

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

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

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ ITURRALDE
maria.lopez03@epn.edu.ec

ÁMBAR BERENICE MORALES CALVACHE
ambar.morales@epn.edu.ec

Director: ING. EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES M.SC.
eduardo.vasquez@epn.edu.ec

Codirector: ING. PATRICIA HARO, M.SC. PHD.
patricia.haro@epn.edu.ec

Quito, abril del 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas. María Alejandra López Iturralde y Ámbar Berenice Morales Calvache como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogas en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

**ING. EDUARDO MAURICIO
VÁSQUEZ FALCONES M.SC.**

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. PATRICIA HARO, M.SC. PHD.

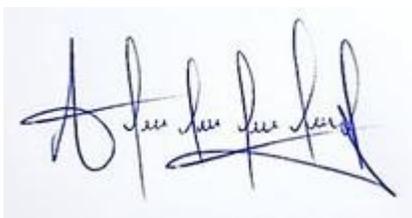
CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, María Alejandra López Iturralde y Ámbar Berenice Morales Calvache declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy/somos titular/titulares de la obra en mención y otorgo/otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego/Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



María Alejandra López Iturralde



Ámbar Berenice Morales Calvache

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a mí misma, por todas las noches sin dormir, por todos los días de incertidumbre y por todos los momentos difíciles que pude superar.

A mis abuelitos, Francisco y Lidia quienes me brindaron su confianza y fortaleza, lo cual me permitió llegar a ser la persona que soy hoy en día.

A Sofy y Negrita quienes son la razón de que me esfuerce cada día y tenga la motivación para salir adelante.

A todas y cada una de las personas que supieron brindarme un consejo en el momento indicado para volverme una mejor persona y aprender de los errores del pasado, los cuales me han permitido llegar hasta este feliz momento.

María Alejandra López Iturralde

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi abuelita Mery quien me ha acompañado durante toda mi vida estudiantil y personal, a mis padres Marcelo y Marisela quienes han sido mi pilar y apoyo para cumplir todas mis metas.

Ambar Berenice Morales Calvache

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá Melba, a mi hermano Juan, a mis primas y mi tía, por brindarme su apoyo incondicional, a lo largo de la carrera y de mi vida.

A todos los compañeros y amigos, que me acompañaron en el transcurso de mi vida universitaria, mostrándome las virtudes de la amistad.

A los docentes de la ESFOT, quienes con dedicación y paciencia compartieron su conocimiento tanto de la carrera como de la vida.

A las personas que conocí en estos tiempos de pandemia y han sabido alegrar mis días, en especial a Fabricio por sumarte a mi vida y darme la seguridad para cumplir mis metas.

María Alejandra López Iturralde

AGRADECIMIENTO

A mis padres por darme la vida, por motivarme y ser mi ejemplo de esfuerzo y trabajo duro, a mis hermanos Joshua y Paz, tía Carmita, primos Nico y Mati y abuelita Mery por su preocupación y apoyo incondicional.

A mis abuelitos Susana y Vicente por estar pendientes de mí y a toda mi familia quienes han contribuido en mi crecimiento personal y profesional.

A la Escuela Politécnica Nacional y a la Carrera de Tecnología en Agua y Saneamiento Ambiental, por darme la oportunidad de formarme como una profesional que se apasiona por lo que hace, por abrirme las puertas hacia nuevos retos y caminos.

A los mejores profes que he tenido, en especial a mi Director Eduardo Vásquez por su apoyo, colaboración y orientación en todo este proceso y también dentro de clases, a Santi, Lore y Patricia por llenarme de conocimientos que durarán para toda mi vida profesional.

A mi amiga y compañera de tesis Ale por su apoyo y compromiso con este trabajo, a mis amigas Alexa, Nina y Cinthya por todas las buenas experiencias dentro y fuera de clases, a mis demás amigos y amigas incontables Rashell, Wendy, Lady, Alexandra, Cynthi, Sele, Miguel y otros más con quienes he vivido los mejores recuerdos de mi vida universitaria, en especial a Edi quien fue, es y será uno de mis amigos incondicionales en este transcurso, a Paul por apoyarme y ayudarme hasta las últimas con la tesis, y a cada persona que pasó por mi vida estudiantil que me ha dado la mano en cualquier momento.

Al administrador del proyecto el Ing. Segundo Escobar, al GAD Parroquial de Tachina especialmente al Lcdo. Jorge Zúñiga por ser el nexo que permitió que este proyecto salga a flote, al sector del Tigre y a toda su hermosa comunidad por su cooperación, mi compromiso para todos quienes carecen de este recurso vital.

A mí misma por ser una mujer valiente y de poder, por ser lucha y constancia, por motivarme a cumplir nuevos desafíos «Nadie puede construir un mundo mejor sin mejorar a las personas, Cada uno debe trabajar para su propia mejora» -Marie Curie

Ambar Berenice

CONTENIDO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1 | Objetivos del proyecto | 17 |
| 1.1.1 | Objetivo General | 17 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 18 |
| 1.2 | Planteamiento del problema | 18 |
| 1.3 | Justificación | 19 |
| 1.4 | Alcance | 21 |
| 1.5 | FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 22 |
| 1.5.1 | Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable | 22 |
| 1.5.2 | Sistemas convencionales de abastecimiento de agua | 22 |
| 1.5.3 | Sistema de abastecimiento con tratamiento por bombeo | 23 |
| 1.5.4 | Conducción por gravedad | 23 |
| 1.5.5 | Conducción por bombeo | 24 |
| 1.5.6 | Conducción por bombeo-gravedad | 24 |
| 1.5.7 | Red de conducción | 24 |
| 1.5.8 | Líneas de conducción | 25 |
| 1.5.9 | Elementos de una línea de conducción: | 25 |
| 1.5.10 | Sistemas de distribución | 28 |
| 1.5.11 | Trazado de la red | 30 |
| 1.5.12 | Zonas de presión | 31 |
| 1.5.13 | Ubicación de las redes | 31 |
| 1.5.14 | Especificaciones de diseño | 32 |
| 1.5.15 | Dotación o consumo total | 35 |
| 1.5.16 | Caudal de diseño (caudal de bombeo) | 39 |
| 1.5.17 | Análisis Hidráulico | 41 |
| 2 | METODOLOGÍA | 42 |
| 2.1 | Descripción del área del proyecto | 42 |
| 2.1.1 | Parroquia Tachina | 42 |
| 2.1.2 | Recinto El Tigre | 42 |
| 2.1.3 | Ubicación geográfica del proyecto | 43 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1.4 | Relieves de la parroquia Tachina | 43 |
| 2.1.5 | Relieve del Recinto el Tigre | 44 |
| 2.2 | Aspectos físicos | 45 |
| 2.2.1 | Clima | 45 |
| 2.2.2 | Geología | 46 |
| 2.2.3 | Hidrología | 46 |
| 2.2.4 | Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo de la zona | 48 |
| 2.3 | Aspectos sociales | 49 |
| 2.3.1 | Población | 49 |
| 2.3.2 | Principales actividades económicas | 49 |
| 2.3.3 | Servicios Básicos | 50 |
| 2.3.4 | Gestión de agua potable y saneamiento | 50 |
| 2.4 | Levantamiento de la línea base | 52 |
| 2.4.1 | Proceso de selección de datos e información en la investigación | 52 |
| 2.5 | Parámetros de diseño de la red | 53 |
| 2.5.1 | Levantamiento Topográfico | 53 |
| 2.5.2 | Encuesta | 54 |
| 2.5.3 | Estimación de la muestra | 54 |
| 2.5.4 | Cálculo de margen de error | 55 |
| 2.6 | Procesamiento de información de campo | 56 |
| 2.6.1 | Trazado de la red del sector el Tigre | 56 |
| 2.6.2 | Periodo de diseño | 57 |
| 2.6.3 | Población de diseño | 58 |
| 2.6.4 | Dotación de agua potable | 59 |
| 2.6.5 | Determinación de caudales utilizando las fórmulas planteadas | 60 |
| 2.6.6 | Cálculo analítico de volúmenes en tanques | 61 |
| 2.6.7 | Análisis de la ubicación de componentes en la línea de conducción | 63 |
| 2.6.8 | Porcentaje de pérdidas en el sistema | 64 |
| 2.6.9 | Determinación de pérdidas de carga localizadas (menores) | 64 |
| 2.6.10 | Consideraciones para el diseño de la línea de conducción y distribución | 65 |
| 2.6.11 | Simulación hidráulica con programa Epanet | 65 |
| 2.6.12 | Determinación de la potencia de la bomba | 67 |

| | | |
|----------|--|--------------------------------------|
| 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 69 |
| 3.1 | Encuesta | 69 |
| 3.2 | Población y Caudales | 71 |
| 3.2.1 | Resultados de métodos para la estimación de la población | 71 |
| 3.2.2 | Dotación | 72 |
| 3.2.3 | Caudal medio diario, máximo horario y máximo diario | 72 |
| 3.3 | Trazado de redes | 73 |
| 3.4 | Esquema del sistema de abastecimiento | 75 |
| 3.5 | Resultados del diseño de la línea de conducción | 76 |
| 3.5.1 | Captación | 76 |
| 3.5.2 | Impulsión | 83 |
| 3.6 | Distribución | 89 |
| 3.6.1 | Simulación Dinámica desde Tanque de almacenamiento hasta distribución (Fin de la conducción) | 89 |
| 3.6.2 | Simulación Estática desde Tanque de almacenamiento hasta tramo distribución (Recinto El Tigre). 91 | |
| 3.7 | PLANOS DEL PROYECTO | 94 |
| 3.8 | PRESUPUESTO REFERENCIAL | 96 |
| 4 | Conclusiones Y Recomendaciones | 102 |
| 4.1 | Conclusiones | 102 |
| 4.2 | Recomendaciones | 103 |
| 5 | BIBLIOGRAFÍA | 105 |
| 6 | ANEXOS | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Simbología utilizada | 35 |
| Tabla 2. Niveles de servicio | 35 |
| Tabla 3. Factores de mayoración para K2 | 38 |
| Tabla 4. Caudales de diseño para los elementos..... | 40 |
| Tabla 5. Geomorfología de relieve | 43 |
| Tabla 6. Relieve Recinto El Tigre..... | 45 |
| Tabla 7. Aspectos geológicos del Recinto El Tigre | 46 |
| Tabla 8. Recurso hídrico de la parroquia Tachina | 47 |
| Tabla 9. Peligro de origen natural en barrios y recintos de la parroquia Tachina | 49 |
| Tabla 10. Actividades de la población del recinto El Tigre | 52 |
| Tabla 11. Referencias Topográficas..... | 54 |
| Tabla 12. Censo de la población actual del recinto El Tigre | 54 |
| Tabla 13. Porcentajes de nivel..... | 55 |
| Tabla 14. Periodo de diseño de unidades de un sistema de agua..... | 58 |
| Tabla 15. Datos de Censos realizados..... | 59 |
| Tabla 16: Dotaciones recomendadas | 60 |
| Tabla 17. Factores de mayoración k2 para redes menores..... | 61 |
| Tabla 18. Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach | 64 |
| Tabla 19. Coeficientes de pérdida por accesorios | 64 |
| Tabla 20. Perdidas en conexiones domiciliarias | 66 |
| Tabla 21. Selección de tubería de impulsión | 67 |
| Tabla 22. Especificaciones para determinación de número de Reynolds | 67 |
| Tabla 23. Datos hidráulicos para la potencia de la bomba..... | 68 |
| Tabla 24. Resultados del cálculo del tamaño de muestra poblacional..... | 69 |
| Tabla 25. Generalidades de la Población encuestada en el Recinto El Tigre..... | 69 |
| Tabla 26. Resumen de la encuesta realizada al recinto El Tigre | 70 |
| Tabla 27. Resultados del cálculo de población por método lineal | 71 |
| Tabla 28. Resultados del cálculo de población por método geométrico | 71 |
| Tabla 29. Resultados del cálculo de población por método logarítmico..... | 72 |
| Tabla 30. Resultados del cálculo de dotación total | 72 |
| Tabla 31. Resultados del cálculo del consumo y caudales con datos obtenidos en método geométrico | 73 |
| Tabla 32. Número de válvulas ubicadas por cada tramo de la conducción | 74 |
| Tabla 33. Tabla de Red Líneas tramo captación | 76 |
| Tabla 34. Red de nudos tramo captación | 76 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 35. Cálculo volumen de tanque de succión | 77 |
| Tabla 36. Resultados del cálculo del volumen del tanque de succión..... | 79 |
| Tabla 37. Capacidad de Tanque..... | 79 |
| Tabla 38. Resultados del cálculo del volumen de tanque de regulación con suministro por bombeo | 80 |
| Tabla 39: Resultados del cálculo del volumen del tanque de regulación..... | 81 |
| Tabla 40. Resultados del caudal de diseño..... | 84 |
| Tabla 41. Especificaciones para determinación de número de Reynolds | 85 |
| Tabla 42. Resultados del factor de fricción con varias ecuaciones..... | 86 |
| Tabla 43. Obtención de altura de Bomba..... | 87 |
| Tabla 44. Datos hidráulicos para determinación de la Potencia | 87 |
| Tabla 45. Red de Líneas (Tramo 3, escenario dinámico) | 89 |
| Tabla 46. Red de Nudos (Tramo 3, escenario dinámico) | 89 |
| Tabla 47. Red de Líneas (Tramo 3, escenario estático) | 91 |
| Tabla 48. Red de nudos (Tramo 3, escenario estático) | 91 |
| Tabla 49. Presupuesto Referencial del Proyecto | 96 |
| Tabla 50. Resultados de la encuesta, pregunta 1 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 51. Resultados de la encuesta, pregunta 2 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 52. Resultados de la encuesta, pregunta 3 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 53. Resultados de la encuesta, pregunta 4 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 54. Resultados de la encuesta, pregunta 5 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 55. Resultados de la encuesta, pregunta 6 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 56. Resultados de la encuesta, pregunta 7 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 57. Resultados de la encuesta, pregunta 8..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 58. Resultados de la encuesta, pregunta 9..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 59. Resultados de la encuesta, pregunta 10..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 60. Resultados de la encuesta, pregunta 11..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 61. Resultados de la encuesta, pregunta 12..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 62. Resultados de la encuesta, pregunta 13..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 63. Resultados de la encuesta, pregunta 14..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 64. Resultados de la encuesta, pregunta 15..... | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento..... | 23 |
| Figura 2. Mapa parroquia Tachina..... | 42 |
| Figura 3. Ubicación territorial y geográfica de la Comuna El Tigre..... | 43 |
| Figura 4. Mapa del relieve de la parroquia Tachina - Recinto El Tigre colinas altas..... | 44 |
| Figura 5. Clima de la Parroquia Tachina | 45 |
| Figura 6. Mapa geológico de la Parroquia de Tachina..... | 46 |
| Figura 7. Mapa Hidrográfico de la parroquia Tachina | 47 |
| Figura 8. Ubicación geográfica del Estero Tachina | 50 |
| Figura 9. Estero Tachina | 51 |
| Figura 10. Reunión vía Zoom con la directiva del GAD Parroquial de Tachina..... | 52 |
| Figura 11. Reunión presencial con la directiva del GAD Parroquial de Tachina | 52 |
| Figura 12. Mapa Topográfico del Recinto El Tigre | 53 |
| Figura 13. Levantamiento de puntos topográficos con GPS..... | 53 |
| Figura 14. Realización de Encuestas en el Recinto El Tigre | 54 |
| Figura 15. Conducción Proyectada del Recinto El Tigre | 56 |
| Figura 16. Curvas de nivel de la topografía sector el Tigre..... | 57 |
| Figura 17. Perfil y ubicación de válvulas del tramo de derivación/captación | 57 |
| Figura 18. Representación de la curva de distribución horaria del consumo de la población | 61 |
| Figura 19. Curva integral del tanque elevado y del tanque de succión..... | 62 |
| Figura 20. Diagrama de ubicación de componentes en la línea de conducción..... | 63 |
| Figura 21. Exportación de datos a programa Epanet | 65 |
| Figura 22. Gráfico estadístico con las respuestas más representativas obtenidas por los habitantes | 70 |
| Figura 23. Trazado de la Red de Conducción hacia el recinto El Tigre | 74 |
| Figura 24. Datos hidráulicos en Esquema de la conducción hacia el recinto El Tigre | 75 |
| Figura 25. Simulación en Epanet TRAMO 1 | 77 |
| Figura 26. Representación de la curva integral del tanque de succión | 78 |
| Figura 27. Curva de consumo establecida en relación a la población del sector El Tigre | 79 |
| Figura 28. Representación de la curva integral del tanque de regulación | 81 |
| Figura 29. Resumen Tramo Captación..... | 82 |
| Figura 30. Georreferenciación en QGIS Tramo Captación..... | 82 |
| Figura 31. Interpretación línea de succión y estación de bombeo (Tramo Impulsión) | 83 |
| Figura 32. Diagrama de Moody | 86 |
| Figura 33. Resumen del Tramo Impulsión | 88 |
| Figura 34. Georreferenciación en QGIS (Tramo Impulsión) | 88 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Figura 35. Simulación Dinámica en Epanet de Presión (Tramo Distribución) | 90 |
| Figura 36. Simulación Dinámica en Epanet de caudal (Tramo Distribución)..... | 90 |
| Figura 37. Simulación estática de caudal (Tramo Distribución) | 92 |
| Figura 38. Simulación estática Presión (Tramo Distribución)..... | 92 |
| Figura 39. Resumen de Tramo Distribución | 93 |
| Figura 40. Georreferenciación en QGIS del Tramo de Distribución | 93 |
| Figura 41. Planos tipo MIDUVI..... | 94 |
| Figura 42. PLANO INICIAL SECTOR EL TIGRE..... | 95 |
| Figura 43. Presentación de la Memoria Técnica a los miembros del GAD Parroquial de Tachina | 101 |
| Figura 44. Reunión final con el GAD Parroquial de Tachina | 101 |
| Figura 45. Formato encuesta..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 46. Pregunta 2 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 47. Pregunta 3 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 48. Pregunta 4 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 49. Pregunta 5 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 50. Pregunta 6 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 51. Pregunta 7 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 52. Pregunta 8 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 53. Pregunta 9 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 54. Pregunta 10 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 55. Pregunta 11 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 56. Pregunta 12 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 57. Pregunta 13 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 58. Pregunta 14 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 59. Pregunta 15 | ¡Error! Marcador no definido. |
| Figura 60. Memoria Técnica | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de la población mediante el Método lineal, | 33 |
| Ecuación 2. Cálculo de la pendiente de la recta | 33 |
| Ecuación 3. Cálculo de la población mediante el Método geométrico | 33 |
| Ecuación 4. Cálculo de la tasa de crecimiento..... | 33 |
| Ecuación 5. Cálculo de la población mediante el Método logarítmico | 34 |
| Ecuación 6. Tasa de incremento..... | 34 |
| Ecuación 7. Consumo total | 35 |
| Ecuación 8. Cálculo del caudal promedio | 36 |
| Ecuación 9. Cálculo del caudal máximo horario | 36 |
| Ecuación 10. Cálculo del caudal máximo horario (2)..... | 36 |
| Ecuación 11. Cálculo del caudal máximo diario..... | 37 |
| Ecuación 12. Porcentaje de estimación de pérdidas..... | 39 |
| Ecuación 13. Fórmula para Caudal de diseño con bombeo | 39 |
| Ecuación 14. Tamaño de la muestra..... | 55 |
| Ecuación 15. Margen de error | 55 |
| Ecuación 16. Fórmula del cálculo de la potencia de la bomba..... | 84 |
| Ecuación 17. Fórmula para el cálculo de diámetro | 84 |
| Ecuación 18. Variable para determinación de diámetro | 84 |
| Ecuación 19. Determinación de la velocidad..... | 85 |
| Ecuación 20. Número de Reynolds | 85 |
| Ecuación 21. Darcy Weisbach para pérdidas lineales..... | 87 |
| Ecuación 22. Potencia de la Bomba..... | 87 |

RESUMEN

El presente proyecto de titulación detalla el procedimiento con el cual se desarrolló el diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable para el Recinto El Tigre, ubicado en la parroquia de Tachina, Provincia de Esmeraldas. Todo este estudio surge con la finalidad de promover una calidad de vida digna y estable para la comunidad de esta área rural. El mismo abarca la información de campo investigada, base fundamental para la elaboración de este proyecto.

En el capítulo uno se detalla generalidades del proyecto como objetivos, planteamiento del problema, justificación y alcance.

En el capítulo dos se abordan las temáticas y definiciones necesarias para la comprensión de la terminología que se presente más adelante en el proyecto y que serán de apoyo para la sustentación de los procesos del análisis.

En el capítulo tres se encuentra una pequeña descripción de los aspectos físicos, sociales, económicos del Recinto El Tigre.

En el capítulo cuatro se explica la metodología, es decir, desde el proceso de dimensionamiento en CIVIL 3D hasta obtener la superficie del terreno y los pasos de elaboración de la simulación en el programa Epanet en el que se visualizaron los diferentes accesorios y componentes necesarios para lograr un ideal funcionamiento del proyecto.

En el capítulo cinco se muestra los resultados alcanzados a lo largo del proyecto, comprobando que los valores obtenidos cumplan con la normativa nacional e internacional vigente respecto al diseño de sistemas de abastecimiento y distribución. Además, se especifica el presupuesto referencial de cada rubro y material, lo que permitirá a la comunidad determinar las alternativas y emprender con el proyecto.

PALABRAS CLAVE: Diseño, análisis, Civil 3D, Epanet.

ABSTRACT

This degree project details the procedure used to develop the design of a drinking water supply and distribution system for the El Tigre precinct, located in the parish of Tachina, Esmeraldas Province. The purpose of this study is to promote a better quality of life for the community of this rural area. It includes the field information investigated, which is the fundamental basis for the elaboration of this project.

Chapter one details the general aspects of the project, such as objectives, problem statement, justification and scope.

Chapter two deals with the topics and definitions necessary for the understanding of the terminology that will be presented later in the project and that will be used to support the processes of analysis.

Chapter three contains a brief description of the physical, social and economic aspects of the El Tigre precinct.

Chapter four explains the methodology, i.e., from the dimensioning process in CIVIL 3D to obtaining the surface of the terrain and the steps in the elaboration of the simulation in the Epanet program in which the different accessories and components necessary to achieve an ideal operation of the project were visualized.

Chapter five shows the results achieved throughout the analysis, verifying that the values obtained comply with the national and international regulations in force regarding the design of supply and distribution systems. In addition, the reference budget for each item and material is specified, which will allow the community to determine the alternatives and start with the project.

KEY WORDS: *Design, analysis, Civil 3D, Epanet.*

1 INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es un componente sustancial para la vida de los seres vivos, gracias a este recurso disminuyen o desaparecen varios padecimientos causados por la pésima calidad o privación del mismo, de igual manera mejora la calidad de vida y potencia el progreso de los habitantes mediante un servicio básico como el abastecimiento de agua potable (UNICEF, 2019).

El abastecimiento de agua potable se constituye como un peldaño importante y fundamental para el desarrollo de varias regiones, incluyendo a poblaciones urbanas y rurales, con el fin de garantizar este servicio indispensable en beneficio de la población (Barahona, Rivera, & Chévez, 2013).

En el Ecuador, se sabe que muchas de las pequeñas comunidades cuentan con sistemas inadecuados que requieren de restauración o carecen de tales sistemas lo que genera contrariedades para la comunidad en aspectos sociales, económicos, de salud, etc. (INEC, 2015).

El diseño de un sistema de distribución y abastecimiento de agua potable se compone de dos secciones principales: el trazado de la red con base a la información topográfica, geológica, demográfica, datos censales e hidráulicos para así también realizar el diseño de la misma.

La segunda etapa comprende la evaluación y procesamiento de información recolectada para plantear alternativas viables a la aplicación del proyecto diseñado acatando las normas EX IEREOS, SENAGUA (Secretaría del Agua, 1997); y la Norma de Diseño de Sistemas de Agua Potable de la EPMAPS-Q (EPMAPS-Q, 2009).

1.1 Objetivos del proyecto

1.1.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable, para el Recinto El Tigre en la provincia de Esmeraldas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a través de los datos de la línea base los caudales medio diario y máximo horario de la población actual y futura para el abastecimiento.
- Dimensionar un sistema de abastecimiento y distribución: línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución que se ajuste a las condiciones topográficas del recinto.
- Trazar planos del proyecto, cálculo de cantidades de obra y presupuesto referencial del sistema de abastecimiento.
- Socializar los resultados del análisis del proyecto con los representantes y la comunidad del recinto.

1.2 Planteamiento del problema

En el mundo cerca de dos billones de personas no tienen posibilidad para acceder al agua potable gestionada de forma confiable y cerca de cuatro billones de individuos no disponen de servicios de saneamiento administrados correctamente (UNICEF, 2019).

La población del área urbana tiene mayor facilidad para conseguir agua potable que la población rural donde existe mayor complejidad para acceder a este servicio, dicho patrón se repite en todo el mundo (OMS, 2015).

En el Ecuador se estima que el 90.23% de los GAD Municipales potabilizan el agua, el 1.85% adquiere agua tratada y el 7.90% poseen agua no apta para su consumo. Existen 461 plantas potabilizadoras en el Ecuador de las cuales un 49.67% se hallan en la Región Sierra (229 plantas), 20.39% en la Región Costa (94 plantas), 29.28% en la Amazonía (135 plantas) y 0.65% en la Región Insular (3 plantas) (INEC, 2015).

Asegurar la calidad del agua es una prioridad para las plantas de tratamiento, ya que deben cumplir con la normativa ecuatoriana vigente, garantizando los estándares del agua a medida que sea conducida hacia los consumidores (Avila, 2019).

Esta problemática ecuatoriana se enfoca en poblaciones que no poseen servicios básicos lo que origina problemas sociales, económicos y ambientales. El agua constituye uno de los factores de transmisión de enfermedades y agentes perjudiciales para la población,

por lo que se necesita un control íntegro para un adecuado sistema de conducción, distribución y tratamiento que garantice agua de calidad (El País, 2015).

Varios factores como el crecimiento demográfico, asentamientos en zonas desfavorables, pobreza, ausencia de apoyo de municipios, inapropiado sistema de abastecimiento y distribución, etc. Contribuyen a que las comunidades no tengan acceso a servicios básicos, especialmente al agua potable que es un punto clave para impulsar el progreso de la salud pública en poblaciones rurales (Narváez, 2010).

En el cantón Esmeraldas, el área rural se abastece a través de las juntas o comités de agua potable, las cuales tienden a presentar dificultades al momento de operar los sistemas de potabilización y su distribución a la población, por tanto, no están garantizados los estándares de calidad (Narváez, 2010).

Una gran fracción de los hogares se conectan a una red pública gestionada por la junta de agua potable con un 90% de las viviendas de la parroquia, este porcentaje se presenta gracias a que la parroquia Tachina se conecta al sistema de agua regional de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado San Mateo (EAPA San Mateo) liquidada en el año 2020, y en su reemplazo la Empresa Publica Mancomunada de agua potable y saneamiento de Esmeraldas (EPMAPSE). En la comunidad se contaba con un pozo somero que servía como un sistema alternativo de agua para su consumo (SNI, 2014).

A pesar de que la parroquia tiene una buena cobertura de agua potable, su zona rural no posee un confiable sistema de abastecimiento, ni una red de distribución; tal es el caso del recinto El Tigre distinguido por sus actividades en el sector agrícola, ganadero y ecoturístico y las casas del lugar son muy modestas (Mosquera, 2017).

El inconveniente en este sector es que no se dispone de una red de abastecimiento y distribución, en consecuencia, los habitantes del recinto se ven en la necesidad de captar agua del estero, vale la pena aclarar que dicho cuerpo hídrico no cumple con los estándares de agua potable. (El Comercio, 2019).

1.3 Justificación

El recurso hídrico es valorado como un patrimonio natural, público y fundamental, siendo

este de uso público, propio y sustancial para la vida, conforme al artículo 12 de la (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Este recurso debe ser otorgado a todas las provincias del estado impulsando la coordinación de las políticas relacionadas a este recurso con las capacidades gubernamentales sectoriales del agua: *“Garantizar de manera progresiva el acceso al agua, limpia, segura y permanente para consumo humano y el suministro de agua para riego, que asegure la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas a escala nacional, regional, cantonal y local”* (ENCA, 2016).

El método para perfeccionar la manera en que se administran los recursos hídricos y las infraestructuras como sistemas de abastecimiento y distribución, tiene como meta acreditar los estándares para agua de consumo para todos los sectores productivos de la zona (El País, 2015).

En la agenda 2030 para desarrollo sostenible (ONU, Organización de las Naciones Unidas, 2015), el objetivo 6 se presenta con la finalidad de abordar temas ambientales, sociales y económicos, en el que se afirma que: *“Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”* (PNUD, 2020). Por ende, se debería fomentar la implementación de programas y proyectos vinculados con la distribución y estándares de agua para el consumo en el cantón Esmeraldas, particularmente en la parroquia Tachina que no ha sido prioridad para la municipalidad (ENCA, 2016).

En el recinto El Tigre que pertenece a la parroquia Tachina, el estero se establece como la única fuente de agua, de modo que, se busca conectar al recinto con una fuente de agua segura y permanente, como se constituye la planta de tratamiento aledaña de la EPMAPSE, mediante el diseño de un sistema de abastecimiento y red de distribución adaptado para el sector (La Hora, 2018).

