

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 SANYAJUCHO, COCHALOMA,
VILLEGAS ALTO Y BAJO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

FERNANDA MARISOL GUATEMAL AMAGUA

DIRECTOR: EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Fernanda Marisol Guatemal Amagua 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.

FERNANDA GUATEMAL

fernanda.guatemal@epn.edu.ec

mariguatemal1@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Fernanda Marisol Guatemal Amagua, bajo mi supervisión.

ING. EDUARDO VÁSQUEZ

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.

FERNANDA MARISOL GUATEMAL AMAGUA

DEDICATORIA

A mis padres, Ana Maria Amagua y Arturo Guatemal quienes siempre creyeron en mi y me alentaron a alcanzar mis metas, por enseñarme a no rendirme y que cada esfuerzo tiene su recompensa.

A mis hermanos, Jorge, Diego, Santiago, cuyo amor y aliento han sido mi fortaleza a lo largo de este viaje académico. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para mí.

A mi familia, por su amor incondicional y por ser mi red de apoyo. Este logro es el resultado de nuestra unidad y fortaleza juntas.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante durante toda mi carrera. Este logro es un reflejo de su inquebrantable dedicación.

A mi tutor Ing. Eduardo Vásquez, por su paciencia en el desarrollo de este trabajo de integración curricular y por cuya orientación experta ha sido invaluable a lo largo de este proceso.

A mis amigos y compañeros: Amanda, Katty, Jorge, Bryan, Paulina, Joel gracias por su apoyo y aliento en momentos difíciles han sido fundamentales en cada etapa de este viaje académico.

A Mishel, amiga y confidente, gracias por estar a mi lado en los momentos desafiantes y celebrar los triunfos conmigo, por siempre apoyarme y estar a mi lado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Sistemas de abastecimiento de agua	3
1.4.2 Captación	3
1.4.3 Conducción	4
1.4.4 Tanques de almacenamiento	4
1.4.5 Red de distribución	5
1.4.6 Factores para tener en cuenta para la planificación y análisis de un sistema de abastecimiento	7
1.4.7 Capacidad del tanque de distribución	8
1.4.8 Catastro de infraestructura	8
1.4.9 Sistema de posicionamiento global (GPS)	9
1.4.10 Restitución fotogramétrica	9
2. METODOLOGÍA	10
2.1 Socialización en la comunidad	10
2.2 Levantamiento de información	10
2.3 Visitas Técnicas	10
2.4 Levantamiento de puntos georreferenciados con GPS	11
2.5 Catastro de la conducción actual de la zona de estudio	12
2.6 Análisis poblacional	14
2.7 Estimación de la dotación	16
2.7.1 Demanda domestica	17
2.8 Cálculo de caudales	18
2.8.1 Caudal medio diario (QMD)	18
2.8.2 Caudal máximo diario (QMD)	18

2.8.3	Caudal máximo horario (QMH)-----	18
2.8.4	Coeficiente de consumo máximo diario y máximo horario (k1 yk2)-----	19
2.9	Evaluación de tanque de almacenamiento	19
2.9.1	Cálculo de la capacidad del tanque de distribución -----	19
2.9.2	Curva integral-----	20
2.10	Procesamiento de datos y trazados de planos	21
2.10.1	Trazado de líneas para el sistema de conducción -----	22
2.10.2	Enlaminado del plano y procesamiento de vías, senderos, calles, edificios. -----	22
3.	RESULTADOS -----	23
3.1	Levantamiento de información	24
3.1.1	Levantamiento de puntos georreferenciados -----	24
3.2	Estimación de la población	26
3.2.1	Población futura -----	27
3.3	Dotación	27
3.3.1	Dotación domestica-----	27
3.4	Calculo de caudales	28
3.5	Evaluación de volumen de tanques y curva integral	29
3.5.1	Curva Integral -----	29
3.6	Procesamiento de datos georreferenciados	30
3.6.1	Enlaminado de planos-----	32
4.	CONCLUSIONES -----	34
5.	RECOMENDACIONES -----	36
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	37
7.	ANEXOS-----	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bosquejo de un sistema de suministro de agua potable (Vanessa, 2022).-----	3
Figura 2. Ubicación del tanque de captación y planta de tratamiento de Tolontag-Marco11	
Figura 3. Sistema de Posicionamiento Global (GPS) -----	12
Figura 4. Datos procesados de wapoints en Mapsoure (Tanque 14).-----	13
Figura 5. Datos procesados de tracks en Mapsoure (Tanque 14).-----	13
Figura 6. Puntos de GPS-Tracks -----	14
Figura 7. Tasa de crecimiento de la parroquia de Pintag -----	16
Figura 8. Dotaciones recomendadas (INEN, 2012)-----	17
Figura 9. Curva de distribución horaria del consumo poblacional (López, 2000).-----	20
Figura 10. Curva integral de un tanque elevado y de succión (López, 2000) -----	21
Figura 11. Trazo de elementos (calles, vías, senderos y sitios)-----	23
Figura 12. Posicionamiento espacial de los componentes del sistema-----	24
Figura 13. Curva generada por el consumo de la población en 24 horas-----	29
Figura 14. Curva integral de consumo-----	30
Figura 15. Trazado de la conducción con sus accesorios (tanque 14) -----	32
Figura 16. Leyenda de accesorios -----	33
Figura 17. Plano generado (tanque 14) -----	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Método para la estimación de la población (Miguel, 2017) -----	15
Tabla 2. Población del sector rural de la parroquia de Pintag (Pintag, 2012)-----	16
Tabla 3. Accesorios de cada tanque del sistema de conducción para el abastecimiento de la población. -----	25
Tabla 4. Tasa de crecimiento de la parroquia de Pintag. -----	26
Tabla 5. Población futura de Tolontag-Marco de los tanques 9-14-----	27
Tabla 6. Caudales de diseño -----	28
Tabla 7. Volumen de cada tanque-----	30
Tabla 8. Datos obtenidos del GPS procesados al MapSoure (tanque 14)-----	31
Tabla 9. Distancias de la red de distribución de cada tanque. -----	32
Tabla 10. Colores de los diámetros de las tuberías. -----	33

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tasa de crecimiento-----	15
Ecuación 2. Demanda domestica-----	17
Ecuación 3. Caudal medio diario (EMAAP-Q, 2008)-----	18
Ecuación 4. Caudal máximo diario (EMAAP-Q, 2008) -----	18
Ecuación 5. Caudal máximo horario (EMAAP-Q, 2008) -----	19
Ecuación 6. Cálculo de volumen del tanque regulador-----	21

RESUMEN

El presente proyecto se centra en recopilar información sobre la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento administrado por la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Tolontag-Marco, así como las redes de distribución en los barrios Sanyajuchu, Cochaloma, Villegas Alto y Bajo. Se emplearon varios métodos para procesar datos y elaborar planos del sistema de distribución, considerando tanto los accesorios de tuberías como las características topográficas. Además, se realizaron visitas de campo donde se conoció la infraestructura y se recopiló información sobre la ubicación de las tuberías y de los tanques que almacenan el agua. Los resultados revelaron una red compleja de tuberías con diferentes diámetros, que abastecen a los mencionados barrios. Se identificaron un total de 14 tanques de almacenamiento en la comunidad, con la Planta de Tratamiento funcionando como el tanque principal. Sin embargo, se observó que no todos los tanques están directamente conectados a la planta depuradora; algunos reciben agua de tanques adyacentes. El proyecto enfatiza la importancia de evaluar y mejorar la distribución de agua potable en la comunidad, así como la necesidad de considerar la interconexión entre los tanques de almacenamiento para garantizar una distribución eficiente. El estudio da una base sólida para futuras intervenciones para mejorar la gestión del agua y la infraestructura hidráulica en la región, incluyendo la implementación de medidas para optimizar la conexión entre los tanques de almacenamiento y el monitoreo continuo del sistema de abastecimiento para solucionar los requerimientos de la población.

PALABRAS CLAVE: *Abastecimiento, Saneamiento, Redes, Tuberías, Tanques, Distribución.*

ABSTRACT

This project focuses on collecting information on the infrastructure of the drinking water supply and sanitation system managed by the Tolontag-Marco Drinking Water and Sanitation Administration Board, as well as the distribution networks in the Sanyajuchu, Cochaloma, Villegas Alto neighborhoods and low. Various methods were used to process data and prepare distribution system plans, considering both pipe fittings and topographic features. In addition, field visits were carried out where the infrastructure was known, and information was collected on the location of the pipes and tanks that store water. The results revealed a complex network of pipes with different diameters, which supply the neighborhoods. A total of 14 storage tanks were identified in the community, with the Treatment Plant functioning as the main tank. However, it was observed that not all tanks are directly connected to the treatment plant; some receive water from adjacent tanks. The project emphasizes the importance of evaluating and improving the distribution of drinking water in the community, as well as the need to consider the interconnection between storage tanks to ensure efficient distribution. The study provides a solid basis for future interventions to improve water management and hydraulic infrastructure in the region, including the implementation of measures to optimize the connection between storage tanks and continuous monitoring of the supply system to solve water requirements. the population.

KEYWORDS: *Supply, Sanitation, Networks, Pipes, Tanks, Distribution.*

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El componente incluye el levantamiento de información sobre el sistema de abastecimiento Tolontag-Marco, se implementó un enfoque holístico que integra diferentes etapas. Inicialmente la información fue recolectada durante reuniones que la comunidad de Tolontag-Marco sostuvo con el presidente de la comunidad, asimismo, la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPYS) brindó la información necesaria para recolectar datos indispensables con la finalidad de responder a las solicitudes requeridas por JAAPYS. El sistema tiene una toma principal, lleva a la planta de tratamiento y se realiza el tratamiento adecuado para que el agua destinada al consumo sea de buena calidad, la distribución se realiza con 14 tanques de almacenamiento que llevan el líquido vital a cada hogar de la comunidad, la JAAPYS no tiene información actual sobre el sistema de conducción son sus debidos accesorios, generando inconvenientes al realizar mantenimientos, por eso se solicitó levantar la información adecuada del lugar de abastecimiento para elaborar planos.

Como parte del proyecto, se realizó un análisis del consumo de agua en la comunidad Tolontag-Marco de los tanques 9-14 calculando el caudal promedio diario, caudal máximo diario y el consumo máximo horario, se consideró la estimación de distribución basada en la población recibida por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) de la Parroquia de Pintag debido a que la comunidad Tolontag-Marco es ubicado en dicha parroquia. Estos datos fueron esenciales para calcular los caudales son los que posteriormente se analizó el volumen de los tanques de reserva que distribuyen a cada sector que administra la junta de agua.

Además, se ha incorporado una curva de consumo integral que permite visualizar de forma gráfica y cuantitativa los patrones de consumo de una zona rural. Con esta curva se realizó la evaluación de los volúmenes del embalse para determinar la capacidad necesaria en cada segmento del sistema de conducción. Esta evaluación determinó el tamaño óptimo para satisfacer la demanda máxima y garantizar un suministro constante incluso durante períodos de mayor demanda.

El propósito de este trabajo es recopilar información sobre la distribución de la Red de Cadena de Suministro Comunitario Tolontag-Marco. En este estudio se diagnosticaron las capacidades hidráulicas entre las líneas de captación, red de distribución y la planta depuradora de agua. A partir de información georreferenciada obtenida durante la visita se elaboraron planos detallados utilizando herramientas como Civil 3D. Estos planos, que

incluyen las ubicaciones exactas de componentes cruciales del sistema de tuberías, que proporcionarán una representación visual clara y detallada de la infraestructura existente.

