Análisis de las Pérdidas de Agua en el Sistema

Se distinguen las pérdidas comerciales (que no se facturan a los usuarios) de las pérdidas

físicas (que incluyen fugas y otros). Se menciona la importancia de reducir las pérdidas físicas para mejorar la eficiencia del sistema.

1.4.3 Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento se pueden encontrar bajo tierra o superficial, independiente del tipo de almacenamiento estos deben contar con un cerramiento esto es para evitar la entrada de cualquier animal, también su tapa debe brindar obscuridad ya que esto ayudara a la no reproducción de algas y larvas (OPS/OMS, 1988).

Para el diseño y el volumen de los tanques es suma dependencia del diseñador que deberá justificar el por qué el modelo del tanque, para ello es importante tomar en cuenta donde va a estar ubicado el tanque el lugar deberá asegurar la presión que favorezca a la red de distribución, si el tanque es enterrado se debe tener en cuenta que en su entorno no exista ninguna fuente de contaminación y por último el espacio, debe ser lo necesario para poder instalar válvulas de presión o llaves de paso. (EPMAAP-Q, 2008)

Para el mantenimiento de los tanques, la persona encargada debe cerrar la llave de paso y así evitar una contaminación al tanque y a la población, los implementos como válvulas y llaves deben ser instalados a la entrada o salida de cada tanque en cajas de cemento independientes para mayor acceso. (EPMAAP-Q, 2008)

Características sobre el diseño de tanques de almacenamiento

El periodo dicho para los tanques de almacenamiento es de 30 años, el número de tanques en un trayecto al menos 2 y cada uno con 2 compartimientos esto favorece al mantenimiento sin corte de servicio. Para obtener un buen diseño este deberá conocer el área donde va a hacer repartido el servicio en caso de que exista proyectos anteriores o ya un sistema de distribución se deberá recopilar la información consiguiente a ello se realizara la curva de consumo. (EPMAAP-Q, 2008)

Desborde de tanques

Los desbordes o rebose comúnmente llamados son aquellos que por existir un alto caudal el agua llega a pasar la línea permisible, para controlarlo se debe colocar una tubería a 0.10m de la tapa del tanque (EPMAAP-Q, 2008)

Caudal máximo diario y Caudal máximo horario

El caudal máximo diario es el consumo diario de agua por un año. Por otro lado, el caudal máximo horario es el consumo en una hora de agua durante un año (Huaquisto & Chambilla, 2019)

Para CONAGUA (2015) el consumo promedio es el volumen de agua necesario para

atender las demandas de una comunidad en un día estándar de consumo; es la tasa anual que se debe obtener de las fuentes de aprovisionamiento y se establece según la asignación.

1.4.4 Catastro de infraestructura de agua potable

Catastro: Es una hoja guía donde se recopilará información de un punto requerido, tal como referencias físicas, datos ambientales hasta datos socioeconómicos (Cunalata Lasluisa, 2022) .

Catastro de redes: Es un listado de todos los implementos que ocupa la red de distribución con el fin de geolocalizar la red de agua potable con el fin de ser interpretados mediante planos (Cunalata Lasluisa, 2022).

Drone: Según Ferreira & Aira (2016) los drones son equipo que se pueden controlar por si solos sin necesidad de la intervención de los humanos su capacidad, da para realizar distintos trabajos, esto quiere decir que va a depender del modelo si hace un trabajo de menor o mayor cantidad, se los puede incorporar cualquier tipo de sensores.

Plan de vuelo: Trata de una documentación donde incluye una estructura en esta consta la escala, puntos georreferenciados. Los waypoints son puntos más cercanos que el dron captura fotografías según datos del GPS (Ferreira & Aira, 2016).

Piloto: Es la persona encargada de programar el dron con todos los puntos referenciales específicos para un buen estudio, es el responsable del manejo y del cumplimiento con el plan de vuelo (Nájera & Vázquez, 2019).

Aero fotografía: El dron estará programado con puntos referenciales esto ayudara a tener un modelo sub real del terreno donde se hace el estudio, las Aero fotografía son tomadas desde el dron según el plan de vuelo planificado, el dron cuenta con una memoria donde guardara las fotografías posteriormente se debe pasar a una computadora para hacer los estudios pertinentes (Ferreira & Aira, 2016).

2 METODOLOGÍA

En este capítulo, se presenta las actividades diseñadas meticulosamente para alcanzar los objetivos establecidos en este estudio. La metodología empleada incluyó un proceso integral que comenzó con la recopilación de información y datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag. A continuación, se efectuó un análisis detallado de los caudales de consumo y los volúmenes de almacenamiento. Como parte fundamental del proceso, se procedió a la generación de esquemas y planos detallados de las redes de distribución y de los elementos clave del sistema, proporcionando así una visión clara y precisa de la infraestructura involucrada en este estudio.

2.1 Levantar información y recopilar datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag

En este apartado, se detalla la etapa de obtención de datos e información llevada a cabo en el sistema de abastecimiento de Tolontag. Se describen las interacciones con la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPYS) y cómo se logró obtener datos esenciales a través de visitas técnicas, recorridos GPS, y el uso de tecnología de dron para georreferenciar la zona de estudio. Este proceso de recopilación de información sienta las bases para la planificación y diseño efectivo del proyecto.

2.1.1 Socialización en la comunidad

La JAAPYS abrió sus puertas para socializar con los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y conocer sobre las actividades que se efectuaron durante el desarrollo del proyecto. En la reunión se dio a conocer que uno de los temas de interés es la necesidad de poseer planos de la línea principal de tuberías de agua potable y sus accesorios, el presidente de la Junta de Agua el Sr. Polivio Haro, junto con los representantes de la JAAPYS solicitaron el levantamiento de información para la elaboración de planos a los estudiantes de la ESFOT, ya que esto ayudará en beneficio de la comunidad Tolontag – Marco, también expusieron que los planos disponibles presentan una data de hace 30 años, por lo que, no se cuenta con datos actualizados de los accesorios y demás elementos, por lo que, en muchas ocasiones deben consultar con personas que hayan conocido previamente el sistema de abastecimiento.

Se acordó llevar a cabo el proyecto en una reunión que congregó a todos los operarios de los 14 tanques. Tras llegar a un consenso, se procedió a realizar el levantamiento de información de manera efectiva.

2.2 Levantamiento de información (planos, volúmenes de tanques)

Para el levantamiento de datos, se efectuó una reunión con los socios de la JAAPYS. Durante esta reunión, se estableció una colaboración estrecha con los operarios encargados de los tanques, con el fin de recopilar datos esenciales para la planificación. En este sentido, se solicitó a los operarios que elaboraran croquis preliminares en borrador que representaran la disposición de los tanques y estimaran el tiempo requerido para cada recorrido en la línea principal de distribución, sin tener en cuenta las acometidas individuales.

La reunión resultó en un acuerdo mutuo en el que se decidió que la primera semana se destinaría al reconocimiento inicial del proyecto. Además, se acordó organizar visitas regulares a la zona en cada una de las reuniones de la JAAPYS. Este enfoque colaborativo permitió una recopilación de datos más efectiva y una comprensión más profunda de los detalles del proyecto.

La interacción cercana con los operarios de los tanques y la colaboración con la comunidad local, representada por la JAAPYS, jugaron un papel fundamental en la recopilación de información precisa y en la estructuración de una base sólida para la planificación y ejecución del proyecto. Esta metodología permitió tener en cuenta la experiencia local y los conocimientos prácticos, lo que resultó en un enfoque más integral y adaptado a las necesidades de la comunidad.

2.2.1 Visita técnica, recorridos GPS, levantamiento de elementos y componentes

- **Visita Técnica**

La primera visita técnica se realizó con la presencia del presidente de la JAAPYS y estudiantes de la ESFOT y correspondió al recorrido desde la captación hasta la planta de tratamiento, con el fin de hacer un reconocimiento del lugar.

- La segunda visita técnica comenzó en la captación, donde se utilizó un GPS de mano para registrar puntos georreferenciados. A partir de allí, se siguió la línea de la tubería hasta llegar a la planta de tratamiento con el objetivo de mejorar la redacción.
- En la tercera visita técnica se realizó la toma de los puntos georreferenciados de los siguientes tanques: desde el tanque 2 hasta el 6 y el recorrido se realizó de la siguiente manera: La primera coordenada se tomó en la planta de tratamiento de

- Cochaloma. Siguiendo la línea principal de la tubería del Tanque 2, se encontró la primera "casa de respiradero", denominada así por los operarios. Esta casa tiene la función de aliviar la presión en el agua para prevenir posibles rupturas en las tuberías.
- En la cuarta visita técnica se tomó los puntos georreferenciados de los últimos tanques: desde el tanque 7 hasta el 14.

- **Levantamiento de puntos con GPS**

El levantamiento de puntos georreferenciados con GPS es una técnica que proporciona una ubicación precisa de la tubería principal y sus componentes en el sistema, la cual permite una precisión más efectiva en la caracterización de la ubicación y disposición de la infraestructura subterránea, lo que es fundamental para la planificación, mantenimiento y gestión efectiva del sistema. Al utilizar el GPS para levantar puntos específicos, se garantiza una mayor exactitud en los datos, lo que simplifica la elección de acciones y la ejecución de trabajos relacionados con la red de tuberías y sus accesorios. Además, esta tecnología brinda la capacidad de obtener datos actualizados y confiables sobre la ubicación de la infraestructura, lo que contribuye a la eficiencia operativa y la seguridad de todo el sistema.