Con base en las reuniones mantenidas con los directivos del recinto se ha dado a conocer que se planea construir una línea de abastecimiento de la cual se podría distribuir el caudal necesario para el consumo de los habitantes del recinto en conjunto con empresas interesadas en poner en marcha el proyecto. Además, se tiene que el agua de dicha red proviene de la planta de tratamiento EAPA San Mateo por lo que no se tendría la necesidad de realizar un proceso de desinfección adicional considerando que el agua ya es potable.

La información recolectada se proyectó un diseño donde se establecieron las características de caudal de diseño, presiones en el sistema, considerando todos los accesorios necesarios que puedan asegurar el óptimo funcionamiento de la línea de conducción. El producto de este estudio definió la estimación presupuestaria y las acciones necesarias para implementar el diseño, esto con el fin de informar a la administración del GAD Parroquial de Tachina sobre el caudal necesario que se debe solicitar a la EPMAPSE para abastecer a la población (Quisaguano & Herrera, 2016).

1.4 Alcance

Se proyectó un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable socialmente justo, económicamente rentable y sustentable, para el recinto El Tigre en la Parroquia Tachina en Esmeraldas, que cumple con lo mencionado en las normas de diseño para que de esta forma se optimicen el escenario de vida de los habitantes que se beneficiarán con este proyecto.

El tamaño de obra idónea que se estimó para un correcto funcionamiento es de 30 años correspondiente a zonas rurales, considerando el crecimiento estimado de la población y la durabilidad del sistema (INEN, 1992).

Uno de los parámetros importantes en la red es la presión necesaria para que el sistema de agua potable llegue al punto más alto del recinto. En este caso se encontraron presiones y dotaciones suficientes mediante la aplicación de un sistema de bombeo y tanque de almacenamiento que podrá cumplir con dichos parámetros y así lograr la distribución eficiente del agua.

Dadas las condiciones hidráulicas expuestas en el sistema, la viabilidad, viabilidad y variables topográficas se aplicó el programa Civil 3D que contribuyó con el trazado y perfilado de la red. Las redes fueron analizadas hidráulicamente con el uso del programa EPANET y se determinaron las mejores condiciones de flujo y los valores adecuados de diámetros, velocidades y presiones en el sistema, considerando la normativa actual (INEN, 1992).

Se utilizó como base los planos diseñados anteriormente y mediante una simulación en

un programa se logró una estimación presupuestaria referencial de la infraestructura necesaria para la implementación. Se realizó una lista de cada rubro presente, volumen de la obra, y el análisis de precios tomando en cuenta costos directos e indirectos para cada rubro (Lombeida, 2012).

En todo proceso de diseño y construcción de obras hidráulicas es fundamental evaluar el elemento económico con el fin de hallar el presupuesto inicial teórico. Es esencial mencionar detalladamente cada rubro de las actividades, materiales, mano de obra y equipos, ya que ayudan a evidenciar la posibilidad del proyecto con base a rubros establecidos referenciales. Para este estudio se tomaron rubros dados por empresas como la EPMAPS y la Cámara de Comercio de Quito (Barahona, Rivera, & Chévez, 2013).

1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1 Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable

Entre los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable se presentan los siguientes escenarios dependiendo del contexto de la comunidad de la que van a encontrarse:

1.5.2 Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

El elemento más importante de un sistema de suministro de agua potable es la fuente de abastecimiento, por ello debe protegerse y precautelarse dos propósitos necesarios:

- Conservar estándares de calidad primordiales para asegurar que el agua se mantenga potable.
- Abastecer agua suficiente para cumplir con la demanda de la población a lo largo del periodo de diseño (Barahona, Rivera, & Chévez, 2013) .

La finalidad del abastecimiento de agua es ofrecer a la población el suficiente recurso para satisfacer su demanda diaria y de buena calidad. Además, se consideran las diferentes obras hidráulicas de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución. Según el tamaño del proyecto se definirá el periodo y el caudal de diseño

(Sustainable Sanitation and Water Management, 2009).

En sistemas para sectores rurales el periodo de diseño es de 15 años en adelante exceptuando ampliaciones. Para grandes urbes, el periodo de diseño es de treinta años y podría contarse con una ampliación de la captación (Sustainable Sanitation and Water Management, 2009).

Se toman en cuenta las pérdidas mientras se traslada el agua desde la captación hasta tanque, plantas de tratamiento y distribución. En la captación el caudal de diseño será el caudal máximo más un 5% de pérdidas, complementando el consumo de la planta de tratamiento del 3-5% en la conducción. En grandes ciudades el caudal de diseño es de 1.5 a 2 veces el caudal máximo diario (Sustainable Sanitation and Water Management, 2009).

1.5.3 Sistema de abastecimiento con tratamiento por bombeo

Es importante contar con una planta de tratamiento que mejore la calidad del agua, adecuándola para el consumo y posteriormente ser transportada y distribuida (Sustainable Sanitation and Water Management, 2009). Se muestran sus elementos en la **figura 1**.

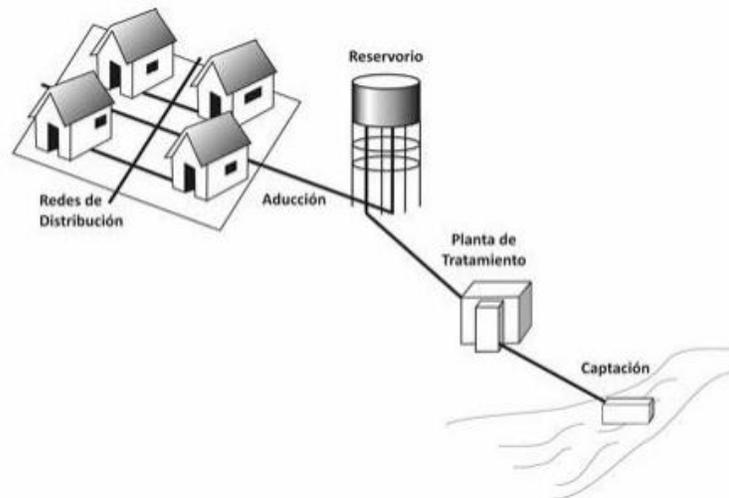


Figura 1. Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento (Sustainable Sanitation and Water Management, 2009)

1.5.4 Conducción por gravedad

Empleada cuando la fuente usada para abastecer se localiza en una altura piezométrica superior a la necesaria o existente en el punto final de la conducción, permitiendo

distribuir el agua con la ayuda de la energía hidráulica (CONAGUA, 2002).

Igualmente, se presenta cuando la conducción pueda darse en un sistema de bombeo y sea más sencillo alcanzar un nivel de presión admisible. Su operación y mantenimiento es de bajo costo (CONAGUA, 2002).

1.5.5 Conducción por bombeo

Se cuenta con una fuente de poder alterna para la bomba, mecanizar el procedimiento, manejar labores de manutención de los componentes del bombeo y considerar principalmente que la fuente de abastecimiento proporcione la máxima demanda horaria, de otra forma se evidenciaría una pérdida en el sistema de suministro (CONAGUA, 2002).

1.5.6 Conducción por bombeo-gravedad

Se usa en condiciones en las que la topografía de un terreno presenta elevaciones mayores a las proyectadas en algunas zonas, es conveniente estudiar la ubicación de la conducción respecto al tanque de regulación para evaluar la posibilidad de colocar un tanque intermedio, en el que la primera parte de la conducción sea por bombeo y la otra parte por gravedad (CONAGUA, 2002).

1.5.7 Red de conducción

Las redes o mallas de conducción se interconectan en las diferentes fuentes de abastecimiento; algunos sitios pueden necesitar más de una fuente o captación alterna que se separan entre sí (CONAGUA, 2019).

Las líneas de conducción que se forman al unir cada fuente, pueden reducir los costos, no obstante, puede aumentar la complejidad en la operación y será necesario monitorear que la operatividad hidráulica sea la apropiada. Las redes de distribución también se forman al efectuar una derivación de la línea principal de la tubería hacia más de un tanque de reserva (CONAGUA, 2019).

Al enlazar una red de distribución y un tanque de almacenamiento aparece una conducción designada como ramal principal. Usualmente el ramal principal funciona a presión por gravedad (CONAGUA, 2002).

1.5.8 Líneas de conducción

La línea de conducción se define como recorridos de tuberías que trasladan agua a partir de un punto de captación hasta llegar a una planta de tratamiento o hasta el tanque de almacenamiento, esto dependerá de las especificaciones de la red de distribución. La línea de conducción debe conservarse en la superficie del terreno y ubicarse de forma que sea fácil de inspeccionar. La operación mediante bombeo o gravedad constan como alternativas al momento de diseñar la línea de conducción (UDLAP, 2020).

Al emplear una distribución por gravedad se requiere una fuente de abastecimiento como un lago o represa, estar localizado en un punto alto respecto al sector a distribuir, de forma que soporte una presión idónea en tuberías principales. El medio mayormente recomendado es el que procura un tamaño apropiado y contra roturas accidentales en la línea de conducción entre la fuente y la ciudad (UDLAP, 2020).

- **Líneas paralelas de conducción:** este tipo de línea se presenta al colocar varias tuberías en un mismo trazo, se recomienda en construcciones por fases y para favorecer la operación a distintos costos, dependiendo del consumo de agua y los recursos aprovechables (CONAGUA, 2002).

1.5.9 Elementos de una línea de conducción:

Dependiendo de la proyección de la línea de conducción y de la red de abastecimiento de agua los elementos podrían ser: tuberías, codos, válvulas, uniones, juntas, etc. (CONAGUA, 2002).

1.5.9.1 Tuberías

Las tuberías se utilizan como una vía para transportar el agua de un sitio a otro. Algunos de los componentes más utilizados en su fabricación son: cemento fibroso, acero, policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta consistencia, hierro dúctil, hierro recubierto, etc (CONAGUA, 2007).

El acero inoxidable es el material con una firmeza superior entre materiales férricos, poseen mayor resistencia al desgaste, aunque su precio es más elevado, además son de fácil limpieza y desinfección cuando sea requerido (CONAGUA, 2007).

El cobre es ampliamente utilizado para tuberías, pudiendo ser rígido o maleable, es un material manejable que puede fabricarse con simplicidad, aunque debe soldarse entre sí con soplete o soldadura (CONAGUA, 2002).

El policloruro de vinilo o PVC tienen resistencia a la corrosión, se une con facilidad mediante adhesivos especiales y dependiendo del ancho, estas tuberías se emplean para gases o líquidos, debido a que garantizan un transporte seguro. El PVC trabaja con temperaturas menores a los 60 grados centígrados por lo que no es apto para transportar agua caliente (CONAGUA, 2002).

1.5.9.2 Accesorios de tuberías

Se caracterizan por su moldura y estructura, que se forman por piezas que al unirse a tuberías por medio de un proceso definido componen los procesos que garantizan una distribución y una eficiente unión de los componentes. (CONAGUA, 2002).

La clasificación de los diferentes accesorios utilizados en el circuito se da dependiendo de su función y se toman en cuenta ciertas características como son: dimensión y espesor del accesorio, resistencia, material de fabricación y diámetro nominal. Los accesorios más utilizados en los sistemas de abastecimiento son:

- **Te (T):** Es un accesorio con forma de T con el que se puede realizar una triple conexión. También conocido como racor en T. Cuentan con salidas iguales o de distintos diámetros.
- **Codo (C):** Es un accesorio de forma arqueada, varían el rumbo del flujo de la línea. Estos elementos son fundidos en una única pieza con características determinadas y tienen diámetros en el orificio desde ¼" a 120". Pueden presentarse con ángulos de 45°, 90°, 180° y otros.
- **Bridas:** Son accesorios usados para la conexión entre tuberías y equipos como bombas, tanques, válvulas o codos, etc. La unión bridada permite el rápido montaje y desmontaje para ejecutar la reparación y mantenimiento (CONAGUA, 2002).

1.5.9.3 Válvulas

Este dispositivo mecánico es el encargado de la regulación del flujo tanto de líquidos como gases. A través de una pieza móvil las válvulas controlan la apertura, cierre y

obstrucción parcial de uno o varios conductos. La importancia de las válvulas es que son las encargadas de manejar una gran cantidad de líquidos y gases a pesar de cuan corrosivos o tóxicos puedan llegar a ser.

Las válvulas están conformadas fundamentalmente por dos elementos: el actuador y el cuerpo (VAM Industry, 2020).

1.5.9.4 Tipos de válvulas en líneas de conducción

- ✓ **De admisión y expulsión de aire:** instaladas para admitir el ingreso o expulsión de aire en las tuberías durante el proceso de llenado o vaciado. Se emplean en tramos extensos de la línea, incluyendo en puntos altos de los mismos donde se acumula aire. Se emplean en tuberías de diámetros mayores en redes primarias.
- ✓ **De globo:** Este accesorio voluminoso generalmente se usa en tuberías de pequeños diámetros (domésticos) por su gran resistencia al paso del agua. Es buen regulador de caudal maneja una apertura o cierre total y también puede drenar o vaciar tuberías.
- ✓ **Sostenedora de presión:** está diseñada para mantener una presión determinada aguas abajo y se cierra progresivamente si desciende la presión aguas arriba. También puede mantener una presión determinada aguas arriba a pesar de cambios en la presión seguido de ella.
- ✓ **Reductora de presión:** Se encarga de mitigar la carga presión aguas arriba a una presión determinada aguas abajo a pesar de los cambios de presión y caudal. Usada en el abastecimiento de sitios con bajo servicio.
- ✓ **De retención:** actúan de manera automática para prevenir que el flujo vaya en distinto rumbo a la del diseño. Esto puede presentarse en circunstancias como paro de bombas o fallas de energía eléctrica, pudiendo afectar a las instalaciones hidráulicas como bombas y motores. Así mismo evita el vaciado de las líneas (CONAGUA, 2007).

1.5.10 Sistemas de distribución

1.5.10.1 Red de distribución

Una red de distribución se instaure por tuberías, accesorios y componentes que transportan agua, comenzando en tanques de distribución hasta conexiones domiciliarias o hidrantes, que están instaladas a los costados de las calles existentes de un lugar. Su propósito es dotar de agua a los consumidores para el uso doméstico, comercial, industrial, público y para casos de emergencia como extinguir incendios (CONAGUA, 2019). Se puntualizan aspectos para el diseño de una red de distribución a continuación:

- ✓ Fuentes de abastecimiento
- ✓ Topografía del lugar a distribuir
- ✓ Superficie y población a cubrir
- ✓ Carga hidráulica conveniente
- ✓ Cantidad de agua aprovechable (CONAGUA, 2019).

1.5.10.2 Componentes de la red de distribución

Las redes de distribución de agua contienen componentes y accesorios que permiten el funcionamiento de la red, estos componentes generalmente son los mismos que se ajustan a una red de abastecimiento como tuberías, válvulas y otras piezas. Se consideran también otros componentes que regulan el flujo como:

- ✓ **Estación de bombeo:** si se presenta el requerimiento de usar bombeo en el sistema, debe considerarse que dicha opción tendrá mayor costo en acciones de operación y mantenimiento al contrario de una conducción por gravedad (Hidalgo, 2017).

Una estación de bombeo se compone por 3 partes: la línea de succión que conecta el elemento succionador con la bomba, la bomba que es una máquina (usualmente centrífuga) que eleva el flujo, y la línea de impulsión que es un tramo de tubería que conduce el caudal de bombeo.

Algunos componentes en una estación de bombeo suelen emplearse para un lapso preliminar de 15 años, en tanto que con los diámetros de tuberías de succión y de impulsión se definen mediante caudales necesarios para un periodo de diseño proyectado (Hidalgo, 2017).

- ✓ **Tanque de Regulación:** es un depósito habitualmente ubicado entre la red de

distribución y la captación, encargado del almacenamiento del agua que proviene de la fuente. El almacenamiento regula la distribución o la prevención de fallas con el aprovisionamiento, algunas veces los tanques cumplen ambas funciones (CONAGUA, 2007).

Puede almacenar un volumen de agua extra en horas del día en que la demanda sobrepase el suministro de la fuente. Una zona puede contar con varios tanques adicionales con el objetivo de suministrar sólo una parte de la red, por lo general estos tanques pueden cumplir con las siguientes funciones:

- Equilibrar la variación del uso del agua durante el día.
- Reservar agua para casos excepcionales como incendios.
- Precautelar un volumen adicional para emergencias, como reparaciones o cortes de energía (en sistemas de bombeo), mantenimiento de accesorios en tuberías.
- Brindar una presión apropiada en la red de distribución a la población (CONAGUA, 2007).

✓ ***Disposición y ubicación de tanques de regulación***

Un desnivel topográfico apropiado es requerido en la construcción de un tanque superficial, semienterrado o enterrado para asegurar el óptimo desempeño de las redes de distribución cumpliendo con las normas vigentes de presión. Se debe procurar que los tanques enterrados y semienterrados se mantengan lejos de posibles fuentes de contaminación como alcantarillado sanitario (distancia de 30-45m), pozos sépticos, letrinas o zonas de gestión de residuos sólidos. Una opción es una obra hidráulica de un qué minimice la contaminación de drenaje.

De no contar con las condiciones topográficas requeridas puede construirse un tanque elevado, que incluye un tanque y una estación de bombeo que se diseñan para un volumen horario que demande la población (CONAGUA, 2019).

- ***Tanque Enterrado:*** Construidos debajo de la capa superficial del suelo, preferentemente se aplican cuando se presentan cotas adecuadas en la operatividad de la red y hay condiciones favorables de excavación. Las ventajas de los tanques enterrados son la protección del agua de factores como la

temperatura y adaptación al entorno. De otro modo, presentan la dificultad de necesitar considerables excavaciones tanto para el tanque como para las instalaciones de conexión a la red de distribución e inconvenientes con el manejo de filtraciones que se puedan presentar (CONAGUA, 2019).

- **Tanque semienterrado:** Son tanques que tienen un segmento de su estructura por debajo del nivel del suelo y otro segmento por encima del suelo. Normalmente, son usados cuando se presentan alturas relacionadas al punto principal de la alimentación y al existir problemas de excavación en el terreno. Favorece el ingreso al tanque y sus instalaciones (CONAGUA, 2019).
- **Tanque superficial:** Se encuentran ubicados sobre la superficie del terreno. Una de las características favorables para la estructuración de este tipo de tanques, es que las condiciones del terreno sean estables o que mantengan su altura y una topografía apropiada. Los tanques superficiales se hallan en zonas cercanas a la población a suministrar con elevación geográfica que favorezca la diferencia del nivel del suelo del tanque (CONAGUA, 2019).
- **Tanque elevado:** Son aquellos que tienen su base sobre una estructura que se encuentran elevados de la superficie del suelo. Son empleados para asentamientos con topografía sin elevaciones y con altimetría adecuada. Su estructura está conformada por una tubería de almacenamiento y desfogue, una torre y el tanque de regulación. Se encuentran en los puntos centrales de las localidades para disminuir las pérdidas por fricción y equilibrar presiones, usualmente para alturas de 10, 15 y 20 (m) (CONAGUA, 2019).

1.5.11 Trazado de la red

Con la finalidad de establecer un correcto trazado de la red de distribución previamente se deberán comprender las especificaciones y circunstancias geodésicas de la población existente y futura en el lugar en que habiten, factores como el perímetro urbano y rural, infraestructura vial del lugar, áreas de desarrollo futuro, direcciones de caudal y localizaciones de agua, alcantarillado y servicios básicos públicos, entre otros (López, 2003).

- **Redes abiertas o ramificadas:** son distinguidas por presentar un ramal o línea matriz de mayor diámetro en el que se dividen varios ramales secundarios que terminan en puntos sin continuidad y que además no cuentan con conexiones con otras tuberías en la red. Son empleadas específicamente en poblaciones pequeñas de zonas rurales (Céspedes, 2016).
- **Redes cerradas o malla:** este tipo de red forma anillos o mallas que facilitan la disposición de conexiones cerradas para la distribución del agua en toda la red. En la medida que las condiciones económicas sean ventajosas debe optarse por este tipo de red ya que tienen un mejor desempeño hidráulico, evitan puntos muertos o nulos de circulación y se tiene una mejor regulación de presiones y caudales (Céspedes, 2016).

1.5.12 Zonas de presión

La cota máxima de un tanque de almacenamiento es fundamental para un apropiado desempeño de la red de distribución. La presión en los otros sitios de la red se establece a partir de dicha cota establecida.

En sectores de desniveles altimétricos considerables, se debe repartir la red en diferentes zonas de presión, de este modo pueden cumplirse los requerimientos de presiones máximas y mínimas, garantizando que en áreas altas las presiones no estén tan bajas y en sitios bajos las presiones no estén excesivamente altas.

La diferencia entre cotas máximas y mínimas que se recomiendan debe ser de 25 a 40 (m), de modo que el área pueda abastecerse solamente con una zona de presión. Una diferencia mayor a 40 (m) creará una presión desmedida en áreas bajas o presión baja en áreas altas. (López, 2003).

1.5.13 Ubicación de las redes

Generalmente la ubicación de las tuberías dentro de las redes debe situarse a los costados este y norte de las calles del lugar donde se pretendan ser instaladas, asegurando la ubicación de los desagües de aguas residuales a la parte opuesta para evitar contrariedades. En caso de ocurrir un cruce las tuberías de aguas residuales estas deberán encontrarse a 0.30 (m) abajo de las conducciones de agua potable, para tuberías

de alcantarillado que se encuentren parejas a las de agua potable compensarán un trayecto mínimo de 3.00 (m) simultáneamente entre sí y asegurando que la elevación de la tubería de desagüe esté por debajo de la otra.

Según especificaciones técnicas la altura mínima de las tuberías con relación a un suelo normal deberá ser de 1.00 (m) para calles de tráfico liviano y 1.20 (m) para vías de tráfico pesado (Céspedes, 2016).

1.5.14 Especificaciones de diseño

1.5.14.1 Periodo de diseño

Dentro de la red de distribución el periodo de diseño tiene varias particularidades de capacidad financiera y de tamaño poblacional del proyecto para iniciar la construcción e instalación, restablecimiento, perfeccionamiento e incremento de la obra. Las redes de mayor dimensión deben satisfacer su finalidad de suministro con un flujo apropiado, una presión apropiada, en más tiempo que una red de menor dimensión, ya que su alteración o reforzamiento conllevarían problemas técnicos administrativos e inconvenientes considerables en la comunidad (INEN, 1997).

La administración de la comunidad es un eje principal para considerar las fases de crecimiento de las futuras redes. Se recomienda que el tiempo de acrecentamiento sea 10 años por fase, pudiendo ser menor, según las especificaciones técnicas.

Cada tipo de red cuenta con un periodo de diseño recomendado:

- **Red principal o matricial:** entre 20 a 30 años, cuando se cuente con conductos de diámetros mayores o igual a 12”.
- **Red secundaria:** el lapso del proyecto se establecido entre 10 a 25 años para un diámetro superior o igual a 4” y menor a 12”.
- **Red terciaria:** Periodo de diseño de 15 a 20 años con diámetros menores o semejantes a 3” (López, 2003).

1.5.14.2 Población de diseño

Es la magnitud de personas proyectadas a vivir en cierta comunidad para el fin de un periodo de diseño de la red de abastecimiento y distribución. El comportamiento de la población es muy complejo, ya que en el deben considerarse la tasa de crecimiento

poblacional (CONAGUA, 2019).

1.5.14.3 Método lineal

Se basa en la consideración de crecimiento constante en una población, es decir, un crecimiento lineal, correspondiente a la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{uc} + k(T_f - T_{uc})$$

Ecuación 1. Cálculo de la población mediante el Método lineal,

(López, 2003)

$$k = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

Ecuación 2. Cálculo de la pendiente de la recta

(López, 2003)

Donde,

| | |
|----------|--|
| K | Pendiente de la recta |
| P_{uc} | Última población censada |
| T_{uc} | Último año de censo |
| P_{ci} | Población censada al inicio del análisis |
| T_{ci} | Primer año de censo |

1.5.14.4 Método geométrico

El acrecentamiento de la población se exterioriza de forma semejante al incremento de un importe situado a ventaja agregado, la gráfica producida se representa por una curva logarítmica (López, 2003).

$$P_f = P_{uc} + (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 3. Cálculo de la población mediante el Método geométrico

(López, 2003)

$$r = \left[\left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \right]$$

Ecuación 4. Cálculo de la tasa de crecimiento

(López, 2003)

Donde,

| | |
|----------|--|
| r | Tasa de crecimiento |
| P_{uc} | Ultima población censada |
| T_{uc} | Último año de censo |
| P_{ci} | Población censada al inicio del análisis |
| T_{ci} | Primer año de censo |

1.5.14.5 Método Logarítmico

Método que está en relación a la tasa de incremento por año y el periodo de diseño, expresado en la siguiente fórmula (López, 2003):

$$P_f = P_{uc} * e^{k_g(T_f - T_{uc})}$$

Ecuación 5. Cálculo de la población mediante el Método logarítmico

(López, 2003)

$$k_g = \frac{\ln(P_{uc}) - \ln(P_{ci})}{T_{uc} - T_{ci}}$$

Ecuación 6. Tasa de incremento

(López, 2003)

Donde,

| | |
|----------|--|
| k_g | Tasa de incremento |
| P_{uc} | Ultima población censada |
| T_{uc} | Año del último censo |
| P_{ci} | Población censada al inicio del análisis |
| T_{ci} | Primer año del censo |

1.5.14.6 Consumo

Es una fracción de agua que se emplea a partir de un centro urbano en un determinado tiempo, la cual se determina en metros cúbicos (m³) o en litros (L) (Hidalgo, 2017).

1.5.14.7 Demanda

Es una relación del agua respecto a los habitantes de un sistema de abastecimiento para cumplir con varios de sus hábitos y necesidades. En caso de presentarse carencia de la prestación que se otorga, el consumo y los gastos deben ser semejantes en un mismo intervalo de tiempo (Hidalgo, 2017).

1.5.14.8 Dotación

Importe de agua imprescindible con el propósito de asistir a las exigencias de la población, está establecida por litros por cada habitante en el día. La dotación es una fase necesaria que no debe pasarse por alto a la hora de desarrollar una red de abastecimiento o distribución de agua para los habitantes, ya que ese es el objetivo del desarrollo del proyecto (López, 2003). La dotación presentada para cada caso se indica en las **tablas 1 y 2** donde se utilizan para sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales dependiendo del nivel de servicio.

Tabla 1. Simbología utilizada

| Simbología | Descripción |
|------------|---------------------------------|
| AP | Agua potable |
| DE | Disposición de excretas |
| DRL | Disposición de residuos sólidos |

(INEN, 1997)

Tabla 2. Niveles de servicio

| Nivel de servicio | Sistema | Descripción |
|-------------------|---------|---|
| 1a | AP | Grifos públicos. |
| | DE | Letrinas sin acarreos de agua. |
| 1b | AP | Grifos públicos, unidades de agua para lavado de ropa y baño. |
| | DE | Letrinas con o sin arrastre de agua. |
| 11a | AP | Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. |
| | DE | Letrinas con o sin arrastre de agua |
| 11b | AP | Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. |
| | DRL | Sistema de alcantarillado sanitario. |

(INEN, 1997)

1.5.15 Dotación o consumo total

Para el cálculo del consumo total que se proyecta para el periodo de diseño considera el aumento en el consumo neto y la reducción del factor de pérdidas (López, 2003).

$$\text{Consumo total (Dot)} = \frac{\text{Consumo neto}}{1 - \%}$$

Ecuación 7. Consumo total

(SENAGUA, 2016)

Donde,

Consumo neto= valor obtenido en tablas SSA

%= Porcentaje de pérdidas o fugas

1.5.15.1 Caudal de diseño

En un diseño de todas estructuras hidráulicas en un sistema de distribución se requiere el cálculo del caudal apropiado, el que debe tomar en cuenta los precios de obra, del sistema para un caudal y las exigencias de la población de diseño (Sustainable Sanitation and Water Management, 2009). Se emplean 3 tipos de caudales:

- **Caudal medio diario:** es el flujo medio que se consigue en registros a lo largo de todo el año, el cual se usa con el objetivo de evaluar el caudal máximo diario y caudal máximo horario (SENAGUA, 2016). Para el cálculo del caudal medio anual diario (m³/s), se usó la siguiente ecuación:

$$Q_{promedio} = \frac{\text{Consumo total} * \text{población}}{86400}$$

Ecuación 8. Cálculo del caudal promedio

(SENAGUA, 2016)

Donde,

| | |
|---------------|-----------|
| Consumo total | L/Hab.Día |
| Habitantes | Hab |

- **Caudal máximo horario:** es el máximo requerimiento de agua que se ha evidenciado durante una hora en el lapso de todo un año. Se calcula mediante el producto del consumo máximo diario por un coeficiente k₂, que puede variar entre 1.5 y 2.2 de acuerdo a la cantidad de pobladores (SENAGUA, 2016).

$$Q_{máximo\ horario} = k_2 * Q_{máximo\ diario}$$

Ecuación 9. Cálculo del caudal máximo horario

(SENAGUA, 2016)

O

$$Q_{máximo\ horario} = k_1 * k_2 * Q_{máximo\ diario}$$

Ecuación 10. Cálculo del caudal máximo horario (2)

(SENAGUA, 2016)

Donde,

k_1 Coeficiente de variación del caudal máximo diario en relación al caudal máximo horario.

k_2 Varía de acuerdo a la dimensión de la tubería y la cantidad de pobladores de una zona.

- **Caudal máximo diario:** es el requerimiento máximo de agua que se muestra un día en el año. En otras palabras, indica el día en que presentada en un día del año.