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 línea de conducción y redes de distribución del sistema de abastecimiento de Tolontag.
2. Analizar caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento.
3. Generar esquemas y planos de redes de conducción, distribución y elementos del sistema.

1.3 Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo recolectar información completa y veraz de la infraestructura de las redes de distribución de agua potable en los barrios Sanyajucho, Cochaloma, Villegas Alto y Villegas Bajo. Esta información se utilizará para generar planos detallados y determinar la capacidad requerida de los tanques del sistema de abastecimiento de agua potable. Se realizará un recorrido por las redes de distribución de los barrios mencionados, identificar y registrar todos los elementos del sistema, incluye: tuberías, válvulas, tanques y otros elementos relevantes.

Se utilizarán herramientas como GPS, cámaras fotográficas y formularios de registro para la captura de datos.

Se elaborarán planos detallados de las redes de distribución, incluyendo: ubicación y trazado de las tuberías, válvulas, tanques e indicación del diámetro y material de las tuberías, simbología y leyendas estandarizadas, e información adicional relevante (topografía, curvas de nivel, entre otros.)

Finalmente, se analizará la demanda actual y futura de agua potable en las zonas aledañas y se calculará la capacidad de almacenamiento necesaria para asegurar un suministro continuo de agua potable.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistemas de abastecimiento de agua

Los sistemas diseñados para proporcionar agua apta para el consumo humano incluyen la recolección, el transporte, el almacenamiento, la distribución y el tratamiento del agua desde fuentes naturales hasta los hogares, por lo que se debe de cumplir con normas y reglamentos para funcionar correctamente (Cardenas Jaramillo, 2010).

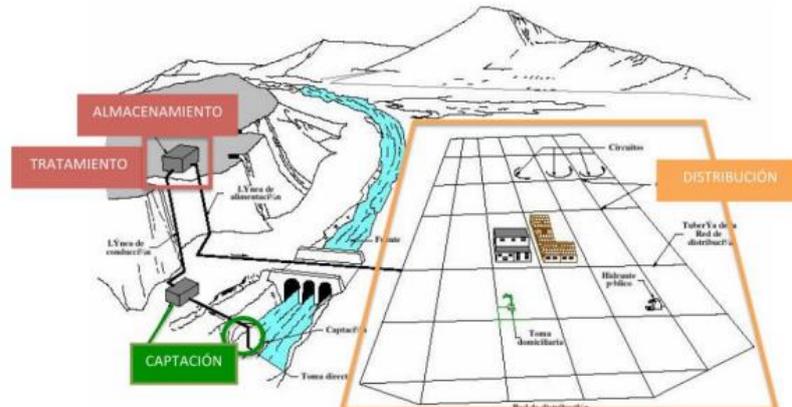


Figura 1. Bosquejo de un sistema de suministro de agua potable (Vanessa, 2022).

Para trazar y diseñar una red de agua potable es importante identificar las fuentes de agua: suministro o abastecimiento:

- *Fuente de agua superficial:* Es un esencial recurso hídrico dulce que se encuentra en diversos cuerpos de agua como ríos, arroyos, lagos, lagunas y embalses. Dada su visibilidad, el acceso es sencillo; Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que estas fuentes de agua pueden sufrir contaminación debido a la descarga de aguas residuales (EMAAP-Q, 2008).
- *Fuente de agua subterránea:* Se localizan en capas subterráneas y tienen diversos orígenes, que van desde la infiltración de precipitaciones hasta la conexión con ríos, lagunas o nieve. Cuando se acumulan en zonas saturadas dan lugar a acuíferos, cuyos caudales naturales se manifiestan en manantiales o manantiales. Estas fuentes subterráneas tienen menos probabilidades de estar contaminadas debido a su confinamiento (EMAAP-Q, 2008).

1.4.2 Captación

La captación de un agua superficial implica la construcción de estructuras superficiales, como ríos o embalses, para proporcionar agua a la población. Esto puede hacerse por

gravedad o por bombeo y la extensión de la infraestructura varía según las necesidades de la población. Es primordial considerar la contaminación que puede afectar a las aguas superficiales. Estas aguas necesitan ser tratadas para que sean aptas para el consumo humano (Spuhler).

1.4.2.1 Clase de captaciones

Se clasifican dependiendo el suministro y lo que se necesite, ya sea embalses, bebederos o ríos lo cuales tiene sus tipos de captación:

- Captación en almacenamiento
- Captación en presa de almacenamiento
- Captación de presa derivadora
- Captación de manantiales
- Captación en ríos

1.4.3 Conducción

Los sistemas que conducen agua potable deben contar con tuberías y accesorios que transportan agua desde fuentes naturales hasta un punto de destino como un embalse o una planta de tratamiento. El transporte del agua puede realizarse por gravedad o mediante el uso de bombas (Ronnie, 2011).

En los sistemas de agua potable por gravedad, las tuberías consisten en una serie fija de conductos, válvulas, elementos y estructuras. Su diseño permite transportar agua desde una fuente natural hacia un depósito aprovechando la energía potencial disponible. El objetivo es maximizar la eficiencia energética utilizando el diámetro mínimo que mantenga una presión igual o inferior a la resistencia del material del conducto. La prioridad es emplear la carga estática disponible para generar el flujo deseado (Pittman, 1997).

1.4.4 Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento y nivelación son aquellos que están diseñados para almacenar agua y equilibrar la fluctuación del flujo de ingresos y los costos diarios del usuario. Su función principal es satisfacer la demanda durante los picos de consumo, posibilitando la recuperación del volumen en los periodos de menos demandan. De esta manera, se garantiza un suministro eficiente de agua durante los momentos de mayor necesidad (Vanessa Del Carmen Garcia, 2018)

1.4.4.1 Tipo de tanques

Para seleccionar el tipo de tanque que se va a construir depende del lugar, del material que tengan a disposición.

- Tanque enterrado
- Tanque elevado
- Tanque semienterrado
- Tanque superficial

1.4.5 Red de distribución

Las redes de distribución de agua se encargan de transportar el líquido vital desde las plantas de depuradoras o tanques hasta los puntos de acceso al servicio para uso de los consumidores. El objetivo principal es mantener la calidad, la cantidad del agua y mantener una presión suficiente en el sistema de suministro, esta red se compone primordialmente de tuberías, válvulas y otros componentes básicos. (DOROTHEE, 2017).

La optimización de las redes de suministro de agua es fundamental para garantizar la idoneidad del agua para el uso y consumo humano. Para ello, se consideran dos elementos fundamentales: la tubería matriz, que se extiende por todo el terreno, y el lugar de distribución. A partir de estos elementos, se conecta la red principal a los domicilios, satisfaciendo así la necesidad del recurso de cada miembro del hogar.

1.4.5.1 Tipos de redes de distribución

Se puede clasificar en dos tipos de redes de distribución:

- Red abierta o ramificada

Redes de distribución en sistema abierto, ramal principal y ramal constante. Se utilizan en zonas con topografía compleja o desarrollo lineal. Aunque la tubería principal sigue la calle, crea problemas como flujo unidireccional y puntos muertos que pueden causar sabores desagradables. Para mantener la calidad del agua, se recomienda instalar válvulas de drenaje. (Pittman, 1997).

- Sistema cerrado

Es un sistema de distribución de agua en forma de malla se compone de conductos interconectados que configuran un circuito cerrado. Esta disposición, considerada la más conveniente, garantiza un servicio eficiente y continuo. Su principal objetivo es evitar puntos sin suministro durante reparaciones. Al segmentar la red, el área afectada se limita a una cuadra, minimizando el impacto en los usuarios (Pittman, 1997).

1.4.5.2 Componentes de la red de distribución

- *Red de Tuberías:* se compone de conductos interconectados a través de diversos puntos de unión. Se divide en una red primaria y redes secundarias. La tubería de suministro es la responsable de transportar el agua desde el tanque de almacenamiento hasta su punto de distribución.
- *Accesorios de tuberías:* los accesorios que se utiliza ayudan a ensamblar interacciones, estos accesorios permiten hacer cambio de diámetro así mismo a controlar el flujo, y cuando hay otros accesorios (Molina, 2022).
- *Válvula de aire:* las válvulas de aire son cruciales para el correcto funcionamiento de las tuberías al regular el aire durante su llenado, vaciado y operación a flujo constante, previniendo así sobrepresiones, subpresiones y asegurando la integridad del sistema (CONAGUA, 2007)
- *Válvula de control:* estas válvulas juegan un papel clave en la regulación de caudales y presiones en tuberías, y sus funciones incluyen aislar, regular y dividir partes. El flujo debe regularse a través de estas válvulas y evitar problemas como transitorios, cavitación excesiva o caídas de presión importantes. La clasificación incluye válvulas como válvulas de mariposa, de cono, de globo, de globo y de compuerta (CONAGUA, 2007)
- *Válvula reductora de presión:* las válvulas de aire, generalmente de tipo globo, cumplen una función crucial como válvulas de control especializadas en el manejo del aire en las tuberías. Su diseño y dimensionamiento siguen los mismos principios de las válvulas de control tradicionales. Su objetivo principal es mantener una presión constante en la línea, evitando fluctuaciones que puedan afectar el funcionamiento del sistema (CONAGUA, 2007).

1.4.5.3 Zonas de presión

En zonas rurales caracterizadas por una topografía irregular y fuertes pendientes, es necesario dividir la red en varias zonas de presión. Este enfoque garantiza que se cumplan

las presiones mínima y máxima recomendadas en cada zona. La división en zonas de presión evita la formación de puntos en la red provocados por una presión excesiva, que pueden provocar fugas y desperdicio de agua tratada. Se recomienda sectorizar las redes de distribución para simplificar la operación y mantenimiento, así como evaluar pérdidas del sistema, identificar rápidamente fugas y conexiones ilegales (Morales, 2015).

1.4.6 Factores para tener en cuenta para la planificación y análisis de un sistema de abastecimiento

1.4.6.1 Población

Para planificar un sistema de suministro de agua eficiente, es necesario estimar la población al final del período de planificación. De igual manera, el diseño de redes de distribución requiere entender la distribución espacial de la población, la identificación de diferentes tipos de uso del suelo, la clasificación de tipos de consumidores y el análisis de la distribución de la demanda de agua. (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.2 Consumo

El consumo de agua rural varía de una región a otra debido a factores como el clima, el suministro de agua, las costumbres locales y las actividades de la población. Al planificar el suministro de agua en estas áreas, se debe tomar en cuenta un consumo mínimo diario promedio de 100 l/hab (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.3 Dotación

La dotación de agua se refiere a la cantidad de líquido vital asignada por persona. Son datos básicos para calcular la demanda futura, teniendo en cuenta los consumos y las pérdidas en el sistema. Estas pérdidas pueden ser causadas por fugas por rotura de tuberías, consumos durante la operación y mantenimientos necesarios en la red de distribución y tanques de almacenamiento. (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.4 Caudal de diseño

El caudal de diseño es el volumen de agua que se espera que circule por un sistema de alcantarillado en un periodo determinado. Este caudal se utiliza para dimensionar los equipos, las redes y las estructuras del proyecto, como las tuberías, las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.5 Caudal medio diario

El caudal medio diario se define como la cantidad mínima de agua que fluye por un punto determinado de un sistema de agua potable durante 24 horas, en un año. Este valor es vital para el diseño y la operación del sistema, ya que permite asegurar que el mismo tenga la capacidad suficiente para transportar las aguas residuales incluso en los períodos de menor demanda (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.6 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se define como la cantidad máxima de agua que fluye por un punto determinado de un sistema de alcantarillado durante un período de 24 horas, en un lapso de un año (EMAAP-Q, 2008).

