

Facultad de Tecnología de Construcción

“DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, POZO - RED PARA 7 COMUNIDADES: CAMILO ORTEGA 2DA ETAPA, SILVIO REÑAZCO, VILLA BETANIA, MONTE FRESCO, UN GALÓN PARA MASAYA, 11 DE SEPTIEMBRE Y SECTOR EL RINCONCITO, UBICADAS EN LA CIUDAD DE MASAYA”

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Yerith Josué
Rosales Marín
Carnet: 2011-37111

Tutor:

Msc. Ing. Dionisio Vidal
Cáceres Antón

15 de diciembre 2023
Managua, Nicaragua

Carta del catedrático guía

El presente trabajo monográfico titulado "**Diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, pozo - red, para 7 comunidades: Camilo Ortega 2da etapa, Silvio Reñazco, Villa Betania, Monte Fresco, un Galón para Masaya, 11 de Septiembre y sector el Rinconcito, ubicados en la ciudad de Masaya**", presentado por el Br. Yerith Josué Rosales Marín, el cual es un material de carácter investigativo y práctico en el campo de Medio Ambiente e Ingeniería Sanitaria, cuyo alcance va más allá del área de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Tecnología de la Construcción e incluye aportes al mejoramiento de su uso en el tratamiento de aguas residuales, los cuales son una solución idónea a la problemática el abastecimiento de Aguas y Conservación de Recursos Naturales que enfrenta el país.

El principal objetivo en este trabajo es el abastecimiento de agua potable, pozo-red, para 7 comunidades, con el único fin de que estas comunidades de proveer del vital líquido a las 7 comunidades.

El entusiasmo y la dedicación que demostró, Yerith Josué Rosales Marín, fue clave para culminar el presente trabajo monográfico, además de su disposición a realizar trabajos técnicos de campo que les permitió obtener la información necesaria que más tarde se procesaría para emitir criterios y conclusiones.

Supervisando muy de cerca el trabajo efectuado tanto en campo como en teoría, puedo afirmar que el éxito del mismo se debió al interés y la voluntad que demostrada por el bachiller, por lo tanto, solicito a los honorables miembros del Jurado la aprobación del presente trabajo monográfico y se les otorgue el título de Ingeniero Civil.

Msc. Ing. Vidal Cáceres A.

Carta del decano



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.037
Managua, 16 Marzo del 2022

Bachiller
YERITH JOSUÉ ROSALES MARÍN
Estimado Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **"DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, POZO-TANQUE-RED, PARA 7 COMUNIDADES: CAMILO ORTEGA 2DA ETAPA, SILVIO REÑAZCO, VILLA BETANIA, MONTE FRESCO, UN GALÓN PARA MASAYA, 11 DE SEPTIEMBRE Y SECTOR EL RINCONCITO, UBICADOS EN LA CIUDAD DE MASAYA"**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. Dionisio Cáceres Antón**. Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **16 Septiembre del 2022**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente



Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor – Ing. Dionisio Cáceres Antón.
Archivo*Consecutivo

Carta de aprobación del protocolo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Protocolo de Monografía

"DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, POZO-TANQUE-RED, PARA 7 COMUNIDADES: CAMILO ORTEGA 2DA ETAPA, SILVIO REÑAZCO, VILLA BETANIA, MONTE FRESCO, UN GALÓN PARA MASAYA, 11 DE SEPTIEMBRE Y SECTOR EL RINCONCITO, UBICADOS EN LA CIUDAD DE MASAYA."

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Yerith Josué Rosales Marín

Tutor

M.sc. Ing. Dionisio Vidal Cáceres A



Managua, Septiembre 2021

Cartas de aprobación de prorrogas

Managua 01 de septiembre de 2022

MSc. Ing. Miguel Fonseca
Decano
Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI.
Sus Manos.

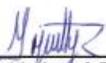
Estimado MSc. Ing. Miguel Fonseca

Sírvase la presente para deseando éxito en sus funciones, me dirijo a usted para solicitar una prórroga en la entrega de la monografía titulada: **"Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, POZO-TANQUE-RED, para 7 comunidades, camilo ortega 2da etapa, Silvio Reñazco, villa Betania, monte fresco, un galón para Masaya, 11 de septiembre y sector el rinconcito, ubicados en la ciudad de Masaya"**, a entregarse a mediado de julio.

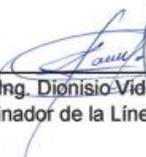
El motivo de mi demora es que me está faltando información por recopilar, principalmente en realizar algunos levantamiento topográfico del área del proyecto la cual es bien amplia, aparte de eso también necesito información la cual solicite y estoy a la espera de su respuesta por parte de la ALCALDIA MUNICIPAL DE MASAYA y unos permisos de ENACAL, para ubicar coordenadas dentro de un predio de ENACAL donde está ubicado la fuente de agua para el proyecto (pozo), es por esto que le solicito de forma cordial me pueda facilitar un periodo de 3 meses y medio para finalizar los objetivos faltantes de mi monografía.

Sin más que agregar y esperando su aprobación me despido deseando éxito en sus funciones.

Atentamente


Br. Yerith Josué Rosales Marín.
2011-37111

Vo.Bo. Tutor


MSc. Ing. Dionisio Vidal Cáceres Antón
Coordinador de la Línea BIOMASA/PVT



Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fuente de fortaleza, por iluminar mi camino y sostenerme día a día; a mi amada madre, mujer incansable y luchadora, que con mucho esfuerzo y amor batalló para conseguir el dinero, permitiéndome superarme año tras año; a mi padre, que me apoyó en todo este tiempo; a mis maestros, que me enseñaron y pulieron mi conocimiento con cada tema que me impartieron, con la meta de forjar un profesional con conocimientos sólidos en la carrera; a mi tutor, que es un referente, cuyos consejos e indicaciones me guiaron para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

A Dios, por la sabiduría que me brindó para avanzar y dar este paso hacia la meta, culminar mis estudios superiores, ya que en todos estos años él fue mi guía, mi fortaleza, mi sabiduría, mi entendimiento y mis ganas de luchar, con el objetivo de ser un profesional por medio de esta carrera, sin dejar de confiar en él, ya que esto solo es el inicio de algo muy bueno, nuevos retos.

A mis padres, por brindarme las enseñanzas necesarias para acrecentar en mi un hábito de estudio e incentivar me a creer que podría llegar a ser un profesional, por enseñarme valores de vida y apoyarme económicamente, con el fin de culminar con éxito mis estudios superiores.

A mi tutor, **Msc. Cáceres Vidal**, quien desde el inicio me brindó su tiempo, aclaró mis ideas con su conocimiento, me guió y acompañó en este proceso.

También al **Ing. Cesar Gómez** que me ayudó a aclarar varias dudas con su conocimiento el cual fue muy importante para yo poder avanzar en la estructuración de esta monografía.

Agradecer a Alcaldía de Masaya, **Ing. María José**, ingeniera general de proyecto, por facilitarme información y darme la oportunidad de desarrollar este estudio, a ENACAL Masaya, al **Ing. Daniel Muñoz**, por brindarme datos técnicos que me sirvieron para consolidar esta información.

Mil gracias.

Acrónimos

| | |
|-----------------------|---|
| ANA | Autoridad Nacional del Agua |
| ASTM | American Standard for Testing and Materials |
| CAPRE | Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica |
| CAPS | Comités de Agua Potable y Saneamiento |
| ENACAL | Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados |
| FISE | Fondo de Inversión Social de Emergencia |
| INEC | Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos |
| INETER | Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales |
| MARENA | Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales |
| MINSA | Ministerio de Salud |
| NTON 09-007-19 | Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| RNC | Reglamento Nacional de la Construcción |
| SILAIS | Sistema Local de Atención Integral en Salud |

Unidades de medida

| | | | |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------|---|
| Cm | Centímetros | plg | Pulgadas |
| Gl | Galones | Diversas | |
| Gpm | Galones por minuto | CMD | Consumo Máximo Día |
| Gppd | Galones por persona por día | CMH | Consumo Máximo Hora |
| Hf | Pérdidas friccionantes | CPD | Consumo Promedio Diario |
| HI | Pérdidas localizadas | CTD | Carga Total Dinámica |
| HP | Horse Power | G.A. | Golpe de Ariete |
| Km | Kilómetro | Hierro fundido | |
| Kpa | Kilo pascal | Hierro galvanizado | |
| KW | Kilo watts | MABE | Mini Acueductos por Bombeo |
| Lppd | Litros por persona por día | Eléctrico MAG | Mini Acueductos por Gravedad |
| Lps | Litros por segundo | PEA | Población Económicamente Activa |
| Lts | Litros | PVC | Cloruro de polivinilo |
| Mm | Milímetros | SAAP | Sistema de Abastecimiento de Agua Potable |
| m/seg | Metros por segundos | | |
| M | Metros | | |
| m² | Metros cuadrados | | |
| m³ | Metros cúbicos | | |
| m.c.a. | Metros columna de agua | | |
| m. s. n. m. | Metros sobre el nivel del mar | | |

Índice

| | |
|---|-----------|
| Capítulo I: Generalidades | 1 |
| 1.1. Introducción | 1 |
| 1.2. Antecedentes | 2 |
| 1.3. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.4. Justificación | 4 |
| 1.5. Objetivos | 5 |
| 1.5.1. Objetivo general..... | 5 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 5 |
| 1.6. Alcances | 6 |
| Capítulo II: Generalidades del área de estudio | 7 |
| 2.1. Ubicación del proyecto | 7 |
| 2.1.1. Macro localización..... | 7 |
| 2.1.2. Micro localización..... | 9 |
| 2.2. Datos básicos | 10 |
| 2.2.1. Extensión territorial | 10 |
| 2.2.2. Población | 10 |
| 2.2.3. División territorial..... | 10 |
| 2.2.4. Aspectos socioeconómicos..... | 10 |
| Capítulo III. Marco teórico | 16 |
| 3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable | 16 |
| 3.2. Fuente de agua | 16 |
| 3.2.1. Aguas pluviales | 16 |
| 3.2.2. Aguas superficiales | 17 |
| 3.2.3. Aguas subterráneas | 17 |
| 3.3. Aspectos fisicoquímicos del agua potable | 19 |
| 3.3.1. Parámetros de calidad del agua | 19 |
| 3.3.2. Características de campo | 24 |
| 3.3.3. Características fisicoquímicas..... | 24 |
| 3.3.4. Aspectos bacteriológicos | 25 |
| 3.4. Levantamiento topográfico | 25 |
| 3.5. Estudio socioeconómico | 26 |
| 3.6. Población a beneficiar | 26 |
| 3.7. Dotación | 26 |
| 3.8. Demanda | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 3.9. Consumo | 27 |
| 3.10. Bombas | 27 |
| 3.11. Línea de conducción | 27 |
| 3.11.1 Tipos de conducción | 28 |
| 3.12. Red de distribución | 29 |
| 3.13. Parámetros de diseño | 29 |
| 3.13.1. Proyección de población | 30 |
| 3.13.2. Período de diseño | 30 |
| 3.13.3. Velocidades permisibles en la tubería..... | 30 |
| 3.13.4. Presiones mínimas y máximas | 31 |
| 3.13.5. Diámetro mínimo | 31 |
| 3.13.6. Cobertura sobre tuberías | 31 |
| 3.13.7. Resistencia de las tuberías | 32 |
| 3.13.8. Pérdidas en el sistema..... | 32 |
| 3.13.9. Accesorios de la red de distribución..... | 32 |
| 3.14. Conexiones domiciliarias | 33 |
| 3.15. Presupuesto de obras propuestas | 34 |
| 3.16. EPANET | 34 |
| Capítulo IV. Diseño metodológico | 35 |
| 4.1. Estudio socioeconómico | 35 |
| 4.1.1. Censo poblacional..... | 35 |
| 4.2. Levantamiento topográfico | 36 |
| 4.3. Identificación de fuente de abastecimiento de agua potable | 36 |
| 4.4. Análisis fisicoquímico y microbiológicos. | 37 |
| 4.5. Población de diseño | 37 |
| 4.5.1. Método geométrico | 37 |
| 4.6. Periodo de diseño | 38 |
| 4.7. Dotación de agua para las 7 comunidades a ser beneficiada | 39 |
| 4.8. Variaciones de consumo | 40 |
| 4.8.1. Consumo promedio diario | 40 |
| 4.8.2. Consumo máximo día | 40 |
| 4.8.3. Consumo máximo hora | 40 |
| 4.9. Estación de bombeo | 40 |
| 4.9.1. Elementos de una estación de bombeo | 41 |
| 4.9.2. Ubicación de estación bombeo | 41 |
| 4.9.3. Funciones de equipo de bombeo | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 4.9.4. Equipo de bombeo | 42 |
| 4.10. Formulas del cálculo hidráulico..... | 42 |
| 4.10.1. Caudal de diseño | 42 |
| 4.10.2. Diámetros y velocidad de tubería..... | 42 |
| 4.10.3. longitud real del tramo de la red..... | 43 |
| 4.10.4. longitud de la columna del pozo..... | 43 |
| 4.10.5. Pérdidas en la columna del pozo | 43 |
| 4.10.6. Pérdidas por descarga | 43 |
| 4.10.7. Carga estática | 44 |
| 4.10.8. Carga total dinámica | 44 |
| 4.10.9. Caudal de bombeo..... | 44 |
| 4.10.10. Selección del equipo | 45 |
| 4.10.10. Potencia del motor | 45 |
| 4.10.11. Celeridad..... | 46 |
| 4.10.12 Golpe de ariete | 47 |
| 4.10.13. Sobrepresión..... | 47 |
| 4.11 Línea de conducción..... | 48 |
| 4.12 Válvulas y estructuras complementarias de la línea de conducción | 48 |
| 4.12.1. Válvula de compuerta | 48 |
| 4.12.2. Válvula de globo | 49 |
| 4.12.3. Válvulas de admisión y expulsión de aire | 49 |
| 4.12.3. Válvulas de retención o de check..... | 49 |
| 4.12.4. Válvulas de alivio contra el golpe de ariete | 49 |
| 4.12.5. Cámara de válvula de aire | 49 |
| 4.12.6. Cámara rompe-presión | 50 |
| 4.13. Red de distribución..... | 50 |
| 4.13.1. Tipos de redes distribución | 50 |
| 4.13.2. Accesorios complementarios de la red de distribución | 51 |
| 4.14. Tratamiento..... | 51 |
| 4.15. Cloración..... | 52 |
| Capítulo V: Resultados del sistema..... | 53 |
| 5.1. Análisis de consumo | 53 |
| 5.1.1. Población de diseño..... | 53 |
| 5.1.3. Dotación..... | 56 |
| 5.1.4. Consumo..... | 56 |
| 5.2. Estimación de caudal..... | 58 |
| 5.3. Caudales de diseño..... | 58 |
| 5.3.1. Consumo máximo día | 58 |
| 5.3.2. Consumo máxima hora | 58 |

| | |
|---|-----------|
| 5.5. Análisis de la red por EPANET..... | 60 |
| 5.5.1. Determinación de los caudales nodales..... | 60 |
| 5.5.2. Cálculo del caudal unitario | 60 |
| 5.5.3. Caudales en cada nodo a modelar en EPANET | 61 |
| 5.6. Análisis hidráulico equipo de bombeo..... | 69 |
| 5.6.1. Información general de la fuente..... | 69 |
| 5.6.2. Potencial y caudal explotable..... | 70 |
| 5.6.3. Diseño hidráulico del equipo de bombeo | 71 |
| 5.7. Cloración..... | 77 |
| 5.8. Costo y presupuesto de los componentes del sistema..... | 78 |
| Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones..... | 81 |
| 6.1. Conclusiones..... | 81 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 83 |
| Bibliografía..... | 84 |
| Anexos | 85 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| TABLA 1 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA | 20 |
| TABLA 2 PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE..... | 22 |
| TABLA 3 PARÁMETROS FISIQUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE | 22 |
| TABLA 4 POBLACIÓN ACTUAL DE LAS 7 COMUNIDADES EN ESTUDIO DE LA CIUDAD DE MASAYA | 38 |
| TABLA 5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE | 39 |
| TABLA 6 DOTACIÓN AGUA PARA POBLACIÓN CONCENTRADA..... | 39 |
| TABLA 7 COEFICIENTE DE ELASTICIDAD DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA | 46 |
| TABLA 8 CENSO 2004 MASAYA | 53 |
| TABLA 9 CENSO 2020 MASAYA | 54 |
| TABLA 10 POBLACIÓN PARA EL PERIODO DE DISEÑO | 54 |
| TABLA 11 PROYECCIÓN POBLACIONAL..... | 55 |
| TABLA 12 DEMANDAS CAUDALES PARA DISEÑO..... | 59 |
| TABLA 13 MODELACIÓN CMH = 40.37 L/S | 61 |
| TABLA 14 MODELACIÓN CMD = 25.42 L/S | 64 |
| TABLA 15 MODELACIÓN C0, CMD = 25.42 L/S | 67 |
| TABLA 16 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA..... | 70 |
| TABLA 17 NOMENCLATURA MATERIALES | 70 |
| TABLA 18 CONSUMOS AGUA POTABLE | 71 |
| TABLA 19 EQUIPO DE BOMBEO | 71 |
| TABLA 20 LONGITUD REAL DEL TRAMO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE | 73 |
| TABLA 21 LONGITUD DE LOS ACCESORIOS EN LA SARTA | 73 |
| TABLA 22 CLORACIÓN UTILIZANDO HIPOCLORITO DE SODIO 6% | 77 |
| TABLA 23 RESULTADOS DE LA CLORACIÓN | 78 |
| TABLA 24 ACCESORIOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE | 78 |
| TABLA 25 TUBERÍA APLICADA EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE | 79 |
| TABLA 26 VÁLVULAS DENTRO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE | 79 |
| TABLA 27 COSTO TOTAL POR ACCESORIOS SISTEMA DE SALIDA POZO HACIA RED | 80 |
| TABLA 28 COORDENADAS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 7 COMUNIDADES | 95 |
| TABLA 29 CONSUMO MÁXIMO DÍA | 98 |
| TABLA 30 CONSUMO MÁXIMA HORA | 102 |
| TABLA 31 CONSUMO CERO..... | 106 |

Índice de ecuaciones

| | |
|---|-----------|
| ECUACIÓN 1, POBLACIÓN PROYECTADA | 38 |
| ECUACIÓN 2, CONSUMO DOMESTICO..... | 40 |
| ECUACIÓN 3, CONSUMO PROMEDIO DIARIO | 40 |
| ECUACIÓN 4, CONSUMO MÁXIMO DÍA..... | 40 |
| ECUACIÓN 5, CONSUMO MÁXIMO HORA..... | 40 |
| ECUACIÓN 6, CAUDAL DE DISEÑO | 42 |
| ECUACIÓN 7, DIÁMETRO DE TUBERÍA | 42 |
| ECUACIÓN 8, VELOCIDAD DE DESCARGA EN LA TUBERÍA | 42 |
| ECUACIÓN 9, RANGO DE VELOCIDAD DE DESCARGA TUBERÍA..... | 43 |
| ECUACIÓN 10, LONGITUD REAL DEL TRAMO DE LA RED..... | 43 |
| ECUACIÓN 11, LONGITUD DE COLUMNA POZO | 43 |
| ECUACIÓN 12, PÉRDIDAS FRICCIÓN DE LA COLUMNA DENTRO DEL POZO | 43 |
| ECUACIÓN 13, PÉRDIDAS POR DESCARGA | 43 |
| ECUACIÓN 14, CARGA ESTÁTICA | 44 |
| ECUACIÓN 15, CARGA TOTAL DINÁMICA..... | 44 |
| ECUACIÓN 16, NIVEL DE LA BOMBA..... | 44 |
| ECUACIÓN 17, CAUDAL DE BOMBEO | 44 |
| ECUACIÓN 18, POTENCIA DE BOMBA | 45 |
| ECUACIÓN 19, POTENCIA DEL MOTOR..... | 46 |
| ECUACIÓN 20, CELERIDAD..... | 46 |
| ECUACIÓN 21, GOLPE DE ARIETE | 47 |
| ECUACIÓN 22, SOBREPRESIÓN | 48 |
| ECUACIÓN 23, TASA DE CRECIMIENTO..... | 54 |
| ECUACIÓN 24, CAUDAL UNITARIO | 60 |
| ECUACIÓN 25, CAUDAL POR NODO | 60 |

Índice de figuras

| | | |
|------------------|--|-----|
| FIGURA 1 | VISTA SATELITAL UBICACIÓN DEL PROYECTO, DEPARTAMENTO DE MASAYA | 7 |
| FIGURA 2 | MAPA FÍSICO DEL DEPARTAMENTO DE MASAYA | 8 |
| FIGURA 3 | SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE MASAYA ; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. | |
| FIGURA 4 | SUELO DE LA CIUDAD MASAYA..... | 12 |
| FIGURA 5 | ZONIFICACIÓN TOPOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO DE MASAYA | 13 |
| FIGURA 6 | PRECIPITACIÓN DE LA CIUDAD MASAYA | 15 |
| FIGURA 7 | CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN PERIODO DE DISEÑO | 56 |
| FIGURA 8 | PERFIL HIDRÁULICO DEL POZO SABOGALES | 85 |
| FIGURA 9 | CERTIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA..... | 86 |
| FIGURA 10 | CERTIFICADO DE CALIDAD DEL AGUA..... | 87 |
| FIGURA 11 | CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA | 88 |
| FIGURA 12 | PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO SABOGALES | 89 |
| FIGURA 13 | DATOS DEL CAUDAL | 90 |
| FIGURA 14 | PLANO GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 91 |
| FIGURA 15 | PLANO POZO Y SARTA DE ACCESORIOS, CASETA..... | 92 |
| FIGURA 16 | PLANO DE CURVA DE NIVEL DEL SISTEMA | 93 |
| FIGURA 17 | PLANO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO GPSMAP 62 GARMIN | 94 |
| FIGURA 18 | MODELACIÓN EN EPANET CMD | 97 |
| FIGURA 19 | MODELACIÓN EN EPANET CMH | 101 |
| FIGURA 20 | MODELACIÓN EPANET CONSUMO CERO | 105 |

Índice de fotos

| | |
|--|------------|
| FOTO 1, TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA | 109 |
| FOTO 2, TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA | 109 |
| FOTO 3, POZO EXISTENTE | 110 |
| FOTO 4, GPSMAP 62 GARMIN..... | 110 |

Capítulo I: Generalidades

1.1. Introducción

El abastecimiento de agua potable constituye un peldaño importante en el desarrollo de las regiones o países y de las poblaciones que habitan en los mismos. Un sistema de agua potable correctamente diseñado conlleva consecuencias positivas en la calidad de vida de las personas que tienen acceso a este servicio.

Las comunidades de Silvio Reñazco, Camilo Ortega 2da Etapa, Monte Fresco, Un Galón para Masaya, 11 de Septiembre, sector El Rinconcito y Villa Betania están situados en el departamento de Masaya, ubicados a 29 km de la ciudad de Managua. En estas comunidades el consumo de agua potable ha sido poco frecuente debido a la falta de presión en las tuberías existentes, solo cuentan con un pozo que se rehabilitó para poder suplir las necesidades de la población.

Con la ejecución de este proyecto se pretende contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de dichas comunidades en Masaya, al disponer de una mejor continuidad del consumo de agua potable.

En el presente trabajo monográfico, se plantea la posibilidad de realizar una propuesta para dar solución al problema de abastecimiento de agua potable a través de un diseño que mejorará el sistema de agua potable existente. A lo largo de este documento, se ofrece una guía que detalla la metodología y las actividades empleadas en el proceso de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

1.2. Antecedentes

Estas comunidades en estudio desde el año del 2014 han recibido el consumo de agua potable por medio de unos pozos existentes (pozo Quebrada Onda y Villa Bosco Monge) que le suministraban el vital líquido mediante una línea de distribución, para poder recibir el beneficio del agua potable en sus hogares.

Dado el crecimiento poblacional en dichas comunidades se planteó en el año 2016 rehabilitar el pozo los Sabogales, para beneficiar a estas comunidades, ya que en la actualidad se abastecen de forma poco continua, los elementos que componen el sistema existente están fuera del rango de su vida útil, es por esto que la situación actual que viven los pobladores de estas comunidades es crítica desde años atrás, estos componentes debido al tiempo de operación que han brindado ya han comenzaron a presentar faltas de presiones en el sistema y pérdidas en la tubería.

Otro dato a valorar en estas comunidades es el aumento exponencial en el consumo de agua, según información obtenida por ENACAL, Alcaldía y MINSA de Masaya el crecimiento de población a provoca la falta del vital líquido por la alta demanda.

1.3. Planteamiento del problema

¿De qué manera esta propuesta viene a mejorar la calidad de vida de los habitantes de estas siete comunidades en Masaya?