El caudal máximo diario es el caudal de diseño en una red de distribución, al aplicar un factor de mayoración.

$$Q_{\text{máximo diario}} = k_1 * Q_{\text{promedio}}$$

Ecuación 11. Cálculo del caudal máximo diario
(SENAGUA, 2016)

Donde,

k_1 Coeficiente de variación del caudal máximo diario en relación al caudal medio diario; es inversamente proporcional a la demografía del lugar.

1.5.15.2 Variación de los factores de mayoración k_1 y k_2

El coeficiente de variación del caudal máximo diario en relación al caudal medio diario, k_1 , es recíprocamente proporcional al número de residentes y pobladores, variando entre 1.3 y 1.2 para una población menor a 12 500 habitantes o para una población mayor respectivamente (López, 2003).

Los puntos críticos del QMH dependerán de la magnitud de pobladores. En el sector urbano, los ciclos de máximo gasto son más prolongados y los puntos más altos en un hidrograma no serán tan evidentes esto se da por que las prácticas de consumo son muy heterogéneas.

En cuanto a poblaciones pequeñas se tiene que los picos horarios son mayores denotando que los hábitos de consumo son más similares (**ver tabla 3**). Por tal motivo los factores de mayoración máximo diario que alcanza el caudal máximo horario, k_2 , varia (López, 2003).

Tabla 3. Factores de mayoración para K2

| Población | Red Menor | Red Secundaria | Red Matriz |
|----------------------------|-----------|----------------|------------|
| < 2 500 habitantes | 1.6 | - | - |
| 2 500 – 12 500 habitantes | 1.6 | 1.5 | - |
| 12 500 - 60 000 habitantes | 1.5 | 1.45 | 1.4 |
| > 60 000 habitantes | 1.5 | 1.45 | 1.4 |

(López, 2003)

1.5.15.3 Pérdidas

Cuando se presentan pérdidas en la fuerza de la creciente en el canal o tubería, estas se exteriorizan en la pared del tubo que provocan la pérdida de la energía activa del fluido a través de la rugosidad (Hidalgo, 2017).

- **Pérdidas primarias o por fricción:** tipo de pérdida que se genera por la longitud de las tuberías y la relación existente entre la conducción del líquido con las paredes de la tubería (Hidalgo, 2017).
- **Pérdidas secundarias o localizadas:** son pérdidas que se generan a través de los accesorios como: válvulas, codos, uniones, entre otros. Se calculan con un factor de la carga de velocidad o como una longitud semejante a la del conducto. Para dominar pérdidas ocasionadas en el sistema es importante el uso de mecanismos para acrecentar la energía del fluido, en casos donde se tenga un contraste de alturas entre la fuente de suministro y la zona de conducción, es necesario el uso de componentes como bombas (Hidalgo, 2017).

1.5.15.4 Estimación de pérdidas

Para localizar el desgaste de agua en el sistema se aplica una variación entre la cantidad de agua generada y la cantidad de agua consumida por los habitantes. Las pérdidas totales se dividen en: pérdidas totales, propias del sistema, teniéndose fugas en la red, tanques de almacenamiento y fallos al medir el consumo, y las pérdidas comerciales que aparecen por conexiones ilícitas y defectos en la cobertura del control del consumo (López, 2003). El porcentaje de pérdidas (P) se muestra en la siguiente ecuación:

$$P(\%) = \frac{\text{Volumen producido} - \text{Volumen consumido}}{\text{Volumen producido}}$$

Ecuación 12. Porcentaje de estimación de pérdidas

(López, 2003)

Los sistemas que cuenten con capacidades técnicas y económica reducidas, tendrán un porcentaje de pérdidas preferente del 40%, en tanto que en sistemas de alta capacidad técnica y económica el máximo un 20% (López, 2003).

1.5.15.5 Método de longitudes equivalentes

El método de las longitudes equivalente considera parcialmente a las pérdidas locales. Las tuberías complementadas con piezas especiales y otros accesorios, en un enfoque de pérdidas de carga, son equiparables a una tubería recta de mayor longitud.

En este método se realiza la sumatoria de la longitud de la tubería, solo como una simulación, la longitud adicional concierne a la misma pérdida de carga que generarían las piezas especiales presentes en la tubería. Teniendo presentes todos los accesorios que podrían generar una pérdida, se logra la longitud ficticia del tramo (Acevedo, 1976).

1.5.16 Caudal de diseño (caudal de bombeo)

Uno de los valores a tomar en cuenta en las estaciones de bombeo, es el consumo que se realiza diariamente, pero hoy en día se presentan varios factores como el bombeo que es esencial para el empleo del análisis de los gastos inferiores y superiores a causa de las demandas en el consumo futuro y presente; y en el incremento de tiempo (Hidalgo, 2017). El caudal de diseño se determina de acuerdo al consumo máximo horario y la cantidad de horas de bombeo al día, que se justifican por el consultor mediante la siguiente ecuación:

$$Q_b = 1.05 Q_{md} \left(\frac{24 \text{ horas}}{N^{\circ} \text{ horas de bombeo al día}} \right)$$

Ecuación 13. Fórmula para Caudal de diseño con bombeo

(INEN, 1997)

Donde,

Q_b = caudal de bombeo.

Q_{md} = caudal máximo diario estimado para el final de periodo de diseño.

En la **tabla 4** se presentan los distintos caudales dependiendo de los elementos con los que se cuenten en el sistema de abastecimiento y distribución de agua potable

Tabla 4. Caudales de diseño para los elementos

| Elemento | Caudal |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Conducción de aguas superficiales | Máximo diario + 10% |
| Conducción de aguas subterráneas | Máximo diario + 5% |
| Red de distribución | Máximo horario + incendio |
| Planta de tratamiento | Máximo diario + 10% |

(INEN, 1997)

1.5.16.1 Capacidad del sistema de almacenamiento

La capacidad del tanque está dada por el resultado de los volúmenes considerados para el sistema:

- ✓ Volumen de regulación
- ✓ Volumen para incendios
- ✓ Volumen de reserva (Magne, 2008)
- **Volumen de regulación:** los sistemas de almacenamiento de regulación proveen:
 - ✓ Dotación en las horas de mayor requerimiento de agua potable
 - ✓ Presión adecuada a lo largo de las redes de distribución

Para el volumen de regulación debe considerarse un porcentaje en el intervalo de 15-30 del consumo máximo diario siempre y cuando la dotación de agua se dé por gravedad, en el caso de que el sistema trabaje con una bomba debe considerarse un porcentaje en el intervalo de 15-25 conforme a la cantidad y durabilidad en los intervalos de bombeo, junto con la planificación del bombeo que debe constar en los itinerarios (Magne, 2008).

- **Volumen de reserva:** en el caso en el que se presente alguna emergencia en la línea de aducción como daños que puedan generar situaciones de falta de aprovisionamiento de agua durante actividades de mantenimiento o restauración de los sistemas de toma, conducción, tratamiento y/o situaciones de avería de una estación de bombeo, se aconseja un caudal auxiliar que facilite el restablecimiento para conducir el agua al tanque (Magne, 2008).

- **Volumen total:** este volumen se presenta por medio de la sumatoria de los volúmenes de regulación e incendio o de los volúmenes de regulación y reserva. De esta manera se obtiene la totalidad de la cantidad de agua que se almacenará en el tanque de distribución. (Magne, 2008).

1.5.16.2 Presiones extremas y de servicio

En la red matriz o secundaria se mantiene una presión mínima, superior a diez metros de columna de agua (m.c.a) (1 kg/cm^2). En ciudades con más de 60 000 habitantes se exige una presión mínima superior a 15 (m.c.a) (1.5 kg/cm^2). Se toma como punto referencial a la línea piezométrica dinámica en condición de niveles mínimos en el tanque de almacenamiento, es decir, al encontrarse en circulación un caudal de diseño.

La presión máxima establecida para toda comunidad es de 60 (m.c.a) (6 kg/cm^2), por condiciones del nivel máximo del tanque de almacenamiento, tomando como referencia a la línea piezométrica estática. La presión de servicio de la tubería no debe ser sobrepasada en ninguna circunstancia por la presión máxima, sin importar su clase y material (López, 2003).

1.5.17 Análisis Hidráulico

Al realizarse la simulación hidráulica pueden calcularse las elevaciones piezométricas en los nodos y el caudal en cada línea, a partir de las alturas preliminares en represas y depósitos, y la progresión en el lapso de las demandas aprovechadas en los nodos. Se da una auto actualización de los niveles en los tanques de acuerdo a caudales estimados que ingresan o abandonan, y el suministro en los nodos, nivel en los depósitos acorde con las curvas de variación.

Si se quieren conseguir alturas y caudales durante un tiempo específico deben resolverse al mismo tiempo las expresiones de pérdidas en el trayecto de la red y las expresiones de preservación del caudal en nodos. El proceso se conoce como equilibrio hidráulico en el que se requiere usar procedimientos de intercambio para solucionar las expresiones de modelo no lineal (Quisaguano & Herrera, 2016)

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área del proyecto

2.1.1 Parroquia Tachina

La parroquia Tachina, es una parroquia del área rural del cantón de Esmeraldas, se encuentra en el extremo occidente del norte del Ecuador, en la provincia de Esmeraldas, en la troncal del Pacífico: Esmeraldas-cantón San Lorenzo y del resto del territorio (**ver figura 2**). La parroquia está ubicada del lado derecho de la rívera en dirección aguas abajo del río Esmeraldas, la localidad realiza actividades como el turismo, pesca, agricultura, ganadería, comercio entre otros (SNI, 2019).

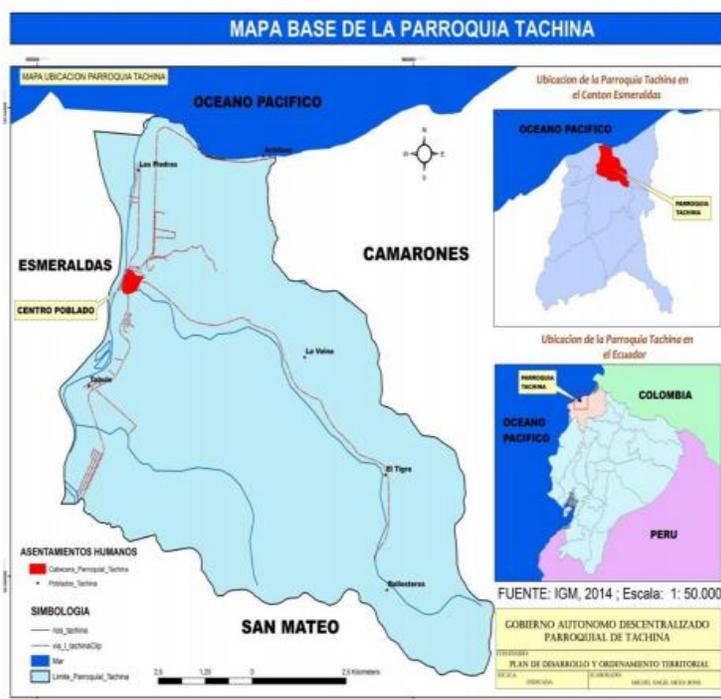


Figura 2. Mapa parroquia Tachina (PDOT TACHINA SNI, 2014)

2.1.2 Recinto El Tigre

El Recinto El Tigre enlazado a la parroquia rural de Tachina en la Provincia de Esmeraldas, es una zona donde la población desempeña actividades como ganadería o agricultura. Se evidenció que los domicilios de las familias son modestos, no cuenta con los servicios básicos como agua potable, saneamiento, acopio de desechos, contando

con un solo turno para el transporte los días sábados (PDOT TACHINA SNI, 2014).

2.1.3 Ubicación geográfica del proyecto

El Recinto El Tigre es una zona rural que pertenece a la parroquia de Tachina del cantón y provincia de Esmeraldas, está ubicado al este de la parroquia y del Río Esmeraldas, sus coordenadas son 17N 659246.1 1022051.4, se encuentra a 30 minutos a través de la vía el Tigre partiendo desde el puente 24 de Mayo. En la **figura 3** se indican los puntos tomados como referencia del sector.



Figura 3. Ubicación territorial y geográfica de la Comuna El Tigre
Google Earth, (2020)

2.1.4 Relieves de la parroquia Tachina

Existe una variedad de relieves en el territorio de la Parroquia Tachina, se ubica en zonas altas y bajas, las que no sobrepasan los 300 (msnm). Estos pasan por estribaciones que se extienden del norte hasta el sur de la parroquia asimismo, el sistema montañoso de Cerro Verde se une con otras regiones montañosas de las parroquias Camarones y San Mateo (SNI, 2019). La geomorfología de la parroquia se presenta en **tabla 5**.

Tabla 5. Geomorfología de relieve

| GEOMORFOLOGÍA | SUPERFICIE (HAS) | SUPERFICIE (%) |
|------------------------------|------------------|----------------|
| Colinas Altas de 101 a 300 m | 2786.08 | 37.17% |

| | | |
|------------------------------|----------|--------|
| Colinas Medias de 51 a 100 m | 53.57 | 0.71% |
| Colinas Bajas de 16 a 50m | 68.2 | 0.91% |
| Coluvión | 521.38 | 6.96% |
| Cuerpos de agua | 456.09 | 6.09% |
| Playas Actuales | 46.65 | 0.62% |
| Relieves Montañosos > 430 m | 1755.39 | 23.42% |
| Superficie de mesa | 311.23 | 4.15% |
| Valle Aluvial | 803.03 | 10.71% |
| Vertiente de mesa | 135.66 | 1.81% |
| Terraza Aluvial | 557.93 | 7.44% |
| Total | 7,427.33 | 100.00 |

(PDOT TACHINA SNI, 2014)

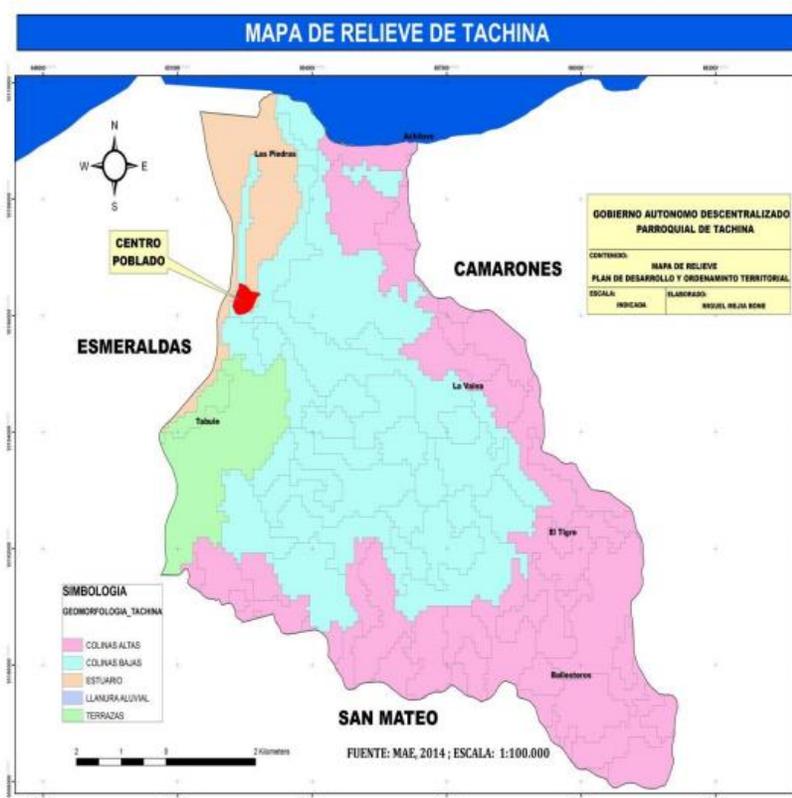


Figura 4. Mapa del relieve de la parroquia Tachina - Recinto El Tigre colinas altas (PDOT TACHINA SNI, 2014)

2.1.5 Relieve del Recinto el Tigre

En el Recinto el Tigre se presenta una diferencia de pisos altimétricos (ver tabla 6), donde la comunidad realiza varias actividades:

Tabla 6. Relieve Recinto El Tigre

| CENTROS POBLADOS | ALTURA PREDOMINANTE | ACTIVIDADES |
|------------------|---|------------------------|
| | msnm | |
| El Tigre | 112 (msnm), - 430 (msnm) (SNI, 2019) | Ganadera y Agricultura |

2.2 Aspectos físicos

2.2.1 Clima

Las corrientes de aire procedentes del Pacífico relacionadas al movimiento y choque de las corrientes caliente (Niño) y fría (Humboldt) establecen dos estaciones anuales: un periodo de verano de julio a noviembre con precipitaciones ocasionales, y un período de invierno con lluvias de diciembre a junio.

El recinto está dentro de la clasificación de bosques secos tropical, donde la temperatura oscila entre los 25.6 °C y 28.5 °C, sus precipitaciones logran un valor de 638 (mm) anuales. La humedad relativa del recinto se encuentra entre el 70% y 90%, en el que los meses de enero a abril cuentan con mayor humedad y aumento de temperaturas (SNI, 2019). En **la figura 5** se muestran los tipos de clima que se pueden dar en la Parroquia Tachina:



Figura 5. Clima de la Parroquia Tachina (PDOT TACHINA SNI, 2014)

2.2.2 Geología

Las condiciones geológicas presentes en la parroquia que están determinadas por una falla geológica que altera al Estero Tachina y repercute directamente en la fauna y flora.

En la **figura 6** se muestra lo descrito:

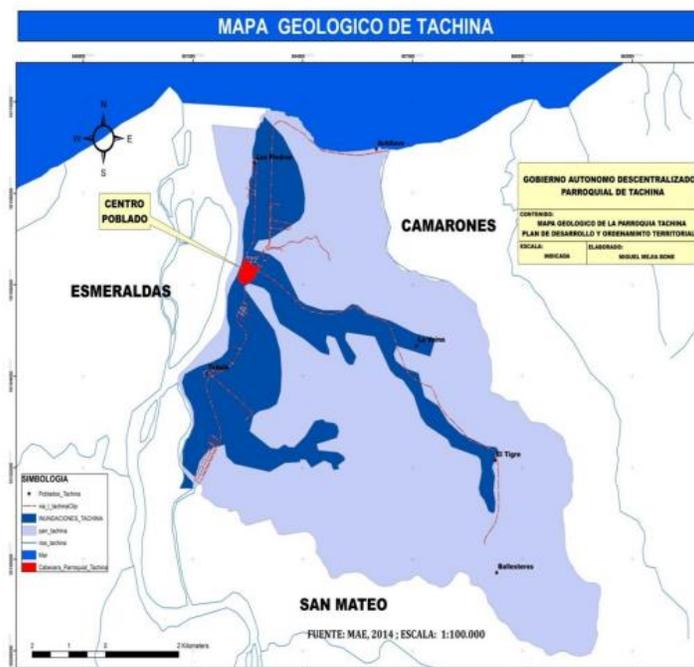


Figura 6. Mapa geológico de la Parroquia de Tachina (PDOT TACHINA SNI, 2014)

Tabla 7. Aspectos geológicos del Recinto El Tigre

| ALERTA | UBICACIÓN | AFECTACIONES PRINCIPALES | DESCRIPCIÓN |
|-----------------|-----------|---|--|
| Falla geológica | El Tigre | Hundimiento de aproximadamente 4 hectáreas de tierra en las coordenadas 0°54'17.26" N – 79°33'04.25"O, con una elevación de 385 (m), que afecta al estero Tachina, la fauna y la flora, por los flujos espesor de lodos, en tiempo de Invierno. | Estero Tachina, en peligro de que se ocasionen tapas naturales que permita el represamiento del agua, destrucción de fauna y la flora, por los flujos espesos de lodos, en tiempo de invierno. |

(SNI, 2010)

2.2.3 Hidrología

Una serie de esteros desembocan al Río Esmeraldas, entre estos se encuentra el estero

Tachina que al encontrarse con la cuenca principal desemboca en el océano Pacífico (**ver figura 7**).

Se conoce que el estero en época de verano tiene un bajo caudal y a veces no puede encontrarse agua, esto es causado por una extrema deforestación de las especies mambra y caña guadua, que se presenta en el lecho del mismo, irrespetando las medidas de protección a cuencas hídricas según las leyes establecidas, durante la época invernal se producen inundaciones causadas por fuertes precipitaciones y la sedimentación. Dicho cuerpo hídrico se encuentra contaminado (SNI, 2019).

Tabla 8. Recurso hídrico de la parroquia Tachina

| Cuenca y Subcuencas | Afluentes | Longitud Km | Prioridad de conservación | Tendencia a las crecidas |
|---------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| Estero Tachina | Ajo | 29.80 | Alta | Alta |
| | Vaina 4.20 (Km) | | | |
| | Julián 4 (Km) | | | |
| | El Tigre 4 (Km) | | | |
| | Ballesteros 7.60 (Km) | | | |

(SNI, 2019)



Figura 7. Mapa Hidrográfico de la parroquia Tachina (PDOT TACHINA SNI, 2014)

2.2.4 Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo de la zona

El análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo de la zona se presenta a continuación:

- **Erosionabilidad de los suelos en el Recinto El Tigre:** En el recinto el Tigre los suelos tienden a ser susceptibles a la erosión, por causa de las características heterogéneas.
- **Consecuencias que suelen presentarse por la erosión del suelo:** En el recinto, especialmente en barrios ubicados cerca a pendientes, zonas de construcción y zonas residenciales. Este fenómeno implica:
 - Pérdida de rendimiento de la tierra fértil para actividades agrícolas y productividad de la tierra.
 - Escorrentías de tierra desde zonas altas, provocando el incremento de la contaminación y la sedimentación en los esteros, afectando también a la cantidad de caudal y amenaza a la fauna.
 - La sequedad del suelo, con reducidas horas de luz, transformando al terreno en no propicio para la actividad agropecuaria, especialmente en verano.
 - Al reducirse la humedad del suelo causa desequilibrio a los ecosistemas, produciendo pérdidas en la biodiversidad (SNI, 2019).
- **Amenaza por inundación y deslizamiento:** Los niveles de amenaza por el deslizamiento de tierra en poblados se clasifican en 4 categorías proporcionadas por el INFOPLAN, considerando pendientes mayores. Las 4 categorías son:
 - Grado 0.- Poblados no propensos a derrumbes o deslizamientos.
 - Grado 1.- Poblados con menos del 30% de su área propensa a deslizamientos potenciales.
 - Grado 2.- Poblados con más del 30% de su área propensa a deslizamientos potenciales.
 - Grado 3.- Poblados con alta propensión a deslizamientos y zonas con pendiente pronunciada (SNI, 2019).

Tabla 9. Peligro de origen natural en barrios y recintos de la parroquia Tachina

| Barrios y Recintos | Grado de amenaza por deslizamiento y derrumbe | | | | Grado de amenaza por inundación (por el río y marejadas) | | | |
|--------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RECINTOS: | | | | | | | | |
| Curunde | X | | | | X | | | |
| Las Piedras | | X | | | X | | | |
| Achilube | X | | | | X | | | |
| Tabule | | | | X | X | | | |
| Caserío Barranquilla de Tabule | | | | X | X | | | |
| El Tigre | X | | | | | X | | |
| Ballesteros | X | | | | | | X | |
| Agua Fría | X | | | | | | X | |
| Las Vainas | X | | | | | | X | |
| BARRIOS: | | | | | | | | |
| 21 de Noviembre | | X | | | X | | | |
| Los Vencedores | | X | | | X | | | |
| Lindo | X | | | | X | | | |
| Miraflores | | | X | | | X | | |
| Las Colinas | | | X | | | | | X |
| Bellavista | X | | | | | | X | |
| El Progreso | X | | | | X | | | |
| Poza Honda | X | | | | | X | | |
| Nuevo Rocafuerte | | | | X | | | | X |
| Los Tufiños | | | | X | X | | | |
| 28 de Agosto | | | X | | X | | | |
| Doce de Octubre | | | | X | | | X | |

(SNI, 2019)

2.3 Aspectos sociales

2.3.1 Población

Este recinto posee un poblado con aproximadamente 437 residentes conforme con el último censo de población y vivienda ejecutado por el GAD parroquial de Tachina. Gran parte de los residentes practican actividades como la ganadería, agricultura y silvicultura; la construcción de viviendas y edificaciones se da desordenadamente; cuentan con limitadas vías definidas y un escaso equipamiento comunitario, incluyendo al sur este de la cabecera parroquial están los caseríos de Vainas, Agua Fría y Ballesteros (SNI, 2019).

2.3.2 Principales actividades económicas

El Tigre tiene gran potencial en el sector primario, para dar paso al desarrollo agroindustrial (consistiendo en una transformación productiva, es decir, producir un mayor

valor agregado) y de otro tipo de servicios (transporte, comercio y turismo). Entre las actividades principales del Recinto El Tigre se encuentran:

Agricultura: En cuanto a la producción de cultivos de ciclo corto (verduras, maíz y otros) y semipermanente (banano, papaya, plátano y otros) un 77% se utiliza para el autoconsumo y un 23% se comercializa en mercados locales. Un 95% de los productos de la caña de azúcar (guarapo y panela) se distribuyen en los mercados locales y la ciudad de Esmeraldas y el 5% se usa para su propio consumo.

Panelera: en el Tigre se tiene 16 productoras de caña de azúcar a las que se les da un valor agregado a la caña, consiguiendo el guarapo y la panela, un 37.50% tiene trapiches de masa de hierro (PDOT TACHINA SNI, 2014).

2.3.3 Servicios Básicos

En cuanto a las necesidades básicas, los pobladores del recinto El Tigre no cuentan con alumbrado público, alcantarillado, agua potable ni conectividad (SNI, 2019).

2.3.4 Gestión de agua potable y saneamiento

El recinto El Tigre se encuentra rodeado por una fuente hídrica, que forma parte de una serie de microcuencas de la parroquia de Tachina, del mismo que es usado para distintas actividades (SNI, 2019).

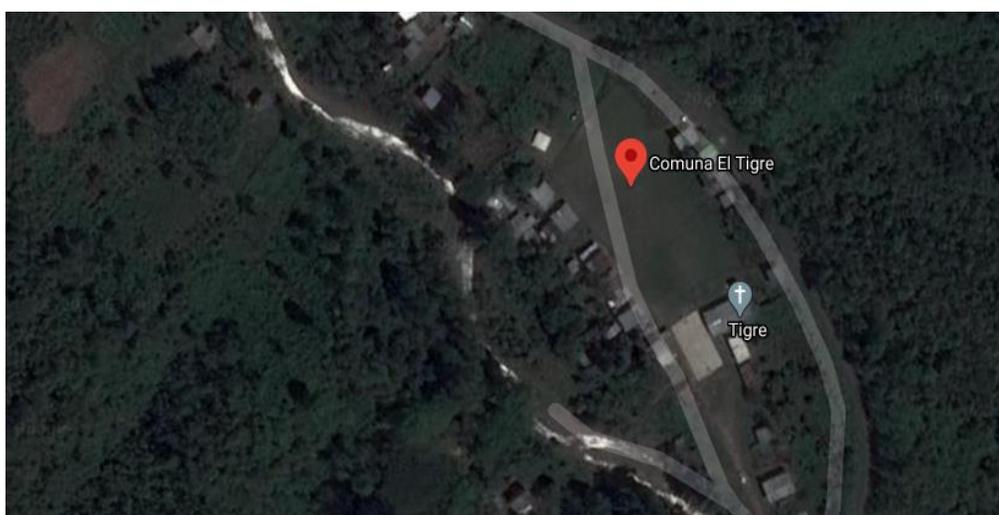


Figura 8. Ubicación geográfica del Estero Tachina
Google Maps (2020)

2.3.4.1 Fuentes disponibles de agua en la comunidad

Actualmente, los residentes del Recinto El Tigre no poseen una red de abastecimiento y suministro de agua potable apropiado, por esta razón han recurrido al cuerpo hídrico más cercano a la comunidad como se constituye el estero Tachina para conseguir agua de consumo **(ver figura 9)**.

El recinto el tigre cuenta con un sistema de agua alterno que consiste en un pozo somero propiedad de la comunidad. Además, se tenía un limitado sistema de agua potable comunitario que se construyó hace 8 años por SYMAE (SNI, 2019).



Figura 9. Estero Tachina

2.3.4.2 Cobertura y uso de agua en la comunidad

Debido a la ausencia de una red de suministro de agua potable, la población del Recinto El Tigre ha optado por recolectar agua del estero almacenando el agua en bidones. Cerca del 99% de los pobladores del lugar emplean el agua recogida del estero para su uso diario, el 1% de los habitantes compran bidones de agua que llegan en camiones solamente los días lunes. El servicio de distribución de agua por medio de tanqueros es imposible debido a que la única vía que conecta con el recinto no se encuentra en buen estado para el paso de este tipo de vehículos (GAD Parroquial Tachina, 2019).

Los principales usos del agua en el lugar están ligados al consumo y uso doméstico **(ver tabla 10)**, actividades económicas elementales del sector como las labores agrícolas, labores ganaderas y otras actividades de baja intensidad como en turismo y comercio. (SNI, 2019).

Tabla 10. Actividades de la población del recinto El Tigre

| RAMA DE ACTIVIDAD | % |
|--------------------------------|----------|
| Uso doméstico y consumo | 70 |
| Agricultura, ganadería y pesca | 20 |
| Actividades turísticas | 2.5 |
| Otras actividades | 7.5 |
| TOTAL | 100 |

(SNI, 2019).

2.4 Levantamiento de la línea base

2.4.1 Proceso de selección de datos e información en la investigación

Para el levantamiento de los datos necesarios para el estudio del proyecto, se solicitó la cooperación de la Administración del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Parroquial de Tachina con el que se mantuvieron reuniones para la solicitud y reconocimiento de los datos fundamentales para la investigación **(ver figuras 10 y 11)**.

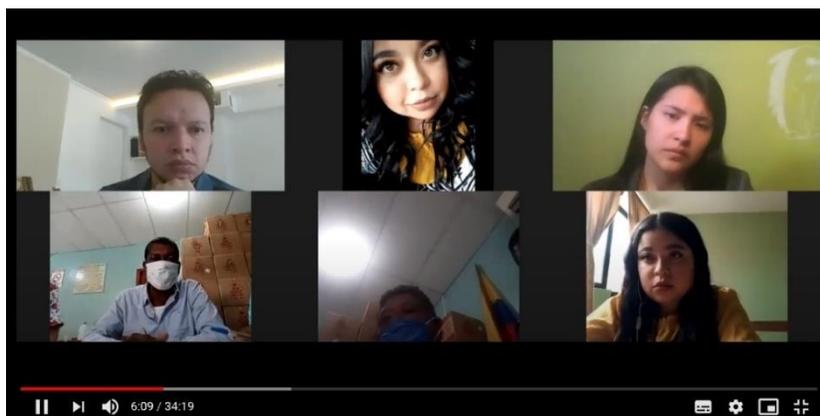


Figura 10. Reunión vía Zoom con la directiva del GAD Parroquial de Tachina.



Figura 11. Reunión presencial con la directiva del GAD Parroquial de Tachina

2.5 Parámetros de diseño de la red

2.5.1 Levantamiento Topográfico

Mediante la topografía gestionada por las autoridades del GAD Parroquial de Tachina se evidenció que la geometría del terreno es regular en la mayoría del área, presentando ciertas elevaciones a los alrededores del recinto.

Además, se realizó un levantamiento topográfico del tramo principal restante (**ver figura 13**), que se une con la topografía diseñada, ya que, por motivos de la Empresa Mancomunada de Agua Potable de Esmeraldas EPMAPSE, en el punto donde se pretendía realizar la derivación no están permitidos los cortes de tubería, es por eso que la derivación establecida será próxima a la ubicación de los tanques que abastecen agua al sector de Tachina.

La toma de puntos topográficos se realizó mediante el uso de un GPS y el procesamiento de los puntos tomados se efectuó con el programa Map Source (**ver tabla 11**), en el que se contaban con las coordenadas y elevaciones que permitieron completar la topografía del tramo faltante, concluyendo así la topografía de la conducción en su totalidad.

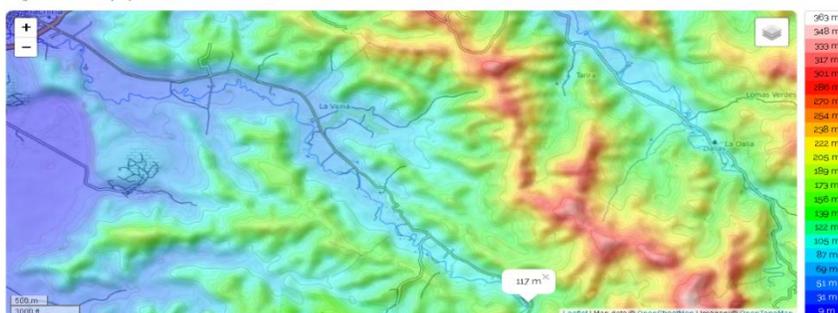


Figura 12. Mapa Topográfico del Recinto El Tigre
Topographic-map.com, (2020)



Figura 13. Levantamiento de puntos topográficos con GPS

Tabla 11. Referencias Topográficas

| REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS | | | |
|---|---------------------|---------------------|------------------|
| Descripción del punto | Coordenada X | Coordenada Y | Elevación |
| P1 Derivación (inicio de la conducción) | 652248.000 | 10105380.000 | 49.023 |
| P2: Tanque almacenamiento | 658884.486 | 10102786.539 | 137.958 |
| P3: Recinto El Tigre | 659407.310 | 10102223.931 | 111.643 |

2.5.2 Encuesta

Se realizó el reconocimiento y supervisión técnica del lugar donde se evidenció la participación de la comunidad a través de la sociabilización mediante las encuestas realizadas (**ver anexo 1**) y en función de esto se levantó la línea base que es fundamental en el proyecto (**ver tabla 12**).

Por medio de esta técnica investigativa se lograron recopilar datos como: población, principales actividades económicas, procedencia del recurso hídrico, uso y manejo del agua para empleo doméstico y demás actividades, etc. (**ver figuras 14**).



Figura 14. Realización de Encuestas en el Recinto El Tigre

Tabla 12. Censo de la población actual del recinto El Tigre

| ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA DEL RECINTO EL TIGRE | |
|--|--------------|
| DESCRIPCIÓN | TOTAL |
| N° de habitantes | 437 |
| N° de habitantes encuestados | 94 |
| N° de personas promedio por familia | 3 - 5 Hab |
| N° de viviendas | 150 |

2.5.3 Estimación de la muestra

Se empleó la técnica de (Cochran, 1977) para establecer la dimensión de la muestra

donde se tiene conocimiento del tamaño del universo del estudio, donde esta muestra fue el valor de los habitantes encuestados.

$$\text{Tamaño de la muestra } (n) = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}\right)}$$

Ecuación 14. Tamaño de la muestra
(Cochran, 1977)

Donde,

n= Volumen de la muestra mínimo que se considera representativo.

N= Tamaño de la población.

Z²= Cantidad de desviaciones o valor obtenido mediante la tabla (**ver tabla 13**) considerando el nivel de confianza (%) deseado para el estadio. A continuación, se indican los valores dependiendo del valor de confianza utilizados.

p= Indica la variabilidad máxima en una población

e= Nivel de precisión deseado o margen de error

Tabla 13. Porcentajes de nivel

| Nivel de confianza | Valor Z |
|--------------------|---------|
| 80% | 1.28 |
| 85% | 1.44 |
| 90% | 1.65 |
| 95% | 1.96 |
| 99% | 2.58 |

(Cochran, 1977)

2.5.4 Cálculo de margen de error

Se determinó el margen de error por medio de la siguiente fórmula obtenida del libro técnicas de muestreo (Cochran, 1977), indicando al margen de error como una medida que se esperó de los resultados de la encuesta realizada.

$$\text{Margen de error } (e) = z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 15. Margen de error
(Cochran, 1977)

Donde,

n= tamaño de la muestra

σ =desviación estándar

z= puntuación z

2.6 Procesamiento de información de campo

2.6.1 Trazado de la red del sector el Tigre

Se inició con el diseño de planos del sistema de abastecimiento mediante el programa CIVIL 3D en

el que por medio de las coordenadas obtenidas por la topografía se estableció la planimetría de la conducción que se usó como punto de partida para el inicio del estudio del proyecto.



Figura 15. Conducción Proyectada del Recinto El Tigre

Se logró generar la superficie, curvas de nivel y el diseño de los correspondientes alineamientos. Se realizaron 9 perfiles en los que se detallaron la trayectoria de la conducción y distribución del agua. Así también se obtuvo información de la ubicación de los diferentes componentes en el sistema como tanques, bomba, válvulas y demás

accesorios.

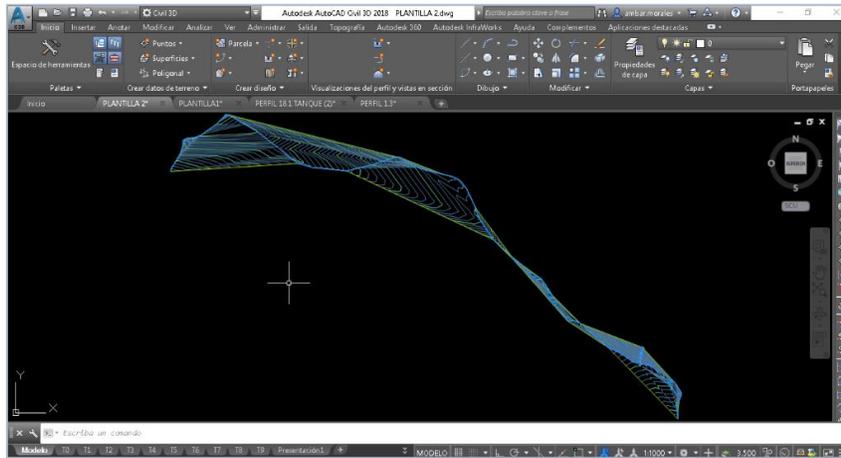


Figura 16. Curvas de nivel de la topografía sector el Tigre

La ubicación de las válvulas se determinaron basándose en el manual M51 de las normas AWWA (AWWA, 2016) en el que se detallan los diferentes puntos donde deberían colocarse estos accesorios, las válvulas de aire se colocaron en elevaciones donde se acumula el aire a manera que estas se encarguen de liberar presión en la conducción, también se incluyeron válvulas de desagüe que se colocaron en las zonas bajas de los tramos para facilitar acciones de mantenimiento y finalmente las válvulas de control para la regulación del flujo en la línea.

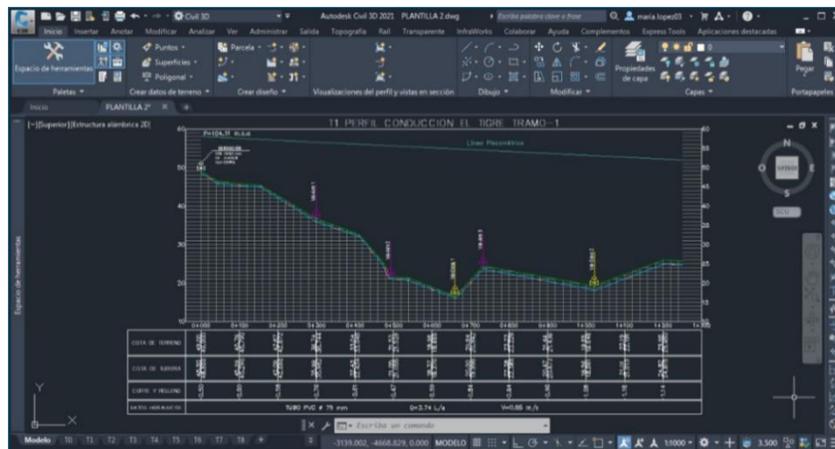


Figura 17. Perfil y ubicación de válvulas del tramo de derivación/captación

2.6.2 Periodo de diseño

Según las normas de diseño SSA (1997), para obras civiles y específicamente para redes

de agua potable o disposición de aguas negras, deben diseñarse en un periodo de 20 años como mínimo.

Las diferentes estructuras y mecanismos se diseñan para un periodo de validez detallado por los fabricantes, se sugieren los siguientes periodos de diseño para estos componentes del sistema (**ver tabla 14**) (Secretaría del Agua, 1997).

Tabla 14. Periodo de diseño de unidades de un sistema de agua

| COMPONENTES | VIDA ÚTIL |
|---------------------------------|------------------|
| Obras de derivación y captación | 25 - 50 años |
| Conducciones | 20 - 30 años |
| Plantas de almacenamiento | 20 - 30 años |
| Tanques y reservorios | 30 - 40 años |
| Tubería principal de la red | 20 - 25 años |
| Tubería secundaria de la red | 25 - 20 años |

(INEN, 1997)

A través de la línea base y los valores obtenidos por la encuesta realizada, las condiciones tanto económicas, demográficas y las normas de diseño SSA (Secretaría del Agua, 1997), se consideró que el proyecto de abastecimiento y distribución de agua potable del Recinto el Tigre sea para un periodo de 30 años. Donde se enlistan las siguientes características que influyeron en la elección del periodo de diseño (Reyes Reyes, 2019).

- ✓ Esperanza de vida de las estructuras y dispositivos valorando factores como la obsolescencia, averías y deterioros.
- ✓ Ampliaciones futuras y gestión de periodos de construcción del propósito
- ✓ Variaciones en el progreso económico y social del recinto.

2.6.3 Población de diseño

La población de diseño se determinó en base a la población existente, determinada por las respuestas obtenidas de las encuestas realizadas por las autoras de este proyecto. Para el estudio en el recinto El Tigre no se encontraron datos específicos, es por eso que se obtuvo información a través de la línea base (encuestas) de una población representativa del recinto, en la actualidad, el recinto cuenta con 150 viviendas habitables, las cuales se conforman de 3 a 5 miembros, según informó el presidente de la comunidad del Tigre el Sr. Elvis Bravo.

2.6.3.1 Población futura

Se realizaron proyecciones de crecimiento por medio de 3 métodos, con el fin

compararlos a través de sus resultados. Para escoger la población futura se consideraron varios aspectos como: sociales, económicos y geopolíticos que puedan causar cambios en movimientos demográficos (INEN, 1997).

2.6.3.2 Cálculo de la población futura

Contando con información de los censos efectuados por el INEC de los años 2000 y 2010; y el censo realizado por parte del GAD de la parroquia de Tachina en el año 2019 del recinto El Tigre, se efectuó una proyección de la comunidad para el año 2050, datos detallados en la **tabla 15**.

Tabla 15. Datos de Censos realizados

| AÑO | CENSO | ZONA |
|------|-------|----------|
| 2000 | 3119 | TACHINA |
| 2010 | 3983 | TACHINA |
| 2019 | 437 | EL TIGRE |

(GAD Parroquia Tachina, 2019)

Se tomaron los valores de la parroquia Tachina debido a que no existen censos poblacionales específicos del recinto, por falta de datos se consideró únicamente a la población rural de Tachina como índice de crecimiento poblacional para lograr una aproximación en el cálculo poblacional de la comunidad del Tigre.

Se utilizó el método lineal, geométrico y logarítmico de las cuales se consiguieron las proyecciones de la población (**ver tabla 27,28 y 29**).

2.6.4 Dotación de agua potable

2.6.4.1 Dotación bruta

El recinto El Tigre no tiene una red de suministro de agua potable, se abastece mediante tanqueros y principalmente del agua del estero Tachina, el cual no tiene una calidad idónea para el consumo. Usualmente, la dotación doméstica real se encuentra entre 45 a 200 (L/hab*día) (Reyes Reyes, 2019).

La producción de agua potable que pueda satisfacer las necesidades del recinto, se estableció a través de estudios de las circunstancias específicas de la población, tomando en cuenta:

- ✓ Escenarios climáticos del sitio.
- ✓ Dotación fijada varias áreas de la urbe, examinando los distintos requerimientos de cada servicio público.
- ✓ Volumen necesario para la asistencia contra incendios.
- ✓ Dotación para mantenimiento de lugares públicos.

Las dotaciones presentadas en la siguiente tabla se usaron para estudios de factibilidad:

Tabla 16: Dotaciones recomendadas

| POBLACIÓN (habitantes) | CLIMA | DOTACIÓN MEDIA FUTURA (L/hab/día) |
|-------------------------------|--------------|--|
| Hasta 5 000 | Frío | 120-150 |
| | Templado | 130-160 |
| | Cálido | 170-200 |
| 5 000 a 50 000 | Frío | 180-200 |
| | Templado | 190-220 |
| | Cálido | 200-230 |
| Más de 50 000 | Frío | >200 |
| | Templado | >220 |
| | Cálido | >230 |

(INEN, 1992)

Según la norma (INEN, 1992) para sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales con climas cálidos y el índice de servicio expresados en la **tabla 16**, se tomó una dotación preliminar de 185 (L/hab*día), resultado del promedio de los valores estimados en la tabla para climas cálidos.

2.6.4.2 DOTACION TOTAL

Mediante el valor obtenido por la tabla de dotaciones netas, en este caso para climas cálidos y tomando un porcentaje de pérdidas del 20%, dato referenciado del Libro Elementos de Diseño para Conductos y Alcantarillados (López, 2003).

Todos estos valores que se aplicaron en la fórmula para la obtención de la dotación total (**ver ecuación 7**) logrando establecer una dotación para los posteriores cálculos.

2.6.5 Determinación de caudales utilizando las fórmulas planteadas

Se establecieron valores como 1.3 para factor de mayoración k1 y 1.6 para factor de mayoración k2 (**ver tabla 17**) respectivamente y los coeficientes dados por el Libro de Elementos de Diseño para Conductos y Alcantarillados (López, 2003).

Tabla 17. Factores de mayoración k2 para redes menores

| Población | Red Menor |
|----------------------------|-----------|
| < 2 500 habitantes | 1.6 |
| 2 500 - 12 500 habitantes | 1.6 |
| 12 500 - 60 000 habitantes | 1.5 |
| > 60 000 habitantes | 1.5 |

(López, 2003)

Mediante el valor de pérdidas anteriormente mencionado se estimó las variaciones de consumo dando como resultado los valores para cada caudal (**ver tabla 31**).

2.6.6 Cálculo analítico de volúmenes en tanques

2.6.6.1 Cálculo de la capacidad del tanque de distribución

En base a la información recabada se registró el consumo horario por 24 horas colocando el consumo establecido por hora, para luego trazar la curva de distribución horaria y así evidenciar el comportamiento típico de consumo en el recinto El Tigre. En la **figura 18** los datos mencionados se muestran como picos en la mañana, medio día y en la noche coincidiendo con las horas de mayor demanda que son el resultado de las actividades generadas en poblaciones.

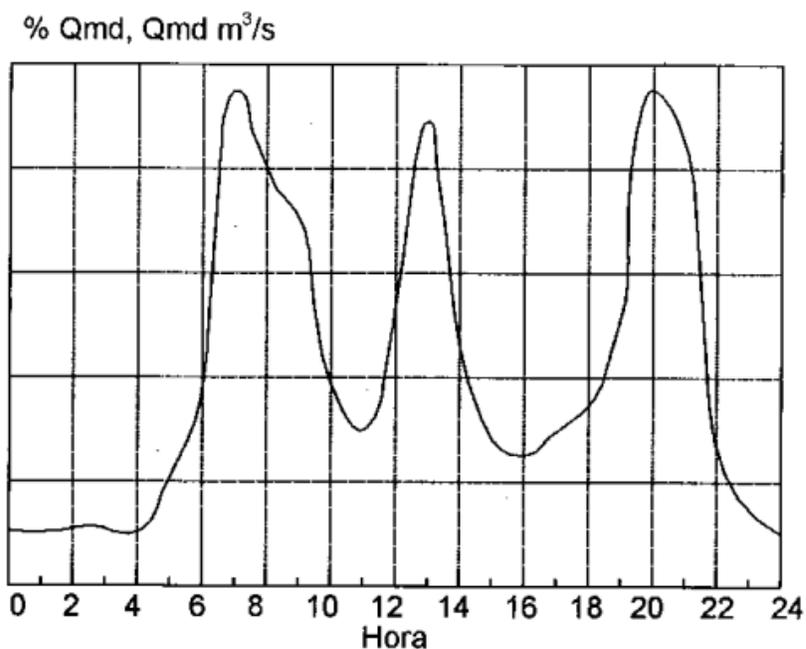


Figura 18. Representación de la curva de distribución horaria del consumo de la población (López, 2003)

2.6.6.2 Método de la curva integral

Partiendo de la curva de distribución realizada con la información del sector se procedió a definir la curva integral, tomando en cuenta los valores acumulados por día y las características de los tipos de tanques alimentados por gravedad y bombeo, donde se determinaron las curvas de suministro para cada uno.

Se realizó un cálculo analítico tanto para un tanque de succión como para un tanque de almacenamiento de los cuales se hallaron los valores de máximo excedente y máximo déficit, usados para determinar el volumen de los tanques (ver figura 19).

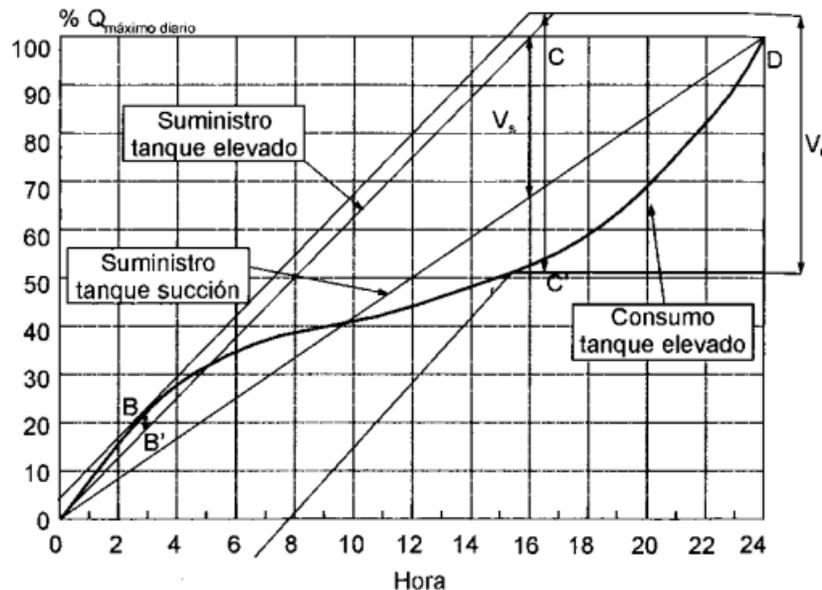


Figura 19. Curva integral del tanque elevado y del tanque de succión (López, 2003)

2.6.6.3 Cálculo del volumen de los tanques

Se estableció el volumen de los tanques mediante una sumatoria de las diferencias máximas que sobrepasaban o que no llegaban a cumplir con el suministro referente al consumo en otras palabras, el valor de máximo excedente y máximo déficit respectivamente.

El volumen total de los tanques de succión y almacenamiento calculados con el producto de las máximas diferencias, el caudal medio diario y un incremento del 20% al volumen obtenido.

2.6.7 Análisis de la ubicación de componentes en la línea de conducción

Se ejecutaron simulaciones hidráulicas con varios diámetros de tubería con la finalidad de comprobar si la energía disponible del sistema en el punto de captación era suficiente para que el agua se traslade a gravedad hacia el tanque de almacenamiento con una cota inicial de 189.21 (m) detallada en la topografía realizada del lugar.

Con la ayuda de una evaluación hidráulica a partir de los perfiles construidos de la conducción, se evidenció que no era posible que el flujo se conduzca completamente a gravedad de un sitio al otro, por lo que se procedió a encontrar una ubicación adecuada para colocar una estación de bombeo que aumente la energía del flujo y este pueda llegar hasta el tanque de almacenamiento (**ver figura 20**).

Se empleó un sistema de bombeo incluyendo un tanque de succión ubicado gracias al análisis realizado en el perfil de este tramo y posteriormente se renombró a la conducción por tramos para facilitar su identificación, nombrados de la siguiente manera:

- ✓ Tramo 1: derivación/captación a sistema de bombeo
- ✓ Tramo 2: línea de impulsión
- ✓ Tramo 3: línea de distribución

Al analizar cada tramo por separado, se determinaron los requerimientos de cada uno, tales como la necesidad de accesorios que ayuden a mantener a la tubería en un óptimo funcionamiento como se constituyen las válvulas de aire, purga y control, evaluar las pérdidas por fricción y localizadas, etc.

Después, se evaluó si la ubicación del tanque de almacenamiento otorgaba las presiones necesarias en un intervalo de 10 a 60 (m.c.a) según las normas ecuatorianas para comunidades rurales (INEN, 1997). Se cambió la cota de 189.21 (m) a una nueva cota, por medio de varias pruebas realizadas en simulaciones con el programa Epanet. Una vez evaluadas las condiciones mencionadas, se procedió a estimar una potencia necesaria de la bomba para que el agua logre fluir sin problemas a través de la conducción.

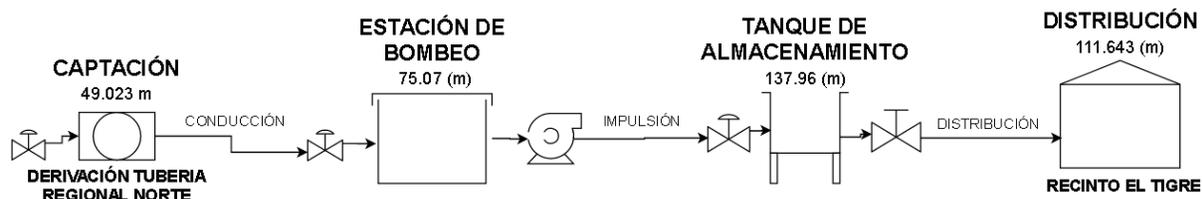


Figura 20. Diagrama de ubicación de componentes en la línea de conducción

2.6.8 Porcentaje de pérdidas en el sistema

Se consideró el coeficiente de rugosidad absoluta K_s dado para la fórmula de Darcy – Weisbach para conductos dependiendo del tipo de material, en este caso se seleccionó el coeficiente $K_s = 0.12$ (mm) correspondiente al material de PVC como se indica en la **tabla 18**, especificación que se encuentra dentro de las Normas de Diseño de Agua Potable de la EPMAPS-Quito (EPMAPS-Q, 2009).

Tabla 18. Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach

| Coeficiente de Rugosidad Darcy-Weisbach | |
|---|------------------------|
| Clase de tubería y revestimiento interno | Coeficiente K_s (mm) |
| PVC | 0.12 |
| Polietileno | 0.12 |
| GRP | 0.12 |
| Acero con revestimiento interno de coal-tarenamel o epoxi | 0.12 |
| CCP | 0.24 |
| Hierro dúctil y acero con revestimiento interno en mortero de cemento | 0.24 |

(Normas RAS, 2000)

2.6.9 Determinación de pérdidas de carga localizadas (menores)

Se contempló un porcentaje del 80% de la sumatoria total de las pérdidas localizadas, es decir, los coeficientes obtenidos por (CONAGUA, 2002) y (López, 2003), posteriormente este valor fue ubicado en el programa Epanet para cada tramo simulado tal como se describen en la **tabla 19**.

Tabla 19. Coeficientes de pérdida por accesorios

| Pieza, conexión o dispositivo | K_1 |
|-------------------------------|-------------|
| Rejilla de entrada | 0.80 |
| Entrada cuadrada | 0.5 |
| Ampliación gradual | 0.30 |
| Ampliación brusca | 0.20 |
| Reducción gradual | 0.25 |
| Reducción brusca | 0.35 |
| Codo 90° | 0.40 – 0.90 |
| Tee con flujo en línea Recta | 0.10 |
| Tee con flujo en ángulo | 1.50 |
| Tee con salida bilateral | 1.80 |
| Válvula de compuerta abierta | 5.00 |
| Válvula de retención | 2.50 |
| Bifurcación | 0.10 |
| Válvula de desagüe abierta | 0.24 |

(Sotelo, 1997)

2.6.10 Consideraciones para el diseño de la línea de conducción y distribución

Dentro del dimensionamiento de las tuberías en la línea de conducción se procuró que la velocidad generada en la simulación se ajuste con la establecida en la normativa de la EPMAPS de un límite mínimo de 0.6 (m/s) o máximo de 3.0 (m/s), y límites en la profundidad de las tuberías de 0.6 a 1.5 (m) hasta la superficie del terreno (INEN, 1997). Adicional, se colocaron válvulas de control, aire y desagüe cada 800 (m), también se ubicaron válvulas en los puntos altos (aire) y puntos bajos (desagüe) de la conducción.

2.6.11 Simulación hidráulica con programa Epanet

Se empleó el programa EpaCAD para la transformación de archivos dwf de Civil 3D, una vez extraídos los archivos en inp o en net, se exportaron en el programa Epanet 2.0 vE.

En la **figura 21** se indica el procedimiento de una de las simulaciones realizadas de la línea de conducción:

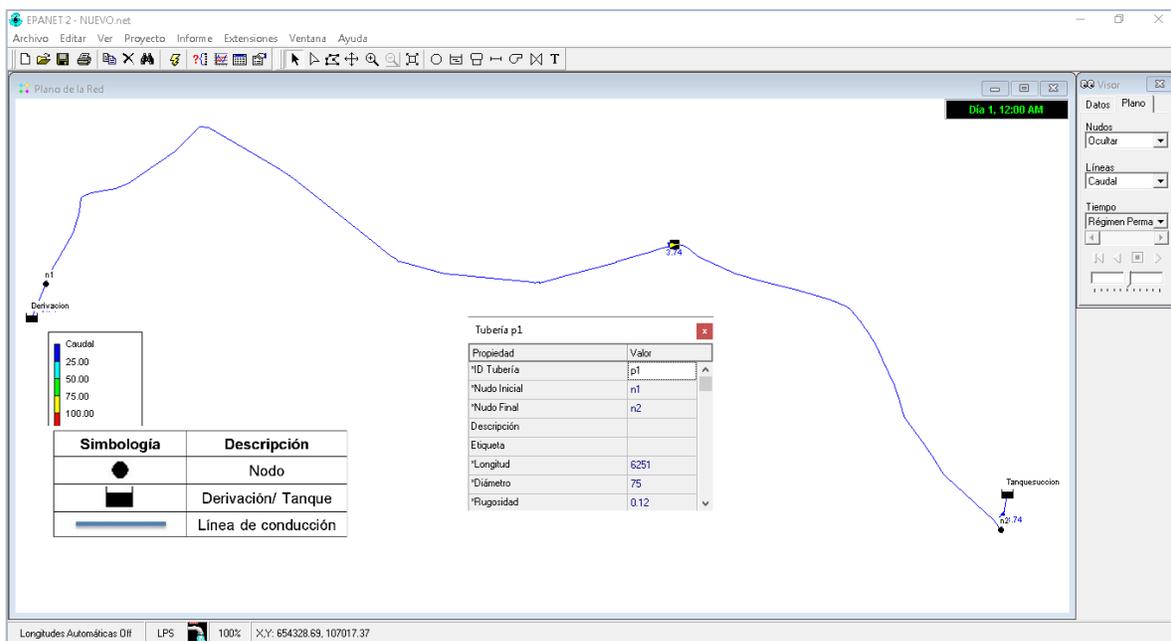


Figura 21. Exportación de datos a programa Epanet

Se ejecutaron varias simulaciones correspondientes a los tramos anteriormente mencionados en la conducción en los cuales se determinaron valores de diámetro de

tuberías, presiones, caudales y pérdidas para cada uno.

En el primer tramo se simuló desde la derivación de la tubería Regional Norte hasta la posible ubicación del tanque de succión (estación de bombeo), con una cota establecida del tanque en la altimetría dada por el dato de la carga de presión y por la línea piezométrica trazada en el perfil del programa Civil 3D, se efectuó la simulación verificando que el valor del caudal arrojado corresponda con el del caudal medio diario calculado.

La segunda simulación ejecutada fue desde el depósito y todo el tramo de distribución, por medio de una base de datos se calculó una demanda base para cada nodo aplicando el método de longitudes equivalentes.

Para emplear el método de longitudes equivalentes fue necesario realizar un conteo de las pérdidas domiciliarias externas (**ver tabla 20**), para el cálculo de la k de pérdidas de energía localizada por cada conexión domiciliaria.

Tabla 20. Perdidas en conexiones domiciliarias

| PÉRDIDAS EN CONEXIONES DOMICILIARIAS EXTERNAS | | |
|--|------------------------------|---------------|
| N° | ELEMENTO | COEF k |
| 1 | Toma de incorporación | 0.1 |
| 2 | Codo 45° | 0.4 |
| 3 | Codo 90° | 0.8 |
| 4 | Unión PVC | Despreciable |
| 5 | Válvula check | 0.5 |
| 6 | Codo 45° | 0.4 |
| 7 | Neplo | 0.1 |
| 8 | Válvula de bola | 0.9 |
| 9 | Unión PVC | 0.7 |
| 10 | Medidor | 2.5 |
| 11 | Unión PVC | Despreciable |
| 12 | Válvula check | 0.5 |
| | TOTAL X DOMICILIO | 6.9 |
| | TOTAL X 20 DOMICILIOS | 104 |

Una vez establecida la k por cada 20 domicilios que comprenden cada 100 (m²), se procedió con el cálculo de la demanda para cada nodo. Cada demanda obtenida por el cálculo mediante longitudes equivalentes fue registrada en la simulación en el programa

de computador Epanet, agregando especificaciones como cotas, diámetros, longitudes, etc.

Para la simulación estática de la distribución que sirvió para el reconocimiento de la clase de la tubería, se colocó la demanda de cada nodo en cero y se corrió el programa encontrando la presión estática que debe soportar la tubería.

2.6.12 Determinación de la potencia de la bomba

En vista de que el sistema de abastecimiento no contaba con la suficiente energía para que el fluido llegue hasta el tanque de almacenamiento, se procedió con el cálculo de un caudal de bombeo a partir de la fórmula del caudal de diseño del libro de Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado de (López, 2003) en el que se considera el producto del caudal máximo diario por la relación que existe entre las 24 horas del día sobre el número de horas de bombeo (8 h).

Se aplicó la fórmula para tuberías de impulsión del mismo libro (López, 2003), específicamente para instalaciones no operadas de manera continua. De tal manera, se obtuvo el diámetro interno de la tubería con una fórmula establecida por el fabricante referencial seleccionado y verificando la presión soportada por la tubería que provee el mismo.

Tabla 21. Selección de tubería de impulsión

| Selección de tubería comercial PVC 3' | | |
|--|----------------|-------------------------|
| MPa | Espesor | Diámetro interno |
| 0.63 | 1.8 | 86.4 |

Por otro lado, con la fórmula del caudal se obtuvo la velocidad para un posterior cálculo del número de Reynolds que fueron necesarios para los siguientes datos presentados en el cálculo de la potencia del bombeo.

Tabla 22. Especificaciones para determinación de número de Reynolds

| | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| Viscosidad cinemática del agua | 0.000001007 | (m ² /s) |
| Temperatura del fluido (H2O) | 20 | (°C) |
| Rugosidad absoluta | 0.0015 | (mm) |

2.6.12.1 Cálculo del factor de fricción

Se realizaron varios análisis con distintas ecuaciones para establecer una mayor confiabilidad de los resultados y comprobar el factor de fricción resultante dados por ecuaciones y por el método de Moody.

2.6.12.2 Cálculo de pérdidas lineales – Ecuación Darcy Weisbach

Mediante la ecuación de Darcy Weisbach que relaciona el factor de fricción con la longitud, velocidad, diámetro y gravedad, se obtuvo el valor de las pérdidas lineales en la conducción.

2.6.12.3 Potencia de la bomba

Se realizó una sumatoria de pérdidas por fricción y locales con el fin de obtener la altura total de la bomba **hb**. Finalmente, para alcanzar el valor de la potencia de la bomba se aplicó (**ver ecuación 16**) (INEN, 1997). Se necesitaron de datos hidráulicos fundamentales en la aplicación de las ecuaciones establecidas en el cálculo (**ver tabla 23**).

Tabla 23. Datos hidráulicos para la potencia de la bomba

| | | |
|----------------------------|------|------------------------|
| Eficiencia del dispositivo | 85% | |
| Gravedad | 9.81 | (m/s ²) |
| Densidad H2O | 998 | (kg / m ³) |

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Encuesta

Para la evaluación del tamaño de la muestra se usó el dato de la población total actual del recinto, con una confiabilidad del 95% y un margen de error del 9% que se encuentra en el intervalo aceptable para el cálculo. El resultado obtenido fue que se requerían 94 encuestas a los pobladores del recinto para que la muestra sea representativa.

Tabla 24. Resultados del cálculo del tamaño de muestra poblacional

| RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA POBLACIONAL | | |
|--|----------|-------|
| VARIABLE OBTENIDA | SÍMBOLO | VALOR |
| Cantidad de desviaciones | Z | 1.96 |
| Tamaño de la población | N | 437 |
| Margen de error | e^2 | 9% |
| Desviación estándar | σ | 0.45 |
| Variabilidad Máxima | P | 0.5 |
| Tamaño de la muestra | n | 94 |

La encuesta se realizó en el formato de opción múltiple para facilitar la comprensión de las preguntas y facilitar el levantamiento de datos sobre las actividades económicas y principalmente de su situación actual en cuanto al acceso al agua para consumo (**ver anexo 1 y 2**).

A continuación, se detalla un resumen de los resultados relevantes para el proyecto obtenidos de la encuesta demostrando las preguntas realizadas, la frecuencia seleccionada por la comunidad del recinto y el mayor porcentaje elegido (**ver tabla 25 y 26**).

Tabla 25. Generalidades de la Población encuestada en el Recinto El Tigre

| 1.- ¿Cuántas personas viven en su hogar? | |
|--|---------|
| Población total | 437 hab |
| Población encuestada | 94 hab |
| % margen de error | 9% |
| Total de viviendas | 150 |
| Habitantes por vivienda | 3-5 hab |

Tabla 26. Resumen de la encuesta realizada al recinto El Tigre

| PREGUNTA | FRECUENCIA | % |
|--|-----------------------------------|------|
| 2.-Principales actividades económicas | Agricultura | 27% |
| 3.- ¿Cuenta con sistema de abastecimiento de agua potable? | No | 100% |
| 4.- ¿Cuál es la principal fuente de agua para consumo para los miembros de domicilio? | Agua de superficie (río, estero) | 53% |
| 5.- ¿Se encuentra satisfecho con la cantidad de agua que consume? | No | 86% |
| 6.- ¿Cuál es la principal fuente de agua que emplean los miembros de su hogar para otros fines, como riego, ganadería e higiene? | Agua de superficie (río, estero) | 77% |
| 7.- ¿Hay suficiente agua en las fuentes durante el periodo de? | Invierno | 90% |
| 8.- ¿Con qué frecuencia se abastece de agua? | Todos los días x5v | 87% |
| 9.- ¿Cuánto tarda en llegar, recoger el agua y regresar? | 2 min | 34% |
| 10.- ¿Es normalmente aceptable el agua procedente de su principal fuente? | No, es inaceptable por su color | 43% |
| 11.- ¿Almacena agua en casa? | Si | 87% |
| 12.- ¿En qué tipo de depósito almacena del agua? | Bidones | 50% |
| 13.- ¿Con qué tipo de agua prepara sus alimentos? | Estero | 87% |
| 14.- ¿Cómo realiza usted la descarga de agua servida? | Letrina de fosa | 100% |

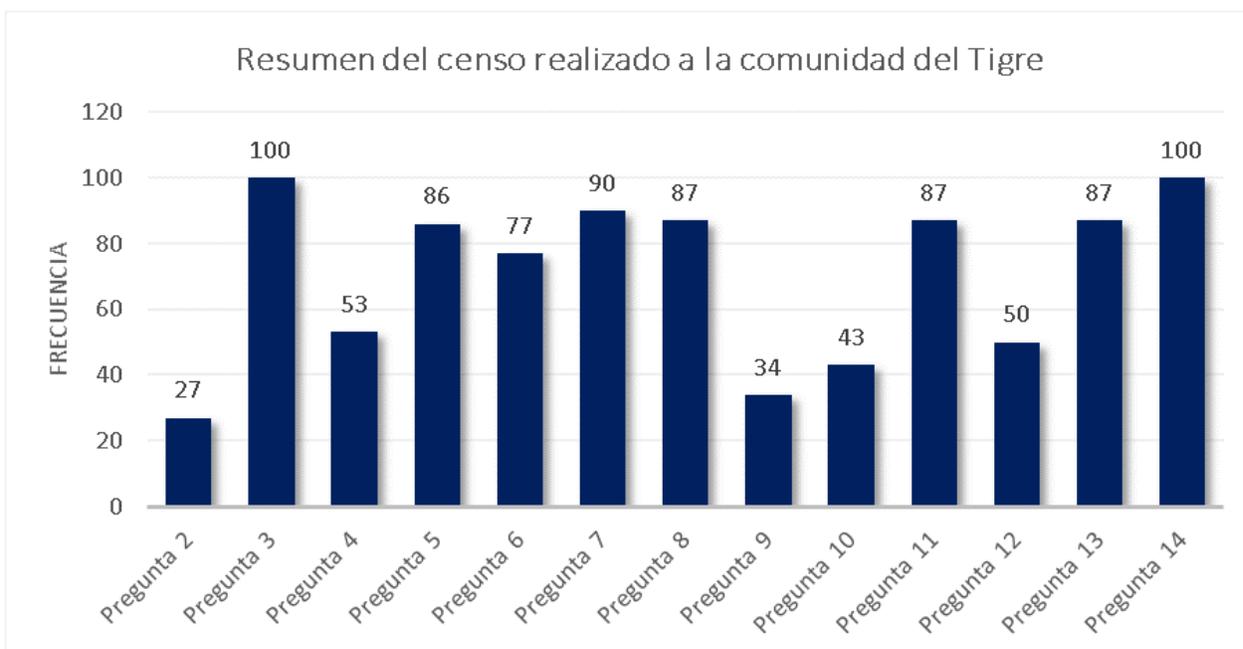


Figura 22. Gráfico estadístico con las respuestas más representativas obtenidas por los habitantes

Se observa en la **tabla 26** el resumen de la encuesta que la principal actividad económica del recinto es la agricultura, el sector no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua, la comunidad tiene dificultades al acceso de este recurso y su fuente de abastecimiento es el estero Tachina que pasa por un lado del sector. Según la opinión de la población la calidad de agua de este no es aceptable por lo que genera inconformidad, el tiempo que tarda una persona en ir a recolectar agua es poco, pero este proceso debe realizar por más de 5 veces al día de modo este recurso suele almacenarse para posteriores días dependiendo de la estación climática en la que se encuentren la cual suele afectar la cantidad de agua en el estero.

3.2 Población y Caudales

3.2.1 Resultados de métodos para la estimación de la población

Se presentan los tres métodos calculados lineal, geométrico y logarítmico donde se indica el crecimiento poblacional durante 30 años concerniente al periodo de diseño del proyecto. Se evidencia que el método lineal no puede ser utilizado debido a que su crecimiento es continuo y no proyecta un incremento poblacional acorde a los otros dos métodos, por lo que fue descartado dentro del estudio y posterior evaluación.

3.2.1.1 Método lineal

Tabla 27. Resultados del cálculo de población por método lineal

| Año censo | PCI | K | 2020 | 2030 | 2050 |
|-----------------------|-------|----|------|-------|--------------|
| 2000 | 3 119 | 86 | 523 | 2 387 | 3115 |
| 2010 | 3 983 | | | | |
| 2019 | 437 | | | | |
| Promedio total | | | 523 | 2 387 | 3 115 |

3.2.1.2 Método geométrico

Tabla 28. Resultados del cálculo de población por método geométrico

| AÑO | PCI | R | 2020 | 2025 | 2050 |
|------|-------|-----------------|------|------|------------|
| 2000 | 3 119 | 0.025 | 448 | 506 | 933 |
| 2010 | 3 983 | | | | |
| 2019 | 437 | | | | |
| | | PROMEDIO | 448 | 506 | 933 |

3.2.1.3 Método logarítmico

Tabla 29. Resultados del cálculo de población por método logarítmico

| AÑO | PCI | KG | 2020 | 2025 | 2050 |
|------|----------|-------|------|------|------|
| 2000 | 3 119 | 0.024 | 448 | 506 | 933 |
| 2010 | 3 983 | | | | |
| 2019 | 437 | | | | |
| | Promedio | 0.024 | | | |

Se utilizó el dato de la población actual en el Recinto El Tigre con 437 habitantes, con lo cual se efectuó una proyección del incremento de los habitantes a lo largo de los años de acuerdo con el periodo de diseño planteado. La población alcanzada por los métodos geométrico y logarítmico arrojó un resultado de 933 habitantes hasta el año 2050 demostrando un crecimiento proporcional y coherente respecto a la proyección de cada método.

3.2.2 Dotación

En la siguiente tabla se muestran los valores conseguidos por el cálculo de la dotación, donde se seleccionó el valor de dotación neta de 185 (L/Hab*día) correspondiente a las características climáticas del sector y posteriormente se obtuvo el valor de la dotación total de 231.25 (L/Hab*día) siendo el valor de la cantidad necesaria de agua para cubrir con las necesidades de la población.

Tabla 30. Resultados del cálculo de dotación total

| | |
|-------------------------|--------------------|
| Dotación neta obtenido | 185 (L/Hab*día) |
| Dotación total obtenido | 231.25 (L/Hab*día) |

3.2.3 Caudal medio diario, máximo horario y máximo diario

Por medio de los resultados de los métodos geométrico y logarítmico se obtuvo el caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario, necesarios para realizar los cálculos del diseño de las estructuras del sistema de abastecimiento como son: conducción, tanque de succión y almacenamiento, línea de impulsión y red de distribución.

Los resultados alcanzados para cada caudal fueron estimados hasta el año 2050, para una población futura de 933 habitantes adicionándose un 10% de incremento anual por habitante y considerando un k de mayoración k1 de 1.3 y un k2 de 1.6, dando como resultado 2.7 (L/s) de caudal medio QM, 3.6 (L/s) de caudal máximo diario QMD y 5.7 (L/s) de caudal máximo horario QMH.

Tabla 31. Resultados del cálculo del consumo y caudales con datos obtenidos en método geométrico

| AÑO | HABITANTES | INCREMENTO 10% | CONSUMO NETO | PÉRDIDAS % | CONSUMO | | | | | |
|------|------------|-------------------|-----------------|------------|---------|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|--------------------------------------|
| | | | | | TOTAL | CAUDAL MEDIO DIARIO (QM) | K1 | CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD) | K2 | CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH) |
| 2019 | 437 | | 185 | 20% | 231.3 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 2.4 |
| 2020 | 448 | 0.25 | 185.47 | 20% | 231.8 | 1.2 | 1.3 | 1.6 | 1.6 | 2.5 |
| 2025 | 506 | 1.29 | 187.87 | 20% | 234.8 | 1.4 | 1.3 | 1.8 | 1.6 | 2.9 |
| 2030 | 933 | 8.44 | 203.72 | 20% | 254.7 | 2.7 | 1.3 | 3.6 | 1.6 | 5.7 |

3.3 Trazado de redes

El trazado de la red es de tipo abierta y está conformado por tres etapas, la primera inicia desde la derivación hasta el tanque de succión, la segunda desde el tanque de succión hasta el tanque de almacenamiento y la tercera desde el tanque de almacenamiento y toda la distribución hacia el sector del Tigre.

En la **figura 23** se muestra el trazado final de la conducción que se dirige hacia el recinto El Tigre, el cual tiene una longitud total de 1482.39 (m). Se colocaron válvulas cada 800 (m) según (AWWA, 2016) y dependiendo de la geografía de la línea de conducción.

Posteriormente, se incluyeron obras hidráulicas con el fin de asegurar presiones necesarias de acuerdo a la normativa y que puedan conducir el caudal hacia todos los nodos de la red de distribución.

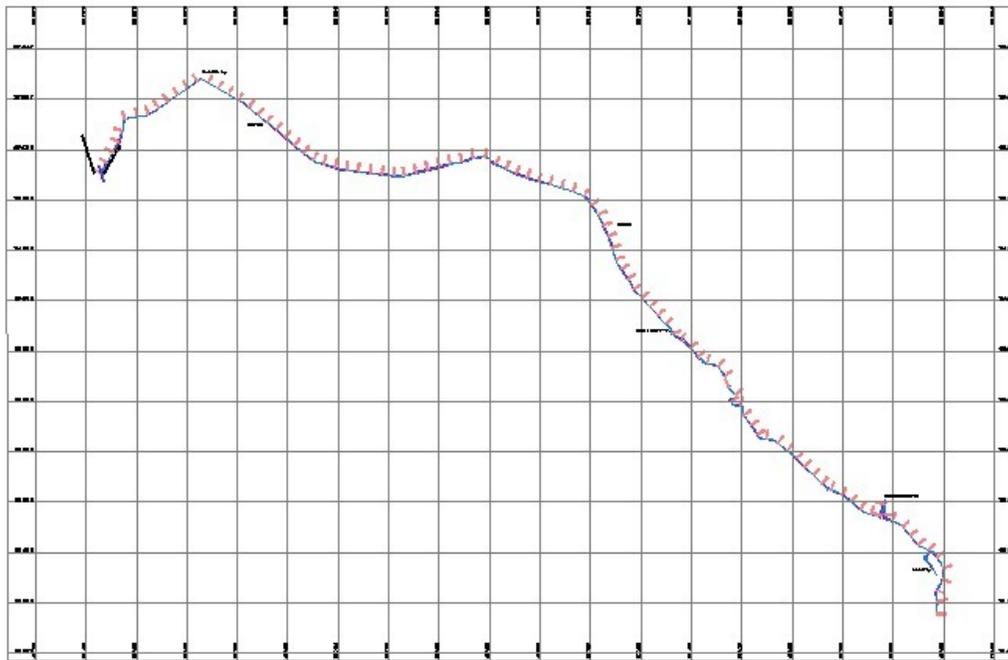


Figura 23. Trazado de la Red de Conducción hacia el recinto El Tigre

A continuación, se indican los diferentes tipos de válvulas que se ubicaron en toda la línea de conducción conforme a los tres tramos analizados, colocando válvulas con características específicas que permitan el libre y óptimo funcionamiento de la red, ubicando válvulas de aire para la expulsión de aire en la red, válvulas de desagüe para el mantenimiento y válvulas de control que se consideraron para el manejo del flujo.

Tabla 32. Número de válvulas ubicadas por cada tramo de la conducción

| Válvulas de la línea de conducción de agua potable hacia el recinto el tigre | |
|---|-----------------|
| Tramo derivación / captación a sistema de bombeo | |
| Válvula | Cantidad |
| Aire | 10 |
| Desagüe | 3 |
| control | 1 |
| Tramo de impulsión | |
| Válvula | Cantidad |
| Aire | 3 |
| Desagüe | 1 |
| control | 2 |
| Tramo de distribución | |
| Válvula | Cantidad |
| Aire | 3 |
| Desagüe | 4 |
| control | 1 |

3.4 Esquema del sistema de abastecimiento

Se presentan los diferentes procesos y componentes que se colocaron a lo largo de toda la línea de conducción, establecidos en 3 tramos anteriormente explicados donde se aprecian en resumen detallado de las especificaciones dadas por las simulaciones y cálculos ya analizados.

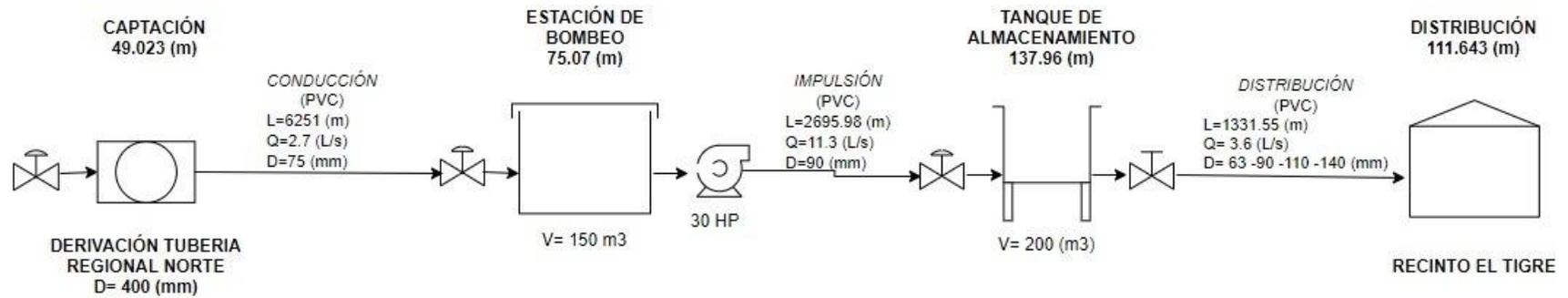


Figura 24. Datos hidráulicos en Esquema de la conducción hacia el recinto El Tigre

La infraestructura hidráulica analizada para la conducción que va hacia el Recinto El Tigre consta de un tanque de succión con un volumen de 150 (m³), un tanque de almacenamiento de 200 (m³) y principalmente una bomba de 30 (HP) que proporciona la energía necesaria al sistema para elevar el caudal hacia la cota más elevada de 137.96 (m) donde se encuentra el tanque de almacenamiento.

Este sistema se analizó con varios diámetros de tubería de material de PVC, los cuales van a depender del tramo en el que se encuentren y de la presión que se requiera para que el caudal puede llegar hasta el siguiente punto. Se manejarán diámetros de 63, 75, 90, 110 y 140 (mm) a lo largo de toda la conducción, en el tramo en el que más se tendrá variación de diámetros es en la distribución ya que se cuenta con dos ramales que en conjunto suman 1331.55 (m) de longitud y conducen un caudal de 3.6 (L/s). La distribución se realizará a gravedad debido a que se colocó al tanque de almacenamiento la zona más alta de la conducción, se analizaron las presiones con las que descendía el caudal hacia los distintos nodos del sistema de distribución, manteniendo una presión en el intervalo de 10 a 60 (m.c.a) a lo largo de los dos ramales.

3.5 Resultados del diseño de la línea de conducción

Cada tramo fue analizado conforme a los componentes que se localizaban a lo largo de la conducción, las necesidades hidráulicas que la línea demandaba como accesorios y equipos que posteriormente serán presentados a detalle en este apartado.

3.5.1 Captación

3.5.1.1 Simulación desde la derivación hasta el tanque de succión

La conducción hacia el Recinto El Tigre inicia en la coordenada 17N 652248 105380 donde se localiza el tanque que abastece a Tachina, a partir de esa ubicación continua hacia el puente 24 de Mayo que constaba como la primera opción para realizar la derivación de la tubería hacia el recinto, sin embargo, fue descartado por razones propias de la EMAPSE. Continuando por la Vía El Tigre, la conducción de 6 251 (m) llega hasta el tanque de succión, necesario para la impulsión del caudal medio diario hasta el depósito.

Tabla 33. Tabla de Red Líneas tramo captación

| Tabla de Red - Líneas | | | | | | |
|-----------------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|--------------------|
| | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Factor de Fricción |
| ID Línea | (m) | (mm) | (mm) | (LPS) | (m/s) | |
| Tubería 3 | 6251 | 75 | 0.12 | 3.74 | 0.85 | 0.02 |
| Tubería 1 | 1 | 75 | 0.12 | 3.74 | 0.85 | 2.27 |
| Tubería 2 | 1 | 75 | 0.12 | 3.74 | 0.85 | 2.27 |

Tabla 34. Red de nudos tramo captación

| Tabla de Red - Nudos | | | | |
|------------------------|--------|---------|--------|---------|
| | Cota | Demanda | Altura | Presión |
| ID Nudo | (m) | (LPS) | (m) | (m) |
| Conexión n1 | 49.02 | 0 | 152.22 | 103.2 |
| Conexión n2 | 75.06 | 0 | 74.18 | -0.89 |
| Embalse Derivación | 153.33 | -3.74 | 153.33 | 0 |
| Embalse Tanque succión | 73.06 | 3.74 | 73.07 | 0 |

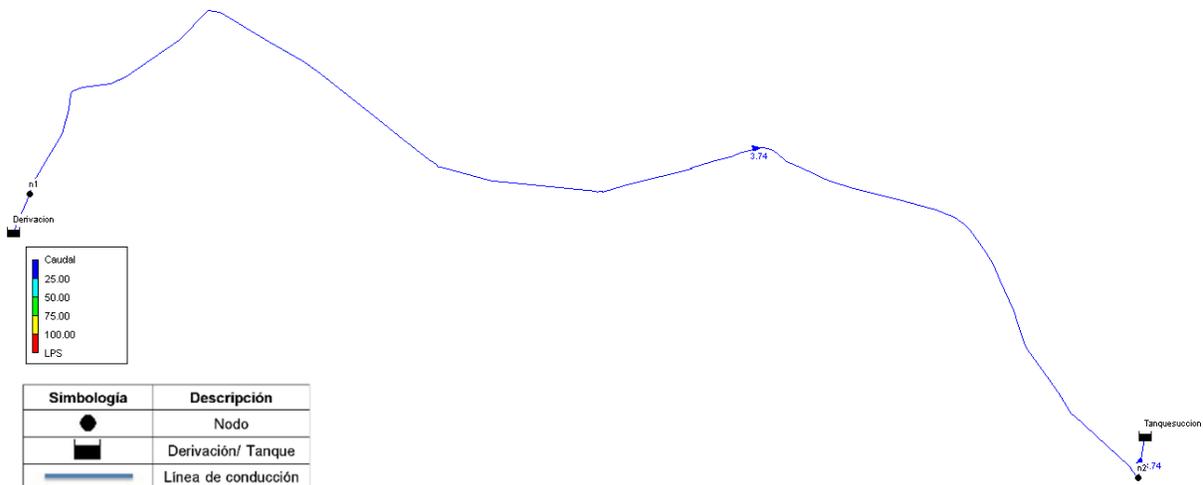


Figura 25. Simulación en Epanet TRAMO 1

Con la simulación se obtuvo como resultado un valor aproximado del caudal medio diario calculado, de acuerdo a características como la longitud de este tramo y el diámetro seleccionado para comprobar en la simulación de 75 (mm), dando como resultado 3.74 (L/s) aproximado al valor de Qmd.

3.5.1.2 Determinación del volumen del tanque de succión

La determinación del volumen del tanque de succión está representada por la curva integral del consumo versus el suministro, debido a que el bombeo no es constante, por ende, se ha seleccionado para una operación por bombeo de 8 horas, garantizando el abastecimiento de agua a la bomba.

Tabla 35. Cálculo volumen de tanque de succión

| HORA | CONSUMO | Σ CONSUMO | S (%) | Σ S | Δ (S-C) | Σ Δ (S-C) | V (%) |
|------|---------|-----------|-------|-------|---------|-----------|-------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 4.17 | 4.17 | 4.17 | 20.83 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 8.33 | 4.17 | 8.33 | 25.00 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 12.50 | 4.17 | 12.50 | 29.17 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 16.67 | 4.17 | 16.67 | 33.33 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 20.83 | 4.17 | 20.83 | 37.50 |
| 6 | 0.00 | 0.00 | 4.17 | 25.00 | 4.17 | 25.00 | 41.67 |
| 7 | 12.50 | 12.50 | 4.17 | 29.17 | -8.33 | 16.67 | 33.33 |
| 8 | 12.50 | 25.00 | 4.17 | 33.33 | -8.33 | 8.33 | 25.00 |
| 9 | 12.50 | 37.50 | 4.17 | 37.50 | -8.33 | 0.00 | 16.67 |
| 10 | 12.50 | 50.00 | 4.17 | 41.67 | -8.33 | -8.33 | 8.33 |
| 11 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 45.83 | 4.17 | -4.17 | 12.50 |
| 12 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 50.00 | 4.17 | 0.00 | 16.67 |
| 13 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 54.17 | 4.17 | 4.17 | 20.83 |
| 14 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 58.33 | 4.17 | 8.33 | 25.00 |
| 15 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 62.50 | 4.17 | 12.50 | 29.17 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------|--------|------|--------|-------|---------------|----------|
| 16 | 0.00 | 50.00 | 4.17 | 66.67 | 4.17 | 16.67 | 33.33 |
| 17 | 12.50 | 62.50 | 4.17 | 70.83 | -8.33 | 8.33 | 25.00 |
| 18 | 12.50 | 75.00 | 4.17 | 75.00 | -8.33 | 0.00 | 16.67 |
| 19 | 12.50 | 87.50 | 4.17 | 79.17 | -8.33 | -8.33 | 8.33 |
| 20 | 12.50 | 100.00 | 4.17 | 83.33 | -8.33 | -16.67 | 0 |
| 21 | 0.00 | 100.00 | 4.17 | 87.50 | 4.17 | -12.50 | -4.17 |
| 22 | 0.00 | 100.00 | 4.17 | 91.67 | 4.17 | -8.33 | -8.33 |
| 23 | 0.00 | 100.00 | 4.17 | 95.83 | 4.17 | -4.17 | -12.50 |
| 24 | 0.00 | 100.00 | 4.17 | 100.00 | 4.17 | 0.00 | -16.67 |
| TOTAL | 100 | | | | | | |

Donde,

C = Consumo por bombeo (100 / No. Horas de bombeo)

Σ CONSUMO = Curva integral del consumo (Sumatoria de C)

S (%) = Suministro horario continuo por derivación Caza Lagarto (100 / 24)

Σ S = Curva integral del suministro (Sumatoria de S)

Δ (S-C) = Déficit horario (S - C)

$\Sigma \Delta$ (S-C) = Déficit acumulado, donde se puede observar los puntos de máximo déficit y máximo sobrante. El volumen del tanque es la suma de estos dos valores.

V (%) = Volumen horario del agua en el tanque de succión (López, 2003).

3.5.1.3 Representación de la curva integral del tanque de succión

La **figura 26** muestra el máximo sobrante en el periodo de tiempo de (5-6 horas) en un porcentaje del 25%, y el máximo déficit esta dado en las horas de (19-20 horas) con un porcentaje del 16.67% demostrando que el volumen del tanque en ese tiempo es cero. Con el volumen horario obtenido por la gráfica, resultó un volumen de 97.98 (m³) adicionalmente, se colocó un 20% de volumen de seguridad del tanque que ayudará al mantenimiento y evitará pérdidas cuando se desborde el agua del depósito, obteniendo 117.57 (m³) (**ver tabla 35**).

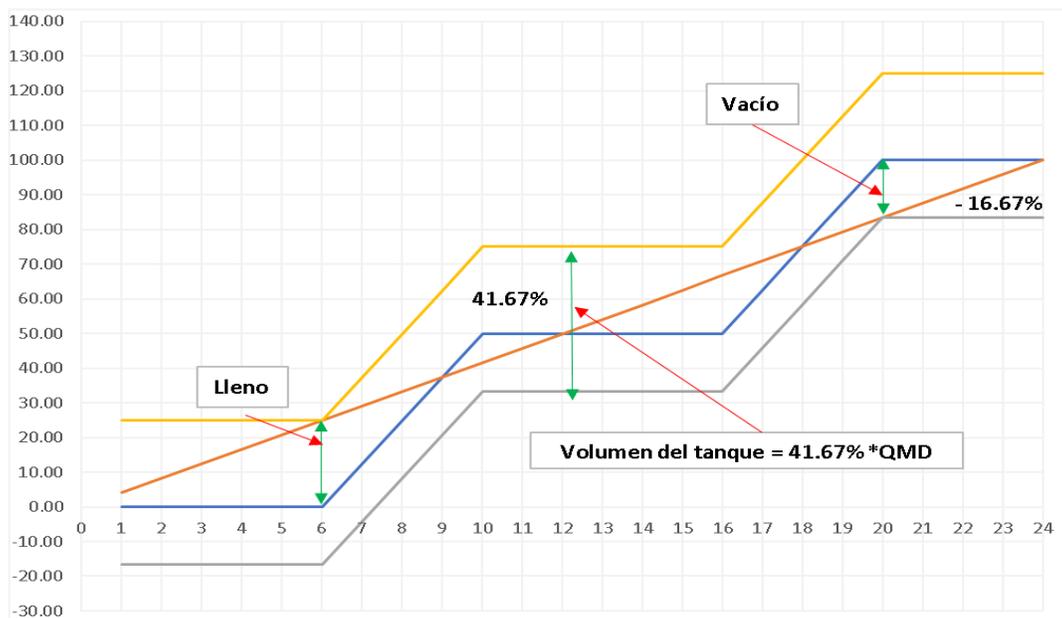


Figura 26. Representación de la curva integral del tanque de succión

Tabla 36. Resultados del cálculo del volumen del tanque de succión

| Cálculo del volumen del tanque de succión | | |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Caudal medio diario | 2.7 (L/s) | 233.28 (m ³ /d) |
| Volumen horario (%) | 41.64% | 42% |
| Volumen de succión | 97.98 (m ³) | |
| Volumen de succión (20%) | 117.57 (m ³) | 150 (m ³) |

3.5.1.4 Capacidad del tanque regulador

El volumen de tanque se estimó mediante valores de datos de consumo y distribución horaria conocidos de otras poblaciones, debido a que no se contaron con datos específicos del Recinto El Tigre. La distribución horaria del consumo de la población va a depender de las costumbres de los pobladores por lo que las horas con máxima demanda coinciden con las horas donde la población genera sus actividades diarias, como se presenta en este caso que los picos más altos de la gráfica se encuentran a las 7 (h) de la mañana, 13 (h) de la tarde y 20 (h) de la noche. Durante las horas restantes se aprecia una considerable disminución del consumo (8-11 h y 14-16 h) ya que los pobladores del Recinto El Tigre salen de sus hogares a realizar sus actividades económicas.

Tabla 37. Capacidad de Tanque

| HORA | CONSUMO (%QMH) |
|--------------|----------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |
| 5 | 2 |
| 6 | 4 |
| 7 | 9 |
| 8 | 8 |
| 9 | 7 |
| 10 | 4 |
| 11 | 3 |
| 12 | 6 |
| 13 | 9 |
| 14 | 7 |
| 15 | 3 |
| 16 | 2 |
| 17 | 3 |
| 18 | 3 |
| 19 | 5 |
| 20 | 9 |
| 21 | 8 |
| 22 | 2 |
| 23 | 1 |
| 24 | 1 |
| TOTAL | 100 |

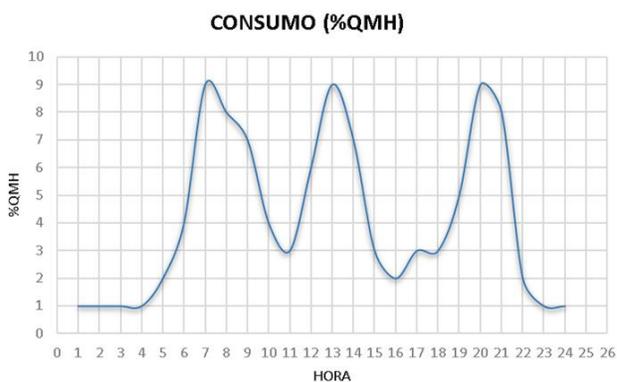


Figura 27. Curva de consumo establecida en relación a la población del sector El Tigre

3.5.1.5 Cálculo del volumen de tanque de regulación con suministro por bombeo.

En la presente tabla de demuestran las horas de consumo establecidas para un tanque de regulación, tomando en cuenta el suministro por bombeo, es decir las 8 horas de bombeo que fueron analizadas en este caso, dando como resultado el valor de máximo déficit y máximo sobrante.

Tabla 38. Resultados del cálculo del volumen de tanque de regulación con suministro por bombeo

| HORA | CONSUMO | Σ CONSUMO | S (%) | Σ S | Δ (S-C) | $\Sigma\Delta$ (S-C) | V (%) | Valores ABS | |
|------|---------|------------------|-------|------------|----------------|----------------------|--------------|-------------|--------|
| 1 | 1 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | -1.00 | -1.00 | 17.00 | 18.00 | -12.00 |
| 2 | 1 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | -1.00 | -2.00 | 16.00 | 18.00 | -12.00 |
| 3 | 1 | 3.00 | 0.00 | 0.00 | -1.00 | -3.00 | 15.00 | 18.00 | -12.00 |
| 4 | 1 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | -1.00 | -4.00 | 14.00 | 18.00 | -12.00 |
| 5 | 2 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | -2.00 | -6.00 | 12.00 | 18.00 | -12.00 |
| 6 | 4 | 10.00 | 0.00 | 0.00 | -4.00 | -10.00 | 8.00 | 18.00 | -12.00 |
| 7 | 9 | 19.00 | 12.50 | 12.50 | 3.50 | -6.50 | 11.50 | 30.50 | 0.50 |
| 8 | 8 | 27.00 | 12.50 | 25.00 | 4.50 | -2.00 | 16.00 | 43.00 | 13.00 |
| 9 | 7 | 34.00 | 12.50 | 37.50 | 5.50 | 3.50 | 21.50 | 55.50 | 25.50 |
| 10 | 4 | 38.00 | 12.50 | 50.00 | 8.50 | 12.00 | 30.00 | 68.00 | 38.00 |
| 11 | 3 | 41.00 | 0.00 | 50.00 | -3.00 | 9.00 | 27.00 | 68.00 | 38.00 |
| 12 | 6 | 47.00 | 0.00 | 50.00 | -6.00 | 3.00 | 21.00 | 68.00 | 38.00 |
| 13 | 9 | 56.00 | 0.00 | 50.00 | -9.00 | -6.00 | 12.00 | 68.00 | 38.00 |
| 14 | 7 | 63.00 | 0.00 | 50.00 | -7.00 | -13.00 | 5.00 | 68.00 | 38.00 |
| 15 | 3 | 66.00 | 0.00 | 50.00 | -3.00 | -16.00 | 2.00 | 68.00 | 38.00 |
| 16 | 2 | 68.00 | 0.00 | 50.00 | -2.00 | -18.00 | 0.00 | 68.00 | 38.00 |
| 17 | 3 | 71.00 | 12.50 | 62.50 | 9.50 | -8.50 | -9.50 | 80.50 | 50.50 |
| 18 | 3 | 74.00 | 12.50 | 75.00 | 9.50 | 1.00 | -19.00 | 93.00 | 63.00 |
| 19 | 5 | 79.00 | 12.50 | 87.50 | 7.50 | 8.50 | -26.50 | 105.50 | 75.50 |
| 20 | 9 | 88.00 | 12.50 | 100.00 | 3.50 | 12.00 | -30.00 | 118.00 | 88.00 |
| 21 | 8 | 96.00 | 0.00 | 100.00 | -8.00 | 4.00 | -22.00 | 118.00 | 88.00 |
| 22 | 2 | 98.00 | 0.00 | 100.00 | -2.00 | 2.00 | -20.00 | 118.00 | 88.00 |
| 23 | 1 | 99.00 | 0.00 | 100.00 | -1.00 | 1.00 | -19.00 | 118.00 | 88.00 |
| 24 | 1 | 100.00 | 0.00 | 100.00 | -1.00 | 0.00 | -18.00 | 118.00 | 88.00 |

Donde,

C = Consumo horario

Σ CONSUMO = Curva integral del consumo (Sumatoria de C)

S (%) = Suministro horario por bombeo (100 / 8)

Σ S = Curva integral del suministro (Sumatoria de S)

Δ (S-C) = Déficit horario (S – C)

$\Sigma \Delta$ (S-C) = Déficit acumulado, donde se puede observar los puntos de máximo déficit y máximo sobrante. El volumen del tanque es la suma de estos dos valores.

V (%) = Volumen horario del agua en el tanque de regulación (López, 2003).

3.5.1.6 Representación de la curva integral del tanque de succión

La **figura 28** indica el máximo sobrante en el periodo de tiempo de (10-11 horas) en un porcentaje del 18%, y el máximo déficit esta dado en las horas de (19-20 horas) con un porcentaje del 12% demostrando que el volumen del tanque en ese tiempo es cero.

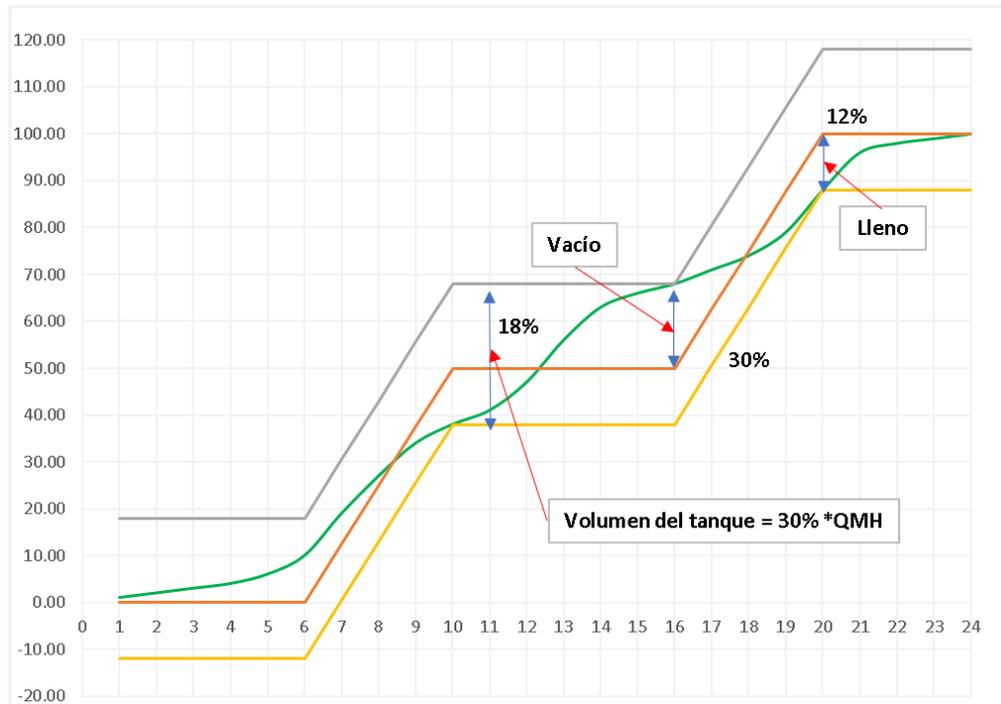


Figura 28. Representación de la curva integral del tanque de regulación

Una vez considerados los porcentajes de los máximos déficit y sobrante en relación del tiempo, se denotó un volumen del tanque de almacenamiento de 147.74 (m³) adicionando el volumen de seguridad del depósito del 20%, se contó con un volumen total de 177.29 (m³), tal como se indica en la **tabla 39**.

Tabla 39: Resultados del cálculo del volumen del tanque de regulación

| Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento | | |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Caudal máximo horario | 5.7 (L/s) | 492.48 (m ³ /d) |
| Volumen horario (%) | 30 % | 30 % |
| Volumen de almacenamiento | 147.74 (m ³) | |
| Volumen de succión (20%) | 177.29 (m ³) | |

3.5.1.7 Resumen del análisis Tramo captación

En la **figura 29** se encuentran en detalle todas las características fundamentales de este tramo, contando con la ubicación, sus coordenadas, el tipo de sistema en el que trabajará la línea de conducción, la longitud total y la longitud del tramo, el caudal establecido, la presión del punto de corte y los diferentes accesorios con sus respectivos diámetros.

También se encuentra un gráfico de la ubicación del tramo y un catastro elaborado en civil 3D de los puntos principales de esta etapa.

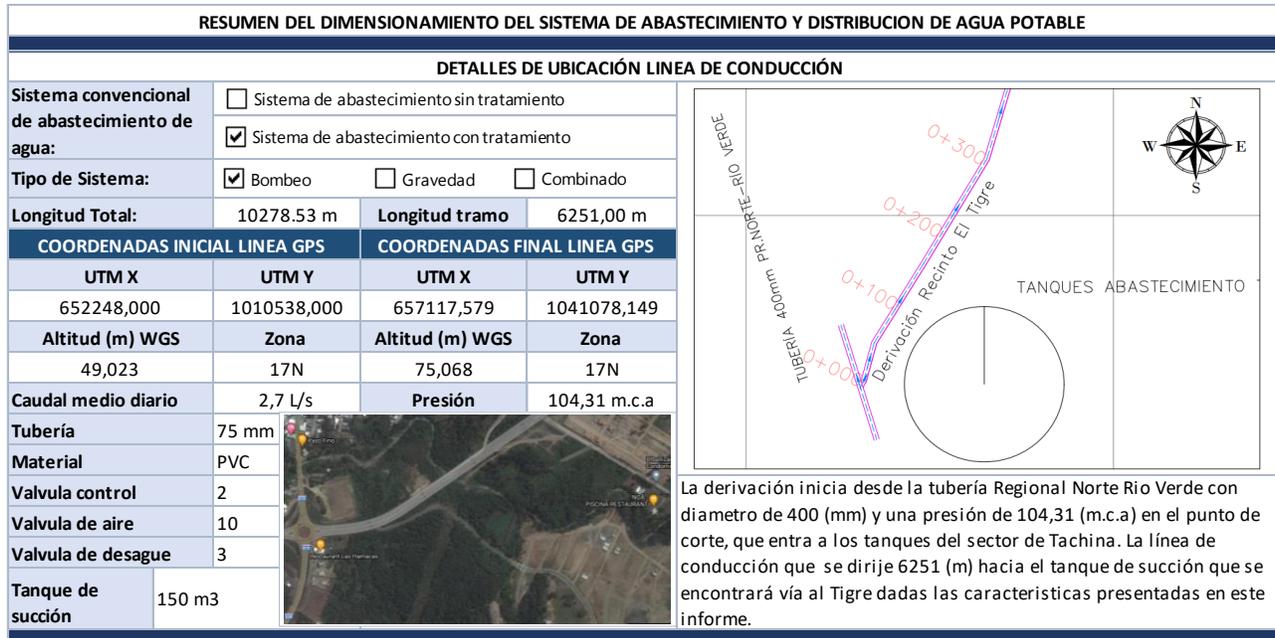


Figura 29. Resumen Tramo Captación



Figura 30. Georreferenciación en QGIS Tramo Captación

3.5.2 Impulsión

El segundo tramo de la línea de impulsión inicia desde el tanque de succión ubicado en la cota de terreno 75.07 (m) hasta el tanque de almacenamiento con cota de terreno 137.96 (m). En dicho tramo se encuentra la tubería de impulsión soportando una presión de 0.63 Mega pascales (MPa) equivalentes a 64.24 metros de columna de agua (m.c.a).

Según las simulaciones realizadas en el programa EPANET, se requiere una bomba de 30 (HP) que logre generar una carga piezométrica para elevar al flujo de una elevación menor a una mayor.

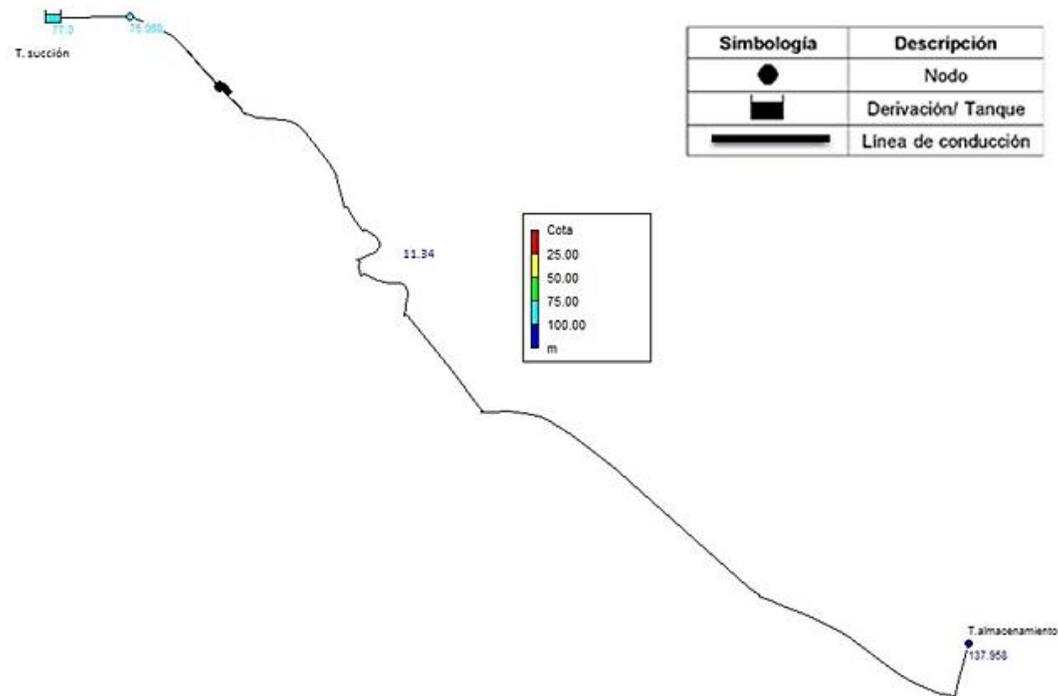


Figura 31. Interpretación línea de succión y estación de bombeo (Tramo Impulsión)

3.5.2.1 Resultados del cálculo de conducción forzada por bombeo

Existió la necesidad de usar un sistema de bombeo que permitiera elevar la energía en la conducción para transportar el caudal desde un nivel inferior del terreno hacia uno de mayor elevación. La bomba con cierta potencia, se ubicará en el tramo de impulsión, comprendido entre el tanque de succión y el tanque de almacenamiento, impulsando un caudal de bombeo de 11.34 (L/s).

De acuerdo a los cálculos relacionados con el volumen de succión y condiciones establecidas ya mencionadas, el bombeo funcionará durante 8 (h/día), las cuales se

relacionan con el llenado y vaciado del tanque de almacenamiento que es el encargado de controlar el consumo de la población, y el horario de trabajo del operario de la estación.

Tabla 40. Resultados del caudal de diseño

| | |
|------------------------------------|--------------------|
| Caudal máximo diario | 3.6 (L/s) |
| N° de horas por bombeo | 8 h |
| Caudal de diseño por bombeo | 11.34 (L/s) |

3.5.2.2 Resultados del cálculo de potencia de la bomba

El resultado arrojado de 11.34 (L/s) como caudal de bombeo será necesario para mantener estable la línea de impulsión, conforme a las especificaciones del tramo y número de horas de bombeo que tendrá que trabajar la estación, por ende, este valor está valorado en base al caudal máximo diario y el periodo establecido por día.

$$Q_b = 1.05 (3.6 \text{ (L/s)}) \frac{24 \text{ h}}{8 \text{ h}} = 11.34 \text{ (L/s)} \gg 0.01134 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Ecuación 16. Fórmula del cálculo de la potencia de la bomba
(López, 2003)

Se aplicó la ecuación del diámetro de acuerdo a instalaciones no operadas de manera continua en este caso para un periodo de bombeo de 8 (h), se obtuvo un diámetro de 1005 (mm), adquiriendo un diámetro comercial de 90 (mm) de material de PVC.

$$D(m) = 1.3 x^{\frac{1}{4}} \sqrt{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}$$

Ecuación 17. Fórmula para el cálculo de diámetro

(López, 2003)

$$X = \frac{\text{No. horas de bombeo por día}}{24}$$

Ecuación 18. Variable para determinación de diámetro

(López, 2003)

$$D(m) = 1.3 \left(\frac{8}{24}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{11.3 \text{ L/s}}{1000}} = 0.105 \text{ (m)} \rightarrow 105 \text{ (mm); PVC 90 (mm)}$$

Mediante la ecuación del caudal se determinó la velocidad con un valor de 1.93 (m/s) donde, se percibe que dicho valor se encuentra dentro del rango de velocidades de 0.25 (m/s) a 3 (m/s) garantizando un flujo estable que evite sobre presiones por golpes de

ariete.

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = A (m^2) \times V \left(\frac{m}{s} \right) \rightarrow V(m/s) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)}$$

Ecuación 19. Determinación de la velocidad

(López, 2003)

$$V \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{0.01134 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{\pi \frac{0.086^2}{4} (m^2)} = 1.93 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Establecidas las características del fluido como la densidad, viscosidad, temperatura y especificaciones de la rugosidad de la tubería de acuerdo al material de PVC se empleó la **ecuación 20**, para la determinación del régimen del fluido en la tubería, obteniendo un valor de Reynolds de 165951.03, encontrándose un fluido en régimen turbulento tal como se demuestra en el cálculo empleado.

Tabla 41. Especificaciones para determinación de número de Reynolds

| | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| Viscosidad cinemática del agua | 0.000001007 | (m ² /s) |
| Temperatura del fluido (H2O) | 20 | (°C) |
| Rugosidad absoluta | 0.0015 | (mm) |

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Ecuación 20. Número de Reynolds

(López, 2003)

$$Re = \frac{1.934 \left(\frac{m}{s} \right) 0.086 m}{1.011 * 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s} \right)} = 165951.03 \sim \text{Regimen turbulento}$$

3.5.2.3 Cálculo del factor de fricción

Se realizó una comparación bajo los resultados generados mediante el análisis con varios autores, donde se apreció una aproximación entre valores obteniendo un valor de 0.016 como factor de fricción

- **Diagrama de Moody**

Mediante la gráfica el valor de la rugosidad relativa resultante para este caso es de

0.00017, realizando la relación con el valor de Reynolds calculado se tiene un valor aproximado de 0.015

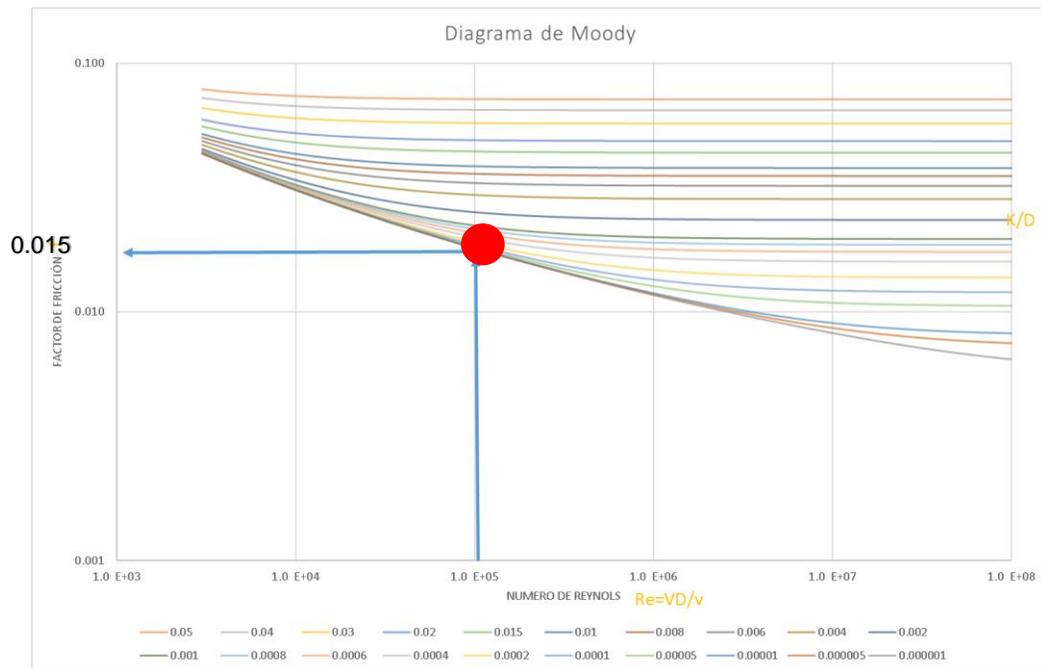


Figura 32. Diagrama de Moody

A continuación, se indican los valores arrojados por varias ecuaciones para el cálculo del factor de fricción, donde se realizó una comparación entre los resultados y se evidenció que todos son semejantes e indican un margen de error poco significativo para la selección de cualquiera de los resultados conseguidos (**ver tabla 42**).

Tabla 42. Resultados del factor de fricción con varias ecuaciones

| | Factor fricción f |
|-------------------|--------------------------|
| Ec. Moody | 0.015 |
| Ec. Colebrook | 0.017 |
| Ec. Prandtl y van | 0.015 |
| Ec. Swamee Jain | 0.016 |
| Ec. Blasius | 0.016 |

3.5.2.4 Pérdidas lineales

A través de la ecuación de Darcy Weisbach para pérdidas lineales y con los valores obtenidos del factor de fricción por varios autores seleccionando $f = 0.016$ se adquirió el siguiente valor:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Ecuación 21. Darcy Weisbach para pérdidas lineales

(López, 2003)

$$h_f = 0.016 \frac{2695.98 (m)}{0.086 (m)} \times \frac{1.934^2 (\frac{m}{s})}{2(9.81)} = 95.62 (m)$$

Se consideró el 10% de pérdidas locales para el cálculo de las pérdidas de carga totales obteniendo 164.79 (m)

Tabla 43. Obtención de altura de Bomba

| | | |
|--------------------|---------------|-----|
| hf | 95.62 | (m) |
| % Pérdidas Locales | 10% | |
| h | 62.89 | (m) |
| hL | 6.28 | (m) |
| HT | 164.79 | (m) |

3.5.2.5 Potencia de la bomba

El valor de la potencia de la bomba sugerida es de 30 (HP), considerando una eficiencia de la bomba del 85% para impedir daños por golpe de ariete futuros y satisfaciendo con la cantidad de caudal por día que la línea de impulsión transportará, sé aplico la **ecuación 22** para la determinación, utilizando las características del fluido tal como se indica en la **tabla 45**.

Tabla 44. Datos hidráulicos para determinación de la Potencia

| | | |
|------------------------|------|------------------------|
| Eficiencia de la Bomba | 85% | |
| Gravedad | 9.81 | (m/s ²) |
| Densidad H2O | 998 | (kg / m ³) |

$$P_B (hp) = \frac{Qpgh_B}{746 e}$$

Ecuación 22. Potencia de la Bomba

(López, 2003)

Donde,

PB = potencia de la bomba (hp)

P = densidad del agua (kg/m²)

g = gravedad (9.8 m/s²)

hB= Cabeza neta de la bomba

e = eficiencia de la bomba

746w = 1 HP (López, 2003)

$$P_B(\text{hp}) = \frac{0.01134 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) 998 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) 9.81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 164.79 (\text{m})}{746 \times 0.85} = 28.85 (\text{HP}) \rightarrow 30 (\text{HP})$$

3.5.2.6 Resumen del análisis Tramo Impulsión

A continuación presenta el resumen del análisis realizado para este tramo, así como el detalle del bombeo y la cantidad de accesorios con sus respectivos diámetros y la georreferenciación de las ubicaciones de los componentes hidráulicos (ver figura 33).

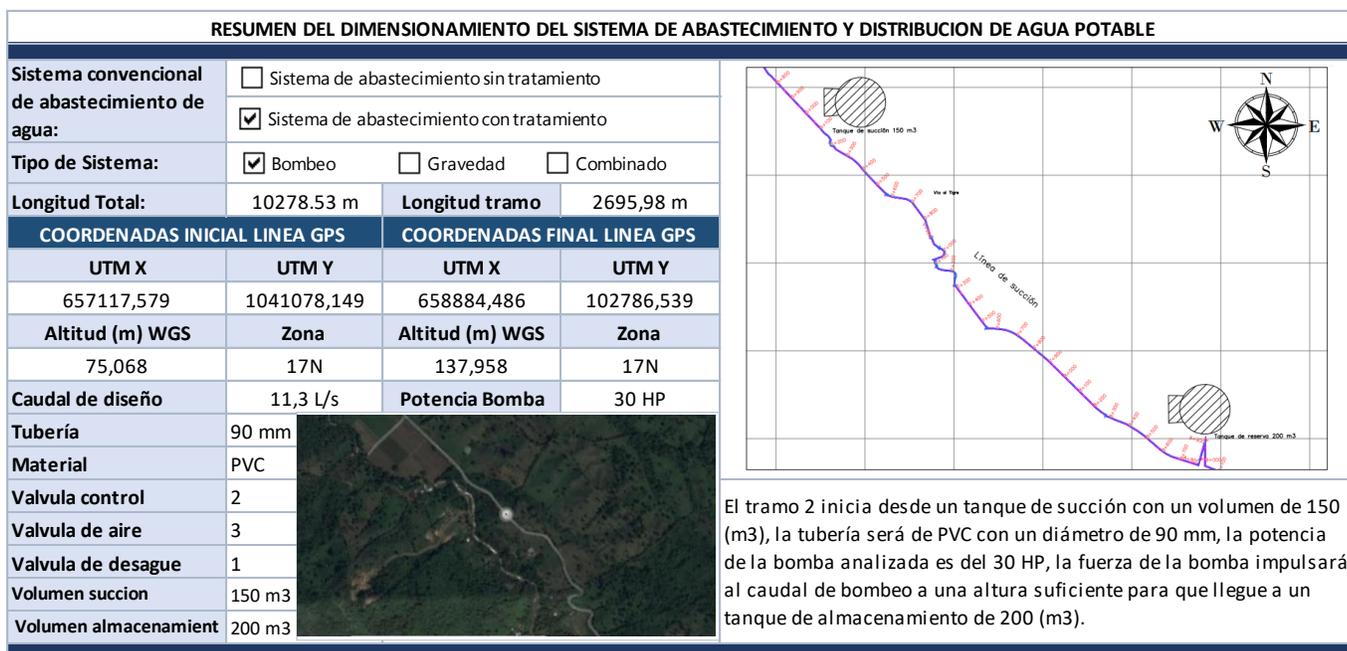


Figura 33. Resumen del Tramo Impulsión



Figura 34. Georreferenciación en QGIS (Tramo Impulsión)

3.6 Distribución

3.6.1 Simulación Dinámica desde Tanque de almacenamiento hasta distribución (Fin de la conducción)

En el escenario dinámico de la distribución o tramo de distribución de la conducción se muestran las condiciones en las que trabaja la tubería con un valor de demanda base calculada por el método de longitudes equivalentes y presenta circulación de flujo. Se evidenció que en cada uno de los nodos se cumple con los intervalos establecidos de presión mínima de 10 (m.c.a) y máxima de 60 (m.c.a) según la norma de la EPMAPS.

Tabla 45. Red de Líneas (Tramo 3, escenario dinámico)

| Tabla de Red - Líneas | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| ID Línea | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Rugosidad (mm) | Caudal (LPS) | Velocidad (m/s) | Pérd. Unit. (m/km) | Factor de Fricción |
| Tubería 16 | 62.12 | 63 | 0.12 | 0.24 | 0.08 | 0.23 | 0.048 |
| Tubería 2 | 100 | 140 | 0.12 | 5.05 | 0.33 | 1.33 | 0.034 |
| Tubería 3 | 100 | 140 | 0.12 | 4.67 | 0.30 | 1.15 | 0.034 |
| Tubería 8 | 100 | 110 | 0.12 | 1.78 | 0.19 | 0.58 | 0.036 |
| Tubería 9 | 100 | 90 | 0.12 | 1.40 | 0.22 | 0.97 | 0.035 |
| Tubería 10 | 100 | 90 | 0.12 | 1.02 | 0.16 | 0.54 | 0.037 |
| Tubería 11 | 100 | 90 | 0.12 | 0.64 | 0.10 | 0.23 | 0.040 |
| Tubería 12 | 68.6 | 90 | 0.12 | 0.26 | 0.04 | 0.05 | 0.050 |
| Tubería 1 | 122.33 | 140 | 0.12 | 5.43 | 0.35 | 1.20 | 0.027 |
| Tubería 5 | 100 | 140 | 0.12 | 3.91 | 0.25 | 0.82 | 0.035 |
| Tubería 4 | 100 | 140 | 0.12 | 4.29 | 0.28 | 0.98 | 0.035 |
| Tubería 6 | 100 | 140 | 0.12 | 3.53 | 0.23 | 0.68 | 0.035 |
| Tubería 7 | 100 | 110 | 0.12 | 2.16 | 0.23 | 0.84 | 0.035 |
| Tubería 13 | 78.5 | 63 | 0.12 | 0.99 | 0.32 | 2.91 | 0.036 |

Este escenario demuestra que la totalidad de sus nodos se encuentran con presiones estables y dentro del intervalo normado de 10 a 60 (m.c.a). Lo cual garantiza el libre transporte de AAPP dentro de la línea de distribución; así también las velocidades establecidas para el manejo y conducción de agua tratada.

Tabla 46. Red de Nudos (Tramo 3, escenario dinámico)

| Tabla de Red – Nudos (Escenario Dinámico) | | | | | | | |
|---|------|--------------|---------|--------|---------|---------------------|--------------------------------|
| | Cota | Demanda Base | Demanda | Altura | Presión | Presión Norma (mca) | Presión soportada por tuberías |
| | | | | | | | |

| ID Nudo | (m) | (LPS) | (LPS) | (m) | (mca) | Min 10 | Max 60 | comerciales min (0.63 Mpa) |
|------------------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------------------------------|
| Conexión N6 | 112.953 | 0.38 | 0.38 | 137.32 | 24.36 | | | ✓ |
| Conexión N13 | 115.09 | 0.30 | 0.30 | 137.09 | 22.00 | | | ✓ |
| Conexión N14 | 112.534 | 0.08 | 0.08 | 137.05 | 24.51 | | | ✓ |
| Conexión N15 | 110.127 | 0.37 | 0.37 | 136.93 | 26.81 | | | ✓ |
| Conexión N16 | 111.28 | 0.24 | 0.24 | 136.92 | 25.64 | | | ✓ |
| Conexión N1 | 104.786 | 0.38 | 0.38 | 137.81 | 33.03 | | | ✓ |
| Conexión N2 | 106.751 | 0.38 | 0.38 | 137.68 | 30.93 | | | ✓ |
| Conexión N3 | 107.804 | 0.38 | 0.38 | 137.56 | 29.76 | | | ✓ |
| Conexión N4 | 108.502 | 0.38 | 0.38 | 137.47 | 28.96 | | | ✓ |
| Conexión N5 | 110.38 | 0.38 | 0.38 | 137.38 | 27.00 | | | ✓ |
| Conexión N7 | 116.357 | 0.38 | 0.38 | 137.23 | 20.88 | | | ✓ |
| Conexión N8 | 119.544 | 0.38 | 0.38 | 137.17 | 17.63 | | | ✓ |
| Conexión N9 | 118.345 | 0.38 | 0.38 | 137.08 | 18.73 | | | ✓ |
| Conexión N10 | 115.36 | 0.38 | 0.38 | 137.02 | 21.66 | | | ✓ |
| Conexión N11 | 110.77 | 0.38 | 0.38 | 137.00 | 26.23 | | | ✓ |
| Conexión N12 | 117.06 | 0.26 | 0.26 | 137.00 | 19.94 | | | ✓ |
| T.Almacenamiento | 137.958 | | | 137.96 | 0.00 | | | ✓ |

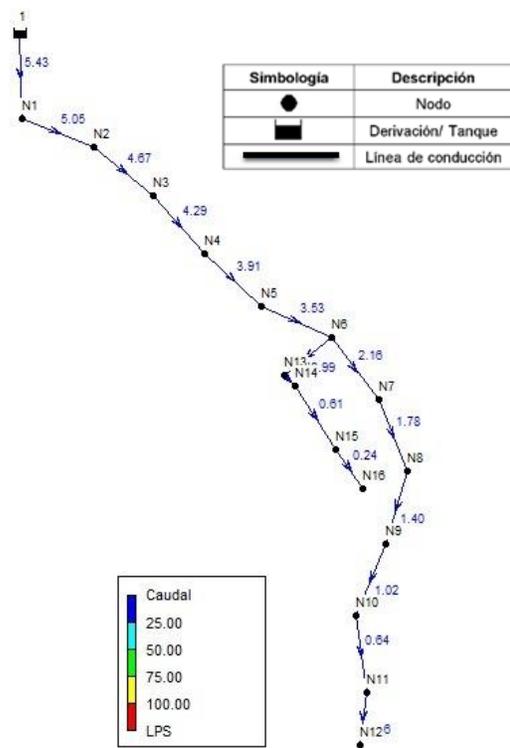


Figura 35. Simulación Dinámica en Epanet de Presión (Tramo Distribución)

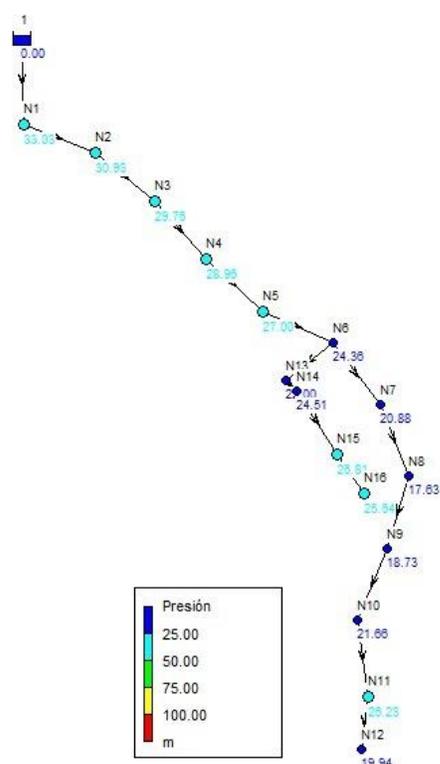


Figura 36. Simulación Dinámica en Epanet de caudal (Tramo Distribución)

3.6.2 Simulación Estática desde Tanque de almacenamiento hasta tramo distribución (Recinto El Tigre).

A diferencia del escenario dinámico, en el escenario estático se aprecia las condiciones de una red sin la circulación de flujo y con demanda cero en todos los nodos. Se emplea este escenario para identificar la presión máxima de trabajo necesaria en la tubería y seleccionar la clase de tubería de acuerdo con la presión con la que el sistema puede soportar. En zonas rurales las presiones mínimas son 10 (m.c.a) y máximas de 60 (m.c.a), por lo que se aprecia que en todos los puntos de la distribución las presiones se mantienen en un intervalo aceptable de 10 a 60 (m.c.a).

Tabla 47. Red de Líneas (Tramo 3, escenario estático)

| Tabla de Red - Líneas | | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|-------------|--------------------|
| | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérd. Unit. | Factor de Fricción |
| ID Línea | (m) | (mm) | (mm) | (LPS) | (m/s) | (m/km) | |
| Tubería 14 | 19.79 | 63 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 15 | 97.11 | 63 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 16 | 62.12 | 63 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 2 | 100 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 3 | 100 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 8 | 100 | 110 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 9 | 100 | 90 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 10 | 100 | 90 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 11 | 100 | 90 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 12 | 68.66 | 90 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 1 | 122.33 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 5 | 100 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 4 | 100 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 6 | 100 | 140 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 7 | 100 | 110 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Tubería 13 | 78.5 | 63 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |

Tabla 48. Red de nudos (Tramo 3, escenario estático)

| | Cota | Altura | Presión | Máx. Presión estática | Presión Norma (mca) | Presión soportada por tuberías |
|--|------|--------|---------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|
|--|------|--------|---------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|

| ID Nudo | (m) | (msnm) | (mca) | (mca) | Mín 10 | Máx 60 | comerciales min 0.63 (Mpa) |
|------------------|---------|---------|-------|--------|--------|--------|----------------------------|
| Conexión N6 | 112.953 | 137.953 | 25 | 32.5 | | | ✓ |
| Conexión N13 | 115.09 | 137.96 | 22.87 | 29.731 | | | ✓ |
| Conexión N14 | 112.534 | 137.954 | 25.42 | 33.046 | | | ✓ |
| Conexión N15 | 110.127 | 137.957 | 27.83 | 36.179 | | | ✓ |
| Conexión N16 | 111.28 | 137.96 | 26.68 | 34.684 | | | ✓ |
| Conexión N1 | 104.786 | 137.956 | 33.17 | 43.121 | | | ✓ |
| Conexión N2 | 106.751 | 137.961 | 31.21 | 40.573 | | | ✓ |
| Conexión N3 | 107.804 | 137.954 | 30.15 | 39.195 | | | ✓ |
| Conexión N4 | 108.502 | 137.962 | 29.46 | 38.298 | | | ✓ |
| Conexión N5 | 110.38 | 137.96 | 27.58 | 35.854 | | | ✓ |
| Conexión N7 | 116.357 | 137.957 | 21.6 | 28.08 | | | ✓ |
| Conexión N8 | 119.544 | 137.954 | 18.41 | 23.933 | | | ✓ |
| Conexión N9 | 118.345 | 137.955 | 19.61 | 25.493 | | | ✓ |
| Conexión N10 | 115.36 | 137.96 | 22.6 | 29.38 | | | ✓ |
| Conexión N11 | 110.77 | 137.96 | 27.19 | 35.347 | | | ✓ |
| Conexión N12 | 117.06 | 137.96 | 20.9 | 27.17 | | | ✓ |
| T.Almacenamiento | 137.958 | 137.96 | | | | | |

***Todas las conexiones cumplen con las presiones nominales de trabajo mínimas y máximas**

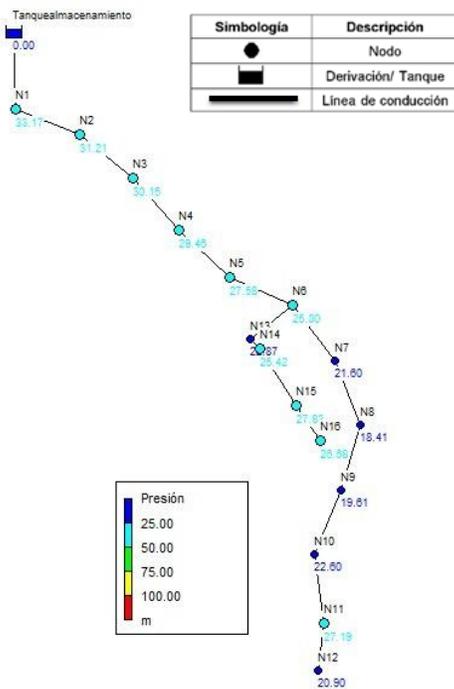


Figura 38. Simulación estática Presión (Tramo Distribución)

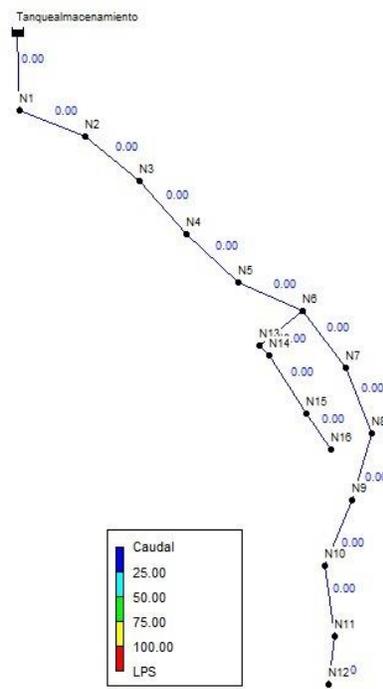


Figura 37. Simulación estática de caudal (Tramo Distribución)

3.6.2.1 Resumen del análisis tramo distribución

En la siguiente tabla se indican los valores del sistema analizado en este tramo, los accesorios y diámetros que se ajusten a la red de suministro desde el tanque de almacenamiento de 200 (m³), hasta la última conexión domiciliaria.

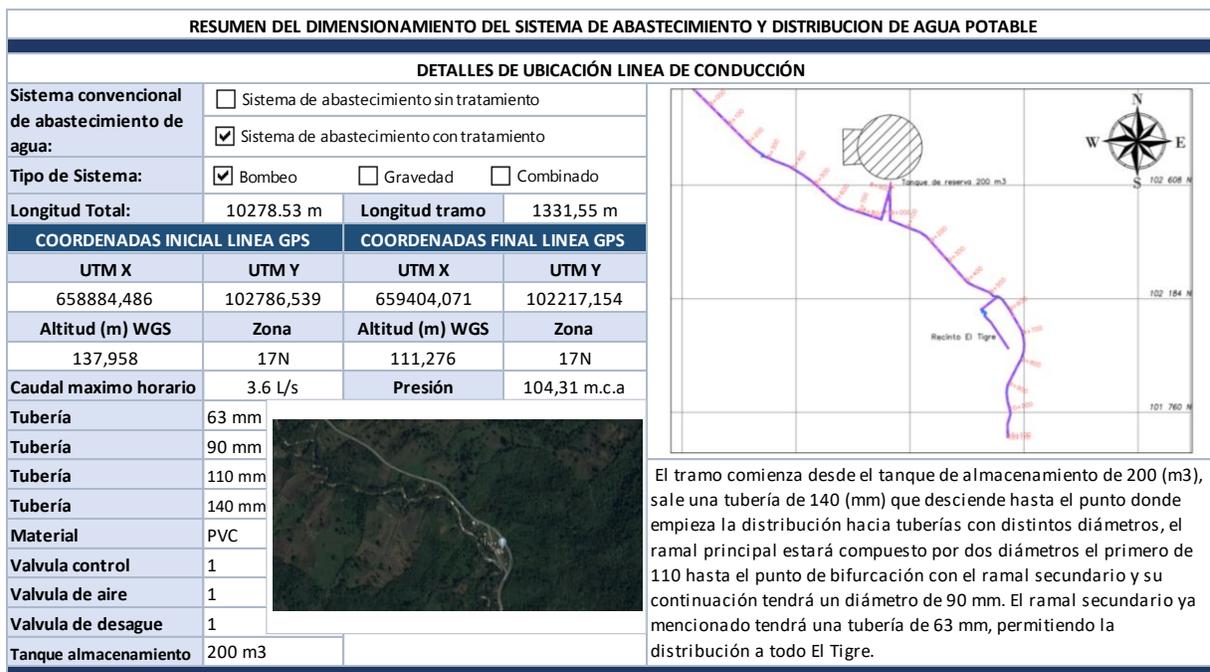


Figura 39. Resumen de Tramo Distribución



Figura 40. Georreferenciación en QGIS del Tramo de Distribución

3.7 PLANOS DEL PROYECTO

Una vez terminado el análisis, se realizaron 10 planos de la línea de conducción en los que constan los 3 tres tramos analizados, donde se presentan las plantas y perfiles de la zona evaluada, además se indican los diferentes componentes en la red, especificaciones técnicas y datos hidráulicos.

Adicionalmente se incorporaron planos de los componentes de la línea de conducción detallando estructuras, dimensiones, especificaciones y materiales de construcción, dichos planos basados en información del MIDUVI.

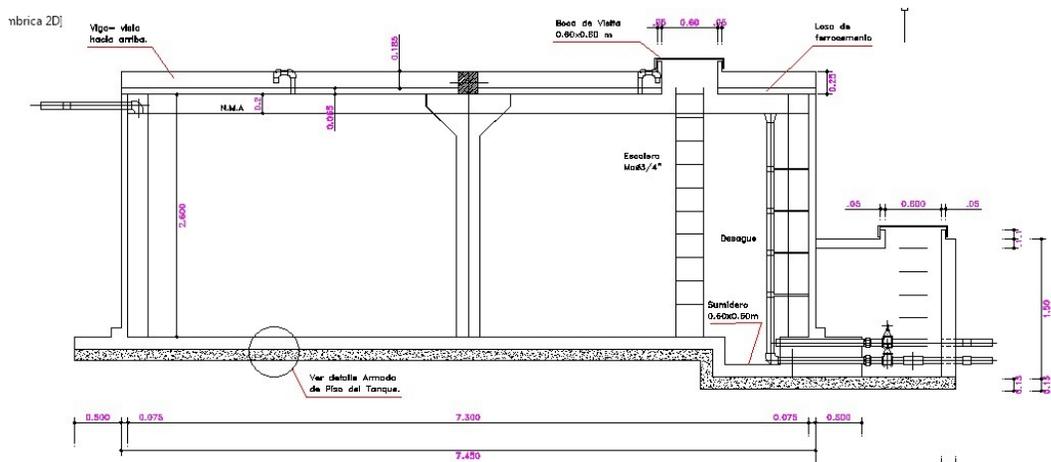


Figura 41. Planos tipo MIDUVI (MIDUVI, 2020)

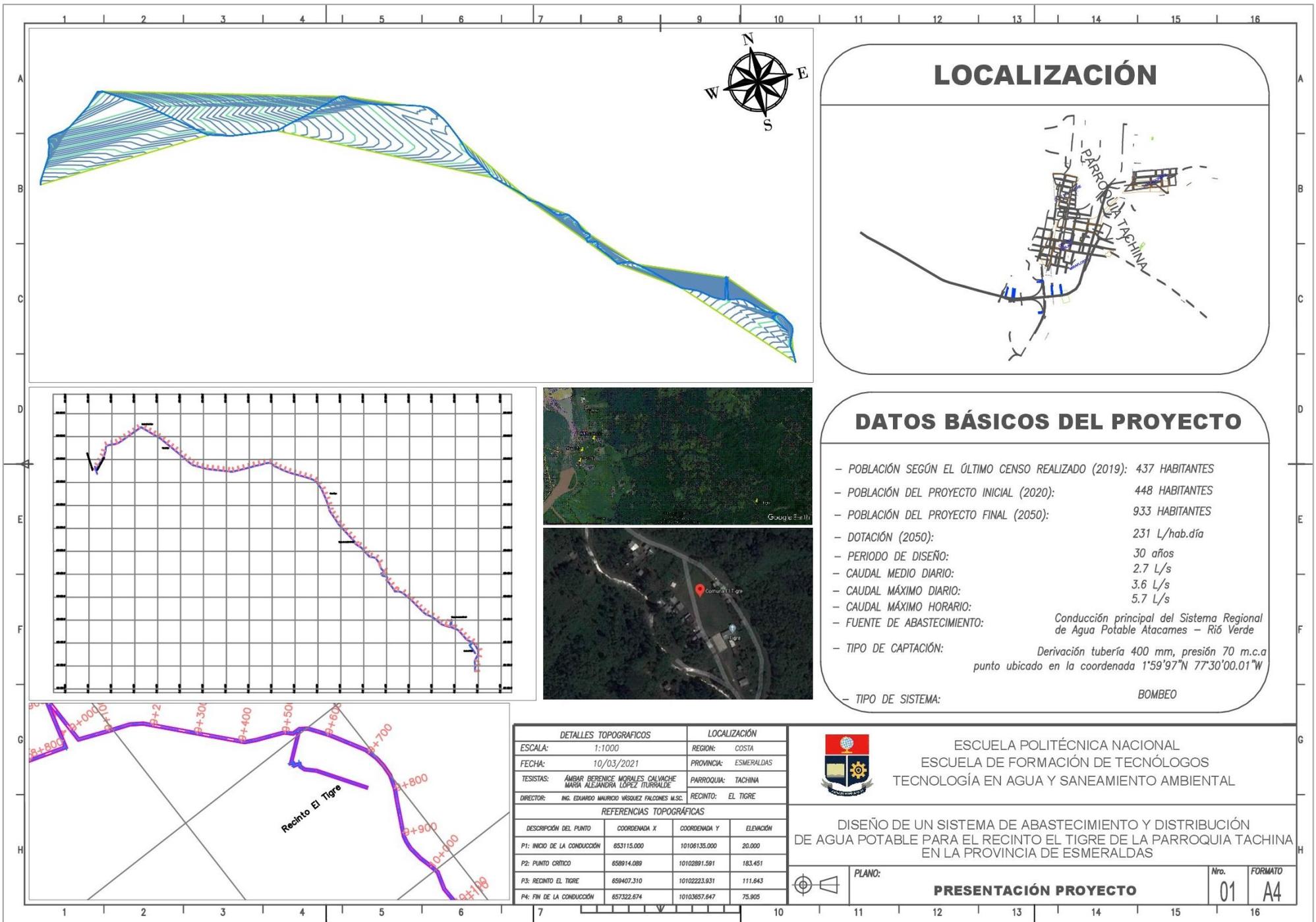


Figura 42. PLANO INICIAL SECTOR EL TIGRE

3.8 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 49. Presupuesto Referencial del Proyecto



| | | | PRECIO | | |
|------------------------|--|----------------|----------|--------|---------------|
| DESCRIPCION | UNID | CANT | UNITARIO | TOTAL | |
| 1 | DERIVACIÓN DE CAUDAL - TUBERIA RIO VERDE | | | | |
| | RUBRO | | | | |
| 1.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA | m ² | 4 | 2.20 | 8.80 |
| 1.2 | ROTURA Y REPOSICION DE PAVIMENTO ASFALSTICO | m ² | 4 | 14.82 | 59.28 |
| 1.3 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MANO EN SUELO ALTAMENTE CONSOLIDADO | m ³ | 6 | 14.77 | 88.62 |
| 1.4 | CORTE TUBERIA ACERO EN CAMPO | m | 1 | 71.22 | 71.22 |
| 1.5 | VALVULA COMPUERTA 3 1/2" | u | 2 | 175.26 | 350.52 |
| 1.6 | CAJA DE VALVULA 06" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 31.93 | 31.93 |
| 1.7 | CAJA DE REVISION 0.60x0.60 m (DE LADRILLO) TAPA METALICA | u | 1 | 91.52 | 91.52 |
| 1.8 | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL CLASIFICADO | m ³ | 8 | 9.50 | 76.00 |
| Resumen etapa 1 | | | | | 777.89 |
| 2 | LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA RIO VERDE - TAN SUCCION | | | | |
| | RUBRO | | | | |
| 2.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA | m ² | 4 | 2.20 | 8.8 |
| 2.2 | REPLANTEO Y NIVELACION | m ² | 4 | 1.22 | 4.88 |
| 2.3 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN SUELO ALTAMENTE CONSOLIDADO) | m ³ | 6 | 6.29 | 37.74 |
| 2.4 | TUBERIA PVC U/E 1.00MPA 090MM (MAT/TRANS/INST) | m | 5000 | 8.25 | 41250 |
| 2.5 | RELLENO COMPACTADO CON MAT. DE EXCAVACION | m ³ | 8 | 3.36 | 26.88 |
| 2.6 | VALVULA DE AIRE 1/2" (MAT/TRNAS/INST) | u | 7 | 139.20 | 974.4 |
| 2.7 | TEE ACERO 04X04X04" | u | 1 | 10.76 | 10.76 |
| 2.8 | REDUCCION ACERO 02" A 04" | u | 1 | 107.06 | 107.06 |
| 2.9 | VALVULA COMPUERTA 02 | u | 3 | 121.75 | 365.25 |
| 2.10 | CAJA DE VALVULA 06" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 24.48 | 24.48 |

| | | | | | |
|------------------------|--|---|---|-------|-----------------|
| 2.11 | CAJA DE REVISION (0.60X0.60X0.60) | u | 1 | 63.84 | 63.84 |
| 2.12 | CODO PVC 110MM DESAGUE 45° (MAT.TRAN.INST) | u | 5 | 6.54 | 32.7 |
| 2.13 | CODO PVC E-UZ <45° X110 mm PN10 (MAT/TRANS/INST) | u | 5 | 13.54 | 67.7 |
| 2.14 | CODO PVC U/E 1.00Mpa 75mm (MAT/TRANS/INST) | u | 5 | 16.8 | 84 |
| Resumen etapa 2 | | | | | 43058.49 |

| | | | | | |
|--|--|----------------|--------|--------|-----------------|
| 3 | TANQUE DE SUCCION | | | | |
| RUBRO | | | | | |
| 3.1 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN TIERRA | m ³ | 4 | 3.19 | 12.76 |
| 3.2 | DESALOJO MATERIAL (MEDIO MECANICO) (SE PAGARÁ EN m3/km) | u | 4 | 0.37 | 1.48 |
| 3.3 | RELLENO CON PIEDRA DE SITIO (CANTO RODADO) | m ³ | 6 | 6.65 | 39.9 |
| LOSA DE FONDO O PISO DE TANQUE | | | | | |
| 3.4 | REPLANTEO Y NIVELACIÓN | m ² | 140.17 | 2.14 | 299.9638 |
| 3.5 | EMPEDRADO MANUAL DE CIMIENTOS | m ³ | 9.35 | 6.83 | 63.8605 |
| 3.6 | EMPEDRADO BASE Y ZOCALO PERIMETRAL | m ² | 65.16 | 6.83 | 445.0428 |
| 3.7 | REPLANTILLO H.S (180 KG/CM2), esp= 3 (cm) | m ³ | 4.21 | 136.9 | 576.349 |
| 3.8 | HORMIGÓN SIMPLE DE 210 KG/CM2 | m ³ | 10.36 | 180.62 | 1871.2232 |
| 3.9 | ACERO ESTRUCTURAL LOSA DE FONDO | Kg | 254.82 | 2.31 | 588.6342 |
| 3.10 | MALLA HEXAGONAL 1/2" - GALLINERO | m ² | 70.56 | 6.59 | 464.9904 |
| 3.1 | ENLUCIDO PISO - MORTERO 1-2 esp= 2 (cm) | m ² | 58.06 | 10.5 | 609.63 |
| PARED CILINDRICA Y COLUMNAS DE REFUERZO | | | | | |
| 3.1 | ACERO ESTRUCTURAL COLUMNAS | Kg | 111.98 | 3.7 | 414.326 |
| 3.13 | HORMIGÓN PLINTOS Y COLUMNAS | m ³ | 1.72 | 222.64 | 382.9408 |
| 3.1 | ENCOFRADO RECTO | m ² | 131.2 | 6.17 | 809.504 |
| 3.15 | MALLA HEXAGONAL 1/2 - GALLINERO | m ² | 93.2 | 6.59 | 614.188 |
| 3.2 | MALLA ELECTROSOLDADA 4/10 | Kg | 52.54 | 2.27 | 119.2658 |
| 3.17 | CHAMPEADO EXTERIOR E INTERIOR esp= 3 (cm) | m ² | 54.29 | 9.51 | 516.2979 |
| 3.2 | EMPORADO PARED INTERIOR Y PISO | m ² | 33.84 | 11.9 | 402.696 |
| 3.19 | PINTURA INTERNA Y EXTERNA PARED | m ² | 54.3 | 4.98 | 270.414 |
| LOSA DE CUBIERTA | | | | | |
| 3.2 | ACERO ESTRUCTURAL VIGAS | Kg | 102.53 | 654.82 | 67138.695 |
| 3.21 | HORMIGÓN VIGAS Y LOSA Fc= 210 (Kg/cm2) | m ³ | 6.12 | 14.36 | 87.8832 |
| 3.22 | ENCOFRADO RECTO | m ² | 72.82 | 6.17 | 449.2994 |
| 3.23 | ACERO ESTRUCTURAL LOSA | Kg | 120.82 | 2.31 | 279.0942 |
| 3.24 | MASILLADO VIGAS MAS LOSA | m ² | 76.24 | 8.58 | 654.1392 |
| 3.25 | MALLA HEXAGONAL 1*2 - GALLINERO | m ² | 60.38 | 6.59 | 397.9042 |
| 3.26 | AIREADORES - VENTILACIÓN | U | 2 | 1600 | 3200 |
| 3.27 | PINTURA ANTISOL | m ² | 36.24 | 1.41 | 51.0984 |
| Resumen etapa 3 | | | | | 80761.58 |

| | | | | | |
|--------------|---------------------------|--|--|--|--|
| 4 | ESTACIÓN DE BOMBEO | | | | |
| RUBRO | | | | | |

| | | | | | |
|------------------------|--|---|------|---------|------------------|
| 4.1 | BOMBA 30 HP EJE VERTICAL Q=80 L/S | u | 1 | 4481.14 | 4481.14 |
| 4.2 | CODO PVC 110MM DESAGUE 45° (MAT.TRAN.INST) | u | 1 | 6.54 | 6.54 |
| 4.3 | UNIVERSAL HG 3" (MAT/TRANS/INST) | u | 4 | 4.5 | 18 |
| 4.4 | VALVULA CHECK 03" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 147.43 | 147.43 |
| 4.5 | TEE HG 3" | u | 1 | 10.76 | 10.76 |
| 4.6 | VALVULA COMPUERTA 03" (MAT/TRANS/INST) | u | 2 | 175.26 | 350.52 |
| 4.7 | CODO PVC U/E 1.00Mpa 90mm (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 16.8 | 16.8 |
| 4.8 | MANOMETRO DE PRESION 0-100 psi (MAT/TRANSP/INST) | u | 1 | 79.25 | 79.25 |
| 4.9 | BUSHING HG 3"-2" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 3.9 | 3.9 |
| 4.10 | UNION UNIVERSAL HG 3" | u | 1 | 19.61 | 19.61 |
| 4.11 | NEPLO 03" L=1.00M (MAT/REC/TRANS/INST) | u | 1 | 64.49 | 64.49 |
| 4.12 | TUBERIA PVC U/E 1.00MPA 090MM (MAT/TRANS/INST) | m | 3.27 | 8.25 | 26.9775 |
| Resumen etapa 4 | | | | | 5225.4175 |

| | | | | | |
|------------------------|--|----------------|------|--------|-----------------|
| 5 | LINEA DE IMPULSION | | | | |
| | RUBRO | | | | |
| 5.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA | m ² | 4 | 2.20 | 8.8 |
| 5.2 | REPLANTEO Y NIVELACION | m ² | 4 | 1.22 | 4.88 |
| 5.3 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN SUELO ALTAMENTE CONSOLIDADO) | m ³ | 6 | 6.29 | 37.74 |
| 5.4 | TUBERIA PVC U/E 1.00MPA 090MM (MAT/TRANS/INST) | m | 2000 | 8.25 | 16500 |
| 5.5 | VALVULA AIRE 1/2" (MAT/TRANS/INST) | u | 3 | 160.78 | 482.34 |
| 5.6 | VALVULA COMPUERTA 03" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 175.26 | 175.26 |
| 5.7 | TEE HG 3" | u | 1 | 10.76 | 10.76 |
| 5.8 | CODO PVC E-UZ <45° X110 mm PN10 (MAT/TRANS/INST) | u | 24 | 13.54 | 324.96 |
| 5.9 | RELLENO COMPACTADO CON MAT. DE EXCAVACION | m ³ | 8 | 3.36 | 26.88 |
| 5.10 | CODO PVC 110MM DESAGUE 45° (MAT.TRAN.INST) | u | 11 | 6.54 | 71.94 |
| Resumen etapa 5 | | | | | 17643.56 |

| | | | | | |
|----------|--|----------------|-------|--------|-----------|
| 6 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO | | | | |
| | RUBRO | | | | |
| 6.1 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN TIERRA | m ³ | 4 | 3.19 | 12.76 |
| 6.2 | DESALOJO MATERIAL (MEDIO MECANICO) (SE PAGARÁ EN m3/km) | u | 4 | 0.37 | 1.48 |
| 6.3 | RELLENO CON PIEDRA DE SITIO (CANTO RODADO) | m ³ | 6 | 6.65 | 39.9 |
| | LOSA FONDO O PISO DE TANQUE | | | | |
| 6.4 | REPLANTEO Y NIVELACIÓN | m ² | 160 | 2.14 | 342.4 |
| 6.5 | EMPEDRADO MANUAL DE CIMIENTOS | m ³ | 10.71 | 6.83 | 73.1493 |
| 6.6 | EMPEDRADO BASE Y ZOCALO PERIMETRAL | m ² | 150 | 6.83 | 1024.5 |
| 6.7 | REPLANTILLO H.S 180 (Kg/Cm2), esp= 3 (cm) | m ³ | 5.52 | 136.9 | 755.688 |
| 6.8 | HORMIGÓN SIMPLE DE 210 KG/CM2 | m ³ | 10.72 | 180.62 | 1936.2464 |
| 6.9 | ACERO ESTRUCTURAL LOSA DE FONDO | Kg | 500 | 2.31 | 1155 |
| 6.10 | MALLA HEXAGONAL 1/2" - GALLINERO | m ² | 70 | 6.59 | 461.3 |

| | | | | | |
|--|---|----------------|--------|--------|------------------|
| 6.11 | ENLUCIDO PISO - MORTERO 1-2 esp= 2 (cm) | m ² | 50.2 | 10.5 | 527.1 |
| PARED CILINDRICA Y COLUMNAS DE REFUERZO | | | | | |
| 6.12 | ACERO ESTRUCTURAL COLUMNAS | Kg | 120 | 3.7 | 444 |
| 6.13 | HORMIGÓN PLINTOS Y COLUMNAS | m ³ | 2.21 | 222.64 | 492.0344 |
| 6.14 | ENCOFRADO RECTO | m ² | 129.55 | 6.17 | 799.3235 |
| 6.15 | MALLA HEXAGONAL 1/2 - GALLINERO | m ² | 129 | 6.59 | 850.11 |
| 6.16 | MALLA ELECTROSOLDADA 4/10 | Kg | 96.16 | 2.27 | 218.2832 |
| 6.17 | CHAMPEADO EXTERIOR E INTERIOR esp= 3 (cm) | m ² | 76.81 | 9.51 | 730.4631 |
| 6.18 | EMPORADO PARED INTERIOR Y PISO | m ² | 64.19 | 11.9 | 763.861 |
| 6.19 | PINTURA INTERNA Y EXTERNA PARED | m ² | 76.84 | 4.98 | 382.6632 |
| LOSA DE CUBIERTA | | | | | |
| 6.20 | ACERO ESTRUCTURAL VIGAS | Kg | 50.06 | 654.82 | 32780.289 |
| 6.21 | HORMIGÓN VIGAS Y LOSA Fc= 210 (Kg/cm2) | m ³ | 8.32 | 14.36 | 119.4752 |
| 6.22 | ENCOFRADO RECTO | m ² | 97.38 | 6.17 | 600.8346 |
| 6.23 | ACERO ESTRUCTURAL LOSA | Kg | 53.94 | 2.31 | 124.6014 |
| 6.24 | MASILLADO VIGAS MAS LOSA | m ² | 93.51 | 8.58 | 802.3158 |
| 6.25 | MALLA HEXAGONAL 1*2 - GALLINERO | m ² | 79.29 | 6.59 | 522.5211 |
| 6.26 | AIREADORES - VENTILACIÓN | u | 3 | 1600 | 4800 |
| 6.27 | PINTURA ANTISOL | m ² | 50.51 | 1.41 | 71.2191 |
| Resumen etapa 6 | | | | | 50831.519 |

| | | | | | |
|----------------|--|----------------|-----|--------|--------|
| 7 | RED DE DISTRIBUCION | | | | |
| RUBRO | | | | | |
| 7.1 | DESBROCE Y LIMPIEZA | m ² | 2 | 2.20 | 4.4 |
| 7.2 | REPLANTEO Y NIVELACION | m ² | 2 | 1.22 | 2.44 |
| 7.3 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO A MAQUINA EN SUELO ALTAMENTE CONSOLIDADO) | m ³ | 4 | 6.29 | 25.16 |
| 7.4 | RELLENO COMPACTADO CON MAT. DE EXCAVACION | m ³ | 8 | 3.36 | 26.88 |
| TRAMO 1 | | | | | |
| 7.5 | VALVULA AIRE 1/2" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 160.78 | 160.78 |
| 7.6 | VALVULA COMPUERTA 03" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 175.26 | 175.26 |
| 7.7 | TEE HG 3" | u | 2 | 10.76 | 21.52 |
| 7.8 | CODO PVC E-UZ <45° X110 mm PN10 (MAT/TRANS/INST) | u | 8 | 13.54 | 108.32 |
| 7.9 | TUBERIA PVC U/E 1.00MPa 090MM (MAT/TRANS/INST) | m | 300 | 8.25 | 2475 |
| 7.10 | TUBERIA PVC U/E 1.25Mpa 110mm (MAT/TRANS/INST) | m | 200 | 11.3 | 2260 |
| 7.11 | TUBERIA PVC U/E 1.00Mpa 160mm (MAT/TRANS/INST) | m | 500 | 22.52 | 11260 |
| TRAMO 2 | | | | | |
| 7.12 | VALVULA AIRE 1/2" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 160.78 | 160.78 |
| 7.13 | VALVULA COMPUERTA 03" (MAT/TRANS/INST) | u | 1 | 175.26 | 175.26 |
| 7.14 | TEE HG 3" | u | 1 | 10.76 | 10.76 |
| 7.15 | CODO PVC 110MM DESAGUE 45° (MAT.TRAN.INST) | u | 1 | 6.54 | 6.54 |
| 7.16 | TUBERIA PVC U/E 1.00Mpa 063mm (MAT/TRANS/INST) | m | 200 | 5.62 | 1124 |
| 7.17 | CONEXION DOMICILIARIA SERVICIO PVC 1/2" (MAT/INST) | u | 100 | 182.79 | 18279 |

| | |
|-------|-----------|
| TOTAL | 246303.29 |
|-------|-----------|

El presupuesto referencial del diseño se realizó en base a rubros unitarios sugeridos por la EPMAPS. Cabe destacar que para este proyecto se usó el presupuesto referencial de proyectos con características similares en relación al tamaño de la obra, variables como la población y características geográficas similares a la de este estudio.

Se tiene el valor presupuestario de cada división de tramo y estructura que requiere el diseño para su correcta operación a lo largo de su vida útil, donde se obtuvieron costos en materiales, instalaciones y transporte. De esta manera se reflejó la cantidad de 246303.29 USD para toda la obra analizada en este proyecto, sin considerar el presupuesto para la mano de obra.

3.8.1.1 Memoria técnica del diseño de abastecimiento y distribución de agua potable

La memoria técnica elaborada que se presenta en el **anexo 5**, es el resultado del levantamiento de información y análisis de la línea de conducción que se dirigirá al sector del Tigre tales como datos demográficos del sector, especificaciones de los diferentes componentes y accesorios que se ubicaron en la conducción, así también como el presupuesto referencial que servirá de guía para la adquisición de todo lo presupuestado en el proyecto.

También se encuentran recomendaciones que se aprovecharán para la puesta en marcha de todo el diseño realizado, que son de gran importancia para evitar contrariedades en la aplicación del diseño.

3.8.1.2 Presentación del diseño y entrega de la memoria técnica

La reunión se llevó a cabalidad el día 08 de abril del 2021 a las 10:00 horas de la mañana, a través de la plataforma Zoom, donde se socializaron los resultados obtenidos con los miembros del GAD Parroquial de Tachina de todo el diseño realizado como el trazado de la planimetría y altimetría, la simulación obtenida de los tres tramos más influyentes de la conducción y especificaciones que surgieron a lo largo de todo el estudio.

También se indicaron ciertas recomendaciones que servirán a futuro para implementación del diseño, especialmente detalles en los componentes que se deben considerar siendo

de gran importancia para la conducción. Como sugerencia por parte de los miembros del GAD Parroquial se mencionó la importancia de realizar un estudio de impacto ambiental del proyecto para asegurar su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Finalmente se entregó el documento de la memoria técnica de manera digital a los representantes de la administración del GAD Parroquial de Tachina.

RESUMEN DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Sistema convencional de abastecimiento de agua: Sistema de abastecimiento sin tratamiento Sistema de abastecimiento con tratamiento

Tipo de Sistema: Bombeo Gravedad Combinado

Longitud Total: 10109,927 m Longitud tramo: 2695,98 m

| COORDENADAS INICIAL LINEA GPS | | COORDENADAS FINAL LINEA GPS | |
|-------------------------------|-------------|-----------------------------|------------|
| UTM X | UTM Y | UTM X | UTM Y |
| 657117,579 | 1041078,149 | 658884,486 | 102786,539 |
| Altitud (m) WGS | Zona | Altitud (m) WGS | Zona |
| 75,068 | 17N | 137,958 | 17N |

Caudal de diseño: 11,3 L/s Potencia Bomba: 30 HP

Tubería: 90 mm
Material: PVC
Valvula control: 2
Valvula de aire: 3
Valvula de desague: 1
Volumen succion: 150 m³
Volumen almacenamient: 200 m³

El tramo 2 inicia desde un tanque de succión con un volumen de 150 (m³), la tubería será de PVC con un diámetro de 90 mm, la potencia de la bomba analizada es del 30 HP, la fuerza de la bomba impulsará al caudal de bombeo a una altura suficiente para que llegue a un tanque de almacenamiento de 200 (m³).

Figura 43. Presentación de la Memoria Técnica a los miembros del GAD Parroquial de Tachina

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
TECNOLOGÍA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

PROYECTO:
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

AUTORAS:
MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ ITURRALDE
ÁMBAR BERENICE MORALES CALVACHE

DIRECTOR:
EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES M.SC.

Figura 44. Reunión final con el GAD Parroquial de Tachina

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó la población futura del Recinto El Tigre mediante los métodos logarítmico y aritmético a partir de censos poblacionales, lo cual permitió el cálculo de los caudales medio diario, máximo diario y máximo horario que se manejaron en el programa de simulación Epanet.
- La topografía facilitada por el GAD Parroquial de Tachina y la elaborada por las autoras del proyecto, permitió evidenciar que el terreno por el que pasaría la conducción de 10278.53 (m) presenta un escenario desfavorable para un sistema por gravedad, por lo que se estudió la opción de un sistema por bombeo que podrá impulsar el caudal de bombeo de 11.34 (L/s) hacia el tanque de almacenamiento y un caudal máximo diario de 3.6 (L/s) hacia todos los puntos de la red de distribución. Sin embargo, esto significará costos adicionales por el coste de consumo eléctrico y el mantenimiento del equipo de bombeo.
- Durante el análisis del tramo de impulsión, se cambió la ubicación del tanque de almacenamiento de una cota sugerida inicialmente por el GAD parroquial de 189.219 (m) a una cota menor de 137.96 (m) mediante una simulación realizada en el programa Epanet. Además, se determinó la importancia del uso de un sistema de bombeo que funcionará con una potencia necesaria para impulsar el caudal de bombeo 11.3 (L/s) hacia el tanque de almacenamiento que según los cálculos es de 30 (HP), el cual permite mantener presiones en el tramo de distribución en un rango de 10 a 30 (m.c.a) que cumple con la normativa para poblaciones rurales.
- En cuanto a las pérdidas de carga por accesorios en la línea de conducción que va desde el punto de captación hasta el tanque de almacenamiento representan dentro de la simulación hidráulica una variación en 0.6 (L/s) en el caudal que podría conducirse si también se consideran las pérdidas localizadas, ya que la longitud de la tubería es considerable. Las pérdidas de carga son insignificantes en comparación a las pérdidas por fricción debido a la gran longitud de la tubería.

- El diseño planteado se realizó para que sea efectivo y práctico para los habitantes del Recinto El Tigre, y que de esta forma se logre el abastecimiento hasta el año 2050 considerando el desarrollo de la población y las posibles ampliaciones a la red.
- Los diámetros de las líneas de succión e impulsión deben evaluarse en el momento en que se efectúe un análisis del sistema de bombeo, debido a que el valor proporcionado en este proyecto es meramente una aproximación.

4.2 Recomendaciones

- El diseño de la bomba debe evaluarse en otro estudio de factibilidad del cual se requerirá de un análisis de las curvas características de la bomba y las curvas de operación del sistema. De manera que, el responsable de la obra pueda elegir la mejor opción del mercado con todos los accesorios de la caseta de bombeo, en la que se incluye la bomba. Además, es posible definir un cambio de los diámetros de las líneas de succión e impulsión para que puedan aproximarse a un valor definitivo que permita un funcionamiento óptimo de la tubería.
- Mediante la memoria técnica entregada, en la que se detallan las obras (cantidades de tubería, diámetro, etc.) que deben implementarse para que el sistema de abastecimiento tenga un funcionamiento óptimo, tanto la comunidad como el GAD Parroquial de Tachina deben solicitar el caudal de concesión al MAE y solicitar a la empresa EPMAPSE el permiso de realización de la derivación del punto señalado en este proyecto.
- A pesar de que el agua captada proviene de una fuente potable se debe hacer un análisis de la calidad del agua para que cumpla con los requisitos de cloro residual a la llegada del sistema, debido a que el sistema tiene una longitud considerable de 1482.39 (m) y es posible que se pierda la acción de desinfección. También debe aplicarse un monitoreo de agua constantemente para verificar que el sistema de agua funcione adecuadamente en temas de calidad de agua y cumpla con la normativa vigente ecuatoriana.

- Se recomienda realizar un análisis financiero de la implementación de los sistemas de abastecimiento y distribución, lo que puede posibilitar un mantenimiento y suministro sostenibles al largo del tiempo.
- Con el fin de concientizar a la población del Recinto El Tigre sobre la importancia de contar con un sistema de distribución, el GAD Parroquial de Tachina debe realizar acciones de promoción previo a la construcción, sobre la responsabilidades y cuidados que deberán tenerse con las estructuras del proyecto y que los pobladores puedan ser partícipes del desarrollo de su comunidad.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. (1976). *Manual de hidráulica*. México : Harla.
- Asamblea Nacional 2008. (2008). *Constitución de la República Del Ecuador 2008*. Recuperado el 26 de Marzo de 2020, de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Avila, F. F. (2019). *Modelo de decaimineto de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador*. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3845>
- AWWA. (2016). *Manual of Water Supply Practices Air Vacuum M51*. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.
- Barahona, U. T., Rivera, C. E., & Chévez, N. R. (Junio de 2013). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Miramar, Nagarote, para un período de 20 años (2013 - 2033)*.
- Céspedes, M. J. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón San Pedro de Pelileo , Provincia de Tungurahua*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24186/1/Tesis%201065%20-%20Mena%20C%c3%a9spedes%20Mar%c3%ada%20Jos%c3%a9.pdf>
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques*. Obtenido de https://renasf.fiocruz.br/sites/renasf.fiocruz.br/files/artigos/COCHRAN%2C%20W.%20Sampling%20techniques_compressed.pdf
- CON. (Diciembre de 2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de Diseño, construcción y operación de tanques de regulación para abastecimiento de agua potable.: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>
- CONAGUA. (2002). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de Conducciones: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.%20Conducciones.pdf
- CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de Redes de distribución: https://www.academia.edu/9866356/Comisi%C3%B3n_Nacional_del_Agua_MANUAL_DE_AGUA_POTABLE_ALCANTARILLADO_Y_SANEAMIENTO

- CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de Diseño, construcción y operación de tanques de regulación para abastecimiento de agua potable.: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>
- CONAGUA. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de Diseño de redes de distribución de agua potable: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador*.
- El Comercio. (3 de Febrero de 2019). *Esmeraldas: en El Tigre se protege a la cuenca hídrica*. Recuperado el 2020, de <https://www.elcomercio.com/tendencias/esmeraldas-tigre-agua-reforestacion-hidrica.html>
- El País. (13 de Mayo de 2015). *América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed*. Recuperado el Septiembre de 2020, de https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html
- ENCA. (2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. Recuperado el 2020, de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- EPMAPS-Q. (Enero de 2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q*. Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- GAD Parroquial Tachina. (2019). *Plan de Ordenamiento Territorial Tachina*. Esmeraldas.
- Hidalgo, C. A. (Mayo de 2017). *Sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Mapasingue, parroquia colon, Cantón Portoviejo*. Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/644/1/TESIS%20MAPASINGUE-%20SISTEMA%20DE%20ABASTECIMIENTO%20DE%20AGUA%20P..pptx.pdf>
- INEC. (2015). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Agua y Alcantarillado*. Recuperado el Septiembre de 2020, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Presentacion_GAD_Municipales_G

estion_Agua_Alcantarillado_2015.pdf

INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

INEN. (1997). *Código Ecuatoriano de la construcción. (C.E.C): Diseño de instalaciones sanitarias*. Recuperado el Diciembre de 2020, de Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.: https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-2_1997-menos-de-1000-hab.pdf

La Hora. (22 de Diciembre de 2018). *Habitantes de "El Tigre" demandan pozos de agua*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2020, de <https://lahora.com.ec/esmeraldas/noticia/1102209870/habitantes-de-el-tigre-demandan-pozos-de-agua>

Lombeida, C. A. (2012). *Diseño del sistema de agua potable de la cabecera parroquial de la unión de Atacames, Cantón Atacames, Provincia Esmeraldas*. Recuperado el Octubre de 2020, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6430/9.20.001881.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

López, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Magne, F. M. (Diciembre de 2008). *Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de ingeniería sanitaria*. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1522.pdf>

Maldonado, R. H., & Salinas, L. W. (Diciembre de 2013). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para cuerpos de válvulas de transmisiones automáticas modelo F4A41,F4A51,F5A51*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6525>

MIDUVI. (2020). *Planos tipo*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>

Mosquera, P. P. (Mayo de 2017). *Análisis socio-económico de la parroquia rural Tachina*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2020, de <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1131/1/CAPURRO%20MOSQUERA%20PAOLA%20PIEDAD.pdf>

Narváez, M. G. (2010). *Propuesta metodológica para del plan de monitoreo, seguimiento y*

- evaluación de la calidad del agua de consumo humano del canton Esmeraldas.* Recuperado el Noviembre de 2020, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7091/6.H07.001302.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Normas RAS. (Noviembre de 2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable.* Obtenido de PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS. (2010). *Las Guías: un marco para la seguridad del agua de consumo.* Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_2_fig.pdf?ua=1
- OMS. (2015). *Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales.* Recuperado el 15 de Septiembre de 2020, de WHO; World Health Organization: https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/
- ONU, Organización de las Naciones Unidas. (2015). *ONU, Organización de las Naciones Unidas.*
- PDOT TACHINA SNI. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2014 - 2019.* Recuperado el Diciembre de 2020, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0860019850001_PDyOT%20GAD%20TACHINA%202014-2019_21-06-2016_21-00-49.pdf
- PNUD. (2020). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.* Recuperado el Octubre de 2020, de Objetivo6: Agua limpiay saneamiento: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Prieto, P. V. (2014). *Modelación del sistema hidráulico de la red de agua potable de la planta de tratamiento Jesús del Gran Poder.* Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20921/1/TESIS.pdf>
- Puente, L. F. (Octubre de 2017). *Determinación de la eficiencia de la planta de agua de la junta de agua potable Belisario Quevedo ubicada en el cantón Latacunga parroquia de Illuchi.* Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18873/1/CD-8265.pdf>
- Quisaguano et al., J. L. (2016). *Evaluación de la red de distribución de agua potable para determinar pérdidas de fugas de la urbanización La Colina del cantón Rumiñahui.*

- Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15217/1/CD-6992.pdf>
- Quisaguano, S. M., & Herrera, A. L. (2016). *Evaluación de la red de distribución de agua potable para determinar pérdidas y fugas de la Urbanización de La Colina del cantón Rumiñahui*. Recuperado el Octubre de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15217/1/CD-6992.pdf>
- Raffo Lecca, E. (Agosto de 2013). *Tratado del agua y la legislación peruana*. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/11928/10673>
- Reyes Reyes, K. C. (2019). *Diseño de la red de distribución de agua potable de Recinto Manantiales del cantón Montecristi- Provincia de Manabí*. Recuperado el Diciembre de 2020, de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2007/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-90.pdf>
- Secretaría del Agua. (1997). *Código Ecuatoriano de la construcción de parte IX: Obras Sanitarias*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- SENAGUA. (2016). *Código Ecuatoriano de la construcción. (C.E.C): Diseño de instalaciones sanitarias*. Recuperado el Diciembre de 2020, de Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.
- SNI. (19 de Octubre de 2010). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial (2010)*. Recuperado el Diciembre de 2020, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0860019850001_PDyOT%20GAD%20TACHINA%202015-2019_19-05-2015_23-16-44.pdf
- SNI. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDYOT 2014-2019*. Recuperado el Noviembre de 2020, de https://drive.google.com/drive/folders/193IHvIFsXkLU0Elr1rPlis_kBbNnnf7Q
- SNI. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Tachina 2019 - 2023*. Recuperado el Diciembre de 2020, de <https://sni.gob.ec/inicio>
- SNI. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Tachina 2019 - 2023*. Recuperado el Diciembre de 2020, de <https://sni.gob.ec/inicio>
- Sotelo. (1997). *Hidráulica General*. LIMUSA.
- Suárez et al., B. A. (Junio de 2012). *Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado y agua*

- potable para la lotización Finca Municipal, en el cantón El Chaco, Provincia de Napo.* Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5606/T-ESPE-033683.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sustainable Sanitation and Water Management. (2009). *Guía de orientación de saneamiento básico para Alcaldías de Municipios Rurales y pequeñas comunidades.* Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BARRIOS%20et%20al%202009%20Guia%20de%20orientacion%20alcaldes.pdf
- UDLAP. (2020). *Diseño de línea de conducción y red de distribución.* Obtenido de Línea de conducción: http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/deschamps_g_e/capitulo3.pdf
- Ulloa et al., T. I. (Junio de 2013). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Miramar, Nagarote, para un periodo de 20 años (2013-2033).* Recuperado el Octubre de 2020, de <https://repositorio.unan.edu.ni/5502/1/94618.pdf>
- UNICEF. (18 de Junio de 2019). *1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable.* Recuperado el 15 de Septiembre de 2020, de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable>
- VAM Industry. (2020). *Tuberías, válvulas y accesorios.* Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf
- Villacis, C. K. (Junio de 2018). *Evaluación de la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del cantón Rumiñahui.* Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19455/1/CD-8849.pdf>