1.4.6.7 Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se define como la cantidad máxima de agua que fluye por un punto determinado de un sistema de alcantarillado durante un período de una hora (EMAAP-Q, 2008).

1.4.7 Capacidad del tanque de distribución

La capacidad del tanque de distribución es la cantidad máxima de agua que puede almacenar para garantizar el suministro continuo a la población durante 24 horas. El cálculo de esta capacidad se basa en el estudio del consumo de agua por hora, el cual varía según las costumbres de la población. En general, se analiza el aumento del consumo durante las horas de las comidas. Este patrón es más evidente en poblaciones pequeñas, donde las costumbres son más homogéneas. En poblaciones grandes, la heterogeneidad de las costumbres dificulta la determinación precisa del consumo horario (López, 2000).

1.4.8 Catastro de infraestructura

Se define como un sistema organizado de registro y almacenamiento de información. Este sistema comprende planos y fichas técnicas que contienen datos estandarizados sobre los aspectos técnicos, la ubicación y las especificaciones de todos los elementos que conforman la infraestructura de acueducto y alcantarillado (Giraldo, 2021).

1.4.8.1 Catastro de red

El catastro de red se basa en un análisis de los términos generales de la red de agua de consumo, donde se tiene los accesorios que está compuesta la red, el propósito del

catastro de red es describir y georreferenciar los accesorios que se encuentra como son los tanques, tuberías que están conformadas en la distribución de la red (Valdiezo, 2018).

El catastro de redes es solo un inventario que tiene la red, de todos los accesorios que conforman ya sea donde se localiza, lugar donde se encuentra, el diámetro, la clase de material que se utiliza y su año en que se instaló.

1.4.9 Sistema de posicionamiento global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) proporciona información precisa de ubicación a un elemento en cualquier parte del mundo. Este sistema ofrece importantes beneficios al permitir la navegación y proporcionar datos de ubicación, hora, latitud, longitud y altitud en un punto específico. Su funcionamiento se basa en la colaboración entre estaciones terrestres y satélites situados en órbita alrededor de la Tierra (Pachas, 2009).

1.4.10 Restitución fotogramétrica

La restitución fotogramétrica se utiliza en proyectos SIGLA para digitalizar ortofotos, datos MDT y MDS. Las escalas de mapas como 1:1.000, 1:2.000 y 1:5.000 se crean mediante vuelos fotogramétricos o combinados con LiDAR y una cámara digital. También se producen mapas a mayor escala (1:10.000, 1:25.000) a partir de imágenes de satélite. En proyectos 3D, la restauración fotogramétrica o el uso de modelos de elevación LiDAR aportan la tercera dimensión del mapeo planimétrico (SIGLA, 2014)

2. METODOLOGÍA

2.1 Socialización en la comunidad

La socialización del proyecto se realizó en la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPYS) que se encuentra ubicada en la comunidad de Tolontag, la administración decidió abrir sus puertas para llevar a cabo una sesión junto a estudiantes de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). Durante la reunión, se destacó que uno de los asuntos prioritarios es la urgencia de contar con documentación detallada sobre la red principal de tuberías de agua potable y sus componentes. El presidente de la JAAPYS, el Sr. Polivio Haro, en colaboración con los representantes, solicitó la recopilación de información para la elaboración de nuevos planos debido a que los planos que tienen actualmente son de 30 años atrás, generando complicaciones en mantenimiento de tuberías ya que no cuentan con gráficas y datos completos de todos los elementos.

Al ser aprobado el proyecto por el presidente de la JAAPYS junto con sus representantes, se realizó una reunión con los operarios de los 14 tanques y así se coordinar el levantamiento de información para el sistema de distribución.

2.2 Levantamiento de información

Para el levantamiento de información se asistió a una reunión que se realizó con el presidente de la JAAPYS, permitiendo informarles a los representantes sobre la metodología que se implementó para recolectar los datos necesarios de cada tanque, se solicitó a los operarios el acompañamiento para realizar cada recorrido. Esto para planificar fechas y determinar el tiempo estimado de cada recorrido.

En la primera reunión el presidente de la JAAPYS propuso la fecha en la que se llevaría a cabo el reconocimiento del recorrido para llegar a la principal captación de agua cruda.

En cuanto a las demás visitas técnicas para realizar los recorridos de la red de distribución en la comunidad se quedará de acuerdo cada reunión de la JAAPYS.

2.3 Visitas Técnicas

Se realizaron tres visitas técnicas y en cada una de ellas nos guiaron los operarios de la JAAPYS para identificar la red de distribución y sus accesorios de cada sistema de conducción.

En la primera visita técnica se realizó el reconocimiento del lugar de la captación principal hasta la planta de tratamiento junto con la compañía del presidente de la junta JAAPYS y

los estudiantes de la ESFOT. En la siguiente imagen se muestra el lugar donde se ubica la captación a la planta de tratamiento.

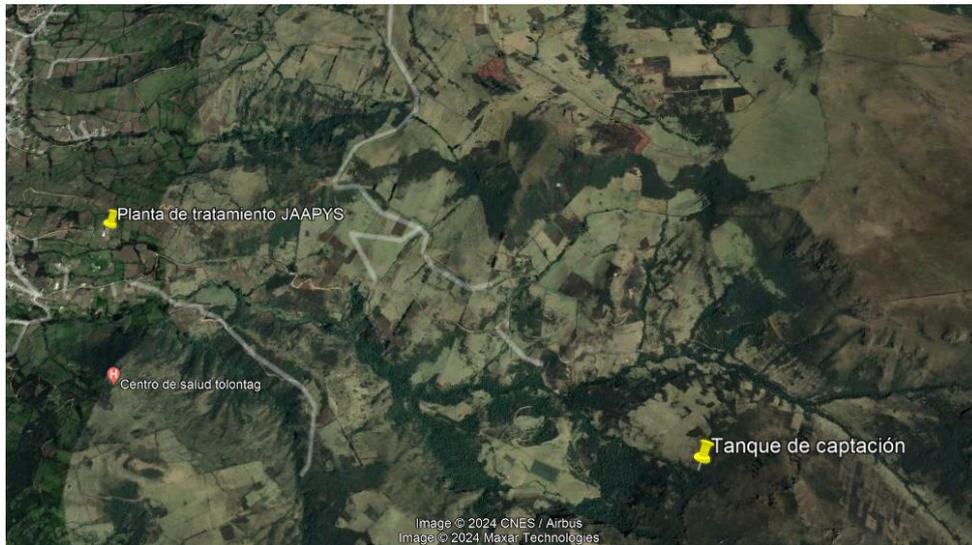


Figura 2. Ubicación del tanque de captación y planta de tratamiento de Tolontag-Marco

En la segunda visita técnica se realizó el reconocimiento de la línea de conducción del tanque 2 al tanque 8 junto a la compañía de los responsables de dichos tanques.

En la tercera visita técnica se tomó información del tanque 9 hasta el 14, donde se registró los puntos y la trayectoria de las tuberías.

2.4 Levantamiento de puntos georreferenciados con GPS

Para el levantamiento de información de puntos se optó por utilizar un dispositivo GPS marca GARMIN, para la configuración del dispositivo y obtener una precisión de al menos 3 metros dependiendo del clima del lugar, una vez que se obtuvo la precisión correcta se realizó el recorrido del sistema de distribución para obtener las coordenadas geográficas y alturas de todos los componentes de la red. Luego se encendió el GPS y se comenzó la ruta, tomando puntos a lo largo del recorrido. Además, se registraron puntos específicos que representan componentes importantes del sistema, como tanque de desagüe, planta de tratamiento, tanque de distribución y de almacenamiento, válvulas y cambio de diámetros de tuberías en toda la comunidad de Tolontag-Marco, al finalizar se procedió a guardar los datos para que sean procesados y generar los trazos de la red de distribución con su debida ubicación, ya sea en posición y elevación.



Figura 3. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

2.5 Catastro de la conducción actual de la zona de estudio

Durante el proceso de registro de tuberías en la comunidad de Tolontag, y luego de completar la recolección de datos especificando los elementos específicos de las tuberías, como válvulas, tuberías y puntos de distribución, se realizó el procesamiento de datos para obtener el correcto relieve y precisión en el área del proyecto. Para utilizar la información geoespacial procesada para el diseño del proyecto.

Con la planificación en marcha, se procedió a la calibración de equipos GPS de alta precisión. Se trazaron rutas estratégicas que aseguraron una cobertura completa y eficiente de la zona de estudio, incluyendo todas las conducciones y así para la primera etapa, se procedió a introducir los datos recolectados en la aplicación Mapsource, una herramienta informática especializada en la gestión y visualización de datos geográficos y GPS donde permite la visualización de los datos ingresados como Tracks y Waypoints como se muestra en la Figura 4. En este contexto, los datos fueron meticulosamente organizados y dispuestos para su posterior procesamiento. Mapsoure facilitó la presentación clara de la información georreferenciada, identificando los puntos estratégicos y la representación visual de la topografía presente en el área de estudio.

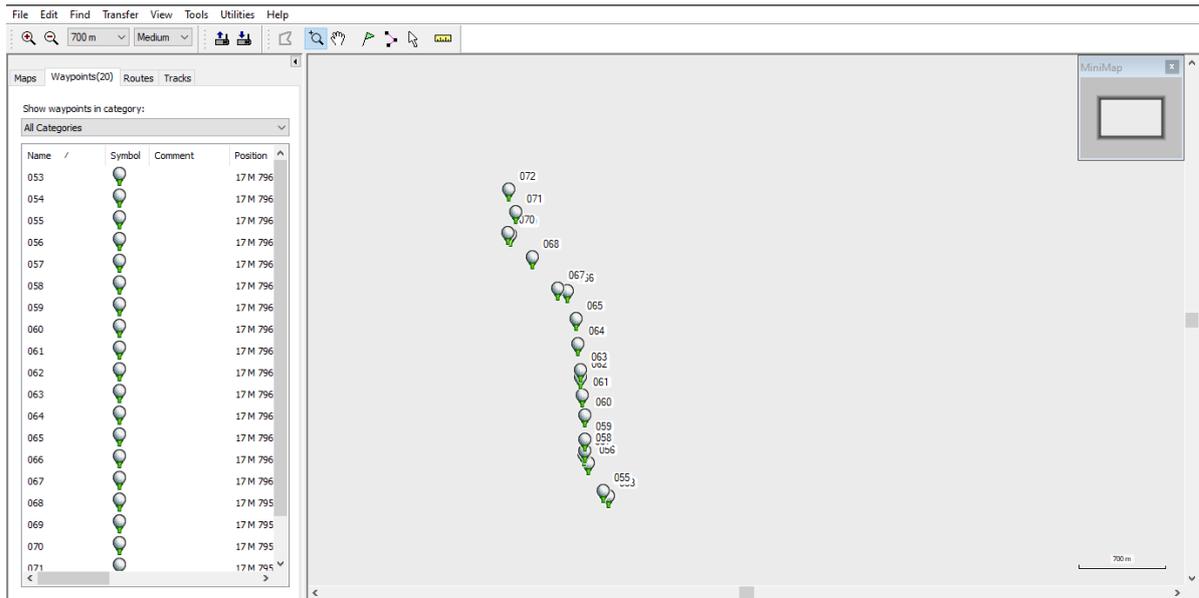


Figura 4. Datos procesados de waypoints en Mapsourer (Tanque 14).