Argumentación:

Las comunidades en estudio actualmente son abastecidas por un pozo cercano (pozo de Sabogales) el cual no cumple con las demandas de la población, debido a la capacidad de bombeo de la bomba la cual tiene una distribución de caudal inferior a la demanda de la población, todo esto debido a fugas en la red de distribución y pérdidas de presión en algunos tramos. El pozo de Sabogales trabaja a media marcha, ya que sus componentes: sarta de succión y descarga, se encuentran pasados de sus vida útil, es por esto que se plantea el diseño del sistema de agua potable para abastecer del vital líquido a las siete comunidades en estudio, el cual consta de varios componentes como son accesorios, proponer bomba nueva que tenga los hp adecuados para suplir la demanda y construir una red nueva para el suministro del vital líquido, todo esto en pro del bienestar de estas comunidades.

Esto se pretende para dar solución a la problemática que actualmente presenta estas siete comunidades, ya que la falta de agua igualmente incide en la proliferación de enfermedades al no contar con el volumen necesario para la higiene personal, limpieza de la casa y preparación de alimentos. Se presentan comúnmente enfermedades diarreicas como consecuencia del consumo de agua de poca calidad.

1.4. Justificación

La presente investigación monográfica pretende mejorar el abastecimiento de agua potable, a través de: un diseño que reúna todas las condiciones necesarias de abastecer del vital líquido a la población a ser beneficiada; para esto se realizan cálculos de la estación de bombeo, red de succión y distribución, con el fin de brindar una mejor cobertura del vital líquido a la población, con calidad y cantidad de agua de acuerdo con la demanda.

Debido a los problemas que aquejan a estas siete comunidades que sufren por la falta de agua potable las 24 horas, se considera importante realizar un diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, y así diferentes familias podrán gozar del consumo de agua sin restricción alguna, mejorando su calidad de vida.

Con este trabajo monográfico, se pretende dar una solución a la problemática que actualmente presentan estas siete comunidades, ya que según la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL), se debe plantear una propuesta viable del abastecimiento de agua, para dar una respuesta.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, pozo-red, para 7 comunidades, Camilo Ortega 2da etapa, Silvio Reñazco, Villa Betania, Monte Fresco, Un Galón para Masaya, 11 de Septiembre y sector El Rinconcito, ubicado en la ciudad de Masaya.

1.5.2. Objetivos específicos

- Llevar a cabo un diagnóstico que permita conocer la situación actual de las 7 comunidades.
- Realizar el levantamiento topográfico del área del proyecto.
- Determinar la proyección de la población y la demanda de agua, basados en los datos poblacionales.
- Diseñar cada uno de los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Modelar la red utilizando el software EPANET.
- Elaborar los planos del sistema Abastecimiento de agua potable.
- Elaborar el presupuesto de las obras presupuestadas.

1.6. Alcances

En esta propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las siete comunidades, se pretende incluir todos los componentes que vendrán a integrar el proyecto, incluyendo, memoria de cálculos, planos constructivos, modelación en EPANET y un estimado del presupuesto del mismo. Esto con la finalidad de que la información que se presenta en este documento represente una alternativa integral y factible para mejorar las condiciones de abastecimiento de agua de las comunidades a ser beneficiadas.

Capítulo II: Generalidades del área de estudio

El presente diseño de abastecimiento de agua potable se realiza en el casco urbano de la ciudad de Masaya, con el motivo de rehabilitar un pozo y así beneficiar a un grupo de comunidades que carecen de este vital líquido.

2.1. Ubicación del proyecto

2.1.1. Macro localización

Estas 7 comunidades beneficiadas se encuentran localizadas en el departamento de Masaya, ubicado a 29 km de la ciudad de Managua, estas comunidades limitan al sur con carretera hacia Catarina, al norte con la Rotonda las Flores, al este con la Laguna de Apoyo y al oeste con el barrio Monimbo. Geográficamente estas 7 comunidades están ubicadas a 4.3 km al sur de la rotonda San Jerónimo de la ciudad de Masaya (Figura 1).

Figura 1

Vista satelital ubicación del proyecto, departamento de Masaya

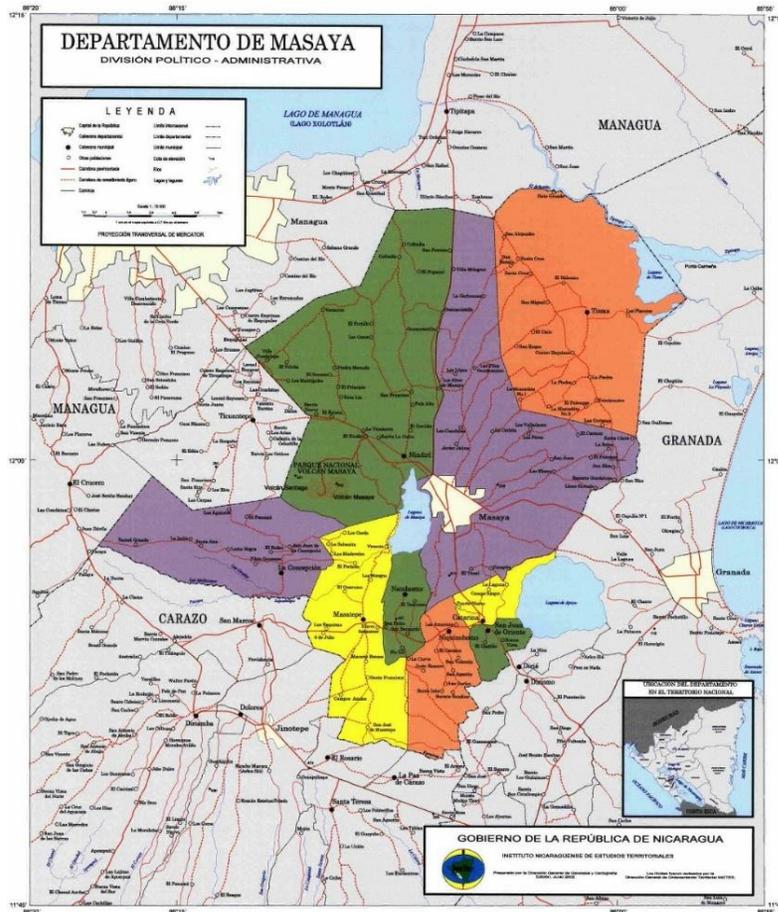


Fuente: Google Earth.

El departamento de Masaya está localizado entre las coordenadas kilométricas 11°58' de latitud norte y 86° 05' de longitud oeste, cartográficamente presenta una altitud de 242 msnm, sus límites municipales son:

- Al norte con los municipios de Nindirí y Tisma.
- Al sur con los municipios de Catarina y Niquinohomo.
- Al este con el municipio de Granada.
- Al oeste con el municipio de Nandasmo La Concepción.

Figura 2
Mapa físico del departamento de Masaya



Fuente: (INETER, Mapa del departamento de Masaya)

2.1.2. Micro localización

Las comunidades beneficiadas por este trabajo monográfico se encuentran en el área urbana del departamento de Masaya. El pozo Sabogales, objeto de mejora a través de este nuevo diseño, se encuentra a una distancia aproximada de 400 metros con respecto a estas comunidades. Actualmente, este pozo opera a capacidad reducida debido a la falta de bombeo por parte de la bomba. Con base en las pruebas de bombeo realizadas por ENACAL, se ha determinado que el pozo tiene la capacidad adecuada para satisfacer la demanda proyectada en los años venideros (consultar la figura 19 y 20 en los anexos). A continuación, se presenta un mapa que ilustra la ubicación del área del proyecto, así como la disposición de las comunidades y el pozo de Sabogales.

Figura 3

Comunidades urbanas de la ciudad de Masaya



Fuente: Google Earth.

2.2. Datos básicos

2.2.1. Extensión territorial

El territorio del departamento de Masaya consta con un total de 590 km².

2.2.2. Población

Según las características de la ciudad de Masaya, esta se divide en dos sectores, el urbano con 87 barrios urbanos y 30 comunidades rurales.

2.2.3. División territorial

La ciudad de Masaya está compuesta por 30 comunidades rurales y 87 comunidades urbanas, este dato fue extraído del plan maestro de Masaya.

2.2.4. Aspectos socioeconómicos

2.2.4.1. Población y densidad poblacional

La población de Masaya está compuesta por 403,417 habitantes con una densidad poblacional de 661 hab/km², caracterizada por una población mayoritariamente urbana constituyendo el 60% del total. (SILAIS, Datos estadísticos departamento de Masaya)

2.2.4.2. Vivienda

Conforme a la información suministrada por el MINSA (Ministerio de Salud), estas 7 comunidades cuentan con 809 viviendas de las cuales se censaron a 713 habitantes, de los cuales el 61% son mujeres y el 39% hombres. El rango de edad esta entre los 15 y los 58 años.

2.2.4.3. Principales actividades económicas

La principal actividad económica en el sector terciario como es: comercio formal, informal y servicio.

Seguido por la industria manufacturera, empresas como: TECALSA, MEBASA, INCASA y 4 zonas francas.

También las pequeñas industrias artesanales, ya que ellas ocupan un lugar importante dentro de las actividades económicas del municipio, sobresaliendo la elaboración de cerámicas, juguetes, sombreros de palma y cabuya, bordados, variedad de cuero y calzados, muebles de madera, etc.

La actividad económica agrícola ocupa aproximadamente 6,000 manzanas cultivadas principalmente por frijol, maíz, maní y yuca. Así mismo la actividad ganadera es significativa, cuya producción de carne y leche es utilizada tanto para consumo local como para comercialización, esta actividad tiene mayor presencia en el sector rural del municipio.

2.2.4.4. Educación

Los habitantes de estas 7 comunidades viajan a escuelas cercanas para recibir la educación, como es el Instituto Héroe y Mártires de la Reforma y el Colegio Doctor Carlos Vega bolaños.

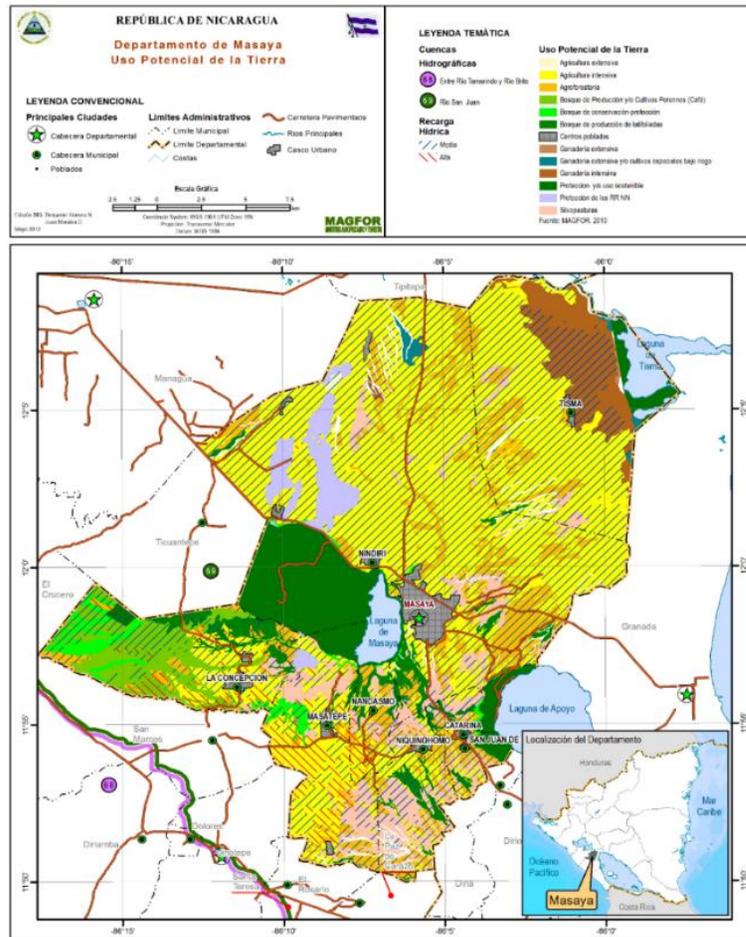
2.2.4.5. Cultura

La diversidad cultural se manifiesta a través de celebraciones y tradiciones significativas como: Semana Santa, Fiestas Patrias, San Jerónimo, Los Agüizotes, bailes tradicionales y Navidad.

2.2.4.6. Tipos y uso potencial del suelo

Los suelos del Municipio en su mayoría son de origen volcánico, piroclásticos acompañados por depósitos coluviales y suelos fósiles que forman terrenos muy vulnerables e inestables.

Figura 4
Suelo de la ciudad Masaya

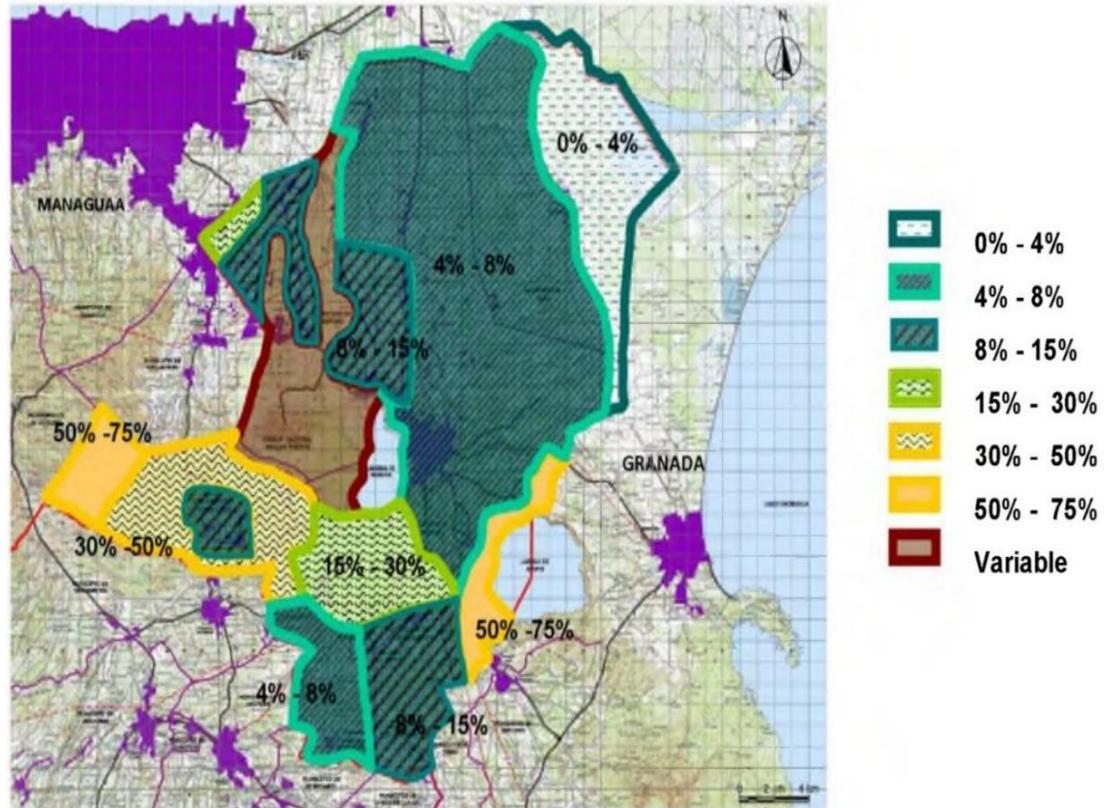


Fuente: (INIDE & MAGFOR, IV Censo Nacional Agropecuario-IV CENAGRO 2013, pág. 10)

2.2.4.7. Topografía

El departamento de Masaya en si presenta variedad en su relieve topográfico, se encuentra en el área natural de drenaje de la Laguna de Masaya y en el límite de la cuenca de la Laguna de Apoyo. La Topografía en el área urbana varía entre plana y levemente ondulada. Presenta una elevación media de 240 metros sobre el nivel del mar (msnm), sobresaliendo en los alrededores de la topografía de la ciudad los Cerros Coyotepe, La Barranca y Veracruz.

Figura 5
Zonificación topográfica del departamento de Masaya



Fuente: (MAGFOR, Dirección de Estrategias Territoriales - Proyecto de Regionalización Biofísica, 2002)

Las características topográficas del departamento se clasifican en las zonas geomorfológicas Norte, Central y Sur, las que a continuación se detallan:

Zona Norte, esta conforma por una gran parte del municipio de Tisma, esta zona presenta una amplia planicie, con rango de pendiente del 0% al 4%, Es una zona pantanosa, receptora de aguas pluviales de las zonas altas, Central y Sur, Propensa a las inundaciones debido a la cercanía con el río Tipitapa y lago Cocibolca, Es la zona más baja del departamento.

Zona Central presenta altas cordilleras, con rangos de pendiente de 4% al 15% que comprenden la mayor parte del municipio de Masaya y Nindirí. Esta zona tiene una

topografía muy variable y con fuertes elevaciones. Cubre casi la mitad del municipio de Nindirí y lo divide en dos partes, una pequeña con pendientes de entre el 8% al 15% y otra grande y alargada con pendientes del 4% y el 8%.

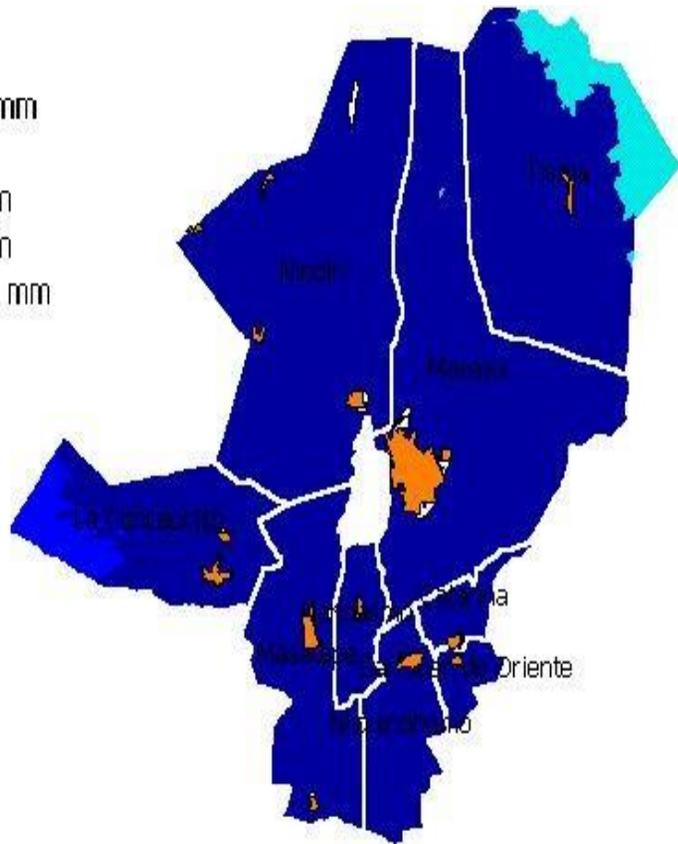
Zona Sur, está conformada por la Sierra, llamada Meseta de los Pueblos, con pendientes de 30% a 75%. Presenta un relieve ondulado, con una red de arroyos que drenan hacia la laguna de Masaya y hacia el municipio de Ticuantepe. Comprende los municipios de Masatepe, Nandasmo, Niquinohomo, San Juan de Oriente, Catarina y parte de La Concepción.

2.2.4.8. Clima

El clima de la ciudad de Masaya se clasifica como de tipo tropical de sabana. Este clima abarca elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm aproximadamente, se caracteriza por tener una estación seca de 5 a 7 meses de duración, comprendida entre los meses de noviembre a mayo. El área alrededor del casco urbano de Masaya presenta una precipitación pluvial media de 1,400 mm al año, con valores extremos de 2,214 mm y 809 mm, cuyas probabilidades de ocurrencia son del 5% y 95% respectivamente.

La precipitación promedio anual oscila entre 71 y 214 mm caracterizándose por una buena distribución durante el año. La temperatura oscila entre 26.2° a 27.3° C., lo que define el clima como bosque húmedo subtropical, que es un clima agradable y fresco.

Figura 6
Precipitación de la ciudad Masaya



Fuente: (MAGFOR, Dirección de Estrategias Territoriales, 2003)

Capítulo III. Marco teórico

3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

Consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.

Un correcto diseño del sistema de abastecimiento de agua potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población, por esta razón un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto funcionamiento.

3.2. Fuente de agua

Las dos fuentes de abastecimiento más comunes que benefician al consumo humano son: las provenientes de aguas superficiales y subterráneas, estas fuentes en su ciclo hidrológico experimentan la influencia de la geografía, clima y de actividades humanas, estas aguas se encaminan a un proceso de infiltración hacia el centro de la tierra o por medio de la evaporización conforme los rayos solares a nivel de superficie, estos dos recursos hídricos en la mayoría de casos necesitan ser sometidos a tratamientos externos para su consumo.

3.2.1. Aguas pluviales

En algunos casos cuando no se dispone de agua subterránea susceptible para ser captada económicamente en ciertas zonas rurales y/o urbanas o por motivos de restricción en el uso de agua superficial por la distancia de conducción o costo de las instalaciones, se recurre al agua de lluvia.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil, en este se obtiene agua para consumo humano y/o uso agrícola. El agua pluvial a su paso por la atmósfera arrastra polvo y

disuelve gases tales como anhídrido carbónico, oxígeno y otros que la hacen corrosiva, pero no se contamina con bacterias y parásitos.

Siendo el agua de lluvia de buena calidad no constituye una fuente de aprovechamiento constante, y por consiguiente hay que almacenarla en épocas de lluvia para tener agua disponible en épocas de sequías. El proceso de almacenarla puede sufrir contaminación, por consiguiente, hay que extremar las precauciones necesarias.

3.2.2. Aguas superficiales

Las aguas superficiales son un componente esencial del ciclo del agua en la tropósfera (donde se desarrollan todos los procesos meteorológicos y climáticos), sólo el 0,3% del agua de la tierra es dulce y se encuentra en forma de lagos, ríos, arroyos, charcas, embalses y humedales. Estas fuentes juegan un papel muy importante en el abastecimiento aguas públicas en virtud de las altas tasas de extracción que soportan normalmente.

3.2.3. Aguas subterráneas

El agua del subsuelo es uno de los recursos naturales más valiosos de la tierra, el agua que se almacena en los poros, hendidura y abertura del material rocoso del subsuelo se le conoce como agua subterránea, La palabra acuífero se utiliza para describir una formación subterránea que es capaz de almacenar y transmitir agua. La calidad y la cantidad del agua varían de un acuífero a otro y en ocasiones cambia dentro del mismo sistema. Algunos acuíferos producen millones de litros de agua al día y mantienen su nivel, mientras que otros solo producen pequeñas cantidades. En ciertas áreas es posible que los pozos se hagan perforando a cientos de metros para llegar al agua utilizable, mientras que, en otros, estos se encuentran a solo unos cuantos metros.

Un sitio puede concentrar varios acuíferos ubicados a distintas profundidades, mientras que otro puede contener poco o nada de agua. La edad del agua subterránea varía de un acuífero a otro, por ejemplo, un acuífero superficial no confinado podría contener agua de hace solo unos cuantos días, semanas o meses, en tanto que un acuífero profundo, cubierto por una o más capas impermeables, podría contener agua con cientos e incluso miles de años de antigüedad.

La velocidad de desplazamiento subterránea varía de acuerdo con el material rocoso de la formación a través de la que se mueve. Cuando el agua se infiltra hacia el manto freático, se transforma en agua subterránea y comienza a moverse lentamente en gradiente hacia abajo. El movimiento del agua corresponde a las diferencias en los niveles de energía. Las energías que hacen que el agua subterránea fluya se expresan como energía gravitacional y presión energética.

El agua se desplaza a través del subsuelo:

- Movimiento del agua a través de la grava.
- Movimiento del agua a través de la arena.
- Movimiento del agua a través de la arcilla.

3.2.3.1. Obras de captación de aguas subterráneas

Las obras de captación subterráneas son las obras civiles que ocupan equipos electromecánicos para reunir y disponer adecuadamente del agua subterránea. Dicha obra varía de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento, su localización y magnitud.

La captación subterránea se basa en extraer cantidades enormes de agua provenientes de pozos, corteza terrestre, cajas de protección, galerías filtrantes, drenos, etc.

Los pozos son estructuras hidráulicas debidamente diseñadas y construidas que permiten extraer el agua de formación acuífera, estos se clasifican a su vez en dependencia del tipo de acuífero. Los pozos artesianos o surgentes son aquellos que se abastecen de los acuíferos confinados o artesianos, el flujo en estos acuíferos se produce a través de dos estratos impermeables por lo cual está sometido a presiones mayores que la atmosférica.

Las cajas de protección son dispositivos para proteger la fuente y facilitar la toma de agua, si el afloramiento del agua ocurre en un solo punto la caja de toma tendrá dimensiones mínimas.

Las galerías filtrantes constituyen un medio para la captación del manto freático, generalmente este tipo de obras son hechas en lugares donde existe una humedad relativamente alta abriéndose una excavación trapezoidal a fin de evitar la penetración de arena en la tubería el agua captada es conducida a una caja colectora.

Los drenos representan una modalidad de captación de agua del nivel freático que aflora en varios puntos del terreno sobre todo en el fondo de los valles, los drenos son hechos de tubos provistos de orificios a través de los cuales el agua tiene libre escurrimiento.