El primer paso consistió en copiar los datos. Al hacer clic en los "tracks", se desplegaba una descripción detallada de cada punto, lo que resultaba fundamental para asegurar la precisión de la información. Este procedimiento garantizó que todos los datos georreferenciados recopilados durante las visitas técnicas sean incorporados de manera adecuada en el software Civil 3D.



Figura 2.1. Levantamiento de puntos georreferenciales con GPS a) equipo utilizado, b) proceso de recolección de datos

Una vez que los datos estuvieron en el programa, se utilizó Civil 3D para realizar análisis y planificaciones más detalladas. La visualización de los "tracks" y "waypoints" facilitó la comprensión de la ubicación y disposición de la infraestructura, lo que a su vez permitió tomar decisiones informadas y ejecutar con mayor eficacia las tareas relacionadas con la red de tuberías y sus componentes. Esta tecnología no solo contribuyó a la eficiencia operativa, sino que también mejoró la seguridad y la gestión de todo el sistema de abastecimiento de agua potable.

Geodatabase del INEC: Proceso de Importación y Edición de Datos Geográficos

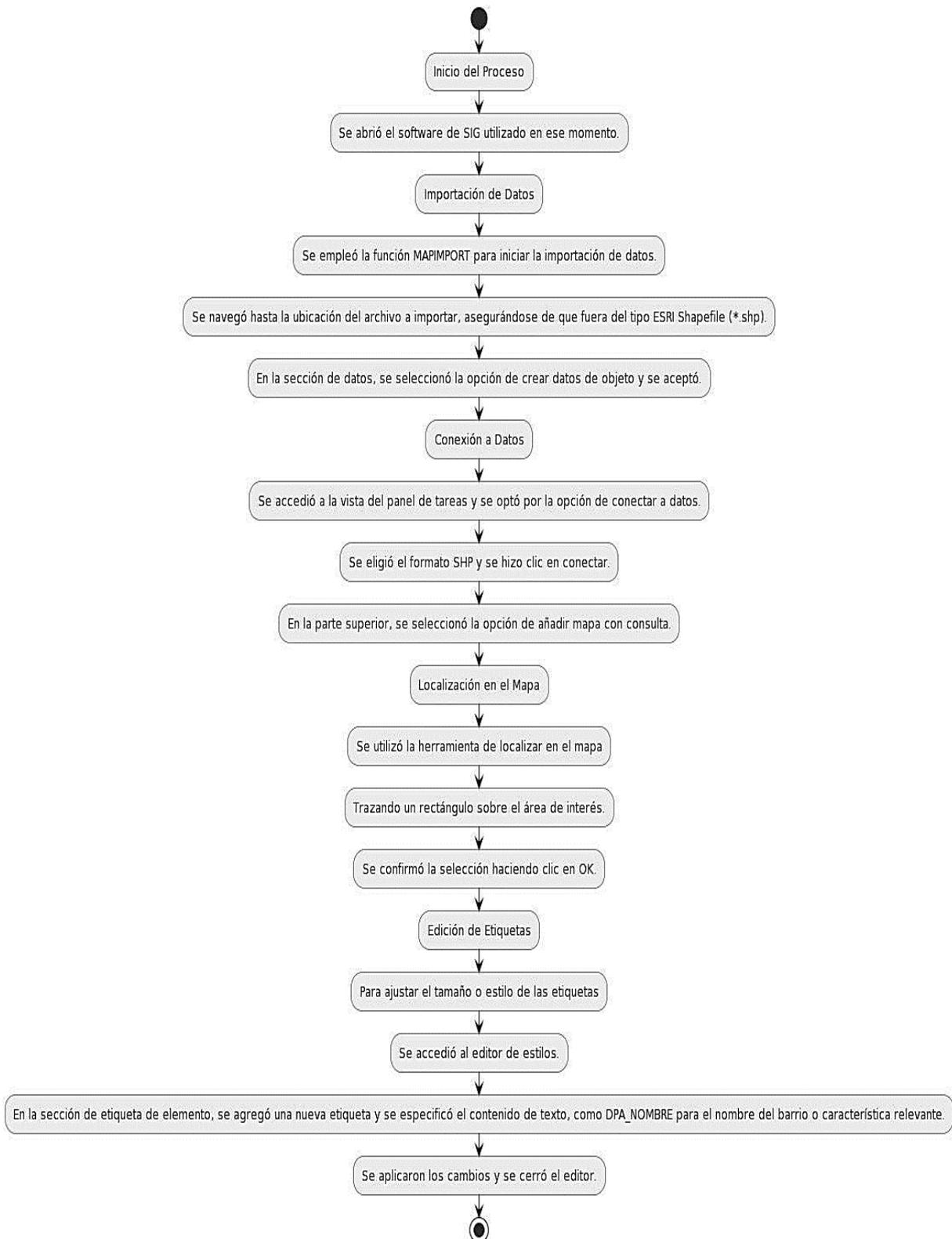


Figura 2.2. Pasos para el Geodatabase del INEC

Siguiendo estos pasos, fue posible importar y editar datos geográficos en el proyecto de SIG, mejorando la visualización y la información disponible en el mapa o geodatabase. Este proceso ayuda a integrar y manipular datos espaciales de manera eficaz, permitiendo una representación detallada y personalizada de elementos geográficos como calles, edificios, y otros puntos de interés.

Catastro de la conducción actual de la zona de estudio

Una vez que se completó el levantamiento de información proporcionada por la JAPPYS y se recopilaron los datos relevantes, se efectuó un proceso de procesamiento y análisis de estos datos para obtener un relieve preciso de la zona de proyecto. El objetivo fue utilizar esta información geoespacial para respaldar la elaboración y la concepción del proyecto de manera efectiva.

El primer paso consistió en ingresar los datos recolectados en el programa Mapsource. Este software es especialmente útil para la gestión y visualización de datos geográficos y GPS. Aquí, los datos se organizaron y prepararon para su posterior procesamiento. Mapsource permitió una representación clara de la información georreferenciada, lo que facilitó la identificación de puntos clave y la visualización de la topografía existente de la zona de estudio.

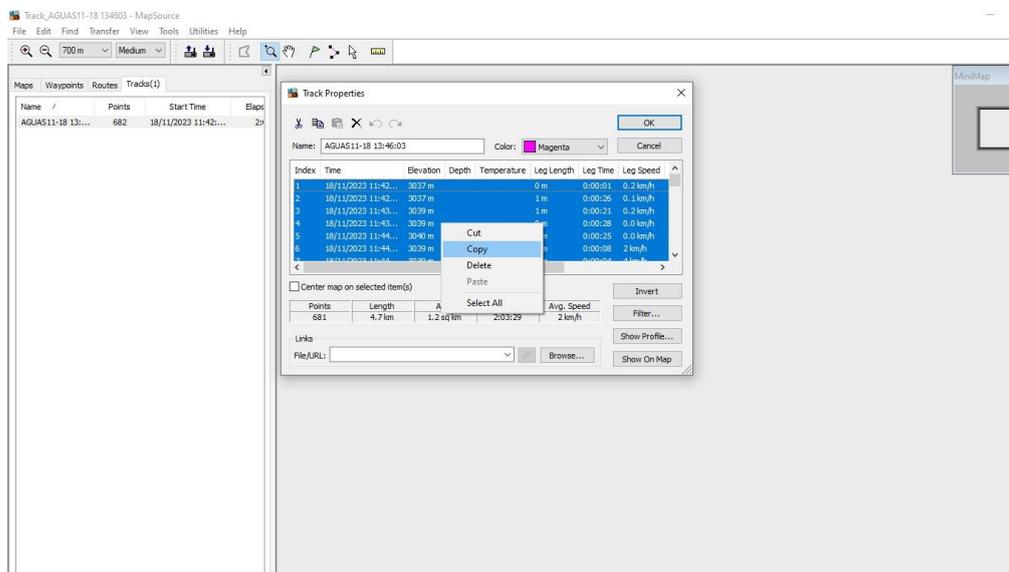


Figura 2.3. Pantalla del programa Mapsource

Los datos, que incluían las coordenadas y la elevación de los puntos, se copiaron y pegaron en una hoja de cálculo (Excel). En esta hoja de cálculo, se efectuó un proceso de depuración de datos, conservando únicamente las coordenadas y las elevaciones necesarias para el proyecto.

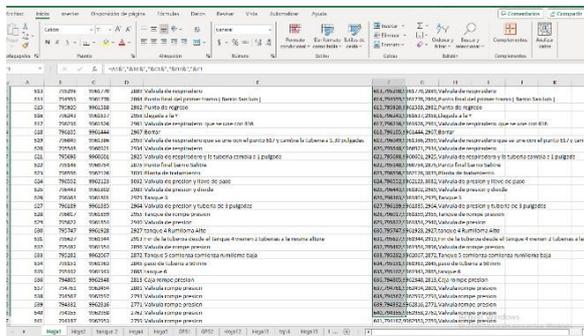


Figura 2.4. Procesamiento de datos en Excel

Luego, se procedió a crear un bloc de notas con el propósito de facilitar la transferencia de estos datos al software Civil 3D. El bloc de notas se configuró para que los datos pudieran ser importados de manera eficiente, garantizando la exactitud y la veracidad de los datos durante todo el proceso.

Este paso resultó fundamental en la preparación de los datos para su ulterior evaluación y planificación en Civil 3D. La selección cuidadosa de las coordenadas y las elevaciones pertinentes permitió optimizar el uso de la tecnología y aseguró que los datos se incorporarán de manera efectiva en el programa de diseño y gestión del sistema de provisión de agua potable.