En la siguiente figura 5. Se presenta los datos procesados en el software la visualización del recorrido en “tracks”.

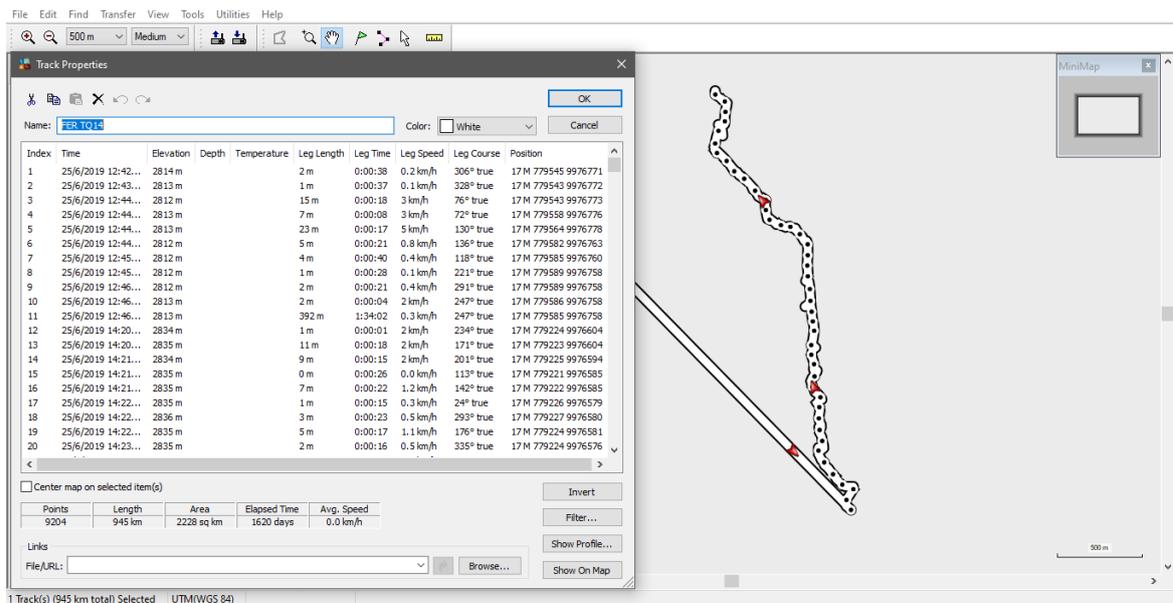


Figura 5. Datos procesados de tracks en Mapsourer (Tanque 14).

Luego de finalizar la fase de organización, la información se implementa en el software de diseño asistido por computadora, específicamente en el programa CIVIL 3D. La

importancia de datos geográficos en CIVIL 3D permitió la generación de un modelo tridimensional que representaba con precisión el relieve del proyecto. En el CIVIL 3D, la información georreferenciada fue empleada para generar un modelo detallado de la topografía en la zona de estudio, se añadió elevaciones del terreno, ubicación del curso de agua, vías existentes y otros elementos relevantes. Este software permitió la creación de la planimetría en compresión de la topografía y la configuración del terreno.



Figura 6. Puntos de GPS-Tracks

La fase crítica de este proyecto incluyó el análisis de caudales de consumo y volúmenes de almacenamiento, utilizando los datos obtenidos para calcular los caudales de consumo en diferentes puntos de la red de conducción y evaluar la capacidad de almacenamiento de estructuras como tanques y reservorios. Esta información resultó ser esencial para la toma de decisiones informadas en la gestión y mejora del sistema de abastecimiento de agua.

2.6 Análisis poblacional

Para proyectar la población futura se aplicaron tres métodos diferentes: lineal, geométrico y logarítmico. Este enfoque se realizó para seleccionar el método más apropiado, adaptado a las características específicas del crecimiento demográfico. El análisis se basa en datos

existentes sobre la población de Pintag-Tolontag entre los años 2001 y 2010, proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Tabla 1. Método para la estimación de la población (*Miguel, 2017*)

Método	Formula
Lineal	$k = \frac{Puc - Pc}{Tuc - Tc}$ $Pf = Puc + k(Tf - Tuc)$
Geométrico	$r = \left[\left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1 \right]$ $Pf = Puc + (1 + r)^{Tf - Tuc}$
Logarítmico	$Kg = \ln(Puc) - \ln(P$

Con esta información se calculó la tasa de crecimiento de la población y el periodo de tiempo, según lo requiere cada método mencionado.

Para estimar la tasa de crecimiento se utilizó la siguiente formula:

$$r = \left[\left(\frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1 \right]$$

Ecuación 1. Tasa de crecimiento

Donde:

- r: es la tasa de crecimiento poblacional.
- Puc: Población total del último censo (número de personas)
- Pci: Población total del primer censo (número de personas)
- Tci: año del último censo
- Tuc: año del primer censo

La comunidad de Tolontag-Marco se encuentra en el recinto de la parroquia de Pintag. La población conforma con 17930 habitantes según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Pintag. Según los datos proporcionados por el censo INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) realizado desde 1950 hasta 2010 que se tiene como datos.

Tabla 2. Población del sector rural de la parroquia de Pintag (Pintag, 2012)

Censos	Población
1950	5.986
1962	6.516
1974	7.483
1982	9.335
1990	11.484
2001	14.487
2010	17.930

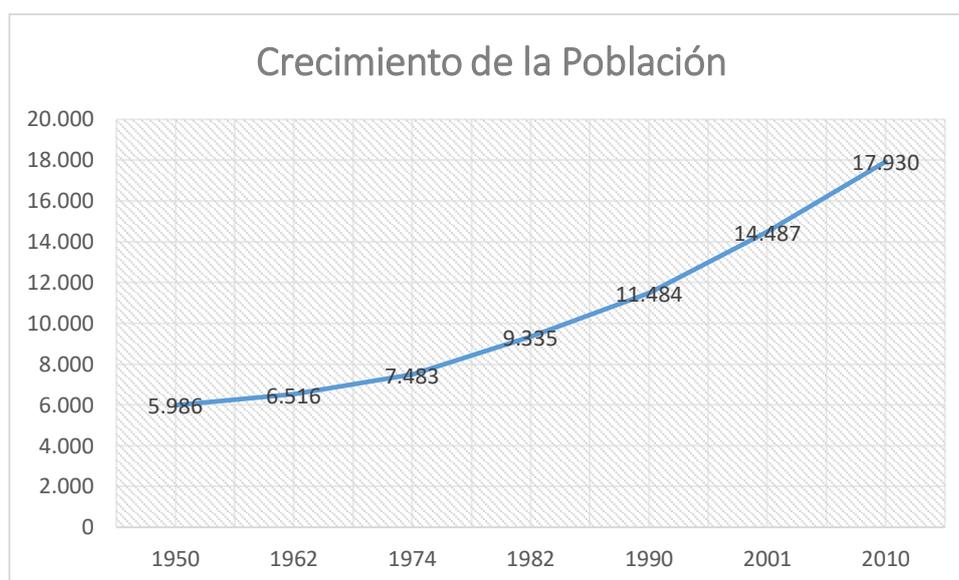


Figura 7. Tasa de crecimiento de la parroquia de Pintag

Con los datos representados en la tabla 2 se evidencia una tasa de crecimiento poblacional de la parroquia de Pintag cada 12 años la población fue incrementando. Con este criterio se toma en cuenta la población futura para la comunidad de Tolontag cada 10 años previstos a la fecha para la cantidad de personas conectadas al sistema de distribución de agua.

2.7 Estimación de la dotación

La evaluación de la cantidad de agua requerida para cubrir las demandas de la población y otros propósitos en la comunidad de Tolontag implica llevar a cabo análisis detallados ajustados a las características particulares de cada área. Este enfoque considera factores como las condiciones climáticas, las asignaciones para distintos sectores urbanos, las demandas industriales, los volúmenes para la prevención contra incendios, las

necesidades de lavado en diversos espacios, las asignaciones para el riego de jardines y otras necesidades, incluyendo la limpieza de sistemas de alcantarillado. El objetivo es lograr una gestión integral y efectiva del recurso hídrico en la mencionada comunidad.

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

Figura 8. Dotaciones recomendadas (INEN, 2012)

Para la proyección de la demanda de agua se tiene la demanda doméstica y la demanda no doméstica para:

2.7.1 Demanda doméstica

La proyección de la demanda doméstica de agua se realiza aplicando la proyección de la oferta bruta, per cápita, a la población total proyectada que será atendida en el área del proyecto. Normalmente, esta proyección se expresa como el caudal diario medio, medido en unidades de litros por segundo (l/s). (EMAAP-Q, 2008).

Se obtendrá el resultado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Dmd = \frac{P * Dotacion}{86400}$$

Ecuación 2. Demanda doméstica

Donde:

- Dmd: Demanda doméstica
- P: Población futura

2.8 Cálculo de caudales

2.8.1 Caudal medio diario (QMD)

El cálculo del QMD se deriva de la división del consumo total del agua por la población durante un período específico, entre el número de días correspondientes a dicho período.

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400}$$

Ecuación 3. Caudal medio diario (EMAAP-Q, 2008)

Donde:

- Qmd= Caudal medio diario (L/s)
- Df= Dotacion media futura (L/Hab*día)
- Pf= Población futura (Habitantes)

2.8.2 Caudal máximo diario (QMD)

El consumo máximo durante veinticuatro horas, observado durante un año. Para el debido cálculo la determinación se realiza multiplicando el caudal medio diario (QMD), en el lapso de un año el coeficiente de consumo máximo diario, k1 (EMAAP-Q, 2008).

Se calcula:

$$QMD = Qmd * k1$$

Ecuación 4. Caudal máximo diario (EMAAP-Q, 2008)

Donde:

- QMD=Caudal máximo diario (L/s)
- Qmd=Caudal medio diario (L/s)
- k1= Coeficiente de consumo máximo diario

2.8.3 Caudal máximo horario (QMH)

La máxima cantidad de consumo experimentada en una hora, observada durante un período anual, dependerá del número de habitantes y el tipo de uso que se le da al agua (EMAAP-Q, 2008).