3.3. Aspectos fisicoquímicos del agua potable

3.3.1. Parámetros de calidad del agua

El objetivo de controlar la calidad del agua es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación del sistema, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones

La fuente de agua a considerada para el proyecto, deberá ser objeto de por lo menos un análisis fisicoquímico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.

Los parámetros mínimos de control para el sector rural y urbano serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.

Análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad de las aguas vigentes: ISO 5667-3 y Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial No. 65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, "Normas de Calidad del Agua para el consumo humano". (ANA, NTON 09 007-19, pág. 19, inciso 6.4)

Tabla 1
Parámetros bacteriológicos para evaluar la calidad del agua

| Origen | Parámetros (b) | Valor recomendado | Valor máximo admisible | Observaciones |
|---|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| A - Tipo de agua de bebida | coliforme fecal | Negativo | Negativo | |
| B - Agua que entra al sistema de distribución | coliforme fecal | Negativo | Negativo | En muestras no consecutivas |
| | | Negativo | ≤4 | |

| | | | | |
|--|-----------------|----------|----------|---|
| C - Agua en el sistema de distribución detectado | coliforme fecal | Negativo | ≤ 4 | En muestras puntuales |
| | | Negativo | Negativo | No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales |

Fuente: (CAPRE, Normas de calidad del agua para consumo humano, pág. 10)

a) NMP/100 ml en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de los acueductos sin tratamiento.

En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el re-muestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales recolectadas, cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser mayor o igual al 90%.

Tabla 2*Parámetros organolépticos de calidad de agua potable*

| Parámetros | Unidades | Valor recomendado | Valor máximo admisible |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|
| Color verdadero | Mg/L (Pt - Co) | 1 | 15 |
| Turbiedad | UNT | 1 | 5 |
| Olor | Factor dilución | 0 | 2 a 10°C |
| | | | 3 a 25°C |

*Fuente: (CAPRE, Normas de calidad del agua para consumo humano, pág. 10)***Tabla 3***Parámetros fisicoquímicos de calidad de agua potable*

| Parámetros | Unidades | Valor recomendado | Valor máximo admisible |
|--------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Sabor | Factor dilución | 0 | 2 a 12°C |
| | | | 3 a 25°C |
| Temperatura | °C | 18 a 30 | |
| Iones de hidrogeno | Valor pH | 6.5 8.5 (a) | |
| Cloro residual | mg/l | 0.5 a 1.0 (b) | (C) |
| Cloruros | mg/l | 25 | 250 |
| Conductividad | us/cm | 400 | |
| Dureza | mg/l CaCO ₃ | 400 | |
| Sulfato | mg/l | 25 | 250 |
| Aluminio | mg/l | | 0.2 |

| | | | |
|--------------------|------------------------|-------|-----------|
| Calcio | mg/l CaCO ₃ | 100 | |
| Cobre | mg/l | 1 | 2 |
| Magnesio | mg/l CaCO ₃ | 30 | 50 |
| Sodio | mg/l | 25 | 200 |
| Potasio | mg/l | | 10 |
| sol. Tot disueltos | mg/l | | 1000 |
| Zinc | mg/l | | 3 |
| Arsénico | mg/l | 0.01 | Arsénico |
| Cadmio | mg/l | 0.05 | Cadmio |
| Cianuro | mg/l | 0.05 | Cianuro |
| Cromo | mg/l | 0.05 | Cromo |
| Mercurio | mg/l | 0.001 | Mercurio |
| Níquel | mg/l | 0.05 | Níquel |
| Plomo | mg/l | 0.01 | Plomo |
| Antimonio | mg/l | 0.05 | Antimonio |
| Selenio | mg/l | 0.01 | Selenio |

Fuente: (CAPRE, Normas de calidad del agua para consumo humano, pág. 11)

Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.

Cloro residual libre.

5 mg/l en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

3.3.2. Características de campo

Se llaman físicas porque se pueden detectar con los sentidos, lo cual implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Las cinco características físicas del agua son:

- Turbiedad
- Olor y sabor
- Color
- Temperatura
- Conductividad

3.3.3. Características fisicoquímicas

Existe la posibilidad de que una inmensa cantidad de elementos y compuestos estén presentes en el agua, sin embargo, la mayoría de estos no tienen mucho significado y es por eso que se consideran algunos de ellos:

- Potencial Hidrógeno (pH)
- Alcalinidad
- Dureza
- Hierro
- Cloruros
- Sulfatos
- Fluoruros
- Nitratos
- Nitritos

- Calcio
- Aluminio
- Magnesio

3.3.4. Aspectos bacteriológicos

En el agua viven de modo natural multitud de organismos. Lo que se intenta en las aguas de consumo público es la eliminación de aquellos microorganismos que puedan ser perjudiciales para la salud, los llamados microorganismos patógenos. Por otro lado, hay también muchos organismos que sirven como índice de calidad del estado del agua. Las bacterias tienen en el agua una vía perfecta de transmisión y, por lo tanto, se han utilizado como indicadores ideales de contaminación. El parámetro más importante de la calidad del agua potable son las características bacteriológicas (bacterias y virus). El agua se examina para descubrir la presencia de un tipo específico de bacterias (coliformes fecales) que se originan en un gran número de excretas, animal y humana, cuya presencia en el agua es indicativa de contaminación fecal.

- Bacterias Coliformes
- Streptococos Fecales
- Actinomiceto

3.4. Levantamiento topográfico

Es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota.

Existen dos métodos:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

3.5. Estudio socioeconómico

Un estudio socioeconómico, es un documento que nos permite conocer el entorno económico y social de una persona o familiar en particular, se trata de una investigación con la intención de conocer aspectos propios de las personas a encuestar, tales como su situación económica actual, su forma de vida, su entorno familiar y social.

3.6. Población a beneficiar

La población por beneficiar es el parámetro básico, para dimensionar todos los elementos que constituyen el sistema, en dependencia de las características de la población en estudio y su crecimiento.

3.7. Dotación

Se analiza la cantidad de agua que requiere consumir por habitante al día para su beneficio o para satisfacer sus necesidades, la dotación se medirá mediante el consumo promedio diario entre la población proyectada.

3.8. Demanda

Este factor es aplicable dependiendo la zona donde se realiza el diseño del proyecto, ya que dependiendo de esto se aplican diferentes parámetros, ya que en ellos está contenido para demanda de máximo día y demanda de máxima hora.

La demanda es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas. La demanda es función de factores como: clase socioeconómica, porcentaje de población de cada estrato socioeconómico, tamaño de la población, clima, existencia de alcantarillado sanitario, tipo de abastecimiento, calidad del agua y costo del agua. Para efectos de diseño es importante determinar la demanda proyectada que es la que rige el dimensionamiento de los elementos del sistema.

3.9. Consumo

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día. El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se suele subdividir según la clase socioeconómica de la población. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos.

3.10. Bombas

Un equipo de bombeo es un transformador de energía que recibe energía mecánica la cual puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido la convierte en forma de presión, de posición o de velocidad.

La finalidad de una bomba como componente de un sistema de agua potable es cambiar la posición de un cierto fluido.

3.11. Línea de conducción

Es el conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y accesorios cuyo objetivo es transportar el agua, procedente de la fuente de abastecimiento, a partir de la obra de

captación, hasta el sitio donde se localiza el tanque de regularización, planta potabilizadora o directamente a la red de distribución. Esta conducción, se puede efectuar de dos maneras, dependiendo de la ubicación de la fuente de abastecimiento con respecto a las obras de regularización.

Si la fuente de abastecimiento se encuentra en un nivel topográfico arriba del tanque de almacenamiento, la conducción se realiza por gravedad, ya sea trabajando como canal (sin presión), o como tubo (a presión), siendo este último el más común en las obras de abastecimiento de agua potable.

Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico abajo del tanque de regularización, la conducción se realiza por bombeo.

3.11.1 Tipos de conducción

3.11.1.1. Conducción por bombeo

Es necesaria cuando se requiere adicionar energía para obtener el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

3.11.1.2. Conducción por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.

3.11.1.3. Conducción por bombeo-gravedad

Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regularización, conviene analizar

la colocación de un tanque intermedio en ese lugar. La instalación de dicho tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad o bien viceversa.

3.12. Red de distribución

Es el conjunto de instalaciones que sirven para transportar agua desde un punto a otro hasta hacer llegar a la población en condiciones que satisfagan sus necesidades. Este grado de satisfacción tiene un elevadísimo número de componentes, entre los que podemos destacar la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio.

La red de distribución es la parte de la red que conduce el agua a todos los puntos donde se requiere el servicio. Se diseña para satisfacer los requerimientos máximos de agua que pueden ser de tipo doméstico, comercial, industrial y público. La red de distribución deberá satisfacer el régimen variable de demandas de agua con las presiones máximas y mínimas adecuadas en cualquier momento. Las partes que integran la red de distribución son: la línea de alimentación, la red primaria y la red secundaria, que finalmente culmina con las conexiones domiciliarias.

La red de distribución cumple con varias funciones como la de suministrar agua de forma segura y continua.

3.13. Parámetros de diseño

Se utilizaron los parámetros de diseño como una guía para efectuar el cumplimiento de las Normas establecidas por ANA, los cuales serán empleados en la concepción de los diferentes elementos que componen el sistema de abastecimiento.

Los parámetros de diseño están compuestos de varios elementos contemplados a considerar en este estudio investigativo, entre ellos: dotación por persona, periodo de diseño y

población proyectada, también se consideran factores específicos como: coeficientes de rugosidad, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías. A continuación, se describe cada uno de los factores. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 46, inciso 6.9.1.1.)

3.13.1. Proyección de población

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el sistema es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para una comunidad. Con el fin de estimar la población proyectada es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado, presente y futuro.

Métodos de proyección de la población:

- Método Aritmético.
- Método geométrico.

3.13.2. Período de diseño

Se denomina periodo de diseño al número de años que tendrá la vida útil del proyecto, bajo el supuesto que durante ese periodo se proporciona un servicio suficiente y eficiente en un cien por ciento, sin incurrir costos innecesarios.

3.13.3. Velocidades permisibles en la tubería

Los valores que se aplicados en referencia a la de velocidad del flujo en los conductos o tubería de la línea de distribución están en un rango permisible para evitar erosión interna o sedimentación en la línea.

Los valores permisibles son los siguientes: (ANA, NTON 09 007-19, pág. 47, inciso a)

- Velocidad mínima = 0.6 m/s.
- Velocidad máxima = 5.0 m/s.

3.13.4. Presiones mínimas y máximas

Para este análisis se acoplo a las presiones adecuadas que cumplan con el rango permisible según la norma, estos rangos varían de la siguiente manera:

- Red principal de los sistemas urbanos
Presión Mínima: 14.0 metros
Presión Máxima: 50.0 metros
- Puntos muy aislados o con topografía irregular
Presión Máxima: 70.0 metros

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 47, inciso b)

3.13.5. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser de 2” pulgadas siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima. En zonas rurales donde se determine que no habrá crecimiento poblacional, podrá usarse el diámetro mínimo de 1 ½” pulgadas. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 47, inciso c)

3.13.6. Cobertura sobre tuberías

Para esta etapa de recubrimiento de tubería en la línea de distribución toma como referencia lo establecido por la norma de ANA, en ella se plantea lo que para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías y en los casos que se requiera que la tubería quede a menor profundidad se debe justificar la protección de la misma. En andenes esta cobertura mínima será 0.70 m sobre la corona del tubo. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 47, inciso d)

3.13.7. Resistencia de las tuberías

Las tuberías deberán resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 47, inciso e)

3.13.8. Pérdidas en el sistema

Para este Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable considera las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, dado que la cantidad total de agua pérdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario, esto debido a pequeñas filtraciones en los accesorios, uniones de tuberías de la línea de distribución, conducción, almacenamiento del tanque, todo esto en concepto de pérdida deberá estar un rango de 15 a 20 % del CPD. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 19, inciso 6.3)

3.13.9. Accesorios de la red de distribución

3.13.9.1. Válvulas de aire

Son dispositivos que se instalan para controlar de forma automática la presencia de aire en las conducciones, sirve para sacar el aire atrapado en las tuberías, son colocados en las partes altas de la línea de conducción.

3.13.9.2. Válvulas de alivio

También llamadas válvulas de alivio de presión o válvulas de seguridad, están diseñadas para aliviar la presión cuando un fluido supera la presión de tarado o consigna (presión a la cual abre la válvula). Su misión es evitar la explosión del sistema protegido o el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.

3.13.9.3. Válvulas de pase

Una válvula de pase es un sistema mecánico gracias al cual se puede regular el flujo de líquidos y gases que circulan a través de una tubería. El proceso se efectúa mediante una pieza que tapa de forma parcial o completa el orificio de la cañería.

3.13.9.4. Válvulas de limpieza

Estos dispositivos que permitirán las descargas de los sedimentos acumulados en las redes deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

3.13.9.5. Localización de hidrantes

Los hidrantes son piezas especiales que deberán localizarse preferentemente en las líneas matrices de las redes de distribución. Tomando en cuenta su función específica, se fija su capacidad en función a la naturaleza de las áreas a las que se debe prestar protección.

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 51, inciso 6.9.1.4.2)

3.14. Conexiones domiciliarias

El diámetro mínimo de cada conexión domiciliar será de 1/2" (12.5mm) pulgada.

En toda conexión domiciliar debe instalarse un medidor de flujo de agua, válvula, caja protectora y una llave de chorro en caso de considerar conexión de patio.

Cada puesto público debe tener 1 o 2 grifos de 1/2" (12.5mm) pulgada de diámetro y debe contar con medidor de flujo y válvula de pase.

Debe construirse en terreno público o comunal.

Debe cercarse en un área mínima de 3 m x 3 m de tal forma que garantice su fácil acceso y protección. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 52, inciso 6.9.1.4.3.)

3.15. Presupuesto de obras propuestas

Se realiza un listado general del costo de los elementos que componen el sistema de agua potable basándonos en un desglose de precios unitarios facilitado por ENACAL, ahí se explica detalladamente la cantidad en dólares de cada actividad ya sea general o puntual.

En este desglose se verifica el precio de estos accesorios (válvulas, codos, reductores, tubería, bomba) y costos de las obras civiles, donde se incluye, mano de obra, maquinaria, acarreo de materiales, desalojo.

3.16. EPANET

Este software permite analizar (diámetros de tubería, pérdidas, flujo en los nodos, comportamiento de las redes, etc.) el sistema de agua potable de una manera súper eficiente, para plantear los cambios que debe tener el nuevo sistema para poder obtener una funcionalidad para beneficio de las personas que habitan estas 7 comunidades.

Capítulo IV. Diseño metodológico

Los criterios de diseño utilizados en el presente trabajo monográfico son los establecidos por Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de las normas técnicas para el diseño de sistemas de abastecimiento agua potable (NTON 09 007-19)

4.1. Estudio socioeconómico

Para obtener los resultados del proyecto, se llevó a cabo un análisis socioeconómico que posibilitó la comprensión de las necesidades fundamentales y el estado actual de la población en las comunidades, con este propósito, se elaboró una encuesta socioeconómica en la que se examinaron los siguientes elementos:

- Información de la población.
- Estado de la vivienda.
- Situación económica actual.
- Datos de saneamiento e higiene.
- Suministro de agua potable.
- Acceso a la salud.

4.1.1. Censo poblacional

Con el objetivo de conocer la cantidad de habitantes por casa y comunidades, para determinar la demanda actual de agua, se toma como referencia o base, censo poblacional de las comunidades de Masaya, (Camilo Ortega 2da etapa, Silvio Reñazco, Villa Betania, Monte Fresco, un Galón para Masaya, 11 de Septiembre y sector El Rinconcito).

Cabe mencionar que, a través de ENACAL, se obtendrá este censo poblacional, el cual fue realizado a en el año 2020 y mediante el plan maestro de Masaya se obtendrá el censo poblacional del 2004, el cual servirá para realizar el cálculo de la proyección proyectada.

4.2. Levantamiento topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico de las comunidades antes mencionadas, por medio de GPS map 62 (GARMIN), ya que no se cuenta con un teodolito o estación total, este levantamiento servirá para definir las elevaciones del eje central de los caminos, calles, ubicaciones de accesorios, válvulas y otros componentes del sistema con el fin de elaborar planos detallado del sistema de agua potable.

4.3. Identificación de fuente de abastecimiento de agua potable

La fuente de abastecimiento se encuentra en el predio de Los Sabogales, en la ciudad de Masaya, con las siguientes coordenadas UTM: este (599870.125), norte (1322648.125), y una elevación de 305.47 metros sobre el nivel del mar.

Este pozo de Los Sabogales fue perforado y construido en el año 2016, presenta una profundidad de 1,000 pies y se utilizó un método de perforación rotativa, el diámetro de perforación es de 18 pulgadas, mientras que el diámetro del ademe es de 12 pulgadas, se instalaron rejillas ranuradas de tipo Johnson de 12 pulgadas de acero inoxidable, comenzando desde una profundidad de 450 pies.

Además, se incorporó una tubería ciega de acero al carbono de 12 pulgadas de diámetro con un espesor de 0.25 pulgadas, para el sello del anillo del mortero, se utilizó material de gravilla de 1/4 a 1/2 pulgadas de diámetro, con un cierre realizado a 394 pies de profundidad. Actualmente, este pozo suministra agua a una población de 4,854 habitantes, distribuidas en 7 comunidades.

4.4. Análisis fisicoquímico y microbiológicos.

El análisis fisicoquímico y microbiológico del agua es un estudio realizado por un laboratorio acreditado (UNI Piensa) que determina la salubridad y calidad del agua en base a unos criterios de referencia.

Para establecer la potabilidad del agua se realizan ensayos anuales y obligatorios que determinan el color, olor, turbiedad, pH, residuo fijo, conductividad, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, sulfato, nitrato, nitrito, amonio, cloro residual y oxidabilidad

Los elementos para determinar en el análisis fisicoquímico del agua incluyen la turbiedad, color, olor, pH, amoníaco, cloruro, dureza total, fluoruro y nitrato

4.5. Población de diseño

La población de diseño es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable, realizando un análisis de censos nacionales y locales para determinar la tasa de crecimiento a utilizar para el cálculo de la población de diseño. Cuando no se dispongan de registros poblacionales oficiales debe efectuarse un censo poblacional.

4.5.1. Método geométrico

Para el cálculo de la proyección de población, se aplica el método de proyección geométrico, este método permite según la norma técnica NTON 09-007-19 calcular la proyección al año n.

El método geométrico se aplica a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija.

La tasa de crecimiento a aplicar debe ser sustentada sobre la base de estudios demográficos precedentes y censo actualizado de la localidad en estudio.

En ningún caso será menor que 2,5%.

$$P_n = P_o(1 + r)^n$$

Ecuación 1, Población proyectada

Proyección de población = población de diseño

Dónde:

P_n = Población proyectada al año “n” (hab.)

P_o = Población al inicio del periodo de diseño

n = Intervalo de tiempo años

r = Tasa de crecimiento anual (dotación decimal)

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 12, inciso 6.1.2.)

Tabla 4

Población actual de las 7 comunidades en estudio de la ciudad de Masaya

| Año | Población total | Tasa crecimiento |
|------------|------------------------|-------------------------|
| 2004 | 3,300 Hab | 2% |
| 2020 | 4,620 Hab | 2% |
| 2022 | 4,854 Hab | 2.5% |
| 2042 | 7,954 Hab | 2.5% |

Fuente: Elaboración propia

4.6. Periodo de diseño

El periodo de diseño se definirá en base a un intervalo tiempo futuro de 20 años, tiempo estimado de proyección (2022-2042). (ANA, NTON 09 007-19, pág. 20, tabla 6)

En los proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema con los siguientes propósitos:

- Determinar los periodos en que satisfacen las demandas de la población.

- Qué elementos del sistema deberán diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben considerarse para incorporar los nuevos componentes del sistema.

A continuación, se indican los periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema abastecimiento de agua potable.

Tabla 5

Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

| Tipos de Componentes | Período de diseño años |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Presas, Diques | 50 |
| Pozos excavados | 10 |
| Equipos de Bombeo | 10 |
| Pozos perforados | 20 |
| Plantas de potabilización | 10 |
| Captación de agua de lluvia | 10 |
| Desarenador | 20 |
| Línea de conducción | 20 |
| Tanques de almacenamiento | 20 |
| Red de distribución | 20 |

Fuente: (ANA, NTON 09 007-19, pág. 20, tabla 6)

4.7. Dotación de agua para las 7 comunidades a ser beneficiada

El valor de dotación se aplica de acuerdo con la cantidad de habitantes, su unidad de medida es lppd. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 14, tabla 2)

Tabla 6

Dotación agua para población concentrada

| Rango poblacional | Lppd |
|--------------------------|---------------------------|
| 0-5,000 | 130 |
| 5,001-10,000 | 140 |
| 10,001-15,000 | 150 |
| 15,001-20,000 | 160 |
| Mas de 20,000 | $7,708 \ln (Pd) + 83,838$ |

Fuente: (ANA, NTON 09 07-19, pág. 14, tabla 12)

4.8. Variaciones de consumo

4.8.1. Consumo promedio diario

El CPD es el producto de la dotación del año en estudio por la población total del mismo año, donde la dotación se define como la cantidad de agua por persona por día y es un parámetro que depende del nivel del servicio adoptado, de los factores geográficos y culturales del uso del agua. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 18, inciso 6.2.5.)

4.8.2. Consumo máximo día

El consumo máximo día para la zona del resto del país el factor de variación es de 1.5 por el CPD más las perdidas, el factor de variación para managua 1.3 por al consumo promedio diario (*CPD*) más perdidas, este consumo analiza la red de conducción de un sistema. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 19, inciso 6.2.5.)

4.8.3. Consumo máximo hora

Para la zona del resto del país el factor de variación es de 2.5 por el CPD más las perdidas, el consumo máxima hora sirve para analiza la red de distribución en el día de máximo consumo. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 18, inciso 6.2.5.)

$$CD = P_n(DOT)/86400 \quad \text{Ecuación 2, Consumo domestico}$$

$$CPD = CD + CPI + CC + CInd \quad \text{Ecuación 3, Consumo promedio diario}$$

$$CMD = [1.5(CPD)] + \{Pérdida[20\%(CPD)]\} \quad \text{Ecuación 4, Consumo máximo día}$$

$$CMH = [2.5(CPD)] + \{Pérdida[20\%(CPD)]\} \quad \text{Ecuación 5, Consumo máximo hora}$$

4.9. Estación de bombeo

El equipo de bombeo a instalar es de acuerdo con las características de la fuente:

- Se utiliza una bomba centrífuga de eje vertical con motor sumergible.
- El caudal de explotación de bombeo en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 18 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

La expresión Hazen William permite estimar las pérdidas por fricción en la tubería de descarga.

4.9.1. Elementos de una estación de bombeo

Tres componentes:

- La tubería de succión y sus accesorios (anterior a la bomba).
- La bomba (se debe disponer siempre de una bomba de reserva).
- La tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba).

Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo diseño de 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final.

4.9.2. Ubicación de estación bombeo

En el caso de la captación de agua por bombeo, la estación debe colocarse aguas arriba de cualquier descarga de aguas residuales. Se debe estudiar la disponibilidad de energía eléctrica o combustible y el acceso a las instalaciones.

4.9.3. Funciones de equipo de bombeo

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo con las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días.

4.9.4. Equipo de bombeo

En la práctica nacional, los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos menores de 10 metros de profundidad son bombas de eje horizontal, para pozos mayores de 10 m son las de turbinas de eje vertical y sumergible. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 31, inciso 6.7.5.)

4.10. Formulas del cálculo hidráulico

4.10.1. Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = CMD \quad \text{Ecuación 6, Caudal de diseño}$$

4.10.2. Diámetros y velocidad de tubería

El diámetro de la tubería de descarga será calculado a partir de la siguiente ecuación, similar a la de Bresse, pero que utiliza el caudal de diseño en lugar del caudal de bombeo:

$$D = K (Q)^n \quad \text{Ecuación 7, Diámetro de tubería}$$

Donde:

D: Diámetro en m.

Q: Caudal de diseño en m³/s.

K: 0.9 constante.

n: 0.45 factor potencial.

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 44, sección 6.8.7.)

$$V = \frac{4 (Q)}{\pi (d)^2} \quad \text{Ecuación 8, Velocidad de
descarga en la tubería}$$

Las velocidades en la descarga deberán estar entre el siguiente rango:

$$0.6 \text{ m/s} < V_{des} < 0.90 \text{ m/s}$$

Ecuación 9, Rango de velocidad de descarga tubería

4.10.3. longitud real del tramo de la red

*Long total real del tramo de la red = Long del tramo
+ Le accesorios dentro del tramo de la red
+ Le de los accesorios de la sarta.*

Ecuación 10, Longitud real del tramo de la red

4.10.4. longitud de la columna del pozo

$$L_c = NB + \text{sumergencia}$$

Ecuación 11, Longitud de columna pozo

El valor de la sumergencia se establece para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6,0 m bajo el nivel mínimo de bombeo. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 31, sección 6.7.5.)