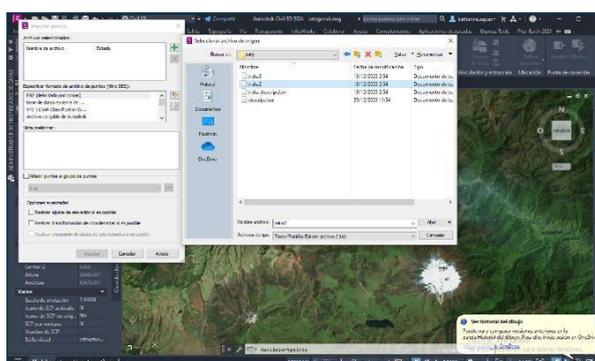


Figura 2.6. Introducción de datos en Civil 3D

En Civil 3D, se realizó la importación de datos de terreno con el objetivo de generar las curvas de nivel necesarias para el proyecto. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó Google Earth como una herramienta valiosa.

Una vez que los datos se organizaron y procesaron en Mapsource, se procedió a la siguiente etapa, que fue copiarlos a un Excel, luego a un bloc de notas que nos ayudaría con la organización para proceder con la transferencia de esta información al software de diseño asistido por computadora, en este caso, el programa CIVIL 3D. La importación de datos geográficos en CIVIL 3D permitió la creación de un modelo tridimensional del relieve del proyecto.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
19	623	796596	9962126	3039	Planta de tratamiento	623,796596,9962126,3039					
20	624	796552	9962123	3032	Valvula de presion y llave de paso	624,796552,9962123,3032					
21	625	796443	9961802	2989	Valvula de presion y divide	625,796443,9961802,2989					
22	626	796363	9961801	2979	Tanque 3	626,796363,9961801,2979					
23	627	796189	9961835	2964	Valvula de presion y tuberia de 3 pulgadas	627,796189,9961835,2964					
24	628	796017	9961859	2955	Tanque de rompe presion	628,796017,9961859,2955					
25	629	795822	9961854	2940	Valvula de presion	629,795822,9961854,2940					
26	630	795747	9961928	2927	tanque 4 Rumiloma Alto	630,795747,9961928,2927					
27	631	795627	9961944	2913	Fin de la tuberoa desde el tanque 4 vienen 2 tuberias a la misma altura	631,795627,9961944,2913					
28	632	795482	9961954	2896	Valvula de rompe presion	632,795482,9961954,2896					
29	633	795282	9962067	2872	Tanque 5 comienza comienza rumiloma baja	633,795282,9962067,2872					
30	634	795151	9961963	2845	paso de tuberia a 50 mm	634,795151,9961963,2845					
31	635	795102	9961943	2865	tanque 6	635,795102,9961943,2865					
32	636	794805	9962348	2813	Caja rompe presion	636,794805,9962348,2813					
33	637	794761	9962494	2801	Valvula rompe presion	637,794761,9962494,2801					
34	638	794567	9962597	2793	Valvula rompe presion	638,794567,9962597,2793					
35	639	794332	9962816	2771	Valvula rompe presion	639,794332,9962816,2771					
36	640	794355	9962958	2762	Valvula rompe presion	640,794355,9962958,2762					
37	641	794187	9962953	2759	Valvula rompe presion	641,794187,9962953,2759					
38	642	793932	9963213	2764	Valvula rompe presion ultimo punto	642,793932,9963213,2764					

Figura 2.7. Importación de datos geográficos

La importación de datos topográficos desde Google Earth permitió obtener una representación precisa y detallada del terreno circundante. Esto incluyó la identificación de las elevaciones y características geográficas clave que serían esenciales en el diseño y la planificación de la infraestructura de abastecimiento de agua potable.

La fase de elaboración de planos representó un paso crucial en el proceso del proyecto. Una vez que los datos de las visitas técnicas y los puntos georreferenciados se habían introducido en Civil 3D, se procedió a trabajar en la creación de los planos. Además de los tracks que indicaban el recorrido y los waypoints que marcaban puntos significativos, se llevó a cabo la generación de una polilínea para conectar de manera coherente los puntos donde se había recopilado información clave.

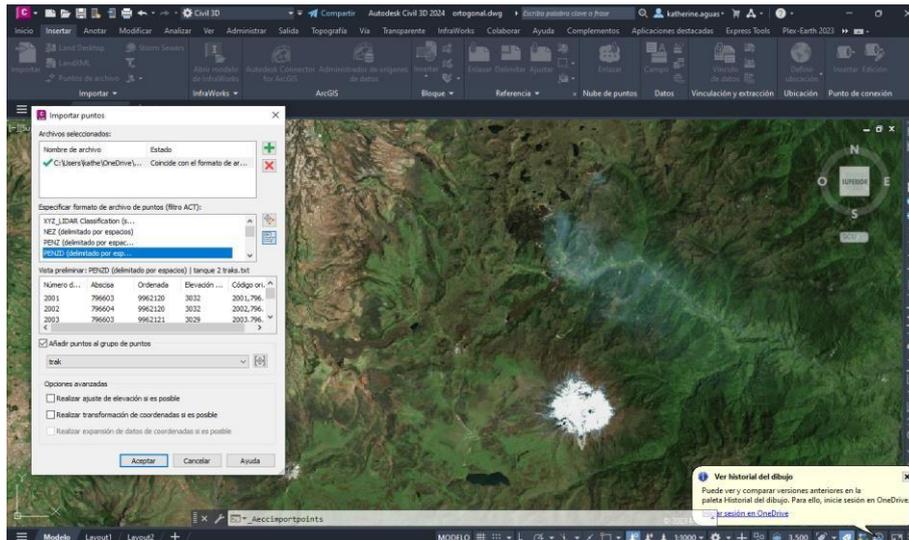


Figura 2.8. Información georreferenciada para generar un modelo topográfico

En estos planos, se incluyeron elementos esenciales como la ubicación de los tanques, las válvulas, rompe presión, las abscisas y las etiquetas de las curvas de nivel. La escala seleccionada para representar la información fue de 1:2000, lo que garantizó una representación detallada y clara del sistema de abastecimiento de agua potable. Además, se ajustó el tamaño de letra para facilitar la legibilidad de los detalles.

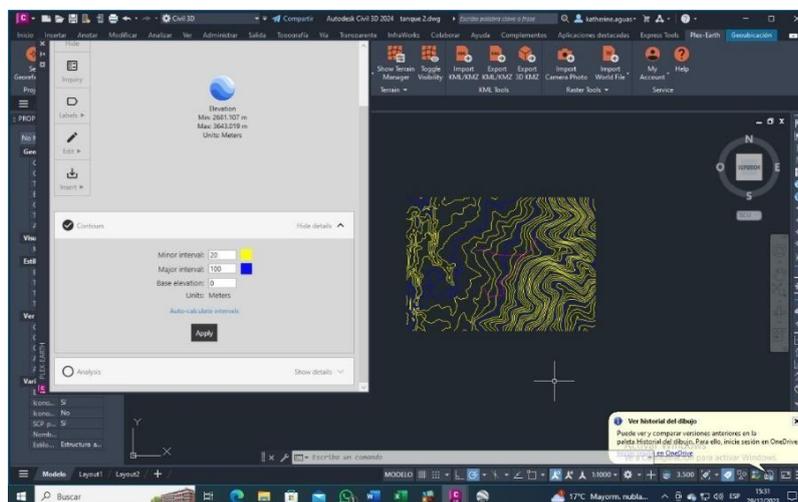


Figura 2.9. Elaboración de los planos

Por otro lado, el levantamiento de información topografía de restitución utilizando Plex Earth en AutoCAD Civil 3D implica la importación de datos topográficos e imágenes desde Google Earth a través de esta extensión. Después de instalar Plex Earth y conectarlo a

Google Earth, los usuarios pueden seleccionar un área de interés en Google Earth y luego importar los datos a su proyecto de AutoCAD Civil 3D. Esta importación incluye información topográfica y superficies 3D que reflejan el terreno actual. Los parámetros de importación son configurables, lo que permite ajustar la resolución y la escala según las necesidades del proyecto. Una vez completado el proceso, los datos importados se pueden utilizar para diversas aplicaciones de diseño y análisis en AutoCAD Civil 3D, lo que facilita la integración de datos precisos de Google Earth en el proyecto de ingeniería.

2.3 Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento

El análisis de caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento fue una parte crítica de este proceso. Los datos obtenidos se utilizaron para calcular los caudales de consumo en diferentes puntos de la red de conducción y evaluar la capacidad de almacenamiento de las estructuras existentes, como tanques y reservorios. Esta información fue esencial para tomar decisiones informadas en la gestión y mejora del sistema de suministro de agua.

2.3.1 Análisis poblacional (método de cálculo, datos de censos, usuarios actuales)

En el proceso de determinar la población futura se utilizó el método geométrico, dado que se espera que el crecimiento de la población siga un patrón de crecimiento constante o exponencial, además este método proporciona una forma simple y rápida de estimar la población futura cuando no se dispone de datos detallados sobre las tasas de natalidad, mortalidad y migración.