Se presenta mediante la siguiente formula:

$$Q_{mh} = Q_{md} * k_2$$

Ecuación 5. Caudal máximo horario (EMAAP-Q, 2008)

Donde:

- Q_{mh} = Caudal máximo horario (L/s)
- Q_{md} = Caudal medio diario (L/s)
- k_2 = Coeficiente de consumo máximo horario

2.8.4 Coeficiente de consumo máximo diario y máximo horario (k_1 y k_2)

El coeficiente de consumo diario máximo, representado por k_1 , se determina al dividir el mayor consumo diario entre el promedio diario, utilizando datos recopilados durante al menos un año. En el contexto de sistemas de suministro de agua potable recién establecidos, la relación entre el consumo máximo por hora y el consumo medio diario (denotado como k_2) variará dependiendo del tamaño del área, los patrones de consumo y las características socioeconómicas de los usuarios

Los coeficientes k_1 , k_2 y de compensación serán determinados por la EMAAP-Q para las diversas áreas urbanas y divisiones administrativas. En ausencia de esta especificación, se recurrirá a los valores sugeridos en el estudio de Ríos Orientales ($k_1 = 1.25$ para la ciudad y $k_1 = 1.4$ para las divisiones administrativas, y $k_2 = 1.6$), o al Plan Maestro de Agua Potable actual. En el marco de proyectos de envergadura, la EMAAP-Q podría solicitar un análisis exhaustivo para la precisa definición de estos coeficientes." (EMAAP-Q, 2008).

2.9 Evaluación de tanque de almacenamiento

2.9.1 Cálculo de la capacidad del tanque de distribución

Para la evaluación de tanques de almacenamiento mediante la curva integral implica una serie de pasos sistemáticos. En primer lugar, se recopilan datos detallados sobre el tanque, para generar la curva de distribución horaria del consumo de agua a lo largo de un periodo representativo, y se calcula la curva integral del consumo, considerando los valores acumulados.

En la figura 9. se muestra la curva integral con picos de consumo o periodos de baja demanda.

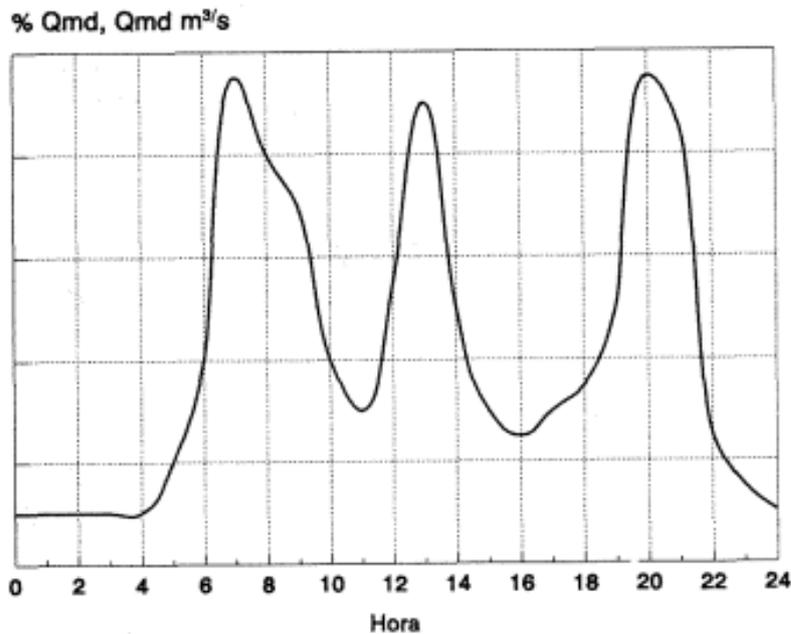


Figura 9. Curva de distribución horaria del consumo poblacional (López, 2000).

2.9.2 Curva integral

La 'curva integral', derivada de la curva de distribución horaria, que representa el valor del consumo acumulado durante un período de 24 horas. Esta curva presenta una tendencia ascendente, donde la altura en cualquier punto representa el total acumulado de consumo hasta ese momento, mientras que la inclinación indica el consumo instantáneo. Se discute luego la importancia de establecer la curva de suministro, cuya forma depende del tipo de sistema de almacenamiento utilizado (ya sea por gravedad o mediante bombeo). Se resalta que la curva de suministro exhibe una inclinación uniforme, indicando una oferta constante en intervalos de tiempo específicos. (López, 2000).

El desarrollo de la curva integral de consumo, se consideraron datos clave, incluyendo un periodo de 24 horas con valores de consumo obtenidos de una curva de distribución típica. La curva integral de consumo ($\sum C$) se creó sumando estos valores. Se incorporaron conceptos como el suministro (%S), la curva integral de suministro ($\sum S$), el déficit horario (Δ) y el déficit acumulado ($\sum \Delta$)

En cuanto a la proporción del volumen de agua en el tanque por hora (V%), se garantizó que el déficit acumulado nunca fuera inferior a cero. Para cada unidad de tiempo, se determinó la discrepancia entre el volumen previo y el déficit en ese período, lo que resultó en valores tangentes respecto a la curva de suministro. Estos valores se volvieron positivos cuando el tanque estaba vacío y negativos cuando estaba lleno.

La aplicación del método de la curva integral se basó en:

$$V = Q_{\text{máxd}} * \%$$

Ecuación 6. Cálculo de volumen del tanque regulador

Donde:

V = Volumen del tanque

Q_{máxd} = Caudal máximo diario

La fase crucial consistió en una comparación detallada entre el volumen actual y volumen calculado. Este análisis reveló la idoneidad del volumen de almacenamiento actual para satisfacer la demanda de agua, según el patrón de consumo precisamente establecido.

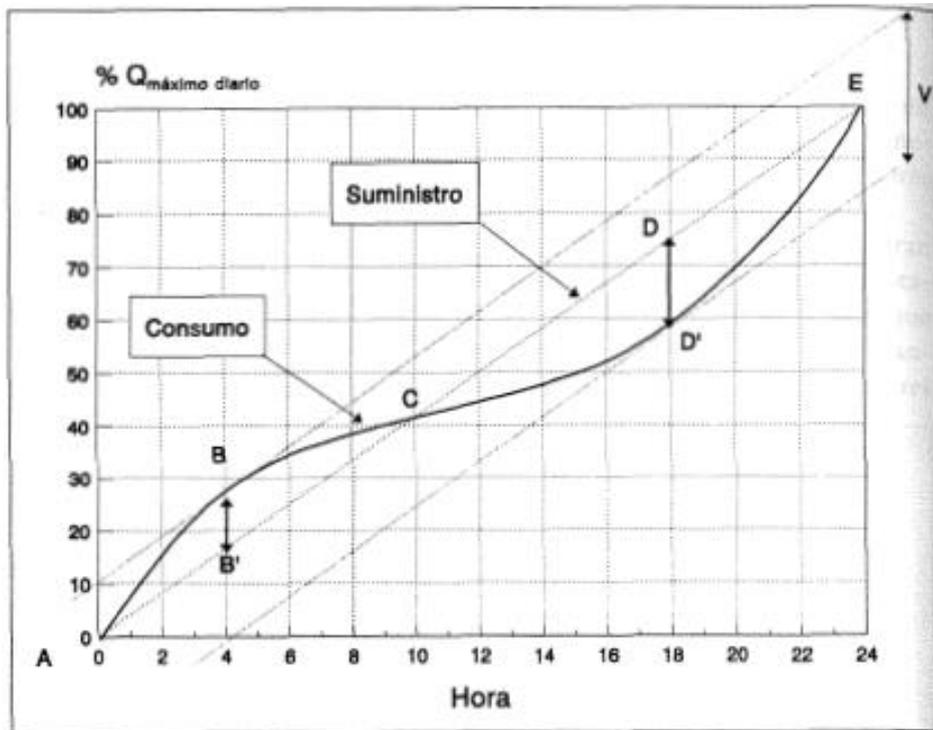


Figura 10. Curva integral de un tanque elevado y de succión (López, 2000)

2.10 Procesamiento de datos y trazados de planos

Una vez que se recopiló los datos necesarios para el procesamiento de los puntos georreferenciados que constituye una de las etapas fundamentales en el desarrollo de este proyecto, se ha utilizado el software Civil 3D-AutoCad como herramienta principal para la manipulación y análisis de datos espaciales. Se utilizó el programa MAPSOURCE para trasladar los datos del GPS, se seleccionó todos los puntos a una hoja de cálculo y en ella

organizar los puntos, finalmente se llevó a un archivo de bloc de notas y así importar a Civil 3D.

En primera instancia, se han importado los puntos georreferenciados recopilados durante la ruta recorrida de la captación y distribución, se trazó una polilínea que representara visualmente esta ruta en el dibujo asegurando que cada punto este asociado con sus coordenadas geográficas precisas. Posteriormente, se procedió a la organización y verificación de la calidad de los datos descartando posibles errores o discrepancias, se generó un perfil de elevación especialmente para la ruta de captación utilizando civil 3D.

2.10.1 Trazado de líneas para el sistema de conducción

Se realizó la creación de una base de datos en Civil 3D que almacene la información esencial de cada punto georreferenciado, como coordenadas, características topográficas y cualquier otro dato relevante para el estudio. En el caso del sistema de distribución, se crearon alineamientos cada 100 metros para facilitar la posición de cotas de elevación a lo largo de la ruta. Este proceso detallado en Civil 3D proporcionó una representación gráfica y cuantitativa de la topografía y elevación a lo largo de la ruta de captación y distribución.

Además, se implementó el proceso de topografía de restitución mediante el uso de Plex Earth en AutoCAD y Civil 3D. Este proceso implicó la importación de datos topográficos e imágenes de Google Earth mediante la extensión Plex Earth. Posteriormente, los datos importados, que incluyen información topográficas y superficies 3D, se utilizaron en el proyecto de AutoCAD y Civil 3D para diversas aplicaciones de diseño y análisis integrando con precisión la información de Google Earth en el contexto del proyecto de ingeniería. Este enfoque combinado en Civil 3D y Plex Earth contribuyó significativamente a la integración y visualización efectiva de datos geográficos.

2.10.2 Enlaminado del plano y procesamiento de vías, senderos, calles, edificios.

El proceso de enlaminado de planos se realizó después de haber obtenido los puntos y datos necesarios para la referencia de los accesorios que conformaba cada línea trazada, se ejecutó en la pestaña de lámina con ayuda de la opción crear rectángulo para permitir la visualización de los tramos de conducción ya en un plano. Se procedió a organizar capas distintas para cada elemento a representar, asignando colores y tipo de líneas específicos para facilitar la identificación. Cabe mencionar que este procedimiento se realiza en un archivo ya transformado a ACAD que permitió el debido manejo para las líneas trazadas. La importancia de datos en AutoCad se llevó a cabo cuidadosamente, ajustando la escala

1:2000 y posicionando los elementos de manera coherente con la base cartográfica existente.



Figura 11. Trazo de elementos (calles, vías, senderos y sitios)

La representación de infraestructura se detalló utilizando polilíneas y formas geométricas, incorporando alturas y sombreados para una visualización tridimensional. Se incluyeron etiquetas y anotaciones para identificar elementos clave, utilizando estilos de texto legibles y el número de texto adecuado para la escala 1:2000 se seleccionó el número de texto 4.

Por medio de una geodatabase generada por el INEC se pudo obtener una base de datos en la cual almacena información sobre la ubicación y características de los elementos del mundo real, como ciudades, ríos, carreteras, edificios, senderos, etc. Una vez obtenido esta información se agregó al plano.

3. RESULTADOS

Se llevó a cabo la implementación del proyecto propuesto en la comunidad de Tolontag-Marco perteneciente a la parroquia de Pintag, dicha comunidad cuenta con una red de abastecimiento por una captación y su distribución de agua potable para el consumo de los

habitantes se basa en 14 tanques. En el análisis desarrollado se conoció las diferentes rutas de conducción, diámetros de tuberías, sus accesorios.

3.1 Levantamiento de información

Tolontag-Marco cuenta una población de 1352 habitantes aproximadamente y con un sistema de abastecimiento desde una captación principal en la cual ayuda a la distribución para el consumo de agua potable de la población, este sistema se construyó durante años pasados con la ayuda de los habitantes de la propia comunidad. El sistema de conducción de agua potable de la comunidad cuenta con 14 tanques, incluyendo la planta de tratamiento como tanque principal. Estos tanques se encuentran distribuidos en diferentes sitios estos y están conformados por válvulas rompe presión, válvulas de desagüe. Esto se realiza debido a que los planos existentes no se encuentran actualizados con los accesorios y rutas del sistema, lo cual dificulta la operación y mantenimiento de este.

3.1.1 Levantamiento de puntos georreferenciados

Los puntos georreferenciados se tomaron del sistema de abastecimiento de agua potable de Tolontag-Marco de los tanques 9, tanque 10, tanque 11, tanque 12, tanque 13 y tanque 14, de las infraestructuras descritas en la figura 12. Cada conducción cuenta con válvulas rompe presiones, tanque de desagüe, y válvulas de control.

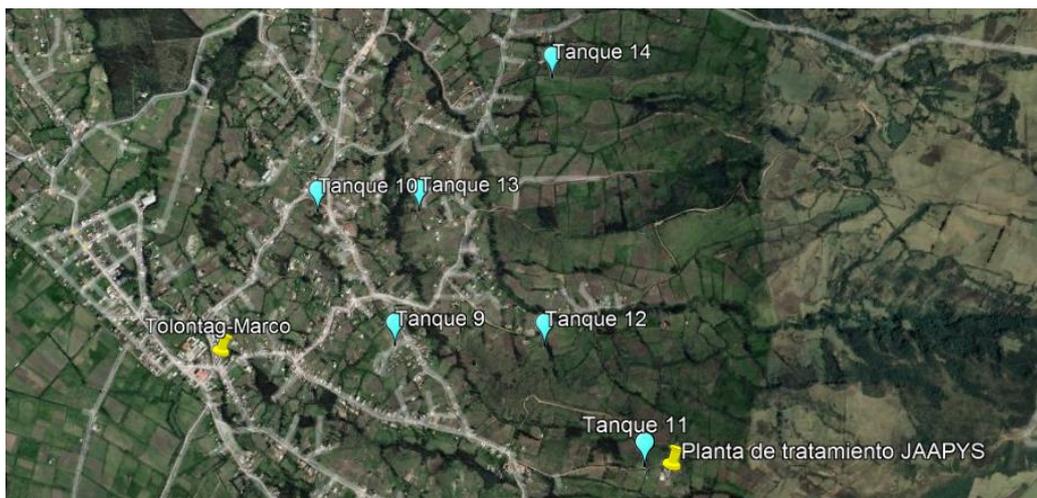


Figura 12. Posicionamiento espacial de los componentes del sistema

Durante el recorrido realizado se tomó los puntos de ubicación de los tanques con sus accesorios que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 3. Accesorios de cada tanque del sistema de conducción para el abastecimiento de la población.

Nombre del tanque y accesorio	Coordenada Este	Coordenada Norte	Figura
Tanque 9 Válvula de aire	796183	9962199	
Tanque 10 Válvula rompe presión	794977	9963507	
Tanque 11 Válvula de aire	796272	9964298	

<p>Tanque 12 Válvula rompe presión</p>	<p>795886</p>	<p>9962832</p>	
<p>Tanque 13 Válvula de aire</p>	<p>795332</p>	<p>9963662</p>	
<p>Tanque 14 Válvula rompe presión</p>	<p>796403</p>	<p>9962382</p>	

3.2 Estimación de la población

Para la estimación de la población futura se utilizó el método geométrico, se tomó el dato de los habitantes de Tolontag-Marco 4.188 aproximadamente. Para obtener el resultado de la tasa de crecimiento se estableció mediante el censo realizado por la INEC a la Parroquia de Pintag de los siguientes años presentados en la tabla 4. Así mismo se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento aplicando la ecuación 1.

Tabla 4. Tasa de crecimiento de la parroquia de Pintag.

AÑO	Población (Pci)	Tasa de crecimiento (r)
-----	--------------------	-------------------------------

1950	5.986	0,018
1962	6.516	0,021
1974	7.483	0,025
1982	9.335	0,024
1990	11.484	0,023
2001	14.487	0,024
2010	17.930	
PROMEDIO		0,022

3.2.1 Población futura

Dado como resultado la tasa de crecimiento se realizó el promedio que se obtuvo como dato r es igual a 0,022. Se calcula la población futura con este resultado de la tasa de crecimiento, se tomó en cuenta para un periodo de 30 años es decir para el año 2050, se evaluó para el tanque 9, tanque 10, tanque 11, tanque 12, tanque 13, tanque 14, tomando en cuenta los usuarios de consumidores que tiene cada tanque como se presenta en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Población futura de Tolontag-Marco de los tanques 9-14

Población futura (Pf)				
Año	2023	2030	2040	2050
Tanque	Usuario	Pf	Pf	Pf
Tanque 9	220	257	321	400
Tanque 10	39	46	57	71
Tanque 11	92	107	134	167
Tanque 12	90	105	131	164
Tanque 13	96	112	140	175
Tanque 14	37	43	54	67

3.3 Dotación

3.3.1 Dotación doméstica

Para la dotación doméstica basada en la INEN para dotaciones recomendadas, se llevó a cabo tomando en cuenta el clima de la parroquia de Pintag que tiene una temperatura entre los 8°C y 20°C según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Pintag, debido a que la comunidad de Tolontag-Marco se encuentra dentro de la parroquia de Pintag, Para los datos proporcionados por la INEN se tomó en cuenta que para los habitantes hasta 5000 en clima templado especifica una dotación entre 130-160 (L/hab*d) como se muestra en la figura 8.

Tomando en cuenta que la población futura del total de los tanques 9-10 calculado de sus usuarios para el año 2050 de la comunidad de Tolontag-Marco es de 1044 por lo tanto la dotación doméstica de consumo es de 150 (L/hab*d).

3.4 Cálculo de caudales

El consumo medio diario se calculó mediante la población futura por la dotación doméstica de consumo 150 (L/hab*d) sobre los días de ese periodo en segundos con la ecuación 3. El consumo máximo diario se obtuvo con el resultado del QMD, utilizando un k1 de 1.25 tomando el valor mínimo para zonas rurales. El consumo máximo horario se calculó con el resultado del Qmaxd tomando en cuenta k2 con un valor de 1,6 establecido por el tamaño de la zona y el número de habitantes, en la siguiente tabla 6 se muestra los resultados de cada tanque 9-14 que se evaluó.

Tabla 6. Caudales de diseño

	Caudales (l/s)	
Tanque 9	Qmedio	0,69
	Qmaxd	0,87
	Qmaxh	1,39
Tanque 10	Qmedio	0,12
	Qmaxd	0,15
	Qmaxh	0,25
Tanque 11	Qmedio	0,29
	Qmaxd	0,36
	Qmaxh	0,58
Tanque 12	Qmedio	0,28
	Qmaxd	0,36
	Qmaxh	0,57
Tanque 13	Qmedio	0,30
	Qmaxd	0,38
	Qmaxh	0,61
Tanque 14	Qmedio	0,12
	Qmaxd	0,15
	Qmaxh	0,23

3.5 Evaluación de volumen de tanques y curva integral

Para la evaluación de volumen de los tanques 9-14, se realizó un debido análisis del volumen que requiere dichos tanques con la ayuda de una curva generada de consumo diario de los habitantes y por los caudales determinados anteriormente.

En la siguiente figura 13 se muestra la curva de consumo generada por la tabla 3.5 y por medio de este proceso se obtuvo los volúmenes de los tanques mencionados.

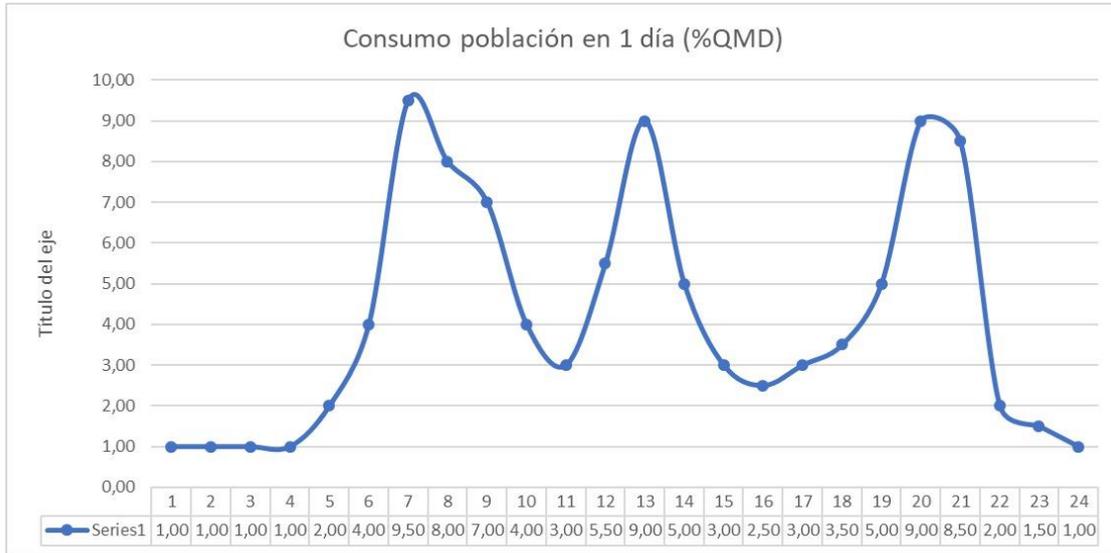


Figura 13. Curva generada por el consumo de la población en 24 horas

3.5.1 Curva Integral

Mediante el procesamiento de cálculos para determinar la curva integral se obtuvo la siguiente figura 14 que presenta el resultado de la curva integral de consumo.

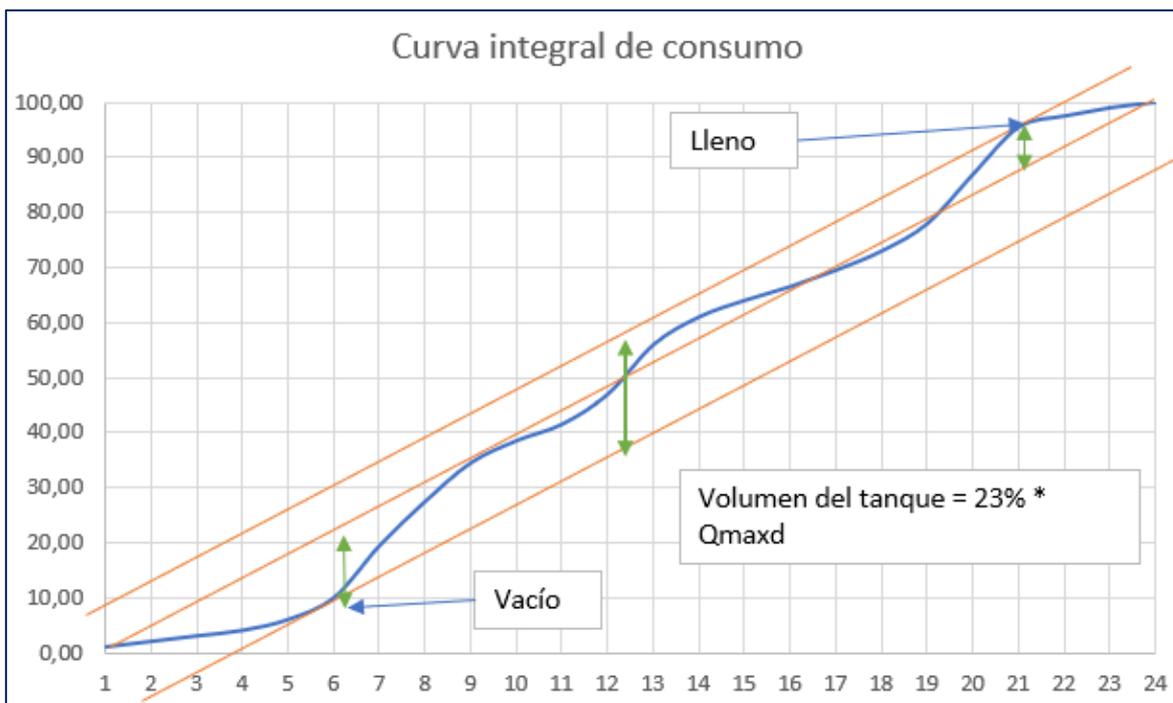


Figura 14. Curva integral de consumo

Finalmente, en la tabla 7 se muestra el resultado de los volúmenes calculados por medio de la curva integral.

Tabla 7. Volumen de cada tanque

Volumen de tanque	
Tanque	Volumen (m3)
Tanque 9	17,28
Tanque 10	2,98
Tanque 11	7,15
Tanque 12	7,15
Tanque 13	7,55
Tanque 14	2,98

3.6 Procesamiento de datos georreferenciados

Se realizó el procesamiento de los datos del GPS de los tanques 9, tanque 10, tanque 11, tanque 12, tanque 13, tanque 14, los cuales de cada uno se procesó en la aplicación de MapSource donde permite visualizar los Tracks y Waypoints. Para así luego crear una hoja

en Excel con los datos arrojados de MapSource y así ordenar las debidas coordenadas como se muestra en la tabla 3.7 para pasar a una nota de bloc guardando la información y ser trasladada al Civil 3D, dando, así como resultado los puntos georreferenciados de las conducciones y sus accesorios, este procesamiento se realizó para cada tanque 9-14. En la siguiente figura 15 se muestra el resultado ya realizado con la debida topografía de restitución y las abscisas colocadas con sus accesorios.

Tabla 8. Datos obtenidos del GPS procesados al MapSource (tanque 14)

Puntos	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud	Nombre
53	796600	9962117	2893	Planta de tratamiento
54	796549	9962151	2934	Tanque 11
55	796546	9962156	2935	Válvula rompe presión tanque 14
56	796403	9962382	2915	Válvula rompe presión tanque 11
57	796359	9962451	2911	Codo
58	796365	9962482	2901	Válvula rompe presión 12 13 14
59	796370	9962569	2875	Válvula rompe presión 11
60	796367	9962763	2836	Tanque desfogue 11
61	796346	9962926	2844	Válvula de aire tanque 11
62	796328	9963069	2878	Válvula de aire tanque 14
63	796326	9963124	2854	Válvula rompe presión tanque 14 y válvula de aire 11 y 14
64	796305	9963333	2821	Válvula de aire
65	796283	9963535	2829	Válvula de aire tanque 11 y 14
66	796197	9963757	2815	Tanque 14
67	796101	9963778	2784	Regulador de presión y una válvula de aire
68	795857	9964031	2744	Válvula de aire
69	795640	9964209	2749	Válvula de aire
70	795614	9964225	2747	Regulador de presión y una válvula de aire
71	795691	9964391	2724	Válvula de aire
72	795625	9964572	2733	Fin de tubería

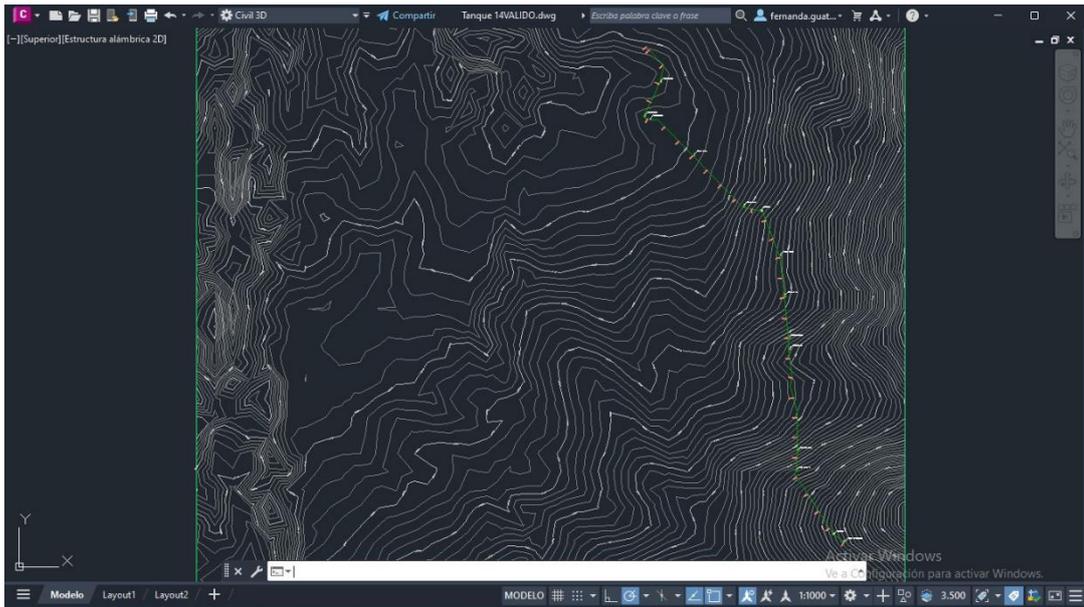


Figura 15. Trazado de la conducción con sus accesorios (tanque 14)

En la tabla 10 que se muestra a continuación se presenta la distancia recorrida que tiene cada tanque.

Tabla 9. Distancias de la red de distribución de cada tanque.

N° de Tanque	Distancia
Tanque 9	3,5 km
Tanque 10	1,9 km
Tanque 11	3,8 km
Tanque 12	1,5 km
Tanque 13	2,1 km
Tanque 14	3 km

3.6.1 Enlaminado de planos

Se realizó el enlaminado de cada tanque (del 9 al 14), dando, así como resultado de 8 planos elaborados también se colocó la leyenda y la flecha norte y sur para una mejor visualización como se muestra en la figura 15.

Para el plano generado se trabajó con el tamaño de lámina A1, con la escala de 1:2000, se agregó los accesorios que cada recorrido de la red de conducción de tanque se obtuvo durante el levantamiento de información.

En la siguiente tabla 10 se muestra los diámetros de las tuberías con sus respectivos colores para que se pueda distinguir el cambio de diámetro de cada red de conducción de los tanques.

Tabla 10. Colores de los diámetros de las tuberías.

Diámetro de tuberías en Pulgadas	Color
1"	Azul
2"	Verde
3"	Anaranjado
4"	Rosado

En la figura 16 se visualiza la leyenda de accesorios que contiene cada tanque con sus respectivos diámetros de tuberías, la identificación de edificios, sitios, calles, vías y senderos con sus respectivos colores.

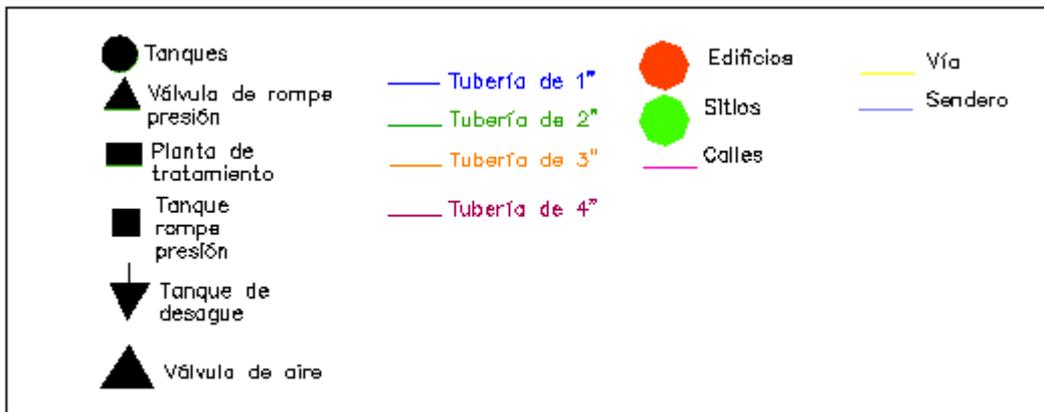


Figura 16. Leyenda de accesorios

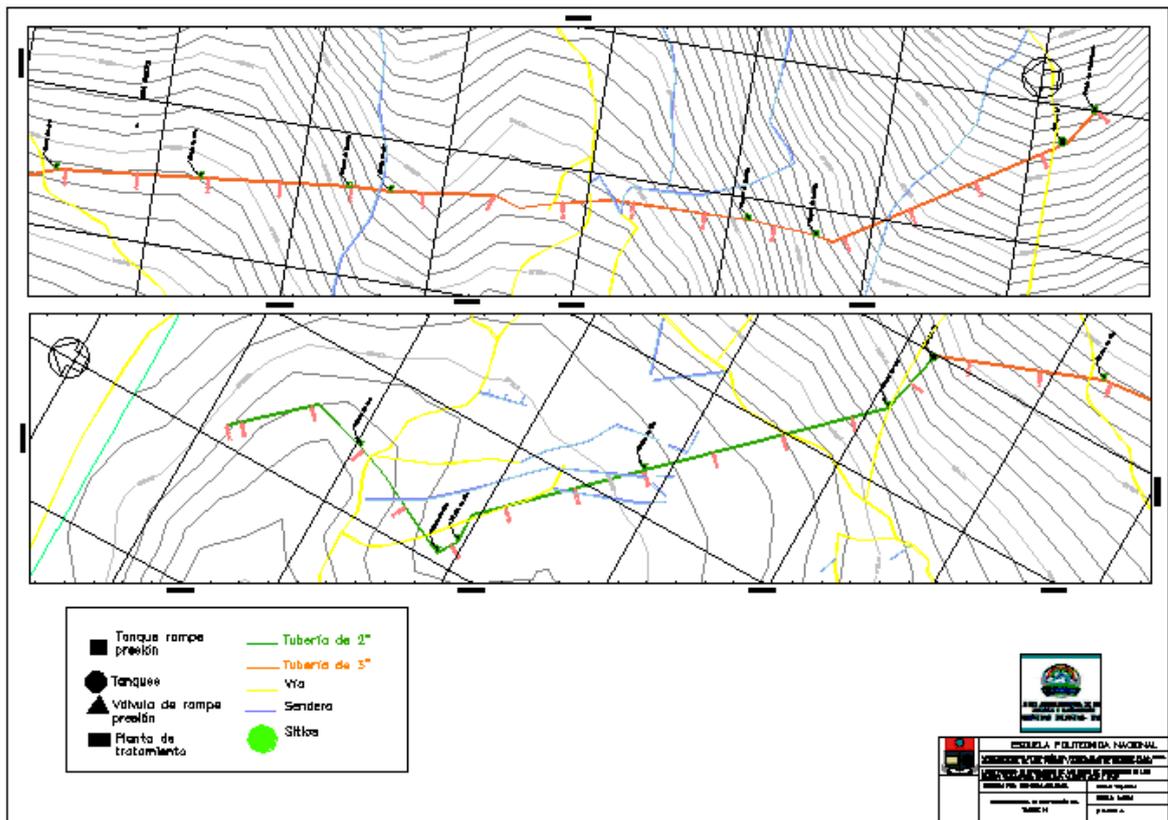


Figura 17. Plano generado (tanque 14)

4. CONCLUSIONES

- Tras analizar el recorrido del sistema de conducción, se identificaron rutas por las que transcurren las tuberías, que varían en diámetro, para el tanque 9 la red de distribución se obtuvo de 1", 2" y 4" de diámetro, tanque 10 de 1" a 2", tanque 11 de 2" a 3", tanque 12 de 1" a 2", tanque 13 de 1", 2" y 3", finalmente el tanque 14 de 2" a 3" de diámetro. La comunidad de Tolontag-Marco dispone de un total de 14 tanques, considerándose la Planta de Tratamiento como el tanque principal. Esto facilita la distribución del agua hacia cada uno. Es importante destacar que no todos los tanques están conectados directamente a la planta de tratamiento; algunos reciben agua de tanques cercanos.
- Se determinó la tasa de crecimiento promedio de 0.022, proyectándonos la población futura para el año 2050 de la comunidad de Tolontag-Marco, considerando los usuarios asociados a los tanques de distribución de agua. La estimación se realizó para seis tanques específicos (del 9 al 14), teniendo en cuenta la cantidad de consumidores asociados a cada tanque. Los resultados proyectan

un aumento gradual en la población a lo largo del tiempo, esto refleja la influencia de la tasa de crecimiento establecida. Esta proyección es fundamental para anticipar las demandas futuras de agua y planificar de manera eficiente la infraestructura de abastecimiento. Es esencial destacar que estas proyecciones deben revisarse periódicamente para ajustarse a cambios en las condiciones demográficas y socioeconómicas, garantizando así una gestión adecuada de los recursos hídricos de Tolontag-Marco.

- Al finalizar el cálculo de la dotación basada en las recomendaciones de la INEN y estimando el clima templado de la Parroquia de Pintag, se estableció una dotación de consumo de 150(L/hab*d) para la población futura proyectada hasta el año 2050 en Tolontag-Marco. Esta conclusión se fundamenta en las pautas específicas para climas templados proporcionadas por la INEN, asegurando una planificación adecuada para el suministro de agua en la comunidad en evolución.
- Se determinó el volumen de cada tanque de almacenamiento (del 9 al 14) donde se consideró el caudal máximo diario para la correcta evaluación donde el tanque que contiene mayor volumen que los demás es el tanque 9 con 17,28 m³, debido a su caudal máximo diario de 0.87 (m³/d).
- Se obtuvo un total de 8 planos generados de la red de distribución de agua potable para la población de Tolontag-Marco. Al proporcionar una representación detallada y actualizada de la infraestructura, estos planos serán herramientas fundamentales para la planificación, mantenimiento y expansión del sistema de distribución de agua. La información detallada sobre la ubicación de tuberías, conexiones y puntos clave permitirá una respuesta más rápida ante posibles problemas, permitiendo la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y garantizar un suministro confiable de agua potable a la comunidad de Tolontag-Marco. Además, estos planos servirán como base para futuras intervenciones y proyectos destinados a optimizar y ampliar la red de distribución, asegurar así el acceso continuo y equitativo al agua potable para todos los miembros de la población.
- La incorporación de herramientas computacionales en el procesamiento de datos y la elaboración de planos para la red de distribución de agua potable en la comunidad de Tolontag-Marco agiliza significativamente el procedimiento. Estas herramientas ofrecen eficiencia y precisión, facilitar la identificación de información de manera clara y accesible. Su uso no solo acelera la elaboración de planos, sino que también contribuye a decisiones informadas, optimización de recursos y

planificación de expansiones futuras, respaldar una gestión eficiente y sostenible del suministro de agua para la comunidad.

- En definitiva, el respaldo de la comunidad en el levantamiento de información En Tolontag-Marco emerge como un elemento crucial para el éxito. La participación directa de los residentes no solo facilita la adquisición de datos precisos y locales, sino que también fomenta la construcción de un conocimiento compartido sobre el sistema de abastecimiento de agua potable. La colaboración estrecha entre la comunidad y los equipos de levantamiento no solo mejora la eficacia de la recopilación de información, sino que también fortalece la validez y representatividad de los resultados. En última instancia, la participación comunitaria establece las bases para un abastecimiento de agua potable sostenible y equitativo en Tolontag-Marco.
- En conclusión, la necesidad de poseer información actualizada sobre la generación de planos con sus accesorios en el recorrido de la red de distribución en Tolontag-Marco se revela como un requisito esencial para una gestión eficiente y sostenible del sistema hídrico. La actualización constante de los planos, que incluyen detalles precisos de los accesorios en la red, es crucial para garantizar una toma de decisiones informada, una rápida identificación de problemas y la planificación efectiva de mantenimiento y mejoras. Este enfoque proactivo no solo optimiza la operación cotidiana del sistema, sino que también sienta las bases para una infraestructura hidráulica más resistente y preparada para las necesidades futuras de la comunidad.

5. RECOMENDACIONES

- Tomando en consideración la calidad de los tanques como la del agua utilizada por los moradores de la comunidad de Tolotag-Marco, se recomienda llevar a cabo mantenimientos periódicos. Esto ayudará a prevenir el desgaste de los diversos accesorios que componen los tanques, para poder evitar así daños significativos que puedan afectar la salud de los habitantes a largo plazo, así como del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Con base a los hallazgos encontrados, se recomienda realizar una instalación adecuada de las tuberías del sistema de conducción en la comunidad de Tolontag-Marco. Con el uso de materiales de alta calidad, técnicas de instalación apropiadas

y un mantenimiento regular para prevenir posibles fugas de agua, para garantizar un suministro confiable y seguro para todos los habitantes de la comunidad.

- Se recomienda que las autoridades y técnicos responsables de la red utilicen esta información levantada y procesada en este proyecto como una guía estratégica para la ejecución de planes de mejora y planificación de nuevas conexiones a la red que beneficie a toda la comunidad.
- Para mejorar la situación, se debería llevar a cabo una evaluación hidráulica exhaustiva de las redes de distribución, aprovechando la información detallada recopilada durante el levantamiento. Es fundamental utilizar herramientas y software especializados para analizar la capacidad, presión y eficiencia de la red en diferentes escenarios operativos. Con base en los resultados de esta evaluación, se pueden identificar áreas que requieren mejoras en términos de caudal, presión o eficiencia del sistema. Además, la evaluación hidráulica ayudará a prever posibles puntos críticos y a planificar intervenciones proactivas para garantizar un rendimiento óptimo de la red en el tiempo. En resumen, la evaluación hidráulica basada en la información recopilada permitirá tomar decisiones informadas y estratégicas para mejorar y mantener eficientemente la red de distribución de agua potable.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, M. A. (2015). El catastro multifinanciado y su impacto en la recaudación de los impuestos prediales de los Gobiernos Municipales de Latacunga y Pujilí por los bienios 2010-2011 y 2012-2013. 89. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4780/6/T1792-MT-Benavides-EI%20catastro.pdf>
- Cardenas Jaramillo, D. L. (octubre de 2010). Estudios y diseños definitivos del sistema de agua, potable de la comunidad de Tutucán, canton Paute, Provincia del Azuay. 206. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 8 de noviembre de 2023, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/725>
- CONAGUA. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Mexico. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.%20Conducciones.pdf

- Dorothee, G. E. (2017). *Red de distribución comunitaria SSWM - Find to ols for sustainable sanitation and water management*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>
- EMAAP-Q. (2008). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*. Obtenido de Normas Agua EMMAP: <https://es.scribd.com/document/394386662/Normas-Agua-Emaap>
- INEN. (4 de enero de 2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de <https://inmobiariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>
- López, R. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Mena, M. J. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del canton San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua*. 204. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24186/1/Tesis%201065%20-%20Mena%20C%C3%A9spedes%20Mar%20C3%ADa%20Jos%C3%A9.pdf>
- Miguel, J. (12 de octubre de 2017). Prezi. *Métodos para la estimación poblaciones futuras*. Obtenido de <https://prezi.com/bd4ctfpitdzm/metodos-para-la-estimacion-de-poblaciones-futuras/>
- Molina, K. C. (enero de 2022). *Diseño de un sistema de abastecimiento en las comunidades el churo y el aguacate en Cojimíes-Manabí*. 61. Quito. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22231/1/CD%2011734.pdf>
- Morales, F. (2015). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Obtenido de Universidad Técnica de Machala: <https://acortar.link/Xrnl5v>
- NEC. (06 de abril de 2011). *Normativa ecuatoriana de la constitución*. Obtenido de Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la constitución: <https://inmobiariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>

- Pachas, R. (23 de noviembre de 2009). *EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: USO DEL GPS Y ESTACIÓN TOTAL*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30397/articulo3.pdf;jsessionid=BF11A554C98F60AD082A0790CFC56E01?sequence=1>
- Pintag, P. (agosto de 2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento teritorial de la parroquia de pintag 2012-2025*. Obtenido de http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20PINTAG%202012.pdf
- PINTAG, P. (agosto de 2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de pintag 2012-2025*. Quito, Ecuador. Obtenido de http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20PINTAG%202012.pdf
- Pittman, R. A. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima, Peru. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de https://www.academia.edu/17665537/Agua_potable_para_poblaciones_rurales_sistemas_de_abastecim
- Ronnie, R. (12 de mayo de 2011). *Hidráulica II*. 8. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/55239266/Lineas-de-Conduccion-Informe>
- SIGLA. (2014). *Restitución fotogramétrica, elaboración de cartografía digital basada en fotos aéreas (2D y 3D) a diferentes escalas*. Obtenido de <http://www.siglas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>
- Spuhler, B. S. (s.f.). *Captacion de dios, lagos y embalces (reservorios)*. *SSWM*. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <https://sswm.info/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- Valdiezo, I. M. (2018). *Elaboracion de catastro de la red de agua potable en la parroquia Aurelio Bayas de la ciudad de Azogues*. 85. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29361/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Vanessa Del Carmen Garcia, I. C. (2018). *Optimización de los sistemas de captacion y tratamiento para al acueducto del municipio de Paratebueno (Cundinamarca)*. Bogatá, Colombia.

Vanessa, C. L. (septiembre de 2022). *Catastro de los sistemas de abastecimiento de agua potable a través de la georegerenciación y digitalización para mejorar la calidad de información sanitaria*. Obtenido de Proyecto técnico previo a la obtención del título de ingeniera civil: file:///C:/Users/USER/Downloads/Tesis%20I.C.%201615%20-%20Cunalata%20Lasluisa%20Erika%20Vanessa_Tesis.pdf

7. ANEXOS

ANEXO I. Turnitin porcentaje máximo 12%