4.10.5. Pérdidas en la columna del pozo

Las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 31, sección 6.7.5.)

$$hf_{columna} = 5\%(L_c)$$

Ecuación 12, Pérdidas fricción de la columna dentro del pozo

4.10.6. Pérdidas por descarga

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las pérdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería.

$$hf = 10.674 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{L \cdot R \cdot T \cdot R}{D^{4.87}}\right)$$

Ecuación 13, Pérdidas por descarga

Donde:

hf: Pérdida de carga en metros

L: Longitud en metros

S: Pérdida de carga en m/m

Q: CMD (m³ /seg.)

D: Diámetro en metros

C: Coeficiente de Hazen-Williams, en dependencia del tipo de tubería

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 43, sección 6.8.5.2.)

4.10.7. Carga estática

La carga estática es equivalente a resta el nivel del terreno del pozo menos el nivel más elevado dentro del sistema más la suma del nivel dinámico del agua dentro del pozo.

$$CE = (NT \text{ pozo} - N \text{ punto más elevado del sistema}) + NDA \quad \text{Ecuación 14, Carga estática}$$

4.10.8. Carga total dinámica

Es la carga total contra la cual debe operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

$$CTD = NB + CE + hf \text{ columna} + hf \text{ descarga} \quad \text{Ecuación 15, Carga total dinámica}$$

Dónde:

NB: Nivel del bombeo.

CE: Carga estática.

hf columna: Pérdidas de la columna dentro del pozo.

hf desc: Pérdidas en la descarga.

$$NB = NEA + Variación + Abatimiento \quad \text{Ecuación 16, Nivel de la bomba}$$

4.10.9. Caudal de bombeo

$$Qb = \frac{24}{T} \times CMD = GPM \quad \text{Ecuación 17, Caudal de bombeo}$$

Donde:

T: Tiempo de bombeo.

CMD: Caudal en m³/s

4.10.10. Selección del equipo

Conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye:

- Velocidad de giro (n).
- Diámetro del orificio de la bomba (d).
- Potencia (P).
- Eficiencia (N).

$$P_B = \frac{CMD (CTD)}{3960 (E)}$$

Ecuación 18, Potencia de bomba

Dónde:

P_B: Potencia de la bomba (HP)

Q: CMD (gpm)

CTD: Carga total dinámica (pie)

E: Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 75%)

4.10.10. Potencia del motor

Se tiene que considerar por norma emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia necesaria del motor en base a la potencia neta demandada por la bomba. Este factor cubre

ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$P_M = 1.15 (P_B) \quad \text{Ecuación 19, Potencia del motor}$$

Dónde:

P_B : Potencia hidráulica de la bomba (HP).

P_M : Potencia del bombeo (HP).

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 37, sección 6.7.4.)

4.10.11. Celeridad

Por medio de la ecuación de Allievi se calcula la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión, conocida como celeridad.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \left[K \left(\frac{D}{E} \right) \right]}} \quad \text{Ecuación 20, Celeridad}$$

Dónde:

C: Celeridad de la onda de presión (m/s).

D: Diámetro interno del tubo en (m).

E: Espesor de la tubería (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo para tubos plásticos o de PVC, $K = 18$

Tabla 7
Coefficiente de elasticidad del material de la tubería

| Material de la tubería | K |
|------------------------|-----|
| Acero | 0.5 |
| Hierro fundido | 1 |
| Concreto | 5 |

| | |
|-------------------|-----|
| Asbesto – cemento | 4.4 |
| Plástico | 18 |

Fuente: (Ricardo Alfredo López Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados)

4.10.12 Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica.

La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido lo cual da origen a una onda de sobrepresión.

$$G.A = \frac{CV}{G} \qquad \text{Ecuación 21, Golpe de ariete}$$

Donde:

G.A = Golpe de ariete (m)

V = Velocidad media del agua (m/s)

C = Celeridad (m/s)

G = Aceleración de las paredes (m/s²)

4.10.13. Sobrepresión

El cálculo de sobrepresión muestra el exceso de presión de forma puntual, también indica en qué momento la tubería puede ocasionar una falla, este cálculo identifica el problema en diferentes tramos de varias líneas de distribución, así como un mejor análisis del comportamiento de la línea en el sistema.

$$SP = C + CE$$

Ecuación 22, Sobrepresión

Dónde:

SP: Sobrepresión (m)

C: Celeridad (m)

CE: Carga estática (m/s)

4.11 Línea de conducción

La línea de conducción en un sistema de agua potable es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras que se encargan de transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución.

Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

- Se dimensiona para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

4.12 Válvulas y estructuras complementarias de la línea de conducción

4.12.1. Válvula de compuerta

Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o cerrada. No son adecuadas para estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco. Al inicio y al final de la línea de conducción, deberán instalarse válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.

4.12.2. Válvula de globo

El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

4.12.3. Válvulas de admisión y expulsión de aire

Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento, igualmente, para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

4.12.3. Válvulas de retención o de check

Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas. En la sarta de bombeo se debe de colocar después del equipo de bombeo y antes de la válvula de cierre y en posición horizontal.

4.12.4. Válvulas de alivio contra el golpe de ariete

En las sargas de bombeo, estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.

4.12.5. Cámara de válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas) o manuales.

Cámara de válvula de purga: Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

4.12.6. Cámara rompe-presión

Usada mayormente en mini acueductos por gravedad, la pila rompe presión sirve para aliviar las presiones que pueden ocasionar daños a las tuberías. Al existir fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En este caso se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 51, inciso 6.9.1.4.2)

4.13. Red de distribución

La red de distribución se analiza bajo la condición de consumo de máxima hora al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario, cuya alimentación proviene de la fuente, para una distribución continua.

El análisis hidráulico se efectúa en base a la expresión de Hazen - William.

El coeficiente de flujo es de 140 para tubería PVC Hazen - William.

(ANA, NTON 09-007-19, pág. 46, tabla 15)

4.13.1. Tipos de redes distribución

4.13.1.1. Redes abiertas

Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La principal desventaja de este sistema son los puntos muertos, donde se requiere instalar válvulas de limpieza.

4.13.1.2. Redes cerradas

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red elimina los puntos muertos, además de ser más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros.

4.13.2. Accesorios complementarios de la red de distribución

4.13.2.1. Válvulas de pase

Deben espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Son instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y deben ser protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

4.13.2.2. Válvulas de limpieza

Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes, deben instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

4.13.2.3. Válvula reductora de presión y cajas rompe presión

Deben diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

4.14. Tratamiento

Si la calidad del agua satisface las normas recomendadas deberá someterse a tratamiento de potabilización. Toda agua que se utiliza para consumo humano debe someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante la distribución.

La mayoría de las aguas superficiales requieren en mayor o en menor grado de algún tratamiento para cumplir con los requisitos de potabilización y en consecuencia los sistemas de agua potable poseen plantas de tratamiento (como mínimo cloración).

Desde hace décadas, el cloro ha sido uno de los desinfectantes más importantes, su uso se extiende en todo el mundo, jugando un papel esencial en el tratamiento del agua.

Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las principales propiedades residuales duraderas que previenen el crecimiento microbiano y dan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

4.15. Cloración

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente aguas libres de organismos patógenos, que evite brotes epidémicos de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química más económica y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección, el cloro en forma de hipocloritos, por su facilidad de manejo y aplicación.

La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectúa mediante el hipo clorador de carga constante o bien una bomba dosificadora.

Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

Capítulo V: Resultados del sistema

5.1. Análisis de consumo

5.1.1. Población de diseño

Las estadísticas censales utilizadas para proyectar la población de estas 7 comunidades hacia el año de diseño proceden de los datos oficiales de la alcaldía municipal de Masaya del año 2004 y del censo otorgado por Enacal 2020.

La tasa de crecimiento fue calculada, tomando como referencia la población de los años 2004 y 2020 aplicando el despeje del método geométrico, dando como resultado un crecimiento poblacional del 2% para el año 2020, se proyectó la población base para el año 2022 tomando en cuenta el censo del 2020 y la tasa de crecimiento según la norma.

La población para el periodo de diseño fue proyectada utilizando el método geométrico, para un periodo de 20 años, tomando como referencia la población base del 2022, con una tasa de crecimiento geométrica de 2.5% según la norma. (ANA, NTON 09 007-19, pág. 12, sección 6.1.2.)

Tabla 8

Censo 2004 Masaya

| Comunidades | Habitantes |
|-------------------------------------|-------------|
| Camilo Ortega 2 ^{da} Etapa | 766 |
| Silvio Reñazco | 841 |
| Villa Betania | 504 |
| Monte Fresco 1 y 2 | 914 |
| Once de Septiembre | 159 |
| Un Galón para Masaya | 72 |
| Rinconcito | 74 |
| Total | 3330 |

Fuente: (Alcaldía de Masaya, Plan maestro, 2004)

Tabla 9*Censo 2020 Masaya*

| Comunidades | Habitantes |
|-------------------------------------|-------------------|
| Camilo Ortega 2 ^{da} Etapa | 744 |
| Silvio Reñazco | 966 |
| Villa Betania | 1026 |
| Monte Fresco 1 y 2 | 588 |
| Once de Septiembre | 276 |
| Un Galón para Masaya | 300 |
| Rinconcito | 720 |
| Total | 4620 |

Fuente: (ENACAL, Informe técnico del área de estudio, 2020)**Tabla 10***Población para el periodo de diseño*

| Año | Habitantes | Fuente |
|------------|-------------------|--------------------|
| 2004 | 3,330 | Alcaldía de Masaya |
| 2020 | 4,620 | ENACAL Masaya |

Fuente: ENACAL y Alcaldía Masaya

$$r = \left[\left(\frac{Pn}{Po} \right)^{\left(\frac{1}{pn-po} \right)} - 1 \right] (100) = \%$$

Ecuación 23, Tasa de crecimiento

Donde:

r: Tasa de crecimiento

Pn: Población proyectada (hab.)

Po: Población inicial (hab.)

Pn: Periodo proyectado (año)

Po: Periodo inicial (año)

$$Pn_{2022} = Po_{2020} * (1 + r)^{(2022-2020)}$$

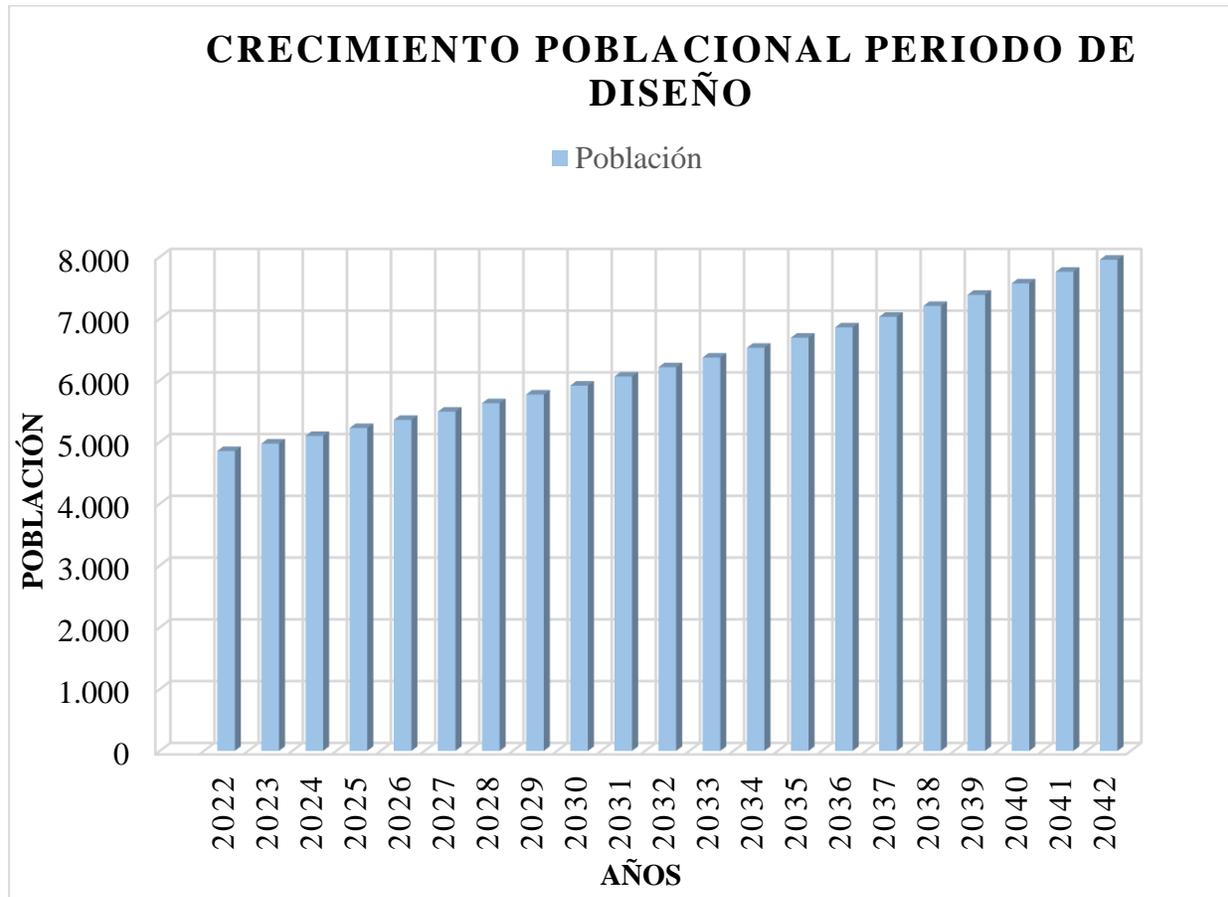
$$Pn_{2042} = Po_{2022} * (1 + r)^{(2042-2022)}$$

Tabla 11
Proyección poblacional

| Año | Población inicial | r | Población final |
|------------|--------------------------|----------|------------------------|
| 2022 | 4,854 | 2.50% | 4,854 |
| 2023 | | | 4,975 |
| 2024 | | | 5,100 |
| 2025 | | | 5,227 |
| 2026 | | | 5,358 |
| 2027 | | | 5,492 |
| 2028 | | | 5,629 |
| 2029 | | | 5,770 |
| 2030 | | | 5,914 |
| 2031 | | | 6,062 |
| 2032 | | | 6,213 |
| 2033 | | | 6,369 |
| 2034 | | | 6,528 |
| 2035 | | | 6,691 |
| 2036 | | | 6,858 |
| 2037 | | | 7,030 |
| 2038 | | | 7,206 |
| 2039 | | | 7,386 |
| 2040 | | | 7,570 |
| 2041 | | | 7,760 |
| 2042 | | | 7,954 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 7
Crecimiento de la población periodo de diseño



Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Dotación

C = 140 lppd

(ANA, NTON 09 007-19, pág. 14, tabla 2)

5.1.4. Consumo

5.1.4.1. Consumo doméstico

$$CD = \frac{Pn \text{ (Dotacion)}}{86400}$$

$$CD = \frac{7953.66 \text{ Hab (140lppd)}}{86400}$$

$$CD = 12.89 \text{ l/s}$$

5.1.4.2. Consumo comercial

$$C_c = CD (7\%)$$

$$C_c = 12.89 \text{ l/s} (0.07)$$

$$C_c = 0.90 \text{ l/s}$$

5.1.4.3. Consumo institucional

$$C_{\text{inst}} = CD (7\%)$$

$$C_{\text{inst}} = 12.89 \text{ l/s} (0.07)$$

$$C_{\text{inst}} = 0.90 \text{ l/s}$$

5.1.4.4. Consumo industrial

$$C_{\text{ind}} = CD (7\%)$$

$$C_{\text{ind}} = 12.89 \text{ l/s} (0.02)$$

$$C_{\text{ind}} = 0.26 \text{ l/s}$$

5.1.4.5. Consumo promedio diario

$$CPD = CD + C_c + C_{\text{INST}} + C_{\text{IND}}$$

$$CPD = 12.89 \text{ l/s} + 0.90 \text{ l/s} + 0.90 \text{ l/s} + 0.26 \text{ l/s}$$

$$CPD = 14.95 \text{ l/s}$$

5.1.4.6. Pérdida

$$H_f = CPD (20\%)$$

$$H_f = 14.95 \text{ l/s} (0.20)$$

$$H_f = 2.99 \text{ l/s}$$

5.2. Estimación de caudal

Se ha considerado una estimación de agua para el periodo de diseño del año 2042, esto se basa en todas las posibles pérdidas que se podrían efectuar en el sistema a lo largo de su periodo de diseño. (tabla 12)

5.3. Caudales de diseño

5.3.1. Consumo máximo día

$$CMD = [1.5(CPD)] + Hf$$

$$CMD = [1.5(14.95 \text{ l/s})] + 2.99 \text{ l/s}$$

$$CMD = 25.42 \text{ l/s}$$

5.3.2. Consumo máxima hora

$$CMH = [2.5(14.95 \text{ l/s})] + 2.99 \text{ l/s}$$

$$CMH = 40.36 \text{ l/s}$$

Tabla 12

Demandas caudales para diseño

| Proyección de consumo | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|------|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------|
| 7 comunidades Masaya | | | | | | | | | | | | |
| Año | Dotación de agua domiciliario | Pb | Caudales para Diseño | | | | | | | | | |
| | | | CD | Consumo institucional | Consumo comercial | Consumo industrial | CPD | Pérdidas por fuga | Factor máximo día | CMD | Factor máxima hora | CMH |
| | | | Pob.*Dota/86400 | CPI=7% CD | CC=7%*CD | CInd=2% CD | CPD=CD+CPI+CC+CInd | 20% CPD | | I/s | | I/s |
| LPD | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | I/s | |
| 2.022 | 140 | 4854 | 7,87 | 0,55 | 0,55 | 0,16 | 9,12 | 0,30 | 1,50 | 13,99 | 2,50 | 23,11 |
| 2.023 | 140 | 4975 | 8,06 | 0,56 | 0,56 | 0,16 | 9,35 | 1,87 | 1,50 | 15,90 | 2,50 | 25,25 |
| 2.024 | 140 | 5100 | 8,26 | 0,58 | 0,58 | 0,17 | 9,59 | 1,92 | 1,50 | 16,30 | 2,50 | 25,88 |
| 2.025 | 140 | 5227 | 8,47 | 0,59 | 0,59 | 0,17 | 9,82 | 1,96 | 1,50 | 16,70 | 2,50 | 26,53 |
| 2.026 | 140 | 5358 | 8,68 | 0,61 | 0,61 | 0,17 | 10,07 | 2,01 | 1,50 | 17,12 | 2,50 | 27,19 |
| 2.027 | 140 | 5492 | 8,90 | 0,62 | 0,62 | 0,18 | 10,32 | 2,06 | 1,50 | 17,55 | 2,50 | 27,87 |
| 2.028 | 140 | 5629 | 9,12 | 0,64 | 0,64 | 0,18 | 10,58 | 2,12 | 1,50 | 17,99 | 2,50 | 28,57 |
| 2.029 | 140 | 5770 | 9,35 | 0,65 | 0,65 | 0,19 | 10,85 | 2,17 | 1,50 | 18,44 | 2,50 | 29,28 |
| 2.030 | 140 | 5914 | 9,58 | 0,67 | 0,67 | 0,19 | 11,12 | 2,22 | 1,50 | 18,90 | 2,50 | 30,01 |
| 2.031 | 140 | 6062 | 9,82 | 0,69 | 0,69 | 0,20 | 11,39 | 2,28 | 1,50 | 19,37 | 2,50 | 30,76 |
| 2.032 | 140 | 6213 | 10,07 | 0,70 | 0,70 | 0,20 | 11,68 | 2,34 | 1,50 | 19,85 | 2,50 | 31,53 |
| 2.033 | 140 | 6369 | 10,32 | 0,72 | 0,72 | 0,21 | 11,97 | 2,39 | 1,50 | 20,35 | 2,50 | 32,32 |
| 2.034 | 140 | 6528 | 10,58 | 0,74 | 0,74 | 0,21 | 12,27 | 2,45 | 1,50 | 20,86 | 2,50 | 33,13 |
| 2.035 | 140 | 6691 | 10,84 | 0,76 | 0,76 | 0,22 | 12,58 | 2,52 | 1,50 | 21,38 | 2,50 | 33,96 |
| 2.036 | 140 | 6858 | 11,11 | 0,78 | 0,78 | 0,22 | 12,89 | 2,58 | 1,50 | 21,91 | 2,50 | 34,80 |
| 2.037 | 140 | 7030 | 11,39 | 0,80 | 0,80 | 0,23 | 13,21 | 2,64 | 1,50 | 22,46 | 2,50 | 35,68 |
| 2.038 | 140 | 7206 | 11,68 | 0,82 | 0,82 | 0,23 | 13,54 | 2,71 | 1,50 | 23,03 | 2,50 | 36,57 |
| 2.039 | 140 | 7386 | 11,97 | 0,84 | 0,84 | 0,24 | 13,88 | 2,78 | 1,50 | 23,60 | 2,50 | 37,48 |
| 2.040 | 140 | 7570 | 12,27 | 0,86 | 0,86 | 0,25 | 14,23 | 2,85 | 1,50 | 24,19 | 2,50 | 38,42 |
| 2.041 | 140 | 7760 | 12,57 | 0,88 | 0,88 | 0,25 | 14,59 | 2,92 | 1,50 | 24,80 | 2,50 | 39,38 |
| 2.042 | 140 | 7954 | 12,89 | 0,90 | 0,90 | 0,26 | 14,95 | 2,99 | 1,50 | 25,42 | 2,50 | 40,37 |

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Análisis de la red por EPANET

5.5.1. Determinación de los caudales nodales

Los caudales nodales para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución se realizaron por medio de EPANET, fueron calculados a través del método de repartición por densidades. El cual calcula el caudal unitario para luego multiplicarlo por las densidades (habitantes) que hay entre dos nodos.

5.5.2. Cálculo del caudal unitario

El caudal unitario, es igual al consumo máxima hora entre la densidad poblacional total de área de estudio.

El caudal de nodos se calcula multiplicando el caudal unitario por la densidad de habitantes entre dos nodos.

$$qu = \frac{CMH \text{ l/s}}{Pn \text{ hab}} = \frac{l}{s} \text{ hab} \quad \text{Ecuación 24, Caudal unitario}$$

Caudal unitario CMH

$$qu = \frac{40.37 \text{ l/s}}{7954 \text{ hab}} = 0.0051 \frac{l}{s} \text{ hab}$$

Caudal unitario CMD

$$qu = \frac{25.42 \text{ l/s}}{7954 \text{ hab}} = 0.0032 \frac{l}{s} \text{ hab}$$

Caudal unitario consumo cero

$$qu = \frac{25.42 \text{ l/s}}{7954 \text{ hab}} = 0.0032 \frac{l}{s} \text{ hab}$$

$$qn = qu (\text{densidad hab entre nodos}) = \frac{l}{s} \quad \text{Ecuación 25, Caudal por nodo}$$

5.5.3. Caudales en cada nodo a modelar en EPANET

Tabla 13

Modelación CMH = 40.37 l/s

| Ubicación | Ítem | Caudal unitario (qu) | CMH caudal | Densidad CMH |
|----------------|------|----------------------|------------|--------------|
| SALIDA...BL | 1 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| BAR.LAURES | 2 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| ENTRADA.C. O | 3 | 0.0051 | 0.49 | 96.0 |
| CO..2 | 4 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |
| CO.3 | 5 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |
| CO.3.1 | 6 | 0.0051 | 0.32 | 64.0 |
| CO.3.2 | 7 | 0.0051 | 0.32 | 64.0 |
| CO.3.3 | 8 | 0.0051 | 0.32 | 64.0 |
| CO.3.4 | 9 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |
| CO.3.5 | 10 | 0.0051 | 0.38 | 74.7 |
| CO.3.6 | 11 | 0.0051 | 0.27 | 53.3 |
| CO.2.2 | 12 | 0.0051 | 1.08 | 213.3 |
| CO.2.1 | 13 | 0.0051 | 1.03 | 202.7 |
| CO.3.2.1 | 14 | 0.0051 | 0.32 | 64.0 |
| CO.3.1.1 | 15 | 0.0051 | 0.32 | 64.0 |
| CO.3.4.1 | 16 | 0.0051 | 0.43 | 85.3 |
| CO.3.5.1 | 17 | 0.0051 | 0.54 | 106.7 |
| Cruce. P.Y. QH | 18 | 0.0051 | 0.54 | 106.7 |
| SR.1 | 19 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |

| | | | | |
|-------------|----|--------|------|-------|
| SR.2 | 20 | 0.0051 | 0.16 | 32.0 |
| SR.3 | 21 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |
| VB.1 | 22 | 0.0051 | 0.16 | 32.0 |
| VB.2 | 23 | 0.0051 | 0.11 | 21.3 |
| VB.3 | 24 | 0.0051 | 0.05 | 10.7 |
| MF. (1,2).1 | 25 | 0.0051 | 0.11 | 21.3 |
| SR.1.1 | 26 | 0.0051 | 0.97 | 192.0 |
| SR.2.1 | 27 | 0.0051 | 0.87 | 170.7 |
| SR.3.1 | 28 | 0.0051 | 0.97 | 192.0 |
| SR.1.2 | 29 | 0.0051 | 1.62 | 320.0 |
| SR.2.2 | 30 | 0.0051 | 2.06 | 405.3 |
| SR.3.2 | 31 | 0.0051 | 2.00 | 394.7 |
| VB.1.1 | 32 | 0.0051 | 1.03 | 202.7 |
| VB.1.2 | 33 | 0.0051 | 1.25 | 245.3 |
| VB.1.3 | 34 | 0.0051 | 1.79 | 352.0 |
| VB.1.4 | 35 | 0.0051 | 0.27 | 53.3 |
| VB.2.1 | 36 | 0.0051 | 0.81 | 160.0 |
| VB.2.2 | 37 | 0.0051 | 1.14 | 224.0 |
| VB.2.3 | 38 | 0.0051 | 1.25 | 245.3 |
| VB.3.1 | 39 | 0.0051 | 0.76 | 149.3 |
| VB.3.2 | 40 | 0.0051 | 0.87 | 170.7 |
| VB.3.3 | 41 | 0.0051 | 2.65 | 522.7 |
| VB.3.4 | 42 | 0.0051 | 0.05 | 10.7 |

| | | | | |
|-----------------------|----|--------|--------------|---------------|
| P4. CALLEJON | 43 | 0.0051 | 0.38 | 74.7 |
| P1 | 44 | 0.0051 | 0.49 | 96.0 |
| P2. CALLEJON | 45 | 0.0051 | 0.97 | 192.0 |
| P3. CALLEJON | 46 | 0.0051 | 0.11 | 21.3 |
| MF. (1,2).1.1 | 47 | 0.0051 | 0.92 | 181.3 |
| MF. (1,2).1.2 | 48 | 0.0051 | 0.92 | 181.3 |
| MF. (1,2).1.3 | 49 | 0.0051 | 0.22 | 42.7 |
| P.5.FIN | 50 | 0.0051 | 0.60 | 117.3 |
| GM1 | 51 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| GM2 | 52 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| GM3 | 53 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| ENTRADA GM | 54 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| FINAL GM | 55 | 0.0051 | 2.71 | 533.3 |
| ENTRADA RINCONCITO | 56 | 0.0051 | 0.00 | 0.0 |
| SALIDA RINCONCITO | 57 | 0.0051 | 4.59 | 904.9 |
| Total | | | 40.32 | 7945.0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14*Modelación CMD = 25.42 l/s*

| Ubicación | Ítem | Caudal unitario (qu) | CMD caudal | Densidad CMD |
|----------------|------|----------------------|------------|--------------|
| SALIDA...BL | 1 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| BAR.LAURES | 2 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| ENTRADA.C. O | 3 | 0.0032 | 0.31 | 96 |
| CO..2 | 4 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| CO.3 | 5 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| CO.3.1 | 6 | 0.0032 | 0.20 | 64 |
| CO.3.2 | 7 | 0.0032 | 0.20 | 64 |
| CO.3.3 | 8 | 0.0032 | 0.20 | 64 |
| CO.3.4 | 9 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| CO.3.5 | 10 | 0.0032 | 0.24 | 74.7 |
| CO.3.6 | 11 | 0.0032 | 0.17 | 53.3 |
| CO.2.2 | 12 | 0.0032 | 0.68 | 213.3 |
| CO.2.1 | 13 | 0.0032 | 0.65 | 202.7 |
| CO.3.2.1 | 14 | 0.0032 | 0.20 | 64 |
| CO.3.1.1 | 15 | 0.0032 | 0.20 | 64 |
| CO.3.4.1 | 16 | 0.0032 | 0.27 | 85.3 |
| CO.3.5.1 | 17 | 0.0032 | 0.34 | 106.7 |
| Cruce. P.Y. QH | 18 | 0.0032 | 0.34 | 106.7 |
| SR.1 | 19 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| SR.2 | 20 | 0.0032 | 0.10 | 32 |

| | | | | |
|--------------|----|--------|------|-------|
| SR.3 | 21 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| VB.1 | 22 | 0.0032 | 0.10 | 32 |
| VB.2 | 23 | 0.0032 | 0.07 | 21.3 |
| VB.3 | 24 | 0.0032 | 0.03 | 10.7 |
| MF.(1,2).1 | 25 | 0.0032 | 0.07 | 21.3 |
| SR.1.1 | 26 | 0.0032 | 0.61 | 192 |
| SR.2.1 | 27 | 0.0032 | 0.55 | 170.7 |
| SR.3.1 | 28 | 0.0032 | 0.61 | 192 |
| SR.1.2 | 29 | 0.0032 | 1.02 | 320 |
| SR.2.2 | 30 | 0.0032 | 1.30 | 405.3 |
| SR.3.2 | 31 | 0.0032 | 1.26 | 394.7 |
| VB.1.1 | 32 | 0.0032 | 0.65 | 202.7 |
| VB.1.2 | 33 | 0.0032 | 0.78 | 245.3 |
| VB.1.3 | 34 | 0.0032 | 1.12 | 352 |
| VB.1.4 | 35 | 0.0032 | 0.17 | 53.3 |
| VB.2.1 | 36 | 0.0032 | 0.51 | 160 |
| VB.2.2 | 37 | 0.0032 | 0.72 | 224 |
| VB.2.3 | 38 | 0.0032 | 0.78 | 245.3 |
| VB.3.1 | 39 | 0.0032 | 0.48 | 149.3 |
| VB.3.2 | 40 | 0.0032 | 0.55 | 170.7 |
| VB.3.3 | 41 | 0.0032 | 1.67 | 522.7 |
| VB.3.4 | 42 | 0.0032 | 0.03 | 10.7 |
| P4. CALLEJON | 43 | 0.0032 | 0.24 | 74.7 |

| | | | | |
|-----------------------|----|--------|--------------|-------------|
| P1 | 44 | 0.0032 | 0.31 | 96 |
| P2. CALLEJON | 45 | 0.0032 | 0.61 | 192 |
| P3CALLEJON | 46 | 0.0032 | 0.07 | 21.3 |
| MF. (1,2).1.1 | 47 | 0.0032 | 0.58 | 181.3 |
| MF. (1,2).1.2 | 48 | 0.0032 | 0.58 | 181.3 |
| MF. (1,2).1.3 | 49 | 0.0032 | 0.14 | 42.7 |
| P.5.FIN | 50 | 0.0032 | 0.37 | 117.3 |
| GM1 | 51 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| GM2 | 52 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| GM3 | 53 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| ENTRADA GM | 54 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| FINAL GM | 55 | 0.0032 | 1.70 | 533.3 |
| ENTRADA RINCONCITO | 56 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SALIDA RINCONCITO | 57 | 0.0032 | 2.89 | 904.9 |
| Total | | | 25.39 | 7945 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15*Modelación C0, CMD = 25.42 l/s*

| Ubicación | Ítem | Caudal unitario (qu) | C0 caudal | Densidad C0 |
|----------------|------|----------------------|-----------|-------------|
| SALIDA...BL | 1 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| BAR LAURES | 2 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| ENTRADA C. O | 3 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO..2 | 4 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3 | 5 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.1 | 6 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.2 | 7 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.3 | 8 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.4 | 9 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.5 | 10 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.6 | 11 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.2.2 | 12 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.2.1 | 13 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.2.1 | 14 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.1.1 | 15 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.4.1 | 16 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| CO.3.5.1 | 17 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| Cruce. P.Y. QH | 18 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.1 | 19 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.2 | 20 | 0.0032 | 0.00 | 0 |

| | | | | |
|--------------|----|--------|------|---|
| SR.3 | 21 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.1 | 22 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.2 | 23 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.3 | 24 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| MF.(1,2).1 | 25 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.1.1 | 26 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.2.1 | 27 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.3.1 | 28 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.1.2 | 29 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.2.2 | 30 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SR.3.2 | 31 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.1.1 | 32 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.1.2 | 33 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.1.3 | 34 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.1.4 | 35 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.2.1 | 36 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.2.2 | 37 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.2.3 | 38 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.3.1 | 39 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.3.2 | 40 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.3.3 | 41 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| VB.3.4 | 42 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| P4. CALLEJON | 43 | 0.0032 | 0.00 | 0 |

| | | | | |
|--------------------|----|--------|-------------|----------|
| P1 | 44 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| P2. CALLEJON | 45 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| P3CALLEJON | 46 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| MF. (1,2).1.1 | 47 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| MF. (1,2).1.2 | 48 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| MF. (1,2).1.3 | 49 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| P.5.FIN | 50 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| GM1 | 51 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| GM2 | 52 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| GM3 | 53 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| ENTRADA GM | 54 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| FINAL GM | 55 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| ENTRADA RINCONCITO | 56 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| SALIDA RINCONCITO | 57 | 0.0032 | 0.00 | 0 |
| Total | | | 0.00 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

5.6. Análisis hidráulico equipo de bombeo

5.6.1. Información general de la fuente

Para cumplir con la demanda de la comunidad su caudal es de 40.37 Lps para el año 2042, El sistema de abastecimiento será mediante una captación subterránea debidamente protegida para garantizar la calidad del agua en su estado natural.

El pozo existente fue perforado por la empresa ENACAL en años anteriores.

La fuente subterránea tiene una capacidad de 403 gpm y está ubicada en la elevación 305.47 msnm en las coordenadas UTM: E: 599870.125 N: 1322648.125.

La captación del agua subterránea es por medio de un pozo, el cual fue perforado por medio del método rotativo.

Tabla 16

Características de la estructura

| Concepto | Medida | Unidad |
|-----------------------------------|--------|----------|
| Diámetro de perforación | 18 | pulgadas |
| Diámetro de revestimiento (ademe) | 12 | pulgadas |
| Diámetro tubería de la rejilla | 12 | |
| Diámetro tubería ciega PVC | 12 | pulgadas |
| Profundidad nominal | 1000 | pies |
| Sello sanitario | 30 | pies |

Fuente: ENACAL Masaya

Tabla 17

Nomenclatura materiales

| Materiales | Nomenclatura |
|---------------------------------|------------------|
| Tubería de rejilla tipo Jhonson | Acero inoxidable |
| Tubería de ademe | Acero inoxidable |
| Tubería ciega | Acero al carbón |
| Tubería de engrave SDR-26 | PVC |
| Tubería piezométrica SDR-26 | PVC |
| Tubería de sarta | Acero inoxidable |
| Tubería de conducción | Acero inoxidable |
| Tubería de distribución SDR-26 | PVC |

Fuente: ENACAL Masaya

5.6.2. Potencial y caudal explotable

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida para garantizar su durabilidad.

En este caso en particular se debe considerar que el cambio en el nivel de servicio que será ofrecido a la población representa un mayor esfuerzo para la fuente, pasa a ser la fuente explotada por un sistema de abastecimiento a través de conexiones domiciliarias con una dotación de 140 lppd, por lo tanto, se debe verificar que el rendimiento potencial del pozo sea el suficiente para dotar de agua al nuevo sistema.

Uno de los principales criterios de aceptación de una fuente para un MABE establece que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

Tabla 18
Consumos agua potable

| | |
|-------------------------|-----------|
| CPD | 14.95 l/s |
| [1.5(CPD)] + Hf | 25.42 l/s |
| [2.5 (CPD)] + Hf | 40.37 l/s |

Fuente: Elaboración propia, fórmulas de (ANA, NTON 09-007-19, pág. 18, sección 6.2.5.)

5.6.3. Diseño hidráulico del equipo de bombeo

5.6.3.1. Datos del equipo de bombeo

Se diseña un solo equipo de bombeo, calculado para el caudal de diseño de 20 años, el equipo deberá ser reemplazado luego del primer periodo de 10 años, por otro equipo de iguales especificaciones que el primero.

Tabla 19
Equipo de bombeo

| | | |
|--------------------|-----|------|
| Nivel Bomba | 520 | Pies |
| NEA | 399 | Pies |
| NDA | 419 | Pies |

| | | |
|-------------------------|--------|-------|
| NT | 305.47 | msnm |
| Sumergencia | 15 | pies |
| Tiempo de bombeo | 18 | horas |

Fuente: ENACAL Masaya

5.6.3.2. Caudal hidráulico de la bomba

Es igual al consumo máximo hora expresada en m³/s.

Q diseño = CMD = 25.42 l/s

5.6.3.3. Diámetro económico línea de conducción

Se calcula el diámetro económico óptimo de la línea de conducción por medio del método de bresse, por medio de esta ecuación se analiza el diámetro adecuado para el sistema.

$$D = 0.9[Q(m^3/s)]^{0.45}$$

$$D = 0.9[0.02542(m^3/s)]^{0.45}$$

$$D = 0.172m \approx \text{''} \approx 6.88 \approx 8 \text{ pulgadas}$$

El diámetro para el diseño será el de 8 pulgadas dado que el de 6.88 pulgadas no hay en el mercado.

5.6.3.4. Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{4(Q)}{\pi(d)^2}$$

$$V = \frac{4(0.02542 m^3/s)}{\pi(0.2032)^2}$$

$$V = 0.78 m/s$$

0.6 m/s ≤ 0.78 m/s ≤ 5.00m/s, sí cumple.

5.6.3.5. Longitud real del tramo de la red.

Longitud real del tramo de la red del sistema de agua potable fue extraída de coordenadas que se levantaron por medio de (GPSmap 62 Garmin) en el área del proyecto, este dato va a ser igual a la longitud del tramo de la red de distribución más la longitud de los accesorios dentro del tramo de la red más la longitud de los accesorios de la sarta.

Tabla 20

Longitud real del tramo de la red del sistema de agua potable

| Accesorio tubería | Cantidad | Longitud equivalente | Total |
|-------------------|----------|----------------------|--------------|
| C-90° | 2 | 0.75 | 1.50 |
| Tee | 9 | 1.8 | 16.20 |
| C-22.50° | 3 | 0.15 | 0.45 |
| C-11.25° | 2 | 0.10 | 0.20 |
| Total | | | 18.35 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21

Longitud de los accesorios en la sarta

| Accesorio Sarta | Cantidad | Long Equivalente | Total |
|-----------------|----------|------------------|--------------|
| C-90° | 1 | 0.75 | 0.75 |
| v – check | 1 | 2.5 | 2.5 |
| Tee | 1 | 1.8 | 1.8 |
| v - compuerta | 2 | 10 | 20 |
| caudalímetro | 1 | 0.5 | 0.5 |
| c - 45° | 2 | 0.8 | 1.6 |
| Total | | | 27.15 |

Fuente: Elaboración propia.

Long total real del tramo de la red = Long del tramo + L_e accesorios dentro del tramo de la red + L_e de los accesorios de la sarta.

$$L \text{ real del tramo de la red} = 1,017.60\text{m} + 18.35 \text{ m} + 27.15 \text{ m}$$

$$L \text{ real del tramo de la red} = 1,063.10 \text{ m}$$

5.6.3.6. Longitud de la columna del pozo

La longitud columna del pozo está compuesta por la suma del nivel de la bomba (NB) más la sumergencia, datos extraídos del perfil hidráulico del pozo, facilitados por ENACAL Masaya.

$$L \text{ Colum} = 520 \text{ pies} + 15 \text{ pies}$$

$$L \text{ Colum} = 535 \text{ pies} \approx 163.068 \text{ m}$$

Sumergencia

$$S = 15 \text{ pies} \approx 4.572 \text{ m.}$$

5.6.3.7. Pérdidas en la columna del del Pozo.

Pérdida en la descarga es igual a la longitud columna por un 5%.

$$hf \text{ columna} = 5\%(L_c)$$

$$hf \text{ columna} = 5\%(163.068 \text{ m})$$

$$hf \text{ columna} = 8.1534 \text{ m}$$

5.6.3.8. Pérdidas por descarga (Hf)

Las pérdidas por descarga en un sistema de agua potable nos dan un diagnóstico de las presiones que se producen en una distancia determinada, esto afecta al sistema por el movimiento o circulación de los fluidos que contienen los tubos de un sistema de agua potable.

$$Hf \text{ Desc} = 10.674 \left[\frac{Q(m^3/s)}{C} \right]^{1.852} \left[\frac{L.R.T.R}{(D)^{4.87}} \right]$$

Diámetro 8"

$$Hf_{Desc} = 10.674 \left[\frac{0.02542 (m^3/s)}{140} \right]^{1.852} \left[\frac{827.69m}{(0.20m)^{4.87}} \right]$$

$$Hf_{Desc} = 2.34 \text{ m}$$

Diámetro 6"

$$Hf_{Desc} = 10.674 \left[\frac{0.02542 (m^3/s)}{140} \right]^{1.852} \left[\frac{11.20 \text{ m}}{(0.152 \text{ m})^{4.87}} \right]$$

$$Hf_{Desc} = 0.134 \text{ m}$$

Diámetro 4"

$$Hf_{Desc} = 10.674 \left[\frac{0.02542 (m^3/s)}{150} \right]^{1.852} \left[\frac{224.21 \text{ m}}{(0.101m)^{4.87}} \right]$$

$$Hf_{Desc} = 19.37 \text{ m}$$

Pérdidas totales descarga:

$$Hf_{Desc} = 2.34 \text{ m} + 0.128 \text{ m} + 19.17 \text{ m} = 21.6 \text{ m}$$

5.6.3.9. Carga estática

La carga estática es equivalente a resta el nivel del terreno del pozo menos el nivel más elevado dentro del sistema más la suma del nivel dinámico del agua dentro del pozo.

$$CE = (NT \text{ pozo} - N \text{ punto más elevado del sistema}) + NDA$$

$$CE = (305.15 \text{ m} - 305.69 \text{ m}) + 127.71 \text{ m}$$

$$CE = 127.17 \text{ m}$$

5.6.3.10. Carga total dinámica

$$CTD = NB + CE + Hf \text{ columna} + Hf \text{ descarga}$$

$$CTD = 158.496 \text{ m} + 127.49 \text{ m} + 8.1534 \text{ m} + 21.6 \text{ m}$$

$$CTD = 315.47 \text{ m} \approx 1035 \text{ pies.}$$

5.6.3.11. Caudal de bombeo

$$Qb = \frac{24}{18} (0.02542) m^3/s$$

$$Qb = 537.98 \text{ GPM}$$

Donde:

T: 18 horas tiempo de bombeo.

CMD: caudal en m³/s.

5.6.3.12. Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{(Q)(CMD \text{ gpm})(CTD)}{3960 (E)}$$

$$P_B = \frac{(537.9 \text{ gpm})(1,035 \text{ m})}{3960 (0.75)}$$

$$P_B = 187.47 \approx 188 \text{ hp}$$

Bajo esta condición el sistema podrá suministrar un caudal que cumpla con la demanda de estas comunidades con 188 hp.

5.6.3.13. Potencia del motor

$$P_M = 1.15 (P_B)$$

$$P_M = 1.15 (187.47 \text{ hp})$$

$$P_M = 215.59 \text{ hp}$$

5.6.3.14. Cálculo de la celeridad

Donde:

K: coeficiente elasticidad para tubos de PVC, K = 18

D: diámetro interno del tubo 8" (m) = 0.2032 m

E: espesor de la tubería 8" (m) = 0.0086 m

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \left[18 \left(\frac{0.2032 \text{ m}}{0.0086 \text{ m}} \right) \right]}}$$

$$C = 454.91$$

5.6.3.15. Cálculo del golpe de ariete.

Donde:

C: Celeridad = 454.91

V: Velocidad = 0.78 m/s

g: Gravedad = 9.8 m²/s

$$G.A = \frac{(454.91) (0.78 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$G.A = 36.17 \text{ m}$$

5.6.3.16. Cálculo de la sobrepresión.

$$SP = C + CE$$

$$SP = 454.91 + 127.49 \text{ m}$$

$$SP = 582.4 \text{ m}$$

5.7. Cloración

Es la siguiente tabla se muestra la cantidad de hipoclorito de sodio al 6% a usar para la cloración del sistema, aquí se refleja el periodo con sus volúmenes a aplicar.

Tabla 22

Cloración utilizando hipoclorito de sodio 6%

| Volumen | Concentración | | | Tiempo de contacto | |
|---------|---------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|----|
| | c = 1mg/l | | | | |
| M3 | Lts | HTH al 65% (gr) | Hipoclorito de calcio al 30% (gr) | Hipoclorito de sodio al 6% (ml) | |
| - | 1 | - | - | 0.017 | 30 |
| - | 20 | - | - | 0.33 | 30 |
| 0.25 | 250 | 0.4 | 0.83 | 4.17 | 30 |
| 0.5 | 500 | 0.8 | 1.65 | 8.33 | 30 |
| 1 | 1000 | 1.54 | 3.33 | 16.67 | 30 |
| 2.5 | 2500 | 3.85 | 8.33 | 41.67 | 30 |
| 5 | 5000 | 7.7 | 16.67 | 83.33 | 30 |
| 10 | 10000 | 15.38 | 33.33 | 166.67 | 30 |

Fuente: (VectorialMechanicsVEVO, Preparación de la solución de hipoclorito de calcio para la cloración del sistema de agua)

Tabla 23
Resultados de la cloración

| Periodo | Volumen CMD= 25.42 Lps | Cloración hipoclorito de sodio al 6% | | |
|---------|------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|
| | | Concentración = 1mg/l (ppm) | | |
| | LTS | (ml) | (Lts) | (gal) |
| 1 día | 1,647,216 | 27,454.15 | 27.45 | 7.26 |
| 1 mes | 49416480 | 823,624.47 | 823.62 | 217.89 |
| 1 año | 1482494400 | 24,708,734.16 | 24,708.73 | 6,536.70 |
| 20 años | 44474832000 | 741,262,024.94 | 741,262.02 | 196,101.06 |

Fuente: Elaboración propia.

5.8. Costo y presupuesto de los componentes del sistema

Este sistema cuenta con distintos accesorios, tuberías y válvulas que son necesarias para la consolidación de este.

Tabla 24
Accesorios del sistema de agua potable

| Ubicación | Accesorios | Cantidad | Costo unitario | Total |
|------------------------------|--------------|----------|----------------|---------|
| S.A.P. Sarta | Codo 90° 6" | 1,00 | \$ 372,27 | 372,27 |
| | Niple 6" | 1,00 | \$ 17,12 | 17,12 |
| | Caudalímetro | 1,00 | \$ 35,00 | 35,00 |
| | Manómetro 6" | 1,00 | \$ 54,00 | 54,00 |
| | V- Check 6" | 1,00 | \$ 293,45 | 293,45 |
| | Tee 6" | 1,00 | \$ 288,57 | 288,57 |
| | V-C 6" | 2,00 | \$ 285,61 | 571,22 |
| | Codo 45° 6" | 2,00 | \$ 241,18 | 482,36 |
| S.A.P. Sarta - Rinconcito | R-8-6" | 2,00 | \$ 280,60 | 561,20 |
| | T-8 | 1,00 | \$ 241,18 | 241,18 |
| | C-45°-6" | 2,00 | \$ 241,18 | 482,36 |
| | C-22.5°-6" | 1,00 | \$ 241,18 | 241,18 |
| | C-90°-6" | 1,00 | \$ 372,27 | 372,27 |
| | T-4" | 1,00 | \$ 1,26 | 1,26 |
| | T-6" | 1,00 | \$ 288,57 | 288,57 |
| | R-6-4" | 2,00 | \$ 196,97 | 393,94 |
| | TAPON-4" | 2,00 | \$ 0,50 | 1,00 |
| S.A.P. Sarta - Camilo Ortega | C-22.50°-8" | 3,00 | \$ 355,00 | 1065,00 |
| | C-90°-8" | 1,00 | \$ 531,22 | 531,22 |
| | T-8 | 1,00 | \$ 545,66 | 545,66 |
| | R-8-4" | 1,00 | \$ 182,00 | 182,00 |

| | | | | |
|--|-------------|-------|-----------|--------------------|
| | R-4-3" | 1,00 | \$ 7,00 | 7,00 |
| | CRUZ-4" | 1,00 | \$ 5,61 | 5,61 |
| | TAPON-4" | 7,00 | \$ 0,50 | 3,50 |
| | T-4" | 5,00 | \$ 1,26 | 6,30 |
| | C-90°-4" | 1,00 | \$ 1,26 | 1,26 |
| S.A.P. S. Camilo Ortega- (SR; VB; MF; 11 Septiembre) | T-8" | 7,00 | \$ 241,18 | 1688,26 |
| | R-8-4" | 8,00 | \$ 182,00 | 1456,00 |
| | C-90°-8" | 1,00 | \$ 531,22 | 531,22 |
| | T-4" | 12,00 | \$ 7,00 | 84,00 |
| | C-22.50°-4" | 15,00 | \$ 1,01 | 15,15 |
| | TAPON-4" | 3,00 | \$ 0,50 | 1,50 |
| | CRUZ-4" | 3,00 | \$ 5,61 | 16,83 |
| | C-11.25°-4" | 4,00 | 1,01 | 4,04 |
| | | | | \$10.841,50 |

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia el desglose de actividades DGuerrero

S.A.

Tabla 25

Tubería aplicada en el sistema de agua potable

| Tubería | Longitud | C/U metro lineal (\$) | M/O ml (\$) | Total |
|----------------|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------|
| (200 mm) Ø8 | 832,8 | \$ 26,80 | \$ 21,89 | \$ 40.549,03 |
| (150 mm) Ø6 | 826,58 | \$ 17,12 | \$ 17,55 | \$ 28.657,53 |
| (100 mm) Ø4 | 4726,93 | \$ 4,10 | \$ 12,99 | \$ 80.783,23 |
| | | | | \$149.989,79 |

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia el desglose de actividades DGuerrero

S.A.

El total a invertir para comprar la tubería necesaria para este proyecto es de 149,989.79

dólares, donde se incluirán tuberías de 200,150,100 mm de diámetro, de tomo como base un

desglose de costo que me facilito la empresa Dguerrero Ing. SA

Tabla 26

Válvulas dentro del sistema de agua potable

| Accesorios | Diámetro | C/U (\$) | Cantidad | M/O ml (\$) | Total |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Válvula aire | (150 mm) Ø6 | \$ 766,53 | \$ 1,00 | \$ 81,13 | \$ 847,66 |
| Válvula de limpieza | (100 mm) Ø4 | \$ 975,30 | \$ 1,00 | \$ 122,00 | \$ 1.097,30 |
| Hidrante | (100 mm) Ø4 | \$ 1.096,38 | \$ 2,00 | \$ 36,42 | \$ 2.265,60 |
| | | | | | \$ 4.210,56 |

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia el desglose de actividades DGuerrero S.A.

Tabla 27*Costo total por accesorios sistema de salida pozo hacia red*

| | |
|---|------------------------|
| Accesorios del sistema de agua potable | \$ 10.841,50 |
| Tubería aplicada en el sistema de agua potable | \$ 149.989,79 |
| Válvulas dentro del sistema de agua potable | \$ 4.210,56 |
| Total | \$ 165.041,8543 |

Fuente: Elaboración propia

El monto total de dinero que se requiere para la compra y ejecución del sistema en lo concierne a accesorios, tubería de diferentes diámetros, válvulas y mano de obra equivale a 165.041,8543.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Para el diseñar el sistema de AP de la presente investigación se cuantifico una demanda poblacional base de 4,854 habitantes divididos en 7 comunidades, con una tasa de crecimiento de 2.5%. (NTON 09 007-19)

El pozo del cual se extraerá el agua (pozo Sabogales) cuenta con la capacidad hídrica para abastecer a estas 7 comunidades, todo esto basado en un estudio de bombeo del agua que se le realizo (403.49 GPM), El sistema de AP será de método bombeo eléctrico, un sistema compuesto por (pozo – red) con coordenadas UTM sacadas por un GPSmap 62 Garmin, las cuales son: Este (599870.125), Norte (1322648.125) Elevación (305.15), posterior se realizó un modelado por medio de EPANET en los tres tiempos evaluativos de consumo, (CMD,CMH,CO) de la red de distribución con el fin de analizar su comportamiento, esta nos reflejó los diámetros, pérdidas en los nodos y las presiones dentro del sistema, y con un comportamiento aceptable por la norma (NTON 09-007-19)

El sistema consta de varios elementos como son los componentes dentro de la perforación del pozo (tubería ciega, rejillas, bomba, ademe), la sarta con todos sus accesorios y los elementos de conducción y distribución, en este caso tuberías de diferentes diámetros (8”,6”,4”), la cantidad de metros lineales de tubería asciende a 6,386.31 ml, incluyendo válvulas de limpieza y válvulas de aire, aparte de eso se realizaron los cálculos para obtener el costo para este sistema de AP de estas 7 comunidades, el cual asciende a un monto total en dólares de \$ 165.041,8543 (ciento sesenta y cinco mil cuarenta y uno con ochenta y cinco dólares americanos) contemplando la construcción e instalación de todos los elementos que forman parte del sistema de agua potable.

Todos estos datos son el resultado del análisis que se realizó para el diseño de este sistema de agua potable, el cual vendrá a mejorar la vida de las personas que habitan en estas 7 comunidades del departamento de Masaya, dándoles el bienestar de un futuro con el suministro de agua potable adecuado y necesario para sus vidas.

6.2. Recomendaciones

Garantizar que este sistema esté en funcionamiento bajo los datos obtenidos de la memoria de cálculos de este documento.

Realizar un manual de operaciones, administración y mantenimiento para garantizar la funcionalidad del sistema.

Realizar un documento donde se detallen las especificaciones técnicas para la construcción de sistema.

Verificar las disposiciones legales de los terrenos donde se construirán los componentes del sistema.

Durante la construcción del sistema se recomienda la contratación de un grupo de ingenieros supervisores que verifiquen se construya de acuerdo con el diseño, y especificaciones técnicas, también un licenciado social que se encargue de crear concientización a estas 7 comunidades.

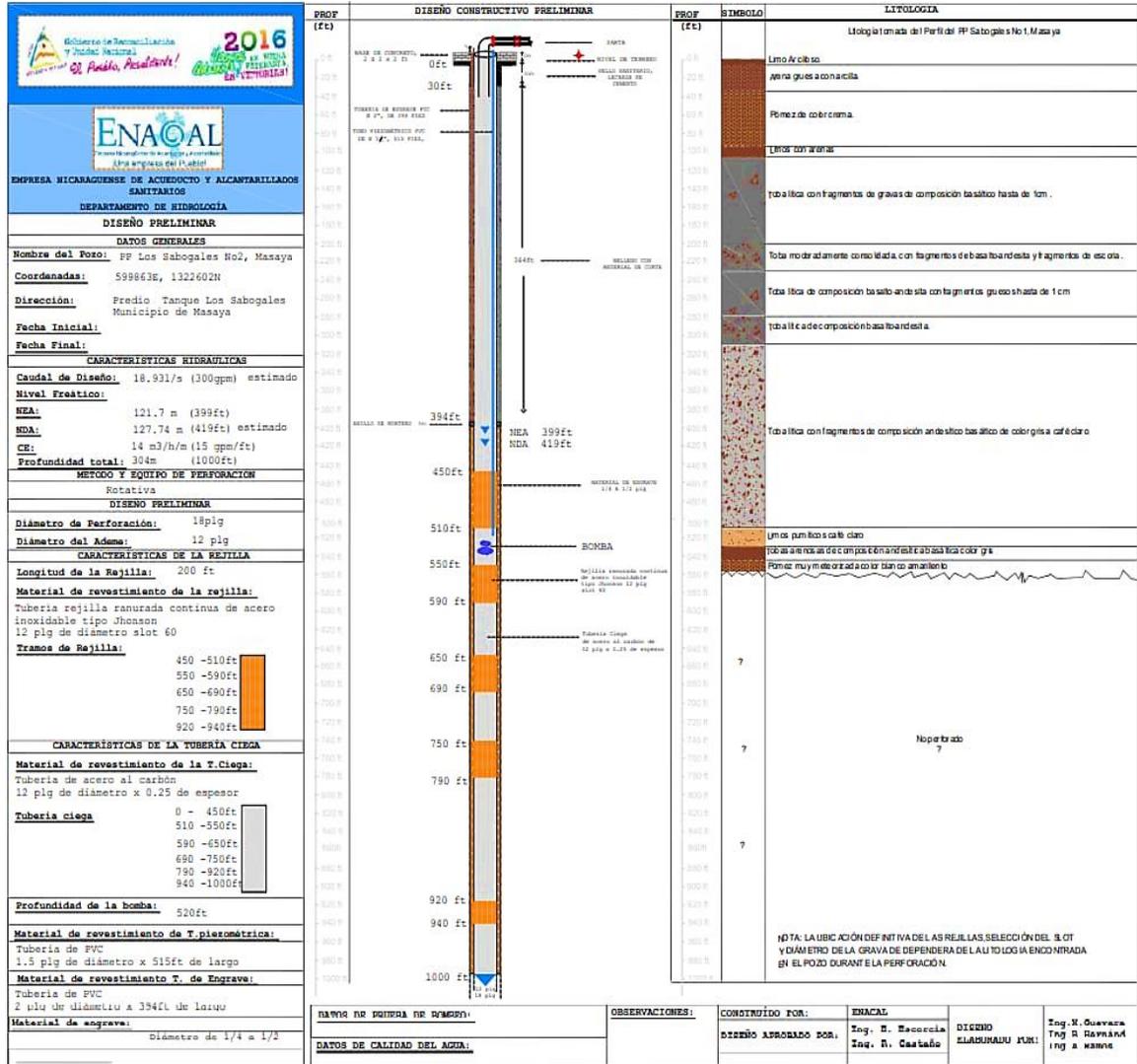
Una vez construido el sistema es importante que se tomen las medidas para mantener en buen estado el funcionamiento del sistema en sí, tanto como la fuente de agua, la cantidad de dosis para la clarificación, así como el funcionamiento de la red de distribución para que todo este sistema trabaje en armonía y de tal manera pueda cumplir con la demanda que necesitara la población.

Bibliografía

- AMUDEMÁS. (2009). *Caracterización del departamento de Masaya*.
<https://www.aecid.org.ni/wp-content/uploads/2014/04/CARACTERIZACION-DEL-DEPARTAMENTO-DE-MASAYA-23-NOV-2009.pdf>
- ANA. (s.f.). *NTON 09 007-19*.
http://www.ana.gob.ni/sites/default/files/inline-files/NORMA_NTON%2009%20007-19.pdf
- CAPRE. (s.f.). *Normas de calidad del agua para consumo humano*.
https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua_nicaragua.pdf
- Cualla, R. A. (s.f.). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*.
- ENACAL. (2016). *Información técnica del perfil del pozo, característica de la bomba*.
- ENACAL. (2020). *Informe técnico del área de estudio*.
- INETER. (s.f.). *Mapa del departamento de Masaya*.
<https://www.ineter.gob.ni/mapa/pub/departamentos/Masaya.html>
- INIDE, & MAGFOR. (2013). *IV Censo Nacional Agropecuario-IV CENAGRO*.
<https://docplayer.es/35302086-Departamento-de-masaya-y-sus-municipios.html>
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (s.f.). *NTON 09-007-19*.
https://www.delcampo.net.ni/file_bibli/ncal/NTON_09_003-99_ParaElDisenoAbastecimientoPotabilizacionAgua.pdf
- MAGFOR. (2002). *Dirección de Estrategias Territoriales - Proyecto de Regionalización Biofísica*.
- MAGFOR. (2003). *Dirección de Estrategias Territoriales*.
- Masaya, A. d. (2004). *Plan maestro*.
- SILAIS. (s.f.). *Datos estadísticos departamento de Masaya*.
<https://mapasalud.minsa.gob.ni/mapa-de-padecimientos-de-salud-silais-masaya/>
- VectorialMechanicsVEVO. (s.f.). *Preparación de la solución de hipoclorito de calcio para la cloración del sistema de agua*.
https://www.youtube.com/watch?v=FHDAYgViwMA&ab_channel=VectorialMechanicsVEVO
- A. Rossman. (s.f.). *Análisis Hidráulico y de Calidad en Redes de Distribución de Agua EPANET*.

Anexos

Figura 8
Perfil hidráulico del Pozo Sabogales



Fuente: (ENACAL, Información técnica del perfil del pozo, característica de la bomba, 2016)

Figura 9
Certificado de calidad del agua

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

FQAN-2310-0189.01
LA-PT-08.RT01

| NOMBRE DEL CLIENTE | | DIRECCION DEL CLIENTE | | TELEFONO |
|--|------------------------------------|---|---|--------------------------------|
| Yerith Josué Rosales Marin | | Gasolinera UNO, San Jerónimo ,1/2c al Norte | | NR |
| ATENCIÓN | | CARGO | EMAIL | CELULAR |
| Yerith Josué Rosales Marin | | Egresado Ing.Civil UNI- FIC- RUPAP | yeroseu@gmail.com | 7726-4340 |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA | |
| Fecha y Hora de recolección | 11/10/2023; 3:00 pm | | Ingreso de muestra | 12/10/2023 |
| Fuente | Pozo Sobogales | | Inicio de análisis | 12/10/2023 |
| Tipo de muestra/preservación/Estado envase | Agua Subterránea/Térmica/Aceptable | | Finalización de análisis | 19/10/2023 |
| Ubicación de la fuente | El Museo, Masaya | | Emisión del informe de resultados | 20/10/2023 |
| Coordenadas | NR | | No. Cadena de custodia | 6073 |
| Recolectada por | Yerith Josué Rosales Marin | | Código de muestra | LA-2310-1006 |
| Supervisor en campo | Yerith Josué Rosales Marin | | Muestra No. | Uno (01) |
| METODO SM // EPA/MH | ENSAYO REALIZADO | UNIDAD | RESULTADOS | Norma CAPRE¹ |
| 2110 | Apariencia | Adim | Clara | NE |
| 4500-B | Potencial de Hidrógeno | pH | 7.87 | 6.5 - 8.5** |
| 2510-B | Conductividad Eléctrica | µS/cm | 336.00 | 400** |
| 2130-B | Turbiedad | UNT | 0.052 | 5 |
| 2120-C | Color Verdadero | mg/L (Pt-Co) | <1.00 | 15 |
| 2320-B | Alcalinidad | mg/L CaCO ₃ | 181.60 | NE |
| 2320-B | Carbonatos | mg/L CaCO ₃ | <0.40 | NE |
| 2320-B | Bicarbonatos | mg/L CaCO ₃ | 181.60 | NE |
| 4500-B | Nitratos | mg NO ₃ -N/L | 1.00 | 50 |
| 4500-B | Nitritos | mg NO ₂ -N/L | <0.003 | 0.1 |
| 4500-D | Cloruros | mg Cl/L | 6.72 | 250 |
| 3500-B | Hierro Total | mg Fe/L | <0.006 | 0.3 |
| 4500-D | Sulfatos | mg SO ₄ ²⁻ /L | 4.29 | 250 |
| 2340-C | Dureza Total | mg/L CaCO ₃ | 74.64 | 400** |
| 2340-C | Dureza Calcica | mg/L CaCO ₃ | 45.40 | NE |
| 3500-B | Calcio | mg Ca/L | 18.20 | 100** |
| 3500-B | Magnesio | mg Mg/L | 7.11 | 50 |
| 8149 | Manganeso | mg/L Mn | <0.006 | 0.5 |
| 3500-X | Sodio | mg Na/L | 44.60 | 200 |
| 3500-C | Potasio | mg K/L | 4.84 | 10 |
| 4500-C | Flúor | mg F/L | 0.227 | 0.7 |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hach
EPA = Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano, Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.

251301

Xóchil Barrera
Msc. Xóchil Barrera
Coordinadora Laboratorio Ambiental
Recinto Universitario San Juan Bolívar
Avenida Universidad, Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595 del Informe.....

☎ Teléfono: (505) 2278 1462

✉ info@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Fuente: LABORATORIO PIENSA UNI CENTRAL.

Figura 10
Certificado de calidad del agua



Programa de Investigación,
Estudios Nacionales y
Servicios del Ambiente



INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

MB-2310-0236.01
LA-PT-06.RT01

| NOMBRE DEL CLIENTE | | DIRECCIÓN DEL CLIENTE | | TELEFONO | |
|--|------------------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------------|
| Yerith Josué Rosales Marín | | Gasolinera UNO, San Jerónimo, 1/2c. al Norte | | NR | |
| ATENCIÓN | | CARGO | EMAIL | CELULAR | |
| Yerith Josué Rosales Marín | | Egresado Ing.Civil UNI- FIC-RUPAP | yerosue@gmail.com | 7726-4340 | |
| DATOS DE LA MUESTRA | | | CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA | | |
| Fecha y Hora de recolección | 11/10/2023; 3:00 pm | | Fecha de | Ingreso de muestra | 12/10/2023 |
| Fuente | Pozo Sobogales | | | Inicio de análisis | 12/10/2023 |
| Tipo de muestra/preservación/Estado envase | Agua Subterránea/Térmica/Aceptable | | | Finalización de análisis | 14/10/2023 |
| Ubicación de la fuente | El Museo, Masaya | | | Emisión del informe de resultados | 23/10/2023 |
| Coordenadas | NR | | No. Cadena de custodia | 6073 | |
| Recolectada por | Yerith Josué Rosales Marín | | Código de muestra | LA-2310-1006 | |
| Supervisor en campo | Yerith Josué Rosales Marín | | Muestra No. | Uno (01) | |
| METODO SM /EPA/MH | ENSAYO REALIZADO | UNIDAD | RESULTADOS | | Norma CAPRE ¹ |
| 9221-B | Coliforme Total | NMP/100mL | Negativo | | Negativo |
| 9221-E | Coliforme Fecal | NMP/100mL | Negativo | | Negativo |

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hach

EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado.

‡Ensayos subcontratados en el laboratorio.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente, a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

MSc. Ina Xochil Becerra
Coordinadora Laboratorio Ambiental

Pág. 1/1

.....Fin del Informe.....

231352

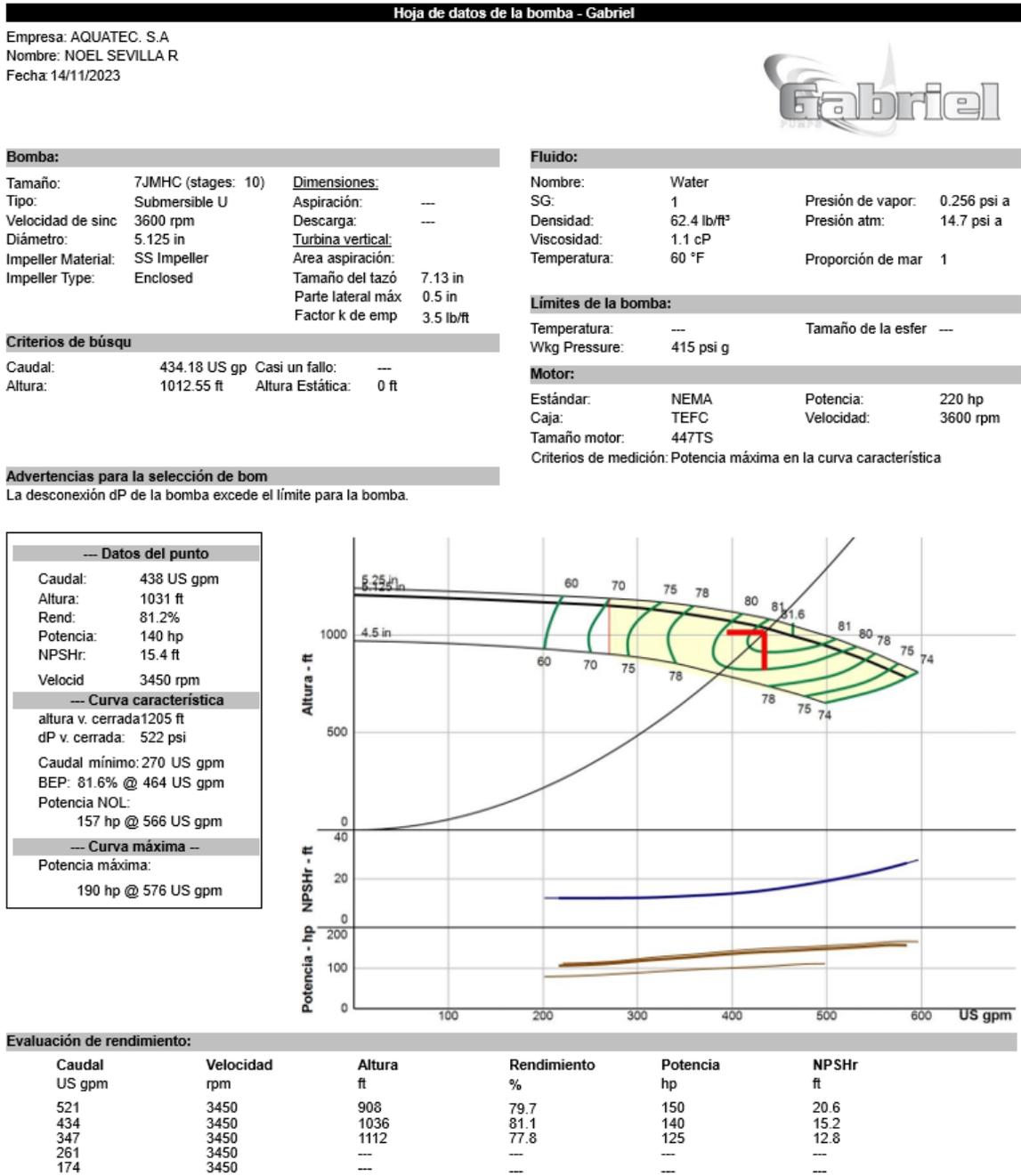
☎ Teléfono: (505) 2278 1462

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria,
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

✉ info@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Fuente: LABORATORIO PIENSA UNI CENTRAL.

Figura 11
Curva característica de la bomba



Seleccionado del catálogo: Gabriel.50, Versión 0.0.3

Fuente: EMPRESA AQUATEC S.A.

Figura 12
Prueba de bombeo del Pozo Sabogales

FORMA DE TRABAJO
MITO MECANICOMECÁNICO

ENACAL

MANAGUA OIT N° 1860

MANAGUA 14 de Febrero 2020

RESPONSABLE: Fco. Saldana CONDUCTOR: Nelson Espinoza
UNIDAD: 15-03 EMITIDA POR: Log. Redon

TRABAJOS PROGRAMADOS

| LOCALIDAD/UBICACIÓN | ACCION A CUBRIR | | |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. P. Los Sabogales | Instalación y/o desinstalación EB | <input checked="" type="checkbox"/> | Mito. Prev. y/o correctiva EB, ER, PTAR, PTAR |
| 2. | Revisión de equipo ER, ER | <input type="checkbox"/> | Mito. Prev. y/o correctiva BT |
| 3. | Revisión de equipo PTAR, PTAR | <input type="checkbox"/> | Rev. y mito sist. Claración |
| 4. | Revisión y/o mito. Paneles | <input type="checkbox"/> | Mito. Sarta |
| 5. | Mediciones eléct. y calibraciones | <input type="checkbox"/> | OTRO |

APLICACIONES DE TRABAJOS

Se realizó la instalación del equipo
Los Sabogales instalando 39 tubo de
6" x 20', / 780' de Cable 250 H.C.M.
39 tubo de 7 7/8 x 20', quedando traba-
jando con los siguiente datos.

| Voltaje | HME | Caudal |
|---------|---------|-------------|
| L1- 473 | L1- 770 | 383 galones |
| L2- 475 | L2- 774 | Perminuto. |
| L3- 472 | L3- 708 | |

Observación: esta bomba se le cambio
el eje de 73/16 y se le embuchinaron
los dos Brida.

NOTA: Toda visita de campo realizada por el maestro a cargo deben registrar: 1. Tiempo de desarrollo de la Actividad; 2. Consumo y lectura energética de trabajos de los equipos; 3. registro de actividades y fallas por estación; recomendaciones y cambio de accesorios, materiales y otros; 4. Firma del operador y/o responsable de la estación por C/U; 5. Devolución de materiales; 6. Act. correspondiente.

Fuente: ENACAL, Managua

Figura 13
 Datos del caudal

PUNTA DE TRABAJO
 MUYO ELECTROMECÁNICO

ENACAL
ENTIDAD NACIONALIZADA DE ACTIVIDADES Y SERVICIOS

O/TN° 0681
 MANAGUA 03 DE 10 de 2019

RESPONSABLE: Pedro Santana CONDUCTOR: Marco Edgewise
 EMITIDA POR: Georg Roldán

LOCALIDAD/UBICACIÓN: Valle CA

TRABAJOS PROGRAMADOS
ACCION A CUBRIR

| | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|
| Instalación y/o desinstalación EB | <input type="checkbox"/> | Mtto. Prev. y/o correctivo EB, ER, PTAP, PTAR | <input type="checkbox"/> |
| Revisión de equipo EB, ER | <input type="checkbox"/> | Mtto. Prev. y/o correctivo BT | <input type="checkbox"/> |
| Revisión de equipo PTAP, PTAR | <input type="checkbox"/> | Rev. y mtto sist. Cloración | <input type="checkbox"/> |
| Revisión y/o mtto. Paneles | <input type="checkbox"/> | Mtto. Sarta | <input type="checkbox"/> |
| Mediciones eléctricas y calibraciones | <input type="checkbox"/> | OTRO | <input type="checkbox"/> |

APLICACIONES DE TRABAJOS
 Se realizó la prueba de bombeo del equipo =
 Los sobornaes dando los siguiente resultado
 con el analizador con carga.

| Volts | Amp | Caudal | PSI | Kw | HP. |
|--------|--------|--------|-----|------|-----|
| L1-472 | L1-744 | 330 | 380 | 85.6 | 774 |
| L2-477 | L2-743 | | | | |
| L3-473 | L3-739 | | | | |

Este equipo se realizó prueba de Homia Ge.
 dando por fase 550 mega Homio.

Posteriormente se realizó la prueba del
 equipo de vollla Austria con el analizador
 dando los siguiente resultado con carga.

| Volts | Amp | Caudal | PSI | Kw | HP. |
|--------|--------|--------|-----|-----|-----|
| L1-467 | L1-777 | 554 | 220 | 702 | 737 |
| L2-465 | L2-778 | | | | |
| L3-469 | L3-768 | | | | |

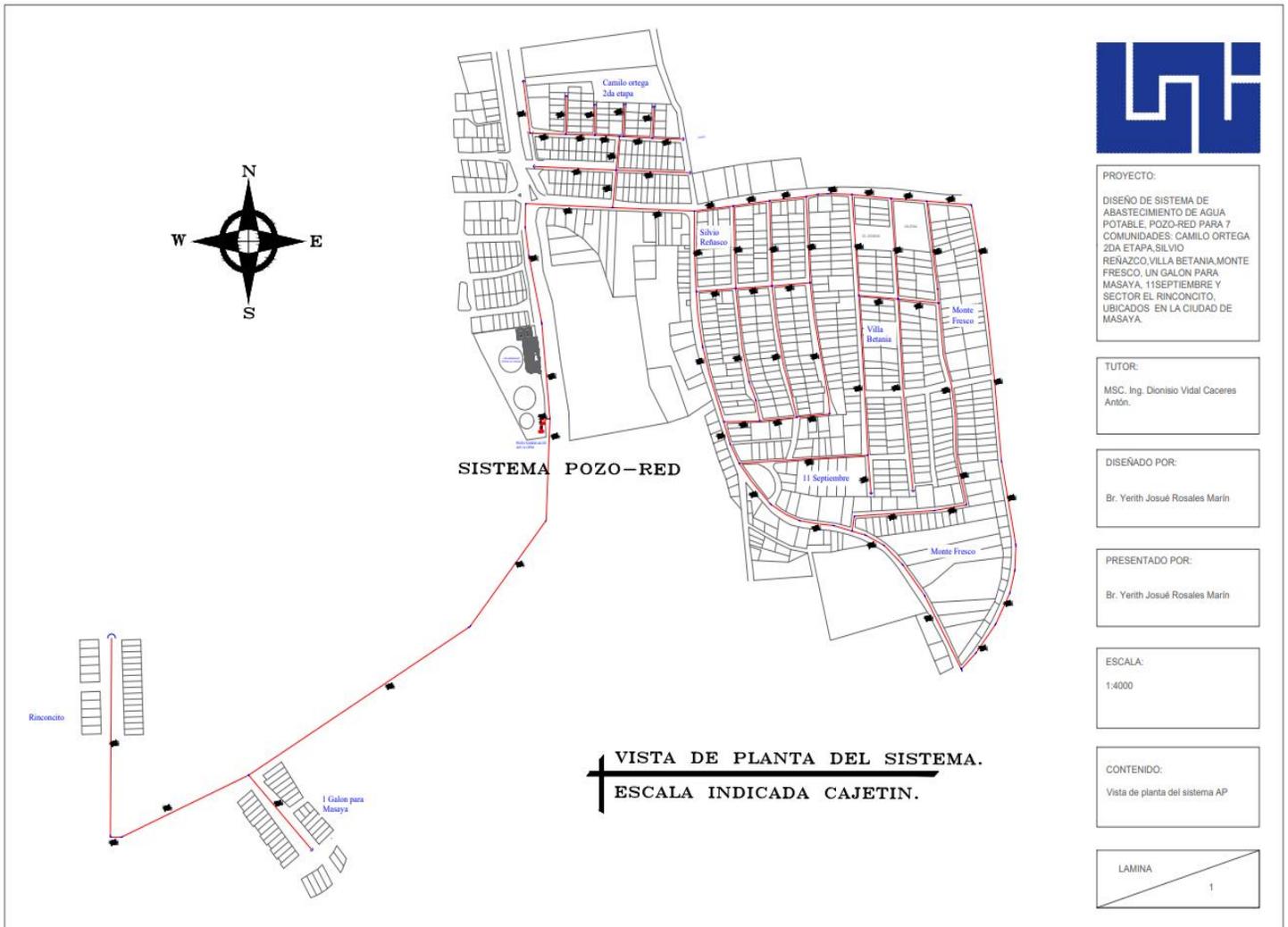
Este equipo se realizó prueba de Homia Ge.
 dando por fase: L1 500, L2, 600, L3 800.

Observación: Esta prueba se realizó con los
 proveedores de Uriel Riveray Bombasa

NOTA: Toda visita de campo realizada por el maestro a cargo deberá registrarse: 1. Tiempo de desarrollo de la Actividad; 2. Consumo y lectura energéticas de trabajos de los equipos; 3. registro de material utilizado y faltantes por estación; recomendaciones y cambio de accesorios, materiales y otros; 4. Firma del operador y/o responsable de la estación por C/U; 5. Devolución de materiales; 6. Actividad realizada.

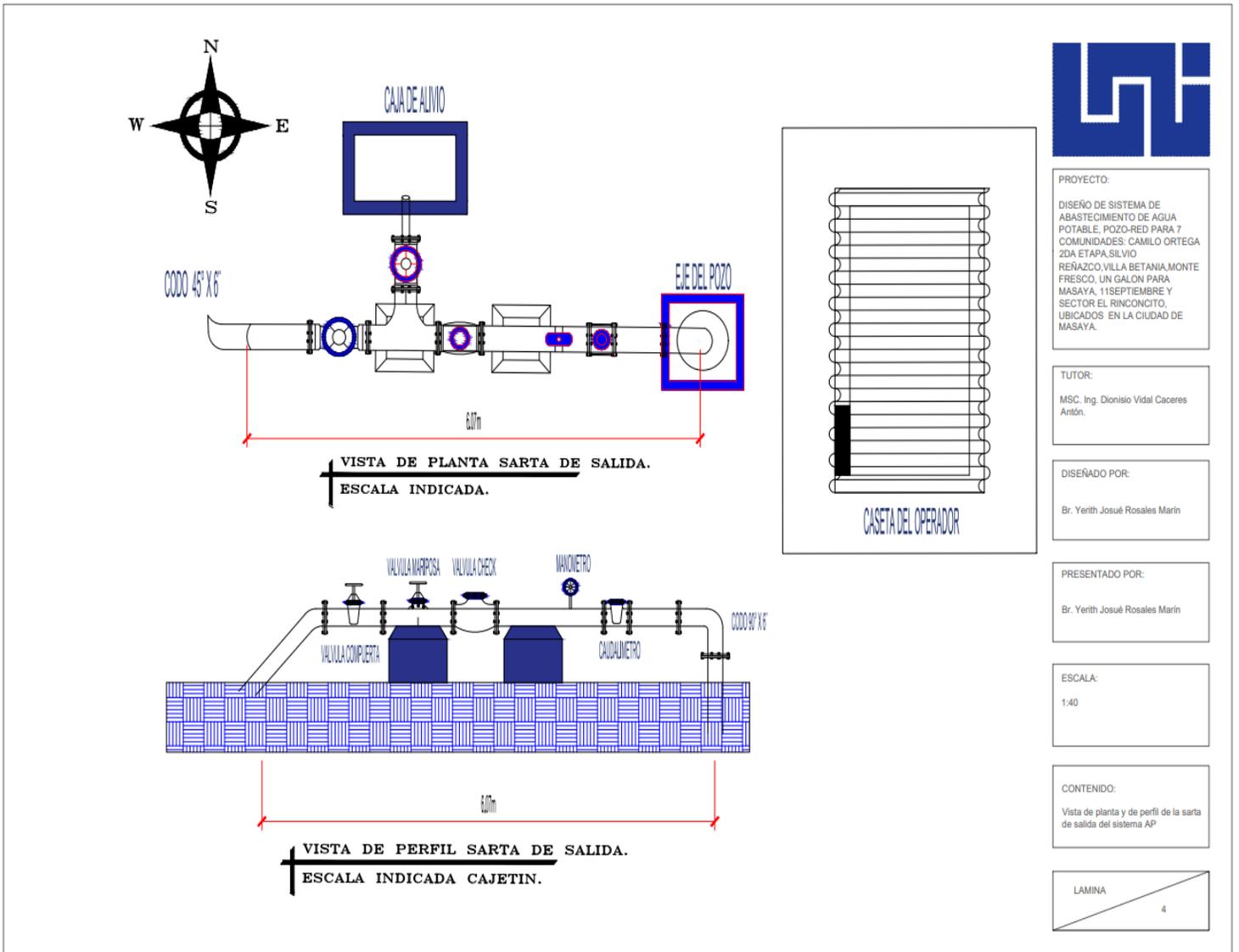
Fuente: ENACAL, Managua

Figura 14
Plano general del área de estudio



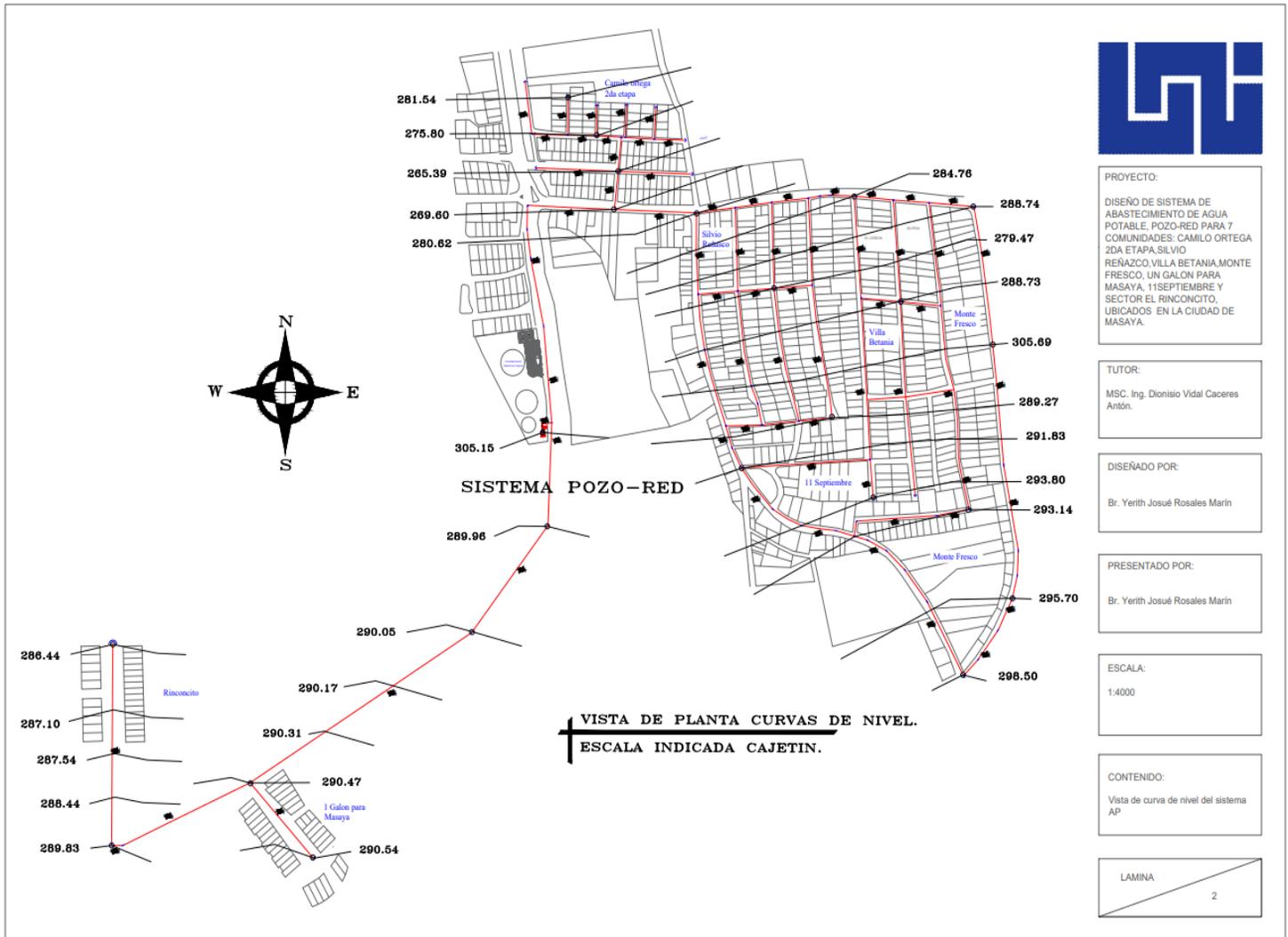
Fuente: AUTO CAD 2D, Elaboración propia.

Figura 15
Plano pozo y sarta de accesorios, caseta



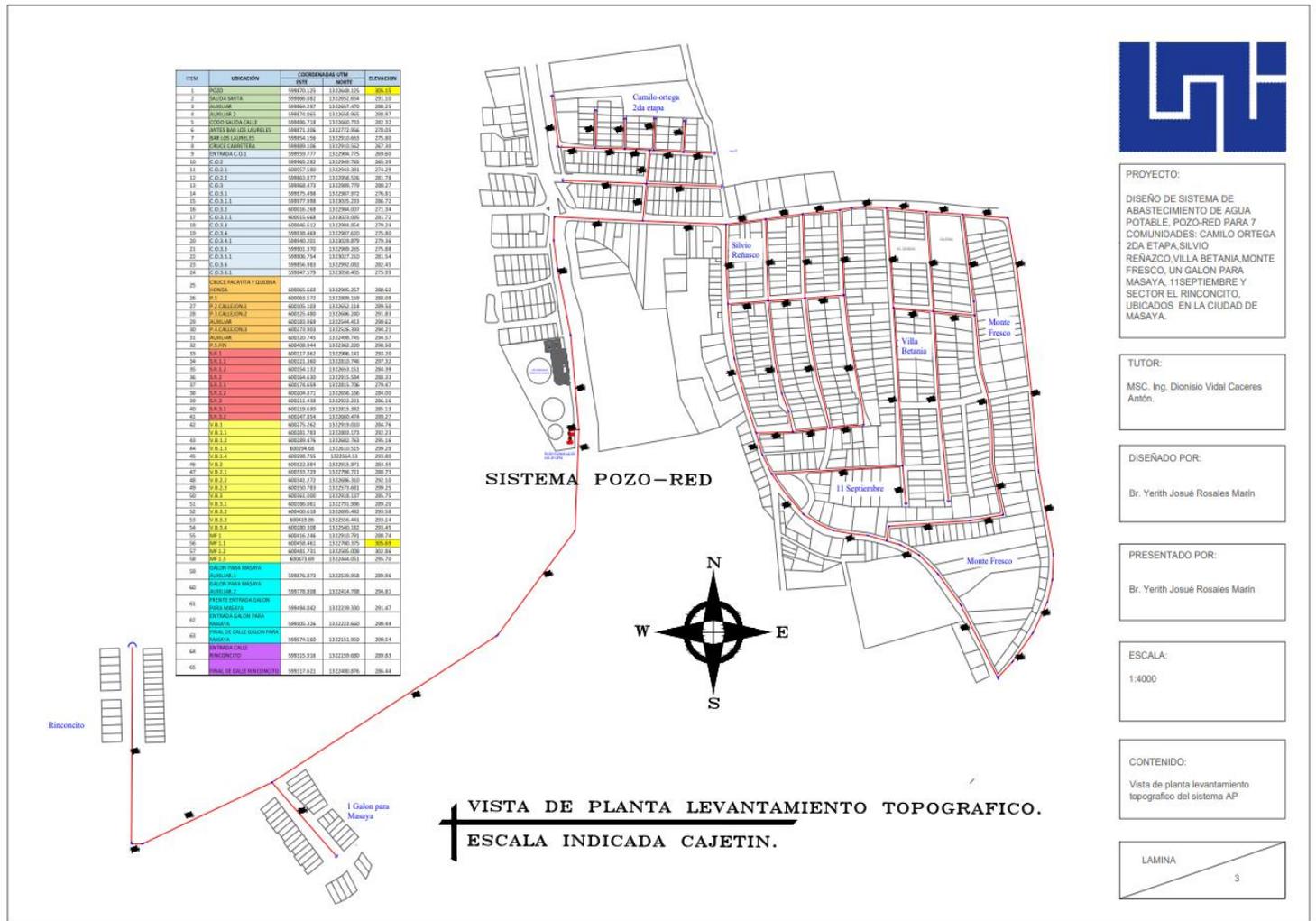
Fuente: AUTO CAD 2D, Elaboración propia.

Figura 16
Plano de curva de nivel del sistema



Fuente: AUTO CAD 2D, Elaboración propia.

Figura 17
Plano del levantamiento topográfico GPSmap 62 Garmin



PROYECTO:
DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, POZO-RED PARA 7 COMUNIDADES: CAMILO ORTEGA 2da ETAPA, SILVIO REÑAZCO, VILLA BETANIA, MONTE FRESCO, UN GALCÓN PARA MASAYA, 11 SEPTIEMBRE Y SECTOR EL RINCONCITO, UBICADOS EN LA CIUDAD DE MASAYA.

TUTOR:
MSC. Ing. Donisio Vidal Cáceres Antón.

DISEÑADO POR:
Br. Yerith Josué Rosales Marín

PRESENTADO POR:
Br. Yerith Josué Rosales Marín

ESCALA:
1:4000

CONTENIDO:
Vista de planta levantamiento topográfico del sistema AP

LAMINA
3

Fuente: AUTO CAD 2D, Elaboración propia.

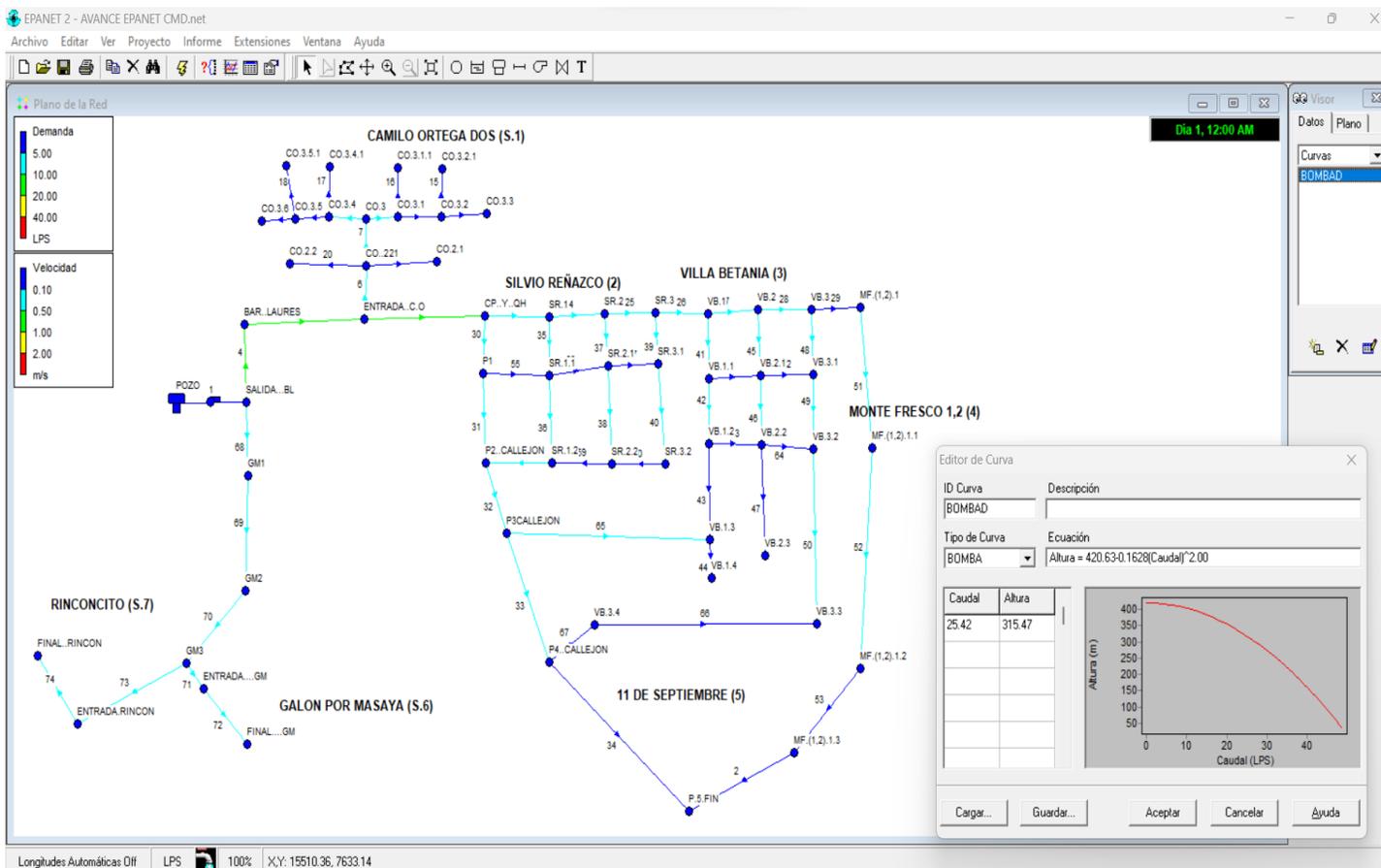
Tabla 28*Coordenadas de levantamiento topográfico 7 comunidades*

| Ítem | Ubicación | Coordenadas UTM | | Elevación |
|------|-------------------------------|-----------------|-------------|-----------|
| | | Este | Norte | |
| 1 | POZO | 599870,125 | 1322648,125 | 305,15 |
| 2 | SALIDA SARTA | 599866,082 | 1322652,654 | 291,10 |
| 3 | AUXILIAR | 599864,297 | 1322657,470 | 288,25 |
| 4 | AUXILIAR 2 | 599874,065 | 1322658,965 | 288,97 |
| 5 | CODO SALIDA CALLE | 599886,718 | 1322660,733 | 282,32 |
| 6 | ANTES BAR LOS LAURELES | 599871,306 | 1322772,956 | 278,05 |
| 7 | BAR LOS LAURELES | 599854,156 | 1322910,663 | 275,80 |
| 8 | CRUCE CARRETERA | 599889,106 | 1322910,562 | 267,30 |
| 9 | ENTRADA C.O.1 | 599959,777 | 1322904,775 | 269,60 |
| 10 | C.O.2 | 599965,282 | 1322949,765 | 265,39 |
| 11 | C.O.2.1 | 600057,580 | 1322943,381 | 274,29 |
| 12 | C.O.2.2 | 599863,877 | 1322958,526 | 281,78 |
| 13 | C.O.3 | 599968,473 | 1322989,779 | 280,27 |
| 14 | C.O.3.1 | 599975,498 | 1322987,972 | 276,81 |
| 15 | C.O.3.1.1 | 599977,998 | 1323025,233 | 286,72 |
| 16 | C.O.3.2 | 600016,268 | 1322984,007 | 271,34 |
| 17 | C.O.3.2.1 | 600015,668 | 1323023,085 | 281,72 |
| 18 | C.O.3.3 | 600046,612 | 1322984,854 | 279,24 |
| 19 | C.O.3.4 | 599938,469 | 1322987,620 | 275,80 |
| 20 | C.O.3.4.1 | 599940,201 | 1323029,879 | 279,36 |
| 21 | C.O.3.5 | 599901,370 | 1322989,265 | 275,88 |
| 22 | C.O.3.5.1 | 599906,754 | 1323027,210 | 281,54 |
| 23 | C.O.3.6 | 599856,983 | 1322992,082 | 282,45 |
| 24 | C.O.3.6.1 | 599847,579 | 1323058,405 | 275,99 |
| 25 | CRUCE PACAYITA Y QUEBRA HONDA | 600065,669 | 1322905,257 | 280,62 |
| 26 | P.1 | 600063,572 | 1322809,159 | 288,09 |
| 27 | P.2.CALLEJON.1 | 600105,103 | 1322652,114 | 289,50 |
| 28 | P.3.CALLEJON.2 | 600125,480 | 1322606,240 | 291,83 |
| 29 | AUXILIAR | 600183,969 | 1322544,413 | 290,62 |
| 30 | P.4.CALLEJON.3 | 600273,903 | 1322526,393 | 294,21 |
| 31 | AUXILIAR | 600320,745 | 1322498,745 | 294,57 |
| 32 | P.5.FIN | 600408,944 | 1322362,220 | 298,50 |
| 33 | S.R.1 | 600117,862 | 1322906,141 | 293,20 |
| 34 | S.R.1.1 | 600121,360 | 1322810,746 | 297,32 |
| 35 | S.R.1.2 | 600154,132 | 1322653,151 | 284,39 |

| | | | | |
|----|--|------------|-------------|--------|
| 36 | S.R.2 | 600164,630 | 1322915,584 | 288,33 |
| 37 | S.R.2.1 | 600174,659 | 1322815,706 | 279,47 |
| 38 | S.R.2.2 | 600204,871 | 1322656,166 | 284,00 |
| 39 | S.R.3 | 600211,438 | 1322922,221 | 286,16 |
| 40 | S.R.3.1 | 600219,630 | 1322815,382 | 285,13 |
| 41 | S.R.3.2 | 600247,854 | 1322660,474 | 289,27 |
| 42 | V.B.1 | 600275,262 | 1322919,010 | 284,76 |
| | V.B.1.1 | 600281,783 | 1322803,173 | 292,23 |
| 43 | V.B.1.2 | 600289,476 | 1322682,763 | 295,16 |
| 44 | V.B.1.3 | 600294,68 | 1322610,515 | 299,29 |
| 45 | V.B.1.4 | 600298,755 | 1322564,53 | 293,80 |
| 46 | V.B.2 | 600322,884 | 1322915,871 | 283,35 |
| 47 | V.B.2.1 | 600333,729 | 1322798,721 | 288,73 |
| 48 | V.B.2.2 | 600341,272 | 1322686,310 | 292,10 |
| 49 | V.B.2.3 | 600350,783 | 1322573,681 | 299,25 |
| 50 | V.B.3 | 600361,000 | 1322918,137 | 285,75 |
| 51 | V.B.3.1 | 600386,061 | 1322791,986 | 289,20 |
| 52 | V.B.3.2 | 600400,618 | 1322695,482 | 293,58 |
| 53 | V.B.3.3 | 600419,86 | 1322556,441 | 293,14 |
| 54 | V.B.3.4 | 600280,308 | 1322540,182 | 293,45 |
| 55 | M.F.1 | 600416,246 | 1322910,791 | 288,74 |
| 56 | M.F.1.1 | 600458,461 | 1322700,375 | 305,69 |
| 57 | M.F.1.2 | 600481,731 | 1322505,008 | 302,86 |
| 58 | M.F.1.3 | 600473,69 | 1322444,051 | 295,70 |
| 59 | GALON PARA MASAYA AUXILIAR.1 | 599876,873 | 1322539,958 | 289,96 |
| 60 | GALON PARA MASAYA AUXILIAR.2 | 599778,808 | 1322414,788 | 294,81 |
| 61 | FRENTE ENTRADA GALON PARA MASAYA | 599494,042 | 1322239,330 | 291,47 |
| 62 | ENTRADA GALON PARA MASAYA | 599505,326 | 1322223,660 | 290,44 |
| 63 | FINAL DE CALLE GALON PARA MASAYA | 599574,560 | 1322151,950 | 290,54 |
| 64 | ENTRADA CALLE RINCONCITO | 599315,916 | 1322159,680 | 289,83 |
| 65 | FINAL DE CALLE RINCONCITO | 599317,621 | 1322400,876 | 286,44 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 18
Modelación en EPANET CMD



Fuente: EPANET 2.0

Tabla 29
Consumo máximo día

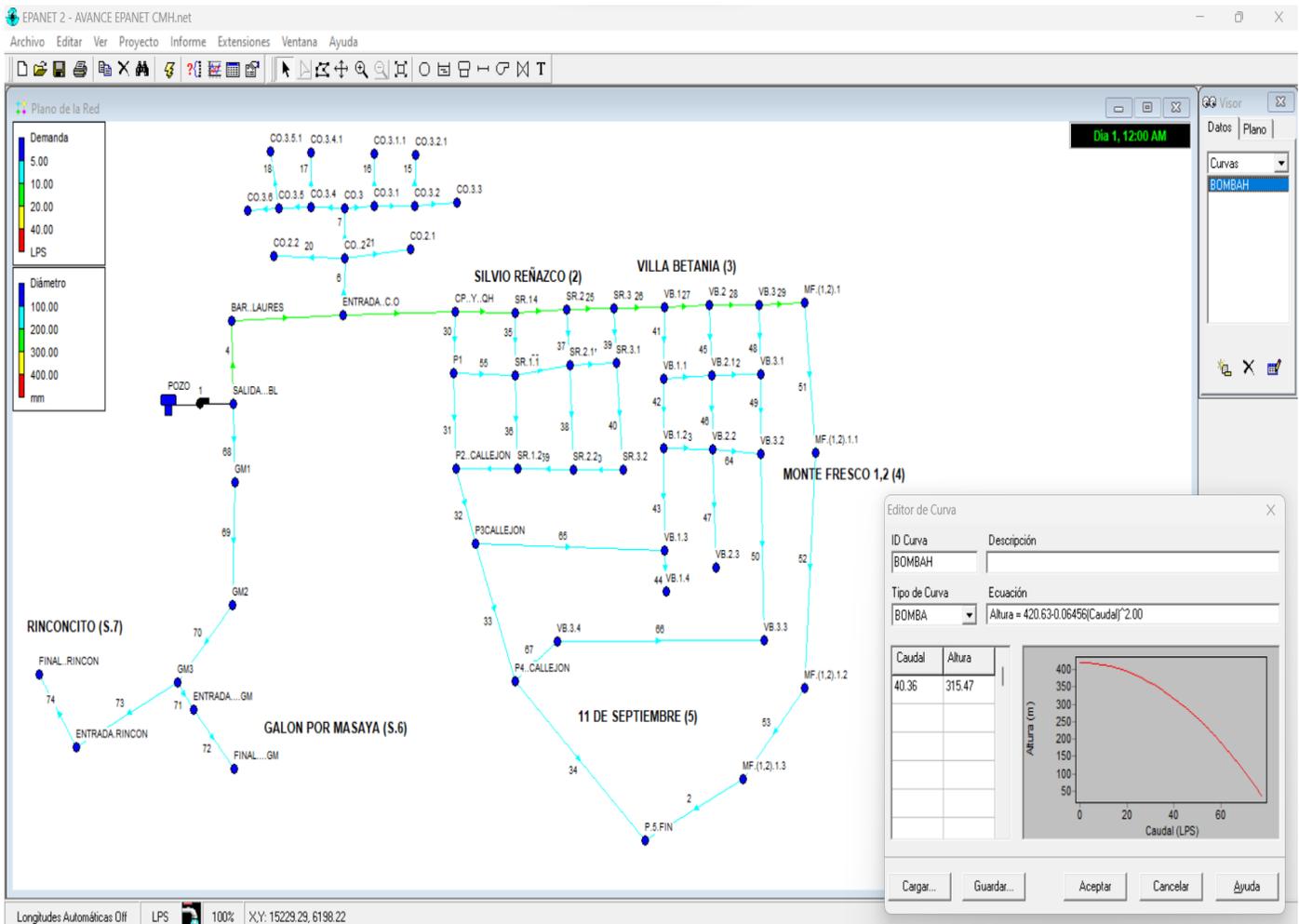
| ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad | ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad |
|------------|----------|----------|--------|-----------|------------|----------|----------|--------|-----------|
| | m | mm | LPS | m/s | | m | mm | LPS | m/s |
| Tubería 4 | 262.22 | 200 | 20.78 | 0.66 | Tubería 41 | 116.02 | 100 | 2.12 | 0.27 |
| Tubería 5 | 111.98 | 200 | 20.78 | 0.66 | Tubería 42 | 120.66 | 100 | 1.39 | 0.18 |
| Tubería 6 | 45.32 | 100 | 3.77 | 0.48 | Tubería 43 | 72.43 | 100 | 0.5 | 0.06 |
| Tubería 7 | 40.14 | 100 | 2.3 | 0.29 | Tubería 44 | 46.17 | 100 | 0.17 | 0.02 |
| Tubería 8 | 7.25 | 100 | 1 | 0.13 | Tubería 45 | 117.65 | 100 | 2.01 | 0.26 |
| Tubería 9 | 40.96 | 100 | 0.6 | 0.08 | Tubería 46 | 112.66 | 100 | 1.44 | 0.18 |
| Tubería 11 | 30.08 | 100 | 1.16 | 0.15 | Tubería 47 | 113.03 | 100 | 0.78 | 0.1 |
| Tubería 12 | 37.13 | 100 | 0.75 | 0.1 | Tubería 48 | 128.62 | 100 | 1.88 | 0.24 |
| Tubería 13 | 44.47 | 100 | 0.17 | 0.02 | Tubería 49 | 97.6 | 100 | 1.55 | 0.2 |
| Tubería 14 | 30.35 | 100 | 0.2 | 0.03 | Tubería 50 | 140.36 | 100 | 1.04 | 0.13 |
| Tubería 15 | 39.08 | 100 | 0.2 | 0.03 | Tubería 51 | 214.61 | 100 | 1.58 | 0.2 |
| Tubería 16 | 37.34 | 100 | 0.2 | 0.03 | Tubería 52 | 196.75 | 100 | 1 | 0.13 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|-------|------|------------|--------|-----|-------|------|
| Tubería 17 | 42.29 | 100 | 0.27 | 0.03 | Tubería 53 | 61.48 | 100 | 0.42 | 0.05 |
| Tubería 18 | 38.32 | 100 | 0.34 | 0.04 | Tubería 55 | 57.81 | 100 | 0.72 | 0.09 |
| Tubería 20 | 101.78 | 100 | 0.68 | 0.09 | Tubería 56 | 53.53 | 100 | 0.77 | 0.1 |
| Tubería 21 | 92.52 | 100 | 0.65 | 0.08 | Tubería 57 | 44.97 | 100 | 0.59 | 0.07 |
| Tubería 22 | 105.89 | 200 | 16.7 | 0.53 | Tubería 58 | 49.04 | 100 | -0.79 | 0.1 |
| Tubería 23 | 52.2 | 200 | 13.66 | 0.43 | Tubería 59 | 50.83 | 100 | -0.28 | 0.04 |
| Tubería 24 | 47.71 | 200 | 11.33 | 0.36 | Tubería 60 | 43.2 | 100 | -0.15 | 0.02 |
| Tubería 25 | 47.27 | 200 | 9.44 | 0.3 | Tubería 61 | 51.13 | 100 | 0.09 | 0.01 |
| Tubería 26 | 63.9 | 200 | 7.86 | 0.25 | Tubería 62 | 52.76 | 100 | 0.15 | 0.02 |
| Tubería 27 | 47.72 | 200 | 5.64 | 0.18 | Tubería 63 | 51.91 | 100 | 0.1 | 0.01 |
| Tubería 28 | 38.18 | 200 | 3.56 | 0.11 | Tubería 64 | 60.05 | 100 | 0.04 | 0.01 |
| Tubería 29 | 55.73 | 200 | 1.65 | 0.05 | Tubería 65 | 166.24 | 100 | -0.79 | 0.1 |
| Tubería 30 | 96.12 | 100 | 2.7 | 0.34 | Tubería 66 | 140.5 | 100 | -0.63 | 0.08 |
| Tubería 31 | 162.44 | 100 | 1.66 | 0.21 | Tubería 67 | 15.2 | 100 | -0.66 | 0.08 |
| Tubería 32 | 50.2 | 100 | 1.85 | 0.24 | Tubería 68 | 121.18 | 150 | 4.59 | 0.26 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|------|------|------------|---------------|---------------|-------|------|
| Tubería 33 | 176.83 | 100 | 0.99 | 0.13 | Tubería 69 | 159.01 | 150 | 4.59 | 0.26 |
| Tubería 34 | 216.92 | 100 | 0.09 | 0.01 | Tubería 70 | 334.48 | 150 | 4.59 | 0.26 |
| Tubería 35 | 95.46 | 100 | 2.19 | 0.28 | Tubería 71 | 19.31 | 100 | 1.7 | 0.22 |
| Tubería 36 | 160.97 | 100 | 1.53 | 0.19 | Tubería 72 | 99.74 | 100 | 1.7 | 0.22 |
| Tubería 37 | 100.38 | 100 | 1.79 | 0.23 | Tubería 73 | 195.12 | 150 | 2.89 | 0.16 |
| Tubería 38 | 162.38 | 100 | 1.43 | 0.18 | Tubería 74 | 241.2 | 100 | 2.89 | 0.37 |
| Tubería 39 | 107.15 | 100 | 1.44 | 0.18 | Tubería 2 | 104.35 | 100 | 0.28 | 0.04 |
| Tubería 40 | 157.46 | 100 | 1.41 | 0.18 | Bomba 1 | No disponible | No disponible | 25.37 | 0 |

Fuente: EPANET 2.0

Figura 19
Modelación en EPANET CMH



Fuente: EPANET 2.0

Tabla 30*Consumo máxima hora*

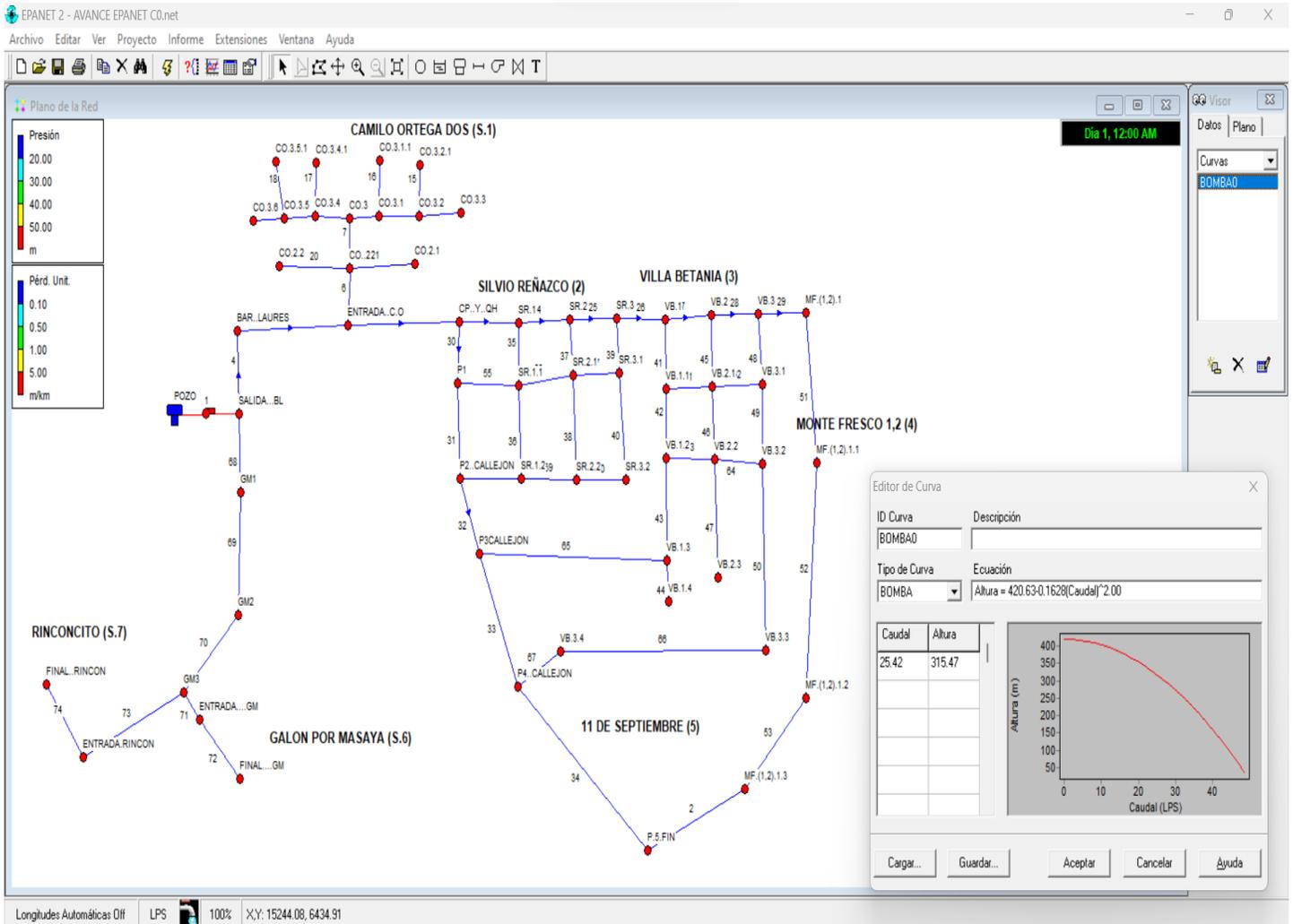
| ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad | ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad |
|------------|----------|----------|--------|-----------|------------|----------|----------|--------|-----------|
| | m | mm | LPS | m/s | | m | mm | LPS | m/s |
| Tubería 4 | 262.22 | 200 | 33.02 | 1.05 | Tubería 41 | 116.02 | 100 | 3.38 | 0.43 |
| Tubería 5 | 111.98 | 200 | 33.02 | 1.05 | Tubería 42 | 120.66 | 100 | 2.21 | 0.28 |
| Tubería 6 | 45.32 | 100 | 5.99 | 0.76 | Tubería 43 | 72.43 | 100 | 0.8 | 0.1 |
| Tubería 7 | 40.14 | 100 | 3.66 | 0.47 | Tubería 44 | 46.17 | 100 | 0.27 | 0.03 |
| Tubería 8 | 7.25 | 100 | 1.6 | 0.2 | Tubería 45 | 117.65 | 100 | 3.19 | 0.41 |
| Tubería 9 | 40.96 | 100 | 0.96 | 0.12 | Tubería 46 | 112.66 | 100 | 2.29 | 0.29 |
| Tubería 11 | 30.08 | 100 | 1.84 | 0.23 | Tubería 47 | 113.03 | 100 | 1.25 | 0.16 |
| Tubería 12 | 37.13 | 100 | 1.19 | 0.15 | Tubería 48 | 128.62 | 100 | 3 | 0.38 |
| Tubería 13 | 44.47 | 100 | 0.27 | 0.03 | Tubería 49 | 97.6 | 100 | 2.47 | 0.31 |
| Tubería 14 | 30.35 | 100 | 0.32 | 0.04 | Tubería 50 | 140.36 | 100 | 1.66 | 0.21 |
| Tubería 15 | 39.08 | 100 | 0.32 | 0.04 | Tubería 51 | 214.61 | 100 | 2.51 | 0.32 |
| Tubería 16 | 37.34 | 100 | 0.32 | 0.04 | Tubería 52 | 196.75 | 100 | 1.59 | 0.2 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|-------|------|------------|--------|-----|-------|------|
| Tubería 17 | 42.29 | 100 | 0.43 | 0.05 | Tubería 53 | 61.48 | 100 | 0.67 | 0.09 |
| Tubería 18 | 38.32 | 100 | 0.54 | 0.07 | Tubería 55 | 57.81 | 100 | 1.15 | 0.15 |
| Tubería 20 | 101.78 | 100 | 1.08 | 0.14 | Tubería 56 | 53.53 | 100 | 1.23 | 0.16 |
| Tubería 21 | 92.52 | 100 | 1.03 | 0.13 | Tubería 57 | 44.97 | 100 | 0.93 | 0.12 |
| Tubería 22 | 105.89 | 200 | 26.54 | 0.84 | Tubería 58 | 49.04 | 100 | -1.27 | 0.16 |
| Tubería 23 | 52.2 | 200 | 21.72 | 0.69 | Tubería 59 | 50.83 | 100 | -0.46 | 0.06 |
| Tubería 24 | 47.71 | 200 | 18.01 | 0.57 | Tubería 60 | 43.2 | 100 | -0.24 | 0.03 |
| Tubería 25 | 47.27 | 200 | 15.01 | 0.48 | Tubería 61 | 51.13 | 100 | 0.14 | 0.02 |
| Tubería 26 | 63.9 | 200 | 12.51 | 0.4 | Tubería 62 | 52.76 | 100 | 0.23 | 0.03 |
| Tubería 27 | 47.72 | 200 | 8.97 | 0.29 | Tubería 63 | 51.91 | 100 | 0.16 | 0.02 |
| Tubería 28 | 38.18 | 200 | 5.67 | 0.18 | Tubería 64 | 60.05 | 100 | 0.06 | 0.01 |
| Tubería 29 | 55.73 | 200 | 2.62 | 0.08 | Tubería 65 | 166.24 | 100 | -1.26 | 0.16 |
| Tubería 30 | 96.12 | 100 | 4.28 | 0.55 | Tubería 66 | 140.5 | 100 | -0.99 | 0.13 |
| Tubería 31 | 162.44 | 100 | 2.65 | 0.34 | Tubería 67 | 15.2 | 100 | -1.04 | 0.13 |
| Tubería 32 | 50.2 | 100 | 2.94 | 0.37 | Tubería 68 | 121.18 | 150 | 7.3 | 0.41 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|------|------|------------|---------------|---------------|-------|------|
| Tubería 33 | 176.83 | 100 | 1.57 | 0.2 | Tubería 69 | 159.01 | 150 | 7.3 | 0.41 |
| Tubería 34 | 216.92 | 100 | 0.15 | 0.02 | Tubería 70 | 334.48 | 150 | 7.3 | 0.41 |
| Tubería 35 | 95.46 | 100 | 3.48 | 0.44 | Tubería 71 | 19.31 | 100 | 2.71 | 0.35 |
| Tubería 36 | 160.97 | 100 | 2.43 | 0.31 | Tubería 72 | 99.74 | 100 | 2.71 | 0.35 |
| Tubería 37 | 100.38 | 100 | 2.85 | 0.36 | Tubería 73 | 195.12 | 150 | 4.59 | 0.26 |
| Tubería 38 | 162.38 | 100 | 2.27 | 0.29 | Tubería 74 | 241.2 | 100 | 4.59 | 0.58 |
| Tubería 39 | 107.15 | 100 | 2.28 | 0.29 | Tubería 2 | 104.35 | 100 | 0.45 | 0.06 |
| Tubería 40 | 157.46 | 100 | 2.24 | 0.29 | Bomba 1 | No disponible | No disponible | 40.32 | 0 |

Fuente: EPANET 2.0

Figura 20
Modelación EPANET consumo cero



Fuente: EPANET 2.0

Tabla 31
Consumo cero

| ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad | ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad |
|------------|----------|----------|--------|-----------|------------|----------|----------|--------|-----------|
| | m | mm | LPS | m/s | | m | mm | LPS | m/s |
| Tubería 4 | 262.22 | 200 | 0.06 | 0 | Tubería 41 | 116.02 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 5 | 111.98 | 200 | 0.06 | 0 | Tubería 42 | 120.66 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 6 | 45.32 | 100 | 0 | 0 | Tubería 43 | 72.43 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 7 | 40.14 | 100 | 0 | 0 | Tubería 44 | 46.17 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 8 | 7.25 | 100 | 0 | 0 | Tubería 45 | 117.65 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 9 | 40.96 | 100 | 0 | 0 | Tubería 46 | 112.66 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 11 | 30.08 | 100 | 0 | 0 | Tubería 47 | 113.03 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 12 | 37.13 | 100 | 0 | 0 | Tubería 48 | 128.62 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 13 | 44.47 | 100 | 0 | 0 | Tubería 49 | 97.6 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 14 | 30.35 | 100 | 0 | 0 | Tubería 50 | 140.36 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 15 | 39.08 | 100 | 0 | 0 | Tubería 51 | 214.61 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 16 | 37.34 | 100 | 0 | 0 | Tubería 52 | 196.75 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 17 | 42.29 | 100 | 0 | 0 | Tubería 53 | 61.48 | 100 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|------|---|------------|--------|-----|---|---|
| Tubería 18 | 38.32 | 100 | 0 | 0 | Tubería 55 | 57.81 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 20 | 101.78 | 100 | 0 | 0 | Tubería 56 | 53.53 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 21 | 92.52 | 100 | 0 | 0 | Tubería 57 | 44.97 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 22 | 105.89 | 200 | 0.06 | 0 | Tubería 58 | 49.04 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 23 | 52.2 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 59 | 50.83 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 24 | 47.71 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 60 | 43.2 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 25 | 47.27 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 61 | 51.13 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 26 | 63.9 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 62 | 52.76 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 27 | 47.72 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 63 | 51.91 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 28 | 38.18 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 64 | 60.05 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 29 | 55.73 | 200 | 0.05 | 0 | Tubería 65 | 166.24 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 30 | 96.12 | 100 | 0.01 | 0 | Tubería 66 | 140.5 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 31 | 162.44 | 100 | 0 | 0 | Tubería 67 | 15.2 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 32 | 50.2 | 100 | 0.01 | 0 | Tubería 68 | 121.18 | 150 | 0 | 0 |
| Tubería 33 | 176.83 | 100 | 0 | 0 | Tubería 69 | 159.01 | 150 | 0 | 0 |
| Tubería 34 | 216.92 | 100 | 0 | 0 | Tubería 70 | 334.48 | 150 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|-----|---|---|------------|---------------|---------------|-------|---|
| Tubería 35 | 95.46 | 100 | 0 | 0 | Tubería 71 | 19.31 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 36 | 160.97 | 100 | 0 | 0 | Tubería 72 | 99.74 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 37 | 100.38 | 100 | 0 | 0 | Tubería 73 | 195.12 | 150 | 0 | 0 |
| Tubería 38 | 162.38 | 100 | 0 | 0 | Tubería 74 | 241.2 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 39 | 107.15 | 100 | 0 | 0 | Tubería 2 | 104.35 | 100 | 0 | 0 |
| Tubería 40 | 157.46 | 100 | 0 | 0 | Bomba 1 | No disponible | No disponible | 25.48 | 0 |

Fuente: EPANET 2.0

Foto 1, Toma de muestras para análisis de la calidad del agua



Foto 2, Toma de muestras para análisis de la calidad del agua



Foto 3, Pozo existente



Foto 4, GPSmap 62 Garmin