En este sentido, el método se aplicó considerando los datos de población entre los años 2001 al 2010, los cuales fueron adquiridos mediante los recuentos efectuados por el INEC. El propósito de este cálculo es estimar la población de los barrios para el año 2050:

Método Geométrico: Este método se basa en la relación entre la tasa de crecimiento poblacional y el período de tiempo. La fórmula utilizada para calcular la tasa de crecimiento (i) fue la siguiente (Cumbal, 2013):

$$i = 100 * \left[\sqrt[n]{\frac{Pf}{Po}} - 1 \right]$$

Ecuación 3.1. Tasa de crecimiento poblacional

Donde:

I es la tasa de crecimiento poblacional.

n: período de análisis entre Po y Pf (años)

Pf es la población final censada.

Po es la población inicial censada.

$$pf = pfc * (1 + i)^t$$

Ecuación 3.2. Población futura (habitantes)

Donde:

pf: población futura (habitantes)

pfc: población final censada (habitantes)

i: tasa de crecimiento anual (habitantes)

t: Período de diseño (años)

En el contexto de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Tolontag, se ha llevado a cabo una minuciosa evaluación para determinar la dotación de agua potable necesaria para atender las demandas de los habitantes, tanto en sus actividades domésticas como comerciales. La estimación de esta dotación se ha basado en las recomendaciones establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), teniendo en cuenta las particularidades del clima templado que caracteriza esta zona. Este proceso de cálculo considera factores como la población servida, los hábitos de consumo de agua de la comunidad y las condiciones climáticas locales.

Tabla 2.1. Dotaciones recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota. La tabla refleja la asignación según la cantidad de habitantes y las condiciones climáticas de una región. Tomado de (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, 1992)

La dotación bruta, a menudo referida simplemente como "dotación", se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$Dotacion\ bruta = \frac{Demanda\ neta}{1-\%p}$$

Ecuación 3.3 Dotación bruta

Para determinar la asignación global, es esencial que el índice de fugas físicas (%p) no exceda el índice de fugas establecido por la EMAAP-Q, tanto en las circunstancias actuales como en las estimaciones a futuro. Utilizando datos de consumo y mediciones de agua no registrada, la EMAAP-Q identificará la asignación global adecuada que debe emplearse en cada sector de la ciudad y parroquia.

Demanda Doméstica: se calcula considerando la población futura proyectada y la dotación recomendada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), teniendo en cuenta tanto el número de habitantes como las características climáticas del área en análisis, conforme a la metodología establecida por la EMAAP-Q en 2009. Para estimar la anticipación de la solicitud de agua para uso doméstico, se requiere emplear la anticipación de la asignación global (dbruta) por cada individuo en la cantidad total anticipada de población (p) que será atendida en el área del proyecto. Esta proyección suele expresarse en términos de un flujo promedio diario (Qmd), medido en unidades de litros por segundo (L/s) (EPMAAP-Q, 2008).

$$Qmd = \frac{P \times dbruta}{86400}$$

Ecuación 3.4. Demanda Doméstica

Demanda No Doméstica:

Las demandas de agua no domésticas se determinan en función de los requerimientos de municipios, industrias y comercios, considerando análisis prospectivos de la población y las pautas de consumo establecidas para construcciones en conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), tal como lo establece la EMAAP-Q en 2009.

2.3.2 Cálculo de caudales (EPMAPS – fórmula, coeficientes, como Qm, máximo diario y máximo horario)

Consumo Medio Diario (Qmd): Corresponde al flujo medio requerido por un residente o comunidad a lo largo de un año. Se calcula utilizando la dotación media futura (Df) y la población futura (Pf). La fórmula utilizada es (EPMAAP-Q, 2008):

$$Q_{md} = \frac{Df * pf}{86400}$$

Ecuación 3.5. Consumo medio diario

Donde:

Qmd es el consumo medio diario (en litros por segundo, L/s).

Df es la dotación media futura (en litros por habitante y día, L/Hab * día).

Pf es la población futura (en habitantes).

Consumo Máximo Diario (QMD): representa la cantidad máxima de agua que utiliza la población en un día determinado. Se calcula multiplicando el coeficiente de variación máximo (*Kmáx*) por el *Qmd*. La fórmula es:

$$Q_{md} = K_{máx} * Q_{md}$$

Ecuación 3.6. Consumo Máximo Diario

Donde:

QMD es el consumo máximo diario (en litros por segundo, L/s).

Kmáx es el coeficiente de variación máximo (adimensional), que refleja la variabilidad máxima en el consumo.

El coeficiente de variación (CV) se establece de acuerdo con la variabilidad observada en los datos históricos de consumo de agua. Si la población tiene un comportamiento de consumo más variable, el CV será mayor, lo que aumentará el QMD para garantizar un suministro adecuado durante los picos de demanda. Por lo tanto, el CV es una herramienta importante para dimensionar la infraestructura de suministro de agua de manera que pueda hacer frente a la variabilidad en la demanda (EPMAAP-Q, 2008).

Tabla 2.3. Coeficiente de variación

Descripción	Valor
Coeficiente máximo de variación Diario	1.3-1.5
Coeficiente máximo de variación Horario	2 a 2.3

Nota. La tabla representa el valor del coeficiente diario y horario para la determinación del caudal máximo diario. Tomado de CPE INEN 005-9-1, (1992).

Consumo máximo horario (QMH): se refiere a la cantidad máxima de agua utilizada por la población durante una hora específica del día. Esta medida se calcula multiplicando tres componentes clave CPE INEN 005-9-1, 1992):

$$QMH = K_{\text{máx}} * Q_{\text{md}}$$

Ecuación 3.7. Consumo máximo horario

K_{máx}: Este factor representa el coeficiente de simultaneidad máximo, que refleja la probabilidad de que todos los usuarios de agua estén utilizando el recurso al mismo tiempo durante esa hora particular. Cuanto mayor sea el valor de K_{máx}, mayor será la simultaneidad esperada.

h: Este valor representa la duración de esa hora en particular.

Q_{md}: Este componente corresponde al consumo máximo diario promedio de agua por habitante y se trata de la cantidad media de agua que una persona emplea en un día común.

2.3.3 Evaluación de volúmenes de almacenamiento (compara volumen actual con volumen calculado (método de la curva integral)

El método de la curva integral, también conocido como método del área bajo la curva, es una técnica utilizada en la ingeniería y la gestión del agua para calcular volúmenes acumulados o totales de agua a lo largo de un período de tiempo, generalmente en un sistema de almacenamiento o distribución de agua y establece que el volumen acumulado es igual al área bajo la curva de la tasa de flujo (caudal) en función del tiempo (López & Morales, 2021).

A continuación, se describe el método de la curva integral (López & Morales, 2021):

-
- **Recopilación de datos:** En primer lugar, se recopilan datos sobre el caudal o tasa de flujo de agua en el sistema a lo largo de un período de tiempo específico. Estos datos se representan en un gráfico de caudal en función del tiempo, donde el caudal se encuentra en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal.
- **Creación de la curva:** A partir de los datos recopilados, se traza una curva que representa la variación del caudal a lo largo del tiempo. Esta curva puede ser irregular, ya que el caudal puede cambiar debido a la demanda de agua de los usuarios u otras variables.
- **Cálculo del volumen acumulado:** Una vez que se ha trazado la curva, el volumen

acumulado de agua en el sistema se calcula como el área bajo la curva de caudal en función del tiempo. Este cálculo se realiza utilizando técnicas de integración, y proporciona el volumen acumulado en términos de volumen por unidad de tiempo (generalmente litros por hora o metros cúbicos por día).

- Interpretación de resultados: El resultado del cálculo representa el volumen total de agua que ha pasado por el sistema durante el período de tiempo analizado. Este valor es útil para determinar si la capacidad de almacenamiento del sistema es adecuada para los requerimientos de consumo de los usuarios o si se requieren ajustes en la infraestructura de almacenamiento.

El método de la curva integral es especialmente útil en la administración de la provisión de agua y distribución de agua potable, ya que permite evaluar cómo cambia el nivel de agua en tanques de almacenamiento, embalses o redes de distribución a lo largo del tiempo y, por lo tanto, garantizar un suministro continuo y suficiente de agua a los usuarios.

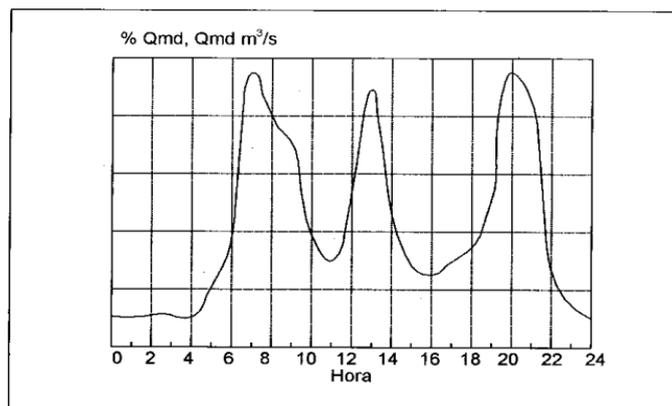


Figura 2.10. Patrón de consumo de la población diaria

Fuente: (López R. , 2003)

En el presente estudio, el proceso de evaluación de volúmenes de almacenamiento incluyó la comparación del volumen actual con el volumen calculado utilizando el método de la curva integral, el cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

En primer lugar, se recopilaron todos los datos necesarios para realizar la evaluación, los cuales incluyeron el Q_{md} , que representaba el flujo máximo de agua esperado en un día, y el porcentaje (%) que se utilizaría en la ecuación para calcular el volumen del tanque. El cálculo del volumen del tanque utilizando este método, se basa en el consumo acumulado y el suministro acumulado a lo largo de las 24 horas. La fórmula para calcular el volumen del tanque es la siguiente:

Volumen del tanque (V) = Caudal máximo diario (Qmd) * porcentaje (%).

Ecuación 3.8. Volumen del tanque

Este método posibilita identificar cuándo el depósito alcanzará su capacidad máxima en función de las necesidades de los residentes en la zona de estudio. A continuación, se procedió a calcular el volumen actual de almacenamiento en el tanque, lo cual se efectuó mediante mediciones físicas precisas del volumen de agua presente en el tanque en un momento específico. Los datos recopilados se verificaron y se aseguró que estuvieran actualizados.

2.4 Generar esquemas y planos de redes de distribución y elementos del sistema

Una vez que se obtuvieron los valores de volumen actual y volumen calculado, se procedió a realizar una comparación detallada entre ambos. Esta comparación reveló si el volumen de almacenamiento actual era adecuado para satisfacer los requerimientos de agua según el modelo de consumo establecido previamente.

2.4.1 Procesamiento de datos y trazados de perfiles planimétricos

Después de recolectar los datos de ubicación de la línea de recolección y entrega, así como los flujos y mediciones del depósito de almacenamiento, se realizó un proceso de depuración de los puntos relevantes a lo largo de la ruta de recolección y entrega. Inicialmente, las coordenadas obtenidas mediante el GPS se transfirieron a una hoja de cálculo utilizando la aplicación MAPSOURCE. Posteriormente, se trasladaron estas coordenadas a un archivo de bloc de notas y, finalmente, se importaron a Civil 3D.

Dentro de Civil 3D, se realizaron las siguientes acciones:

- Se exportaron las coordenadas a UTM para su procesamiento.
- Se identificaron los puntos de interés a lo largo de la ruta de captación y distribución.
- Se trazó una polilínea para representar gráficamente la ruta de captación y distribución en el dibujo.

2.4.2 Selección de escalas

La elección del tamaño de la hoja se basó en la magnitud del proyecto, optando por un formato A1. Asimismo, el tamaño de letra seleccionado fue de 4 debido a la escala utilizada para la laminación, que se estableció en 1:2000.

Unidad de Medida = Medida

ESCALA	FACTOR	COTA		TEXTTO EN MM		FACTO TEXTO EN MM		TITULO	
		2	2.5	AMBIENTE	AMBIENTES	3	3.5	4	5
1:10	100	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.050		
1:100	10	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.500		
1:1000	1	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	5.000		
1:10000	0.1	20.000	25.000	30.000	35.000	40.000	50.000		
1:1,25	800	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.006		
1:12,5	80	0.025	0.031	0.038	0.044	0.050	0.063		
1:125	8	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.625		
1:1250	0.8	2.500	3.125	3.750	4.375	5.000	6.250		
1:12500	0.08	25.000	31.250	37.500	43.750	50.000	62.500		
1:1,5	666.66667	0.003	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007		
1:15	66.66667	0.030	0.037	0.045	0.052	0.060	0.075		
1:150	6.66667	0.300	0.375	0.450	0.525	0.600	0.750		
1:1500	0.6667	2.999	3.748	4.498	5.247	5.997	7.496		
1:15000	0.0667	29.985	37.481	44.978	52.474	59.970	74.963		
1:2	500	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.010		
1:20	50	0.040	0.050	0.060	0.070	0.080	0.100		
1:200	5	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	1.000		
1:2000	0.5	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	10.000		
1:20000	0.05	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	100.000		

Figura 2.11. Selección de escalas

- El número de planos 13 por la longitud que tiene la línea de distribución del tanque 2 al 8

El formato elegido para la elaboración de los planos se diseñó cuidadosamente para proporcionar claridad y facilidad de lectura. En la parte inferior de cada plano, se incluyó una leyenda que contenía información relevante, como el nombre de la institución, el nombre del estudiante encargado del proyecto, el título del proyecto, la fecha de elaboración, la escala utilizada y el número de plano correspondiente. Esto garantiza que cualquier persona que consultara los planos pudiera identificar de manera precisa y rápida la información esencial.

Además, se estableció un grid de coordenadas que se distribuyó cada 200 metros a lo largo del plano. Esta cuadrícula proporcionaba puntos de referencia visuales que facilitó la orientación y la ubicación precisa de elementos en el plano. La inclusión de un norte en el plano permitía su rotación según fuera necesario, lo que era especialmente útil para adaptarse a diferentes requerimientos y facilitar su aplicación en el campo.

En cuanto al contenido de los planos, estos abarcaban la planimetría de los barrios, lo que proporcionaba una visión general del área de estudio. Se destacaba la línea principal de la red de distribución del agua potable, que era el enfoque central del proyecto. Además, se trazaron bisectrices cada 100 metros para proporcionar una referencia adicional y mejorar la precisión en la ubicación de los elementos.

Los planos también incluyeron indicaciones claras de la ubicación de tanques y accesorios a lo largo de las distintas abscisas. Esto permitió una identificación rápida y precisa de estos elementos en el terreno. La leyenda de planillado proporcionó información detallada sobre los símbolos y elementos utilizados en los planos, lo que contribuyó a una interpretación adecuada.

El contenido de los planos fue diseñado de manera integral para brindar una representación

completa y detallada de los datos requeridos para la gestión y el desarrollo del proyecto. Estos elementos clave se incluyeron en los planos:

- Planimetría de los barrios: Se incorporó una representación cartográfica de los barrios circundantes, lo que proporcionó una visión general del entorno y la ubicación de la red de distribución de agua potable en el contexto de la comunidad.
- Línea principal de la red de distribución de agua potable: Se destacó claramente la ruta de la línea principal que transporta el agua potable a través del área de estudio, lo que permitió identificar el recorrido de la tubería principal.
- Bisectrices cada 100 metros: Se trazaron bisectrices a intervalos de 100 metros a lo largo de la línea principal, lo que facilitó la referencia y la medición precisa de distancias en el plano.
- Indicación de tanques y accesorios en distintas abscisas: Se marcó la ubicación de los tanques de almacenamiento y otros accesorios importantes a lo largo de la línea principal, lo que proporcionó información sobre la infraestructura existente en el sistema de abastecimiento.
- Leyenda de planillado: Se incluyó una leyenda detallada que explicaba los símbolos, colores y elementos utilizados en los planos, lo que facilitaba la interpretación y comprensión de la información representada.
- Norte: Se indicó la dirección del norte en los planos, lo que permitió la orientación adecuada y la referencia espacial.
- Sistema de referencia: Se estableció un sistema de referencia que garantizaba la consistencia y la precisión en la ubicación de elementos en el plano.

Además de estos elementos principales, se incorporaron detalles adicionales en los planos, como:

- Curvas de nivel de restitución con cotas en curvas principales.
- Líneas de conducción y distribución en planta con abscisas.
- Texto con los diámetros de las líneas de conducción y distribución.
- Ubicación y texto de los accesorios, incluyendo válvulas.
- Ubicación y texto de los tanques de almacenamiento.
- Ubicación y texto de la planta de tratamiento.

Los planos se crearon con una escala de 1:2000, con un factor de escala de 0.5, lo que

garantizaba una representación precisa pero legible. Además, se estableció un tamaño mínimo de texto de 4.0 para asegurar la claridad en la lectura de la información.

3. RESULTADOS

3.1 Levantar información y recopilar datos existentes de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag

3.1.1 Socialización en la comuBRUTAnidad

Como resultado de la reunión y la colaboración entre la JAAPYS y los estudiantes de la ESFOT pertenecientes a la EPN, Durante la reunión, se identificó una necesidad crítica en la comunidad de Tolontag - Marco: la carencia de planos actualizados de la línea principal de tuberías de agua potable y sus accesorios.

Este proyecto se puso en marcha gracias a la disposición y colaboración de ambas partes, llevando a cabo una junta con todos los operarios de los 14 tanques, y tras llegar a un acuerdo conjunto, se procedió al levantamiento de datos esenciales requeridos para la creación de los planos actualizados.

Este resultado demuestra el compromiso de la JAAPYS y los estudiantes de la ESFOT en abordar un problema crucial para la comunidad, la revisión de los mapas de la infraestructura de suministro de agua potable no solo mejorará la efectividad en la administración de los recursos de agua, sino que también proporcionará una solución a largo plazo para evitar la dependencia de personas externas o antiguos miembros de la administración. La colaboración interinstitucional y el trabajo en equipo son ejemplos de cómo la comunidad y la educación pueden unirse para abordar desafíos locales y promover el bienestar comunitario.

3.1.2 Levantamiento de información

Esta actividad se cumplió a cabalidad, obteniendo los siguientes resultados:

- Tanque 2, conocido como "Cochaloma", cuenta con 100 usuarios y su operaria es la señora Aida Cuichan.
- Siguiendo la línea de abastecimiento hacia la derecha, el Barrio Guallará cuenta con 3 respiraderos o válvulas rompe presión, todos con una tubería de 2" que no disminuye su diámetro en ningún punto. Esta tubería culmina en el Barrio San Luis. La segunda línea, al igual que la primera, cuenta con 3 válvulas de aire y dos cambios de diámetro. Inicia con un diámetro de 2" en el punto 0+000 y, según la necesidad, disminuye a 1.30" en el punto 0+325 del segundo ramal, finalizando con 1" en el punto 1+374. Esta tubería principal del Tanque 2 termina en el Barrio Salitre.

- El Tanque número 3, denominado "Macaloma", cuenta con 54 usuarios y su operario es el Señor Alfonso Haro. La primera coordenada se tomó en la planta de tratamiento. Siguiendo la línea de distribución junto a la tubería del Tanque número 2, se pasa la casa de respiradero y se llega a la válvula rompe presión a pocos metros. Esta tubería es de 3" y consta de 3 pulmones en los puntos 0+585, 0+418 y 0+225.
- El Tanque número 4, llamado "Rumiloma Alto", abastece a 57 usuarios y su operario es el Señor Angelo Simbaña. Esta línea se compone de 2 tuberías de 2", una destinada al Tanque 5 y la otra para abastecer a la población. La línea tiene una válvula rompe presión en el punto 0+270 y finaliza en Rumiloma Baja.
- El Tanque número 5 se abastece desde el Tanque número 4 y recibe el nombre de "Rumiloma Bajo". Abastece a 33 usuarios y su operario es el Señor Rene Simba. La tubería tiene un diámetro de 2" y consta de 1 válvula rompe presión en el último punto 0+668.
- El Tanque 6, denominado "La Escuela", consta de dos operarios, los Señores Floresmilo Simbaña y Carlos Gonzales. Este tanque tiene una tubería de 2" y abastece a 187 usuarios conectados a la red, con un proyecto en marcha para incorporar 44 usuarios adicionales. El tanque está ubicado en el Barrio Los Pinos y cuenta con 7 válvulas rompe presión en los puntos: 0+724, 0+879, 1+123, 1+443, 1+620, 1+842, 2+215. Se abastece del Tanque 5.
- El Tanque 7, llamado "Cochaloma", es operado por Gerardo Haro y abastece a 164 usuarios. Este tanque tiene una línea directa con la planta de tratamiento y consta de 2 tanques rompe presión en los puntos 0+800 y 0+239, así como dos válvulas rompen presión en 0+420 y 0+385.
- El Tanque 8, conocido como "Runashungo" y operado por Hector Pachacama, abastece a 1836 usuarios y cuenta con 2 válvulas rompe presión en los puntos 2+478 y 3+118. Se abastece directamente desde la planta de tratamiento.

Tabla 3.1. Levantamiento de información (planos, volúmenes de tanques)

Tanque	Nombre	Usuarios	Diámetro de Tubería	Válvulas	Tanques rompe presión	Puntos Interés	de
2	Cochaloma	100	2"	6		Barrios Guallar,	de

Tabla 3.1. Levantamiento de información (planos, volúmenes de tanques)

Tanque	Nombre	Usuarios	Diámetro de Tubería	Tanques rompe presión	Puntos de Interés
3	Macaloma	54	3"	3	Guanoloma, San Luis, Salitre Pulmones en varios puntos
4	Rumiloma Alto	57	2"	1	Rumiloma Baja
5	Rumiloma Bajo	33	2"	1	Último punto
6	La Escuela	231*	2"	7	Varios puntos
7	Cochaloma	164	2"	2	2 Puntos de interés
8	Runashungo	1836	2"	7	Puntos de interés

* 231 usuarios, los 187 usuarios corresponde al proyecto actual + los 44 usuarios proyectados a futuro.

3.1.3 Visita técnica, recorridos GPS, levantamiento de elementos y componentes

Después de haber concluido con las visitas técnicas y de haber levantado los puntos georreferenciados, se procedió a ingresar los datos al software Civil 3D. Los planos resultantes se convirtieron en una herramienta valiosa para la planificación y ejecución del proyecto, proporcionando una visión completa y detallada de la infraestructura y su disposición en el terreno. Estos planos, que se encuentran disponibles en el anexo 3.

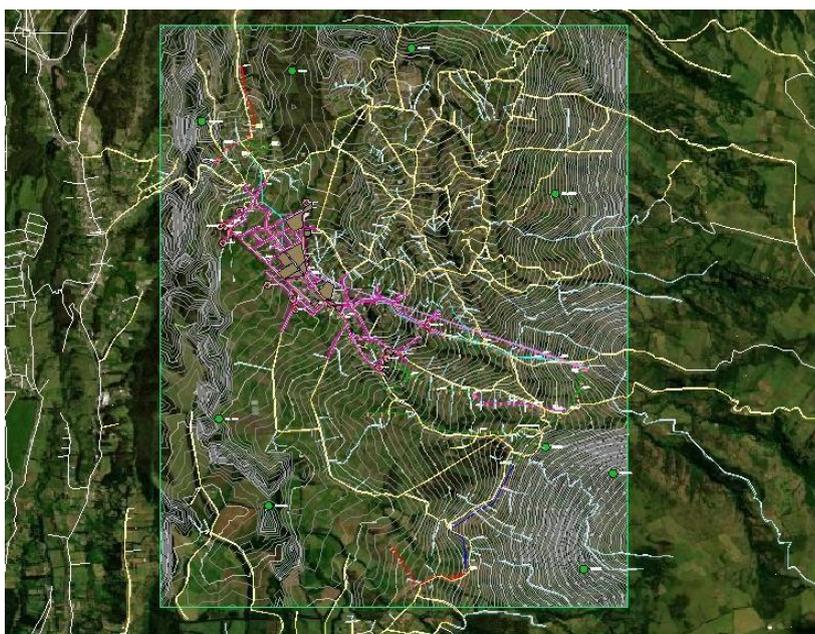


Figura 3.1. Ubicación del proyecto en Civil 3D

3.2 Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento

3.2.1 Análisis poblacional (método de cálculo, datos de censos, usuarios actuales)

Para estimar la población futura del barrio para el año 2050, se aplicó el método geométrico, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.2. Promedio de la tasa de crecimiento poblacional en el área de estudio

Año	Población inicial (Número de individuos)	Tasa de crecimiento (r)
1950	5.986	0,01845
1962	6.516	0,02131
1974	7.483	0,02457
1982	9.335	0,02358
1990	11.484	0,02253
2001	14.487	0,02397
2010	17.930	
PROMEDIO		0,02356

Este procedimiento se repitió para todos los tanques, lo que permitió obtener estimaciones de población futura para cada uno de ellos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.3. Estimación de la cantidad de usuarios por tanque hasta el año 2050

Tanque	Usuarios 2023	Usuarios 2030	Usuarios 2040	Usuarios 2050
2	100	353	446	563
3	54	191	241	304
4	57	201	254	321
5	33	117	147	186
6	231	816	1030	1300
7	164	579	731	923
8	183	646	816	1030

3.2.2 Estimación de la dotación (INEN – Dotaciones)

Para la estimación de la dotación de agua, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.4. Estimación de la dotación de agua

POBLACIÓN	USO	Demand a	Unidades	Dotación	Consumo neto
822		(L/d)	u	(L/(xyz).día)	(L/hab*día)
DOMÉSTICO	Lavado ropa				20
	Cocina				20
	Aseo personal				80
	Riego de jardines				15
	Aseo doméstico				20
	Abrevadero animales				5
	Descargas sanitarias				40
	TOTAL				200
COMERCIAL E INDUSTRIAL (C&I)	Lácteos	20000	5		121,65
	TOTAL	(C&I) = 100000	L/día		121,65
INSTITUCIONAL Y PÚBLICO (I&P)	Subcentro de Salud		1	50	0,61
	Escuelas		2	0	0,19
	Parques	50	2	80	0,12
	Mercados	2000	1		2,43
	TOTAL	(I&P) = 2760	L/día		3,36

Los resultados muestran que, en el sector doméstico, se consideran diversos usos como lavado de ropa, cocina, aseo personal y riego de jardines, lo que suma un consumo neto promedio de 200 litros por habitante al día. En el sector comercial e industrial, se incluyen actividades como la producción de lácteos, lo que resulta en una demanda diaria de 121.65 litros en total para C&I. Por último, en el sector institucional y público, se tienen hospitales, escuelas, parques y mercados que generan una demanda diaria de 3.36 litros total para I&P.

3.2.3 Cálculo de caudales (EPMAPS – fórmula, coeficientes, Qm, máximo diario y máximo horario)

Los resultados de los cálculos de caudales por tanque fueron los siguientes:

Tabla 3.5. Cálculo de los caudales máximo diario y máximo horario

Tanque	2	3	4	5	6	7	8
Caudal Medio	0,17	0,09	0,10	0,06	0,40	0,28	0,32
Caudal Máximo Diario	0,22	0,12	0,12	0,07	0,50	0,36	0,40
Caudal Máximo Horario	0,35	0,19	0,20	0,11	0,80	0,57	0,64

En general, se observa que los caudales varían significativamente entre los tanques, lo que refleja las diferencias en la demanda de agua en cada área de distribución. Los tanques 6 y 7 presentan los caudales máximos más altos, lo que sugiere una mayor demanda de agua en esas áreas. Por otro lado, los tanques 4 y 5 muestran caudales máximos más bajos, lo que indica una demanda menor en esas zonas.

Estos resultados son esenciales para la planificación y administración del sistema de suministro de agua, ya que permiten dimensionar adecuadamente la capacidad de los tanques, las tuberías y otros componentes de la infraestructura requerida para cumplir con las necesidades de la población en momentos de alta demanda. Además, estos datos son valiosos para garantizar la existencia y calidad de la provisión de agua a lo largo del tiempo.

3.2.4 Evaluación de volúmenes de almacenamiento (compara volumen actual con volumen calculado por el método de la curva integral)

A continuación se presenta los volúmenes de almacenamiento

Tabla 3.6. Evaluación de volúmenes de almacenamiento

Hor a	Consum o Consum o horario CMD	Σ Consumo Curva integral de consumo(consu mo acumulado)	Suministr oo Caudal máximo diario (%)	Σ Suministro Curva integral de suministro	Δ Déficit horario	$\Sigma\Delta$ Déficit acumulad o	Volumen n horario en el tanque (%QMD)
1	1	1,00	4,17	4,17	3,17	3,17	11,17
2	1	2,00	4,17	8,33	3,17	6,33	14,33
3	1	3,00	4,17	12,50	3,17	9,50	17,50

Tabla 3.6. Evaluación de volúmenes de almacenamiento

Hor a	Consumo Consumo o horario CMD	Σ Consumo Curva integral de consumo(consumo acumulado)	Suministr oo Caudal máximo diario (%)	Σ Suministro Curva integral de suministro	Δ Déficit horario	$\Sigma\Delta$ Déficit acumulado	Volumen n horario en el tanque (%QMD)
	1	4,00	4,17	16,67	3,17	12,67	20,67
5	2	6,00	4,17	20,83	2,17	14,83	22,83
6	4	10,00	4,17	25,00	0,17	15,00	23,00
7	9,5	19,50	4,17	29,17	-5,33	9,67	17,67
8	8	27,50	4,17	33,33	-3,83	5,83	13,83
9	7	34,50	4,17	37,50	-2,83	3,00	11,00
10	4	38,50	4,17	41,67	0,17	3,17	11,17
11	3	41,50	4,17	45,83	1,17	4,33	12,33
12	5,5	47,00	4,17	50,00	-1,33	3,00	11,00
13	9	56,00	4,17	54,17	-4,83	-1,83	6,17
14	5	61,00	4,17	58,33	-0,83	-2,67	5,33
15	3	64,00	4,17	62,50	1,17	-1,50	6,50
16	2,5	66,50	4,17	66,67	1,67	0,17	8,17
17	3	69,50	4,17	70,83	1,17	1,33	9,33
18	3,5	73,00	4,17	75,00	0,67	2,00	10,00
19	5	78,00	4,17	79,17	-0,83	1,17	9,17
20	9	87,00	4,17	83,33	-4,83	-3,67	4,33
21	8,5	95,50	4,17	87,50	-4,33	-8,00	0
22	2	97,50	4,17	91,67	2,17	-5,83	-2,17
23	1,5	99,00	4,17	95,83	2,67	-3,17	-4,83
24	1	100,00	4,17	100,00	3,17	0,00	-8,00

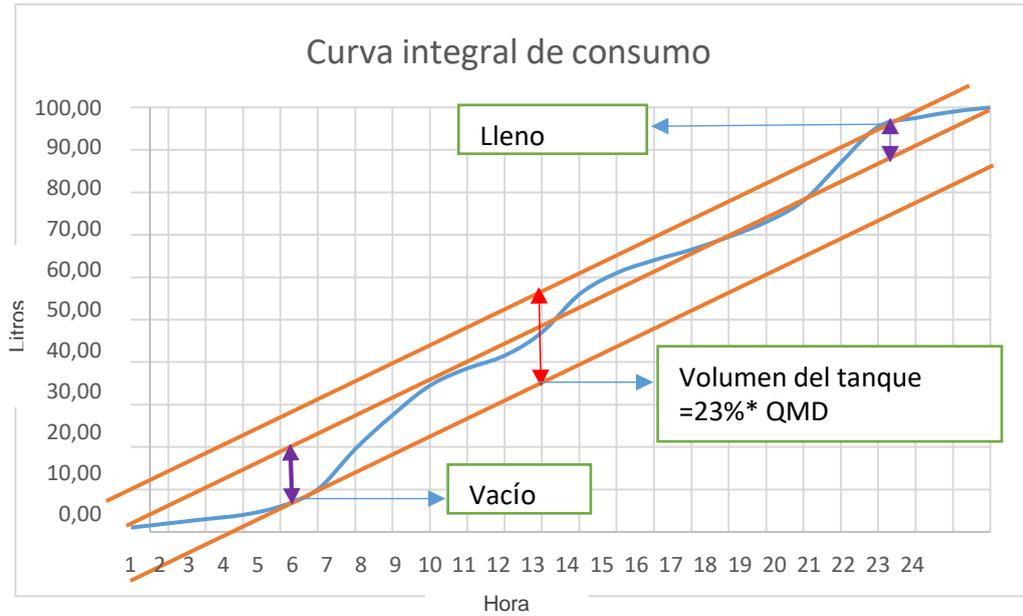


Figura 3.1 Curva integral de consumo

Tabla 3.7. Volúmenes de almacenamiento para cada tanque

TANQUE	CmaxD (L/s)	CmaxD (m3/d)	Volumen m3
2	0,22	L/s 19,01	m3/d 4,37 m3
3	0,12	L/s 10,37	m3/d 3,36 m4
4	0,12	L/s 10,37	m3/d 2,63 m5
5	0,07	L/s 6,05	m3/d 2,09 m6
6	0,5	L/s 43,2	m3/d 2,12 m7
7	0,36	L/s 31,10	m3/d 2,34 m8
8	0,4	L/s 34,56	m3/d 2,09 m9

El análisis de los datos del tanque superficial con suministro a gravedad revela momentos críticos donde la demanda supera el suministro, como se evidencia a las 21 h de la tarde con un déficit horario de -8, lo que significa que la cantidad de agua que está siendo demandada por los usuarios es mayor que la cantidad de agua que está siendo suministrada desde el tanque. A lo largo del día, el déficit acumulado alcanza su punto máximo de -8.00 a las 9 de la noche, indicando una sobreexplotación temporal de la capacidad del tanque, que está calculada en 95.98 m³. Sin embargo, el sistema demuestra una recuperación adecuada post-pico, manteniendo un equilibrio entre el suministro y la demanda al final del día. Con un flujo máximo diario de 4.83 L/s y un máximo horario de 417.3 m³/día, el tanque gestiona efectivamente las variaciones diarias, aunque sugiere la necesidad de una gestión optimizada para garantizar la sostenibilidad del suministro frente a las demandas futuras.

3.3 Generar esquemas y planos de redes de distribución y elementos del sistema

En los Anexos 3 al 15, se presentan los planos correspondientes a diversos componentes del sistema, incluyendo una representación detallada de los tanques 2 al 8. Estos documentos son cruciales para comprender la configuración y el funcionamiento de la infraestructura, ofreciendo una visión completa de la distribución y las especificaciones técnicas de los elementos que componen el sistema.

Los planos contienen la línea principal de conducción con su respectivo color de acuerdo al diámetro, contiene la señalética de donde están ubicados los tanques bisectrices en la longitud de cada tubería.

Tabla 3.8. Diámetros y colores de la tubería

Color		Diámetro
Azul		1"
Rojo		1,5"
verde		2 "
Anaranjado		3"
Rosado		4"

También se efectuó el geo data base del INEC donde se incluyó calles, senderos, edificios, lugares, sitios de alta importancia como el estadio la casa de salud etc. En los planos se puede encontrar la ubicación de las válvulas y tanques rompe presión, entre otros.

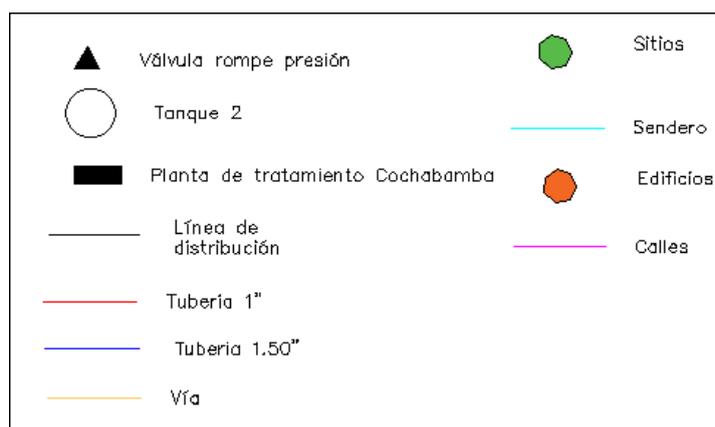


Figura 3.2 Leyenda de planos

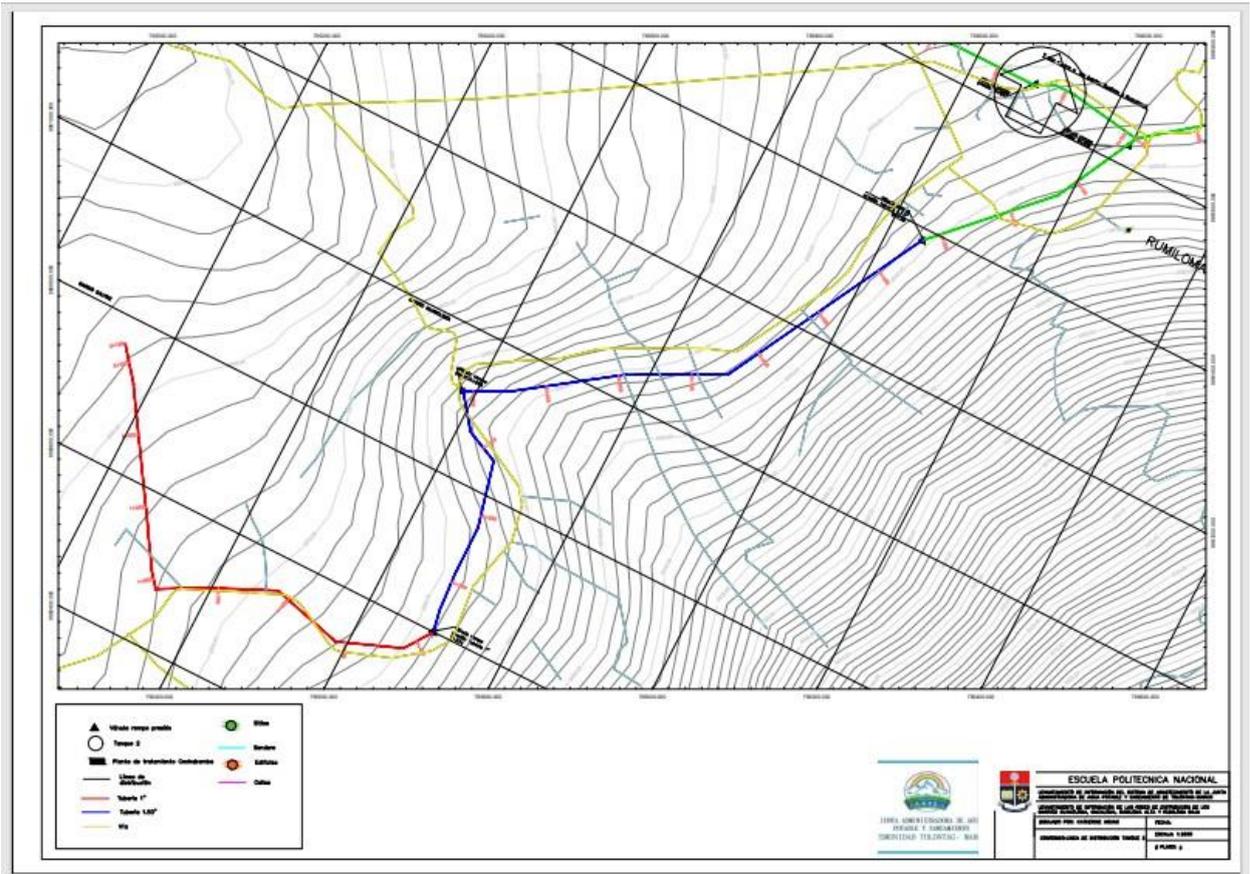


Figura 3.2 Modelo de plano final

4. CONCLUSIONES

- La colaboración entre la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado y los estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) fue fundamental para identificar y abordar la necesidad crítica de planos actualizados de la línea principal de tuberías de agua potable y sus accesorios en la comunidad de Tolontag. Además, se llevó a cabo un levantamiento de datos esenciales con la colaboración de los operarios de los 14 tanques, lo que permitió recopilar información detallada para la creación de planos actualizados.
- El análisis de los caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento revela diferencias significativas entre los tanques, lo que refleja las variaciones en la demanda de agua en cada área de distribución. Los tanques 6 y 7 muestran los caudales máximos más altos, lo que indica una mayor demanda de agua en esas áreas, mientras que los tanques 4 y 5 presentan caudales máximos más bajos, lo que sugiere una demanda menor en esas zonas. A pesar de las variaciones en los caudales, los tanques logran gestionar efectivamente las variaciones diarias de demanda, aunque se sugiere la necesidad de una gestión optimizada para garantizar la sostenibilidad del suministro frente a las demandas futuras.
- Como resultado del levantamiento de datos, se han generado planos detallados de la red de distribución del sistema de abastecimiento Tolontag, que incluyen la línea principal de conducción con codificación de colores según el diámetro, la ubicación de los tanques bisectrices, válvulas y tanques rompe presión, entre otros elementos.

5. RECOMENDACIONES

- Resulta crucial continuar con la colaboración interinstitucional dado que la misma ha demostrado ser altamente efectiva en la recopilación de datos precisos y en la georreferenciación de la infraestructura del sistema. Se recomienda mantener este enfoque colaborativo y fomentar la capacitación continua de los equipos involucrados en el uso de herramientas como Mapsource, Google Earth y Civil 3D. Además, es importante establecer protocolos de mantenimiento de la base de datos para garantizar la actualización constante de la información, lo que permitirá una gestión más eficiente y efectiva del sistema de abastecimiento de agua.
- Por otro lado, se recomienda continuar con la evaluación hidráulica de las redes con la información levantada. Es importante que se promueva la capacitación de personal técnico en el uso de estas herramientas y que se establezcan procedimientos de seguimiento y actualización periódica de la información. Además, considerando el crecimiento proyectado de la población y la demanda de agua, se recomienda realizar evaluaciones periódicas de la capacidad de la red de distribución y la infraestructura asociada para asegurar que estén dimensionadas adecuadamente para satisfacer las necesidades futuras. Esto contribuirá a mejorar la eficiencia y la calidad en la prestación del servicio de aprovisionamiento de agua en estas áreas residenciales.
- Para abordar los desafíos durante las horas pico en el tanque superficial de suministro por gravedad, se recomienda aumentar la capacidad de almacenamiento y optimizar la eficiencia del sistema. Esto podría incluir la ampliación del tanque existente o la adición de nuevos tanques, junto con la implementación de tecnología de monitoreo en tiempo real para una gestión más dinámica del suministro. Paralelamente, se deberían adoptar estrategias de gestión de la demanda, como la tarificación variable por horario, para incentivar el uso del agua fuera de los picos y asegurar así un suministro equilibrado a lo largo del día.
- Se recomienda utilizar el estudio actual para planificar nuevas conexiones domésticas o ampliaciones al sistema.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio Vela, F. M.-S. (1994). *estrategias óptimas para la reducción de pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento*. Universidad Politécnica de Valencia .
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *Norma Hidrosanitaria NHE de agua*. de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-%20norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>
- CONAGUA. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México: D.R. ©Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Cumbal, R. (2013). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2073/1/T-UIDE-1198.pdf>
- Cunalata Lasluisa, E. (2022). Catastro de los sistemas de abastecimiento de agua potable a través de la georeferenciación y digitalización para mejorar la calidad de información sanitaria de la parroquia urbana Tisaleo y Caseríos San Luis. *Ingeniera Civil*. Universidad Técnica Ambato.
- Duran, G. (2015). Morfología de la inequidad en la distribución del consumo domiciliario de agua potable. *Agua y pobreza en Santiago de Chile*, 225-246.
- EPMAAP-Q. (2008). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*. Quito: V&MGráficas.
- Ferreira, M., & Aira, V. G. (2016). Aplicaciones topográficas de los drones. Universidad Nacional del Litoral Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza.
- Huaquisto, S., & Chambilla, I. (2019). análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno. *Investigación & Desarrollo*, 12.
- Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. (1992). *CPE INEN 005-9-1 Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Lárraga Jurado, P. (2017). Diseño para el sistema de agua potable.
- López, M., & Morales, Á. (2021). *Diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable para el recinto el tigre de la parroquia Tachina en la provincia de Esmeraldas*. Universidad Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21673>
- López, R. (2003). *Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1892>

- Lossio Aricoche, M. (2012). sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones. Universidad de Piura, Piura. O <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/92a15368-f989-437d-869c-53a61667a824/content>
- Molina , R. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano*. Barranquilla : Zoila Sotomayor O.
- Nájera, A., & Vázquez, R. (2019). propuesta metodológica para la generación de ortofotos y modelos digitales de elevación de alta resolución a través de vuelos con drones no-fotogramétricos. *propuesta metodológica para la generación de ortofotos y modelos digitales de elevación de alta resolución a través de vuelos con drones no-fotogramétricos*. Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero.
- OPS/OMS. (1988). Tecnología de Pequeños Sistemas de Abastecimiento de Agua en Países en Desarrollo. En OPS/OMS, *Sistema de Abastecimiento de Agua para pequeñas comunidades* (pág. 7).
- Sandre Osorio, I. (1950). Conflicto y gestión del agua el caso de las juntas de agua en el estado de MÉXICO. *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, 1-10.
- Tipantuña, Á., & Caguana, V. (2018). *Diseño de la red de distribución principal de agua potable para la parroquia pasa del cantón Ambato, provincia de Tungurahua-Ecuador*. Universidad Técnica De Ambato.
- Tuesca Molina, R. (2015). *Fuentes e abastecimiento de agua para consumo*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Vela, A. (31 de 03 de 1994). Estrategias óptimas para la reducción de pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento.

7. ANEXOS

Anexo I. Informe de Plagio

TIC_Katherine_Aguas_2023B

ORIGINALITY REPORT

12%	11%	4%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source	2%
2	pirhua.udep.edu.pe Internet Source	1%
3	repositorio.uta.edu.ec Internet Source	1%
4	protectyourrights.net Internet Source	1%
5	repositorio.puce.edu.ec Internet Source	1%
6	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Student Paper	1%
7	documentop.com Internet Source	<1%
8	hdl.handle.net Internet Source	<1%
9	www.slideshare.net Internet Source	<1%

Anexo II. Imágenes de los equipos

Nombre	Foto
Válvulas rompe presión de 3" y 1"	
Tanques rompe presión	
Válvula con 2 salidas	
Tanque rompe presión	
Válvula rompe presión	

<p>Tubería que se divide en 2</p>	
<p>Válvula rompe presión oculta</p>	
<p>Válvula rompe presión final</p>	
<p>Tanque de agua</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;"> Alejandro Proaño -0.32746, -78.33901, 2830.0m, 222° 02/12/2023 08:21:34 </p>

ANEXO III. Planos de los tanques