

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO
POR BOMBEO ELÉCTRICO Y
SANEAMIENTO BÁSICO PARA LA
COMUNIDAD DE LLANO REDONDO,
MUNICIPIO DE ESTELÍ,
DEPARTAMENTO DE ESTELÍ” .**

Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Carlos Moisés
Sánchez.
Carnet: 2017-0168N

Br. Carlos Aarón
Rodríguez Zeledón
Carnet: 2017-0188N

Tutor:

Ing. José Ángel
Baltodano Maldonado

17 de julio de 2023
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

Con mucho amor y esfuerzo dedico esta monografía:

Principalmente a **Dios por su amor y misericordia**, por brindarme la vida, permitirme salud, por darme la capacidad y entendimiento en el desarrollo de cada etapa de lo que esto fue, y poder llevarme a culminar una parte de mis sueños a como es este.

A mí madre **Sayda Sánchez Navarrete**, quién siempre ha estado para mí sin importar el momento o circunstancia, que nunca ha dejado de creer que su hijo puede llegar hasta el final, a ella que se ha esforzado día a día por este sueño que no es solo mío, si no de ella también.

Por otra parte, también dedico este logro a **Dñ. Cenía López** quien ha sido de gran apoyo para mí persona en esta etapa de mi vida, quien me ha apoyado con gran generosidad y humildad.

A mi compañero **Carlos Aarón Rodríguez Zeledón**, porque juntos con esfuerzo y entrega hemos logrado terminar un objetivo en nuestras vidas.

A profesores que hicieron más que su rol de trabajo, por cada palabra de aliento, consejo y apoyo, a ellos y a amigos que han aportado para el desarrollo de lo que ha sido mi sueño finalizado, gracias.

Br. Carlos Moisés Sánchez.

Dedicatoria

Con mucho cariño dedico esta monografía:

Primeramente, **a Dios por regalarme la vida**, llenarme de salud, cuidar de mí en cada momento y darme la sabiduría para poder cumplir cada uno de mis propósitos, especialmente este que es muy importante para mí.

A mis madres, **Rosa Argentina Zeledón Rivera y Karen Patricia Rodríguez Zeledón**, por la educación que me han dado, por alentarme cada día a ser mejor persona y creer siempre en mis capacidades para poder cumplir mis metas, por cada uno de sus sacrificios para que este día se pudiera hacer realidad, esta meta tan anhelada también es de ustedes.

A mis tías, **Vilma Yareth Zeledón Rivera, Mélida Argentina García Zeledón y Adriana Joselina García Zeledón**.

Por qué siempre me apoyaron a pesar de las dificultades, por todos sus consejos y buenos deseos hacia mí. Sé que cada ayuda recibida fue con todo el cariño para poder salir adelante.

A mis compañero **Carlos Moisés Sánchez** por todo el esfuerzo y tiempo dedicado para poder culminar esta meta.

A toda mi familia y amigos, gracias.

Br. Carlos Aarón Rodríguez Zeledón.

Agradecimiento

Agradecemos principalmente a Dios por darnos la vida, derramar infinitas bendiciones sobre cada uno de nosotros, brindarnos la sabiduría y la inteligencia necesaria para lograr culminar nuestros estudios.

A nuestros padres por ser los principales pilares para poder alcanzar nuestros sueños, por confiar en todo momento en cada uno de nosotros, su amor incondicional y siempre darnos palabras de aliento para que nunca nos demos por vencidos.

A nuestro tutor M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado por brindarnos su tiempo, apoyo y su conocimiento a lo largo de nuestro proceso monográfico.

Gracias a nuestros docentes quienes compartieron su conocimiento para poder formarnos como profesionales, por toda su entrega y dedicación a lo largo de estos 5 años.

Resumen ejecutivo

El tema tratado en el presente documento se refiere al “Diseño de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico para la comunidad de Llano Redondo, municipio de Estelí, departamento de Estelí”. Consolidada la planificación del problema de servicio de agua potable y saneamiento básico para un período de 20 años, para dar solución a la problemática de la comunidad que afecta aproximadamente a unos 132 habitantes.

En la parte central del documento, referente a los resultados obtenidos, se puede observar, en primer lugar, el desarrollo del estudio socioeconómico que equivale al análisis de las encuestas aplicadas a la población para determinar principalmente la demanda de agua potable de los habitantes, así como la aceptación del proyecto.

En segundo lugar, se muestra el resultado del levantamiento topográfico realizado, para determinar las elevaciones del terreno y considerar el lugar más conveniente por el cual deben pasar las tuberías del sistema de agua potable.

Posteriormente se presentan los resultados del aforo del pozo de la comunidad de Llano Redondo, propuesto como fuente principal de abastecimiento para todo el sistema de agua potable, comparando estos resultados con la demanda de la población y así determinar su elección.

Luego puede observarse, las características física-químicas y bacteriológicas del agua, obtenidas de los análisis de laboratorio, con el fin de definir el tratamiento adecuado que debe aplicársele al agua.

El sistema de agua potable se distribuirá por medio de ramales abiertos, debido a lo disperso de las viviendas, la población a beneficiarse será 414 habitantes. Se elaboró el presupuesto del proyecto y los planos respectivos; estos se incluyen en el presente documento.

Tabla de contenido

Capítulo I: Generalidades	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Descripción del área de estudio	5
1.5.1 Macro y micro localización	5
Capítulo II: Marco Teórico	7
2 Estudio socioeconómico	7
2.1 Estudio topográfico	7
2.2 Proyección poblacional y dotación	8
2.3 Nivel de servicio	8
2.3.1 Conexiones domiciliarias	8
2.4 Parámetros de diseño	9
2.4.1 Período de diseño	9
2.4.2 Variaciones de consumo	9
2.4.3 Presiones y velocidades permisibles	10
2.4.4 Cobertura de tuberías y pérdidas de agua en el sistema	10
2.5 Fuente de abastecimiento	11
2.6 Mini acueductos por bombeo eléctrico (MABE)	11
2.7 Estación de bombeo y sarta de bombeo	11

2.7.1	Bombas verticales	12
2.8	Calidad del agua y desinfección.....	13
2.9	Línea de conducción	13
2.10	Almacenamiento de agua	14
2.10.1	Capacidad	14
2.10.2	Localización.....	14
2.11	Red de distribución	15
2.12	Análisis hidráulico	16
2.13	Saneamiento básico rural y Letrinas de Foso Ventilado (LFV).....	16
2.14	Presupuesto del proyecto	16
	Capítulo III: Diseño Metodológico	17
3	Tipo de investigación	17
3.1	Materiales y herramientas	17
3.2	Estudio socioeconómico	17
3.3	Estudio topográfico	18
3.4	Aforo de la fuente	18
3.5	Análisis de calidad de agua	19
3.6	Diseño del sistema abastecimiento de agua potable	19
3.6.1	Población de diseño	19
3.6.2	Gastos de diseño	20
3.6.3	Diseño de la línea de conducción por bombeo	21
3.6.4	Diseño del almacenamiento de agua potable	25
3.6.5	Diseño de la red de distribución	26
3.7	Desinfección de agua utilizando cloro	27
3.8	Diseño de letrinas de foso ventilado	28

3.9	Elaboración de los planos	28
3.10	Presupuesto	29
	Capítulo IV: Análisis y presentación de los resultados	30
4	Estudio socioeconómico	30
4.1.1	Población	30
4.1.2	Rango de edad de la población	31
4.1.3	Nivel académico y ocupación	32
4.1.4	Ingresos y capacidad de pago	33
4.1.5	Validación y aceptación del proyecto	35
4.2	Población de diseño	39
4.3	Gastos de diseño	40
4.4	Levantamiento topográfico	43
4.5	Aforo de la fuente de agua	44
4.6	Análisis de calidad de agua	46
4.7	Línea de conducción	48
4.7.1	Trazo de la línea de conducción por bombeo eléctrico	48
4.7.2	Gastos de diseño	48
4.7.3	Determinación de la cota mínima de bombeo	49
4.7.4	Selección de los diámetros de tubería	50
4.8	Diseño del taque de almacenamiento	65
4.9	Red de distribución	66
4.9.1	Trazo de la red de distribución	66
4.9.2	Definición de caudales por nodo	67
4.9.3	Determinación de los diámetros de las tuberías	73
4.9.4	Análisis hidráulico de la red de distribución	74

4.10 Desinfección del agua para la red de distribución	83
4.10.1 Cantidad de cloro a utilizar	83
4.10.2 Análisis de cloro residual	85
4.11 Propuesta de saneamiento básico rural	87
4.11.1 Letrinas de foso ventilado y su ubicación	87
4.12 Presupuesto de la obra	90
4.12.1 Sistema de agua potable	90
4.12.2 Letrinas de foso ventilado	92
5 Conclusiones	94
6 Recomendaciones	96
7 Bibliografía	97
Anexos	99
Estudio socioeconómico	99
Levantamiento topográfico	103
Análisis de la calidad de agua de la fuente	108
Complementos para análisis hidráulico del sistema de agua potable	112

Índice de tablas

Tabla 1: Censo poblacional	30
Tabla 2: Censo de la población Llano Redondo	39
Tabla 3: Proyección poblacional para 20 años	40
Tabla 4: Caudales de diseño y volumen de almacenamiento	42
Tabla 5: Resumen de elevaciones	43
Tabla 6: Diferencia de elevaciones.....	44
Tabla 7: Resultados del aforo del pozo.....	44
Tabla 8: Datos del nivel de agua del pozo	45
Tabla 9: Resultados de laboratorio de la prueba físico-químicos	46
Tabla 10: Resultados de la prueba bacteriológica.....	47
Tabla 11: Diámetros internos para la línea de conducción	50
Tabla 12: Comparación de pérdidas por fricción según diámetro.....	51
Tabla 13: Valor K de la sarta de bombeo.....	53
Tabla 14: Carga dinámica total por diámetro de tubería	54
Tabla 15: Potencia teórica de la bomba según el diámetro de tubería.....	56
Tabla 16: Costos de tubería e instalación para $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ “.....	57
Tabla 17: Costos de tubería e instalación para $\varnothing = 1 \frac{1}{2}$ ”.....	58
Tabla 18: Consumo de energía eléctrica por diámetro de tubería.....	59
Tabla 19: Resumen de costos totales según diámetro.....	59
Tabla 20: Datos para calcular la sobrepresión por golpe de ariete.....	63
Tabla 21: Sobrepresión debido al golpe de ariete por tramo de tubería.....	64
Tabla 22: Resumen de las dimensiones del tanque de almacenamiento.....	66
Tabla 23: Caudal por cada tramo de tubería.	69
Tabla 24: Caudales en los nodos de la red de distribución.....	70
Tabla 25: Caudales reales por tramo en la red de distribución.....	72
Tabla 26: Diámetro de tuberías por tramo en la red de distribución	73
Tabla 27: Velocidades reales en la red de distribución	74
Tabla 28: Presión en la red de distribución	76
Tabla 29: Velocidades en la red de distribución	78
Tabla 30: Presión en los nodos de la red con válvulas rompe presión.....	79

Tabla 31: Análisis de presiones en la red de distribución con demanda cero	82
Tabla 32: Cloro residual en la red de distribución.....	86
Tabla 33: Localización de letrinas	87
Tabla 34: Presupuesto del sistema de agua potable de la comunidad de Llano Redondo, Estelí, Nicaragua.	91
Tabla 35: Presupuesto de letrinas de foso ventilada.	92
Tabla 36: Resultados del levantamiento topográfico	103
Tabla 37: Resultados de levantamiento topográfico.....	104
Tabla 38: Resultados de levantamiento topográfico.....	105
Tabla 39: Resultados de levantamiento topográfico.....	106
Tabla 40: Parámetros de clasificación para fuentes de agua tipo 1-A.....	108
Tabla 41: Certificado de prueba físico-química del agua	109
Tabla 42: Certificado de prueba microbiológica.....	110
Tabla 43: Factor K según material de la tubería.....	112
Tabla 44: Catálogo de tuberías HG cédula 40.....	112
Tabla 45: Catálogo de tuberías HG cédula 80.....	113
Tabla 46: Catálogo de tuberías PVC SDR-26.....	113
Tabla 47: Longitud equivalente de diversos accesorios	114
Tabla 48: Pérdidas de energía de accesorios de tubería	115
Tabla 49: Tarifas de energía eléctrica	115
Tabla 50: Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimientos.....	116
Tabla 51: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 1	119
Tabla 52: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 2	119
Tabla 53: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 3	120
Tabla 54: Presiones y velocidades en tramo de conducción	120

Gráfico 1: Ocupación por lote	30
Gráfico 2: Rango de edades según el género	31
Gráfico 3: Nivel académico	32
Gráfico 4: Ocupación.....	33
Gráfico 5: Ingreso mensual	33
Gráfico 6: Último pago de energía registrado	34
Gráfico 7: Disponibilidad de pago por servicio de agua potable	35
Gráfico 8: Viajes para recolección de agua.....	36
Gráfico 9: Encargado de acarrear el agua	36
Gráfico 10: Calidad del agua	37
Gráfico 11: Viviendas con letrina	37
Gráfico 12: Estado de letrinas.....	38
Gráfico 13: Realización de proyecto de agua	38
Gráfico 14: Proyección poblacional para el año 2042	40
Gráfico 15: Caudales de diseño	42
Gráfico 16: Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión	52
Gráfico 17: Pérdidas de carga en la sarta de bombeo	54
Gráfico 18: Curva de pérdidas en el sistema según diámetro de tubería.....	55
Gráfico 19: Comparativa de costos según diámetro de tubería	60
Gráfico 20: Curva de pérdidas en el sistema para $\varnothing = 1\ 1/2"$	61
Gráfico 21: Curva de rendimiento de bomba SP 3A-25	62

Ilustración 1: Macro localización del proyecto.....	5
Ilustración 2: Micro localización del proyecto.....	6
Ilustración 3: Línea de conducción	48
Ilustración 4: Tanque de almacenamiento	66
Ilustración 5: Trazo de red de distribución.	67
Ilustración 6: Ubicación de los nodos en la red de distribución.....	71
Ilustración 7: Red de distribución ajustada con válvulas reductoras de presión	77
Ilustración 8: Velocidades y presiones en la red de distribución con VRP.	80
Ilustración 9: Análisis de presiones en la red de distribución con demanda cero	81
Ilustración 10: Análisis de cloro en la red de distribución	85
Ilustración 11: Detalle de letrinas de foso ventilado.....	88
Ilustración 12: Vista lateral de la letrina de foso ventilado.....	89
Ilustración 13: Aplicación de encuestas en la comunidad	102
Ilustración 14: Aplicación de encuestas	102
Ilustración 15: Ejecución del levantamiento topográfico.....	107
Ilustración 16: Ejecución del levantamiento topográfico.....	107
Ilustración 17: Toma de muestra de agua del pozo	111
Ilustración 18: Muestras de agua para pruebas: bacteriológicas y físico-química	111
Ilustración 19: Línea Piezométrica tramo 1	117
Ilustración 20: Línea Piezométrica tramo 2	117
Ilustración 21: Línea Piezométrica tramo 3	118
Ilustración 22: Línea Piezométrica en tramo de conducción	118

Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

La comunidad “Llano Redondo” está ubicada a 9 Kilómetros al sur del Municipio de Estelí, departamento de Estelí a 142 Kilómetros de la capital de Managua con coordenadas 13°05'00” latitud norte y 86°21'00" longitud oeste, cuenta con una población de 132 habitantes en 33 casas.

Se estima que en la tierra hay aproximadamente 1,386 millones de kilómetros cuadrados de agua. Sin embargo, casi un 97% del agua en la tierra es agua salada y sólo 3% agua dulce, la mayoría en forma de hielo o glaciares y otra parte de forma subterránea. Solamente el 0.3% corresponde a aguas superficiales como ríos y lagos, las cuales corresponden actualmente a las principales fuentes de agua para uso de la población del planeta. Es decir, del total de agua que hay en la Tierra, menos del 0.01% está disponible en su estado natural para el consumo humano.

(Marcenaro, 2021)

La principal fuente de abastecimiento de agua potable del país es el agua subterránea, representando ésta el 70 % del total; el 30% restante proviene de agua superficial o subsuperficial (fao_nic, 2014).

Sin embargo, muchas comunidades del municipio de Estelí no cuentan con un buen servicio de agua potable, siendo una de estas la comunidad de Llano Redondo, la cual se abastecen mediante un pozo público, con bomba manual. Esto, aunque aporta para las actividades cotidianas de cada hogar, no es en sí productivo para un buen crecimiento tanto económico como social ya que esto se vuelve una limitante para cada familia obligados a buscar fuentes alternas y no seguras en cuestiones de salubridad, influyendo negativamente en su calidad de vida llegando a obstaculizar las actividades básicas que el ser humano realiza.

Por lo cual, lo que se busca con el proyecto descrito en este documento es brindar a los pobladores de la comunidad agua potable en todos los meses del año, a partir de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) diseñado según la norma técnica nicaragüense, respectiva a las zonas rurales del país y atendiendo a las normas CAPRE de calidad de agua para consumo humano.

De esta manera se hará una propuesta de saneamiento básico para emplear el manejo correcto de los desechos fisiológicos de los pobladores y a su vez prevenir la contaminación de las fuentes de agua.

1.2 Antecedentes

El origen de este proyecto se da en el contexto de la falta de abastecimiento continuo en calidad y cantidad que experimenta la población de la comunidad de Llano Redondo, en cuanto al servicio de agua potable.

La comunidad Llano Redondo, asentada hace unos 70 años según sus pobladores, obtiene agua mediante unos pozos perforados, el cual uno de ellos tiene 15 años de existencia y funcionamiento, mientras que el otro pozo el cual está inactivo por contaminación ya que se encuentra descubierto y de fácil acceso para los animales de la zona. Anteriormente el agua se obtenía de un pozo privado del cual se extraía de forma manual, no obstante, el agua es limitada de 4 a 6 casas, de esta forma se mantenía un registro de cuántas familias contaban con agua y así poder suplir sus necesidades básicas, sin embargo, el crecimiento de la comunidad alrededor del pozo y el uso de servicios sanitarios como letrinas han contaminado el agua, volviéndose de esta forma no apta para el consumo humano.

Actualmente los pobladores buscan por diferentes medios llevar hasta sus hogares el vital líquido, aportando tanto como mujeres, niños y ancianos, al movilizarse distancias considerables, no muy accesibles y cargar (galones, baldes y botellas), hasta sus respectivas viviendas, sin obviar que tienen un límite de agua para cada hogar, debido a este insatisfactorio abastecimiento para cada hogar, hacen uso de un riachuelo para cubrir ciertas necesidades básicas (lavar ropa, aseo personal, entre otras).

En cuanto al saneamiento básico carecen de un sistema de tratamiento de agua residuales, haciendo uso de letrina sin el debido distanciamiento de los pozos, ocasionando que las vertientes de agua se contaminen y esto conlleva a frecuentes casos de infecciones en la salud para sus consumidores.

1.3 Justificación

El agua es el elemento más importante para la vida, un recurso crucial para la humanidad. En el área rural, la cobertura de agua potable pasó de 26.7% en 2007 a 55.4% en el año 2020. (LA PRENSA, 2021).

Los pobladores de la comunidad de Llano Redondo, actualmente no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable de distribución domiciliar, se abastecen de pozos perforados. El total de la población no es beneficiada a satisfacción en cantidad, calidad y continuidad, según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020) por cada pozo excavado a mano se abastece como mínimo 36 personas, y perforados se puede abastecer como mínimo 100 personas.

En el país, de acuerdo con la Interamerican Network of Academies of Sciences (INAS 2012, pág. 366), el 90 % del abastecimiento de agua potable proviene de pozos a partir de los cuales se distribuye el agua mediante una red de tuberías (Rodríguez, 2016). Este proyecto tiene como finalidad brindar a todos los habitantes de la comunidad de Llano Redondo de agua potable, para poder realizar todas sus actividades cotidianas y brindar a los pobladores una alternativa de saneamiento básico.

Si dicho proyecto se ejecuta tendrá un impacto positivo para 414 habitantes a que podrán contar con agua potable todos los días del año; se estará reduciendo:

- ✓ Incidencia de enfermedades infecto contagiosa que se presentan en épocas de lluvia.
- ✓ El trabajo de desgaste físico que incurren en los miembros de la familia.
- ✓ Brindar seguridad a la población, ya que contarán con su servicio domiciliar omitiendo de tal forma la movilización.
- ✓ Se mejorará el acceso al agua, en cantidad, calidad, ya que la red y la fuente, cuentan con las pruebas de potabilización que se requieren y con la capacidad necesaria para abastecer la demanda de la comunidad.

- ✓ La población adquirirá hábitos higiénicos, de esta forma contribuirán al mantenimiento y operación del sistema, garantizando su uso racional del recurso y protección de las fuentes de agua.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico para el abastecimiento de agua potable, así como una propuesta de saneamiento básico para la comunidad de Llano Redondo, municipio de Estelí, departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos específicos

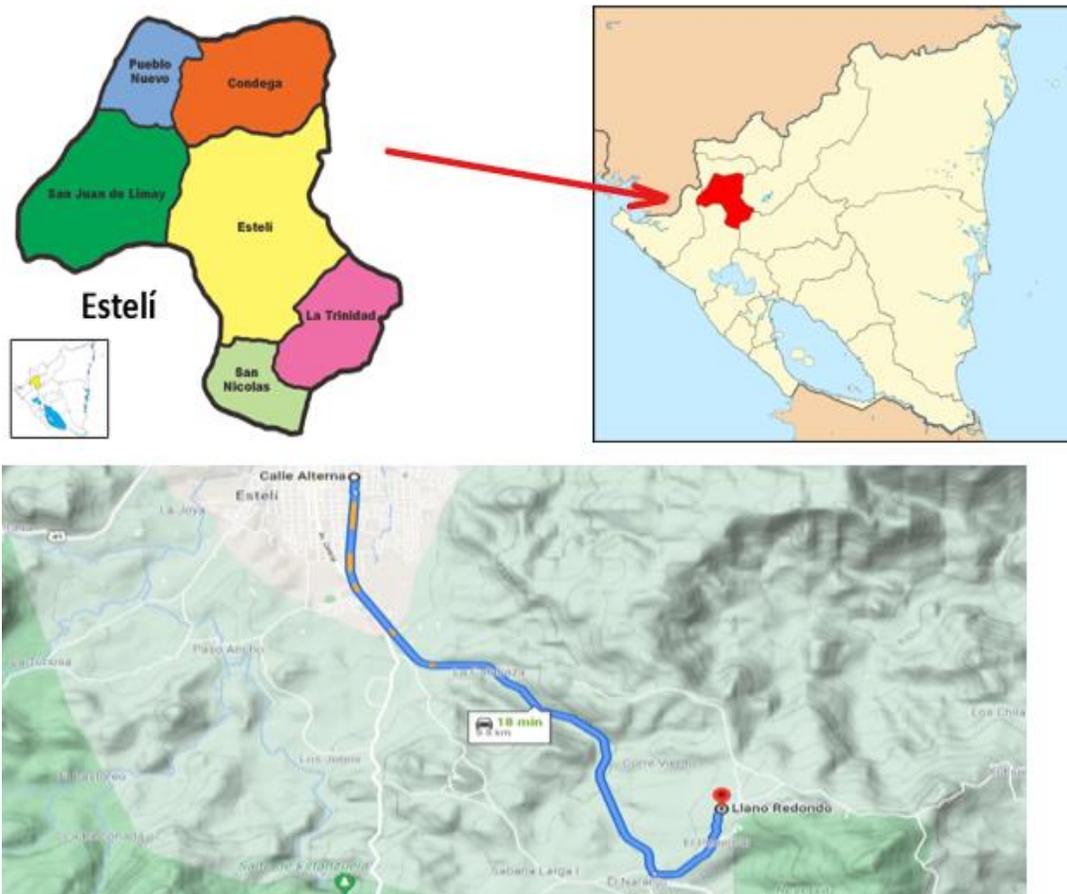
1. Efectuar un estudio socioeconómico de la población tomando en cuenta los parámetros de, calidad de vida, nivel de ingresos y demanda de agua potable aplicando una encuesta en la comunidad de Llano Redondo.
2. Realizar un levantamiento topográfico en el área de la comunidad, para la definición del terreno, haciendo uso de estación total.
3. Efectuar un aforo para la determinación del caudal de la fuente, proporcionando una respuesta a la demanda de la comunidad.
4. Determinar la calidad del agua subterránea de la fuente para el establecimiento del sistema de tratamiento adecuado, por medio de un análisis fisicoquímico y bacteriológico acorde a la NTON-05-007-98, y a las normas CAPRE.
5. Realizar un análisis hidráulico para el trazado de las líneas de bombeo, conducción, distribución y dimensionamiento de un tanque de almacenamiento, según la NTON 09-001-99 y utilizando el software EPANET.
6. Proponer instalaciones de saneamiento básico para la comunidad para prevenir la contaminación de las fuentes de agua.
7. Elaborar el presupuesto del sistema de abastecimiento de agua para el conocimiento de los costos que intervienen en su construcción.

1.5 Descripción del área de estudio

1.5.1 Macro y micro localización

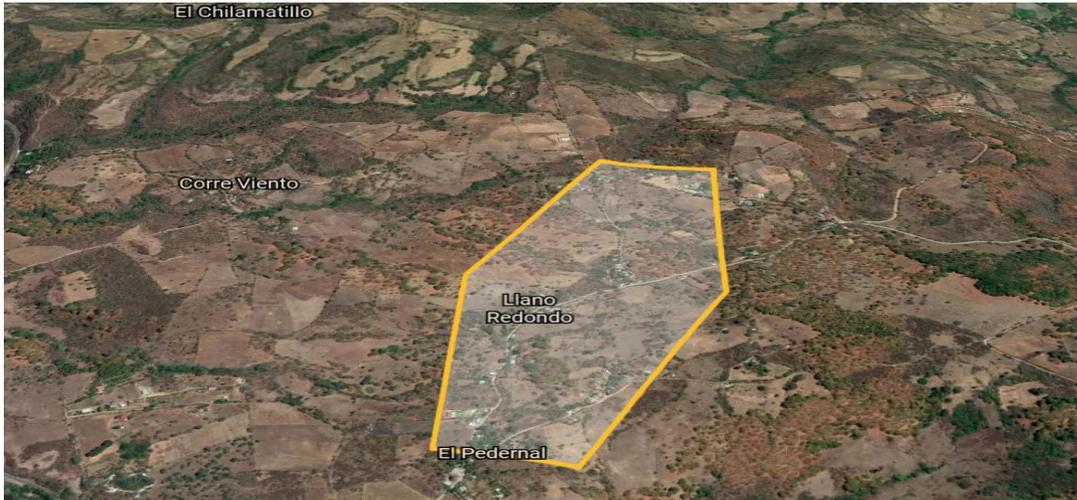
Según la geodesia nacional, el municipio de Estelí está localizado entre las coordenadas de 13°05'00" latitud norte 86°21'00" longitud este. Se encuentra a una elevación de 844 msnm, cuenta con una extensión territorial de 795.7 km². La comunidad "Llano Redondo" se localiza a 9 kilómetros al sur del municipio de Estelí, a 142 kilómetros de la capital de Managua y su elevación estimada es de 1120 msnm.

Ilustración 1: Macro localización del proyecto



Fuente: Google Maps y Alcaldía de Estelí

Ilustración 2: Micro localización del proyecto



Fuente: Google Earth

Según la Alcaldía de Estelí, los límites de la comunidad Llano Redondo son los siguientes:

- ✓ Al norte con la comunidad San Antonio.
- ✓ Al sur con la comunidad Subtiaba.
- ✓ Al este con la comunidad El Espinal.
- ✓ Oeste con la comunidad Buenos Aires.

Capítulo II: Marco Teórico

2 Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico es un informe técnico que reúne la información necesaria para caracterizar sobre los aspectos económicos, sociales, demográficos, así como una caracterización de las familias de la población, con el fin de dar una solución acertada a un problema. (CENEPRED, 2016).

Según la (CSA, 2010), Las variables que se consideran en un estudio socioeconómicos son:

- Población y densidad poblacional.
- Población por edad y género.
- Nivel educativo.
- Ingreso per cápita y mediana del ingreso del hogar.
- Situación laboral.
- Ocupación de la vivienda.

2.1 Estudio topográfico

La topografía es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (o características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de esta medición en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios. La topografía tiene muchas aplicaciones industriales, por ejemplo, la instalación de equipos, ensamble de aeronaves, trazo de líneas de producción y otras. (McCormac, 2003)

2.2 Proyección poblacional y dotación

La población objetivo 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. Se trabajará con el método geométrico, ya que es el más utilizado en Nicaragua, debido a que mantiene una tasa fija de crecimiento, donde se establece según el (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 8)

Para la dotación en zonas rurales, la norma técnica, (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 10), establece lo siguiente:

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias, se asignará un 80 lppd.

2.3 Nivel de servicio

2.3.1 Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican al sector rural, sujetas a ciertas condiciones técnicas según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pág. 13):

- Se deberá realizar un estudio de factibilidad en el sistema particularmente de la capacidad de la fuente.
- La comunidad deberá aportar parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. La conexión domiciliar llegará al lindero de la propiedad, a partir de ahí la conexión correrá por cuenta propia del propietario.
- Se aplicarán todos los criterios técnicos señalados en la construcción de puestos públicos.
- El diámetro de las conexiones y grifos será de ½" (12mm).

2.4 Parámetros de diseño

2.4.1 Período de diseño

Para los diseños de abastecimiento de agua según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 15), recomienda que para cada uno de los componentes del sistema se fije una vida útil con el propósito de:

- Determinar que períodos de estos componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas de futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben considerarse para incorporar los nuevos elementos del sistema.

Para el diseño de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 13), los periodos de diseño son los siguientes:

- Para pozos excavados, se diseñarán a 10 años.
- Los pozos perforados a 20 años, al mismo periodo lo que es, línea de conducción y red de distribución.
- A captaciones superficiales, manantiales y desarenadores, se les asignará 20 años.

2.4.2 Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo rigen para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 12).

Se consideran los siguientes valores:

- Consumo máximo por día (CMD) será igual a 1.5 del consumo promedio diario (CPD) más pérdidas.

- Consumo máximo por hora (CMH) será igual a 2.5 del consumo promedio diario (CPD) más pérdidas.

2.4.3 Presiones y velocidades permisibles

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que estas se cumplan dentro de un rango permisible, dentro de los valores presión mínima de 5 metros y una presión máxima de 50 metros. Según la norma técnica (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 29).

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos con el fin de reducir el impacto como el golpe de ariete en las tuberías o la sedimentación de las mismas, se establecen valores con respecto a (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 29), las cuales indica que la velocidad máxima es de 5 m/s y la velocidad mínima de 0.6 m/s.

2.4.4 Cobertura de tuberías y pérdidas de agua en el sistema

Se indica que para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico, mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías. Para casos que se requiera una profundidad menor se debe justificar la protección de la misma (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 29).

Es necesario considerar las pérdidas en el sistema, la cantidad total de agua pérdida se fija como un porcentaje, siendo este el 15 o 20% del consumo promedio diario (CPD) (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 12).

2.5 Fuente de abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 13), estas fuentes deben estar de manera seguras y cumplir con el siguiente propósito.

- El caudal de explotación no debe ser mayor al caudal máximo que caudal determinado en los análisis de las pruebas de bombeo.

2.6 Mini acueductos por bombeo eléctrico (MABE)

Para la elección de este tipo de sistema de abastecimiento de agua, (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 20), establece considerar tres criterios, los cuales son:

- Disponibilidad de fuente de abastecimiento.
- Disponibilidad de energía eléctrica.
- Capacidad de pago de la comunidad.

2.7 Estación de bombeo y sarta de bombeo

Se debe tener en cuenta las consideraciones básicas según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 18); la estructura del edificio deber ser construida a prueba de humedad e incendio, en el interior del edificio se deben tener en cuenta los requerimientos de espacio para cada pieza del equipo, su localización, iluminación, ventilación y desagüe. También debe estar protegida del público y con acceso durante todo el año.

Con respecto a su localización se debe considerar: la protección de la calidad de agua, eficiencia hidráulica del sistema de conducción o distribución y disponibilidad de energía eléctrica o de combustible (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 18).

Sobre las sargas de bombeo según con (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 22) deben tener los siguientes accesorios:

- Medidor maestro.
- Manómetro con llave de chorro ½”
- Derivación de descargas para prueba de bombeo y limpieza de la sarga.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, de las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerzas que actúa en los atraques para obtener un diseño.
- Válvula de aire y vacío
- Válvula de no retorno (check)

2.7.1 Bombas verticales

Los parámetros que se deben tomar en cuenta para seleccionar los equipos, están basados en las normas técnicas nicaragüense. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 21) estos serán:

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas efectuadas al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales de aguas subterráneas en las estaciones seca y lluviosa.
- El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor al 5% de su longitud.
- Calidad de ejes.
- Tipo de impulsores.
- Características del arranque y puesta en marcha.
- Flexibilidad de operación.
- Curva de la bomba.
- Golpe de ariete.

2.8 Calidad del agua y desinfección

En Nicaragua, se establece según normas técnicas (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 51), los factores a considerarse y pruebas que se deben aplicar, con el fin determinar si el agua es factible para su consumo, son:

- La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metal pesado cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrogeno y conductividad
- El análisis de fuentes de aguas tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad y MINSA.

En cuanto a la desinfección, el método más utilizado para eliminar sustancias tóxicas del agua es el cloro, siendo este el más económico y mejor control y seguridad que se puede aplicar para obtener su desinfección. Esta se realiza por medio de hipocloritos, su aplicación se efectuará mediante hipoclorador de cargas constantes. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 50)

2.9 Línea de conducción

La línea de conducción se diseña de tal manera que esta cuente con la capacidad de poder conducir con consumo máximo por día. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, págs. 24,27)

Según la línea de conducción por bombeo eléctrico, se debe considerar lo siguiente:

- Se debe realizar un análisis económico para la determinación del diámetro, tomando en cuenta los costos anuales del consumo de energía, costo de las

- tuberías y los costos totales de operación y mantenimiento a través del tiempo. La alternativa que presente el menor costo fijará el diámetro más económico.
- Para diseñar la línea de conducción se calculará con el caudal máximo de máximo día, estimando 1.5 del consumo promedio, más las pérdidas.
 - La presión estática máxima estará función de las presiones permisibles de la tubería a utilizarse, incorporando en la línea válvulas reguladoras de presión.

2.10 Almacenamiento de agua

El almacenamiento de agua en tanques, tiene como propósito suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 38)

2.10.1 Capacidad

La capacidad de tanque de almacenamiento deberá cumplir lo siguiente:

- Un volumen de compensador que se estimará en un 25 % de su consumo promedio diario más pérdidas.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estime al 40% de su consumo promedio diario. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 33)

2.10.2 Localización

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicio aceptables en los puntos de distribución. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 38)

Para el diseño de tanques sobre el suelo según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 39):

- Cuando la entrada y la salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubican en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (Bypass), de tal manera que se permita mantener el servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- Se instalarán válvulas de compuerta en toda la tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo bridas.
- Se deberá considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicadores de niveles y accesos con sus tapaderas.
- Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En caso especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

2.11 Red de distribución

Para diseñar la red de distribución de acuerdo con (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 28), considerar los aspectos siguientes

- Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario.
- El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambas.
- La red se deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento, y facilitar su mantenimiento

2.12 Análisis hidráulico

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que, si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarán problemas de depósitos y sedimentación; pero si son muy pequeños puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar daños a las tuberías. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 34)

2.13 Saneamiento básico rural y Letrinas de Foso Ventilado (LFV)

Para el saneamiento rural se utilizarán letrinas de foso ventilado (LFV), según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 72) se diferencia de la letrina convencional, por disponer de un tubo vertical de ventilación con la finalidad de eliminar los olores resultantes de la descomposición de excretas en el foso.

Compuesta por materiales básicos como: el foso, losa, brocal, asiento y tapa, terraplén, caseta y ducto de ventilación.

2.14 Presupuesto del proyecto

La estimación de los costos del proyecto, constituye uno de los aspectos centrales del proyecto para el presupuestista, tanto por la importancia de obtener el costo real del proyecto, así como, el conocer como estarán distribuidos los costos directos dentro de los cuales tenemos, mano de obra, materiales, transporte y equipo. De la misma manera, dominar los costos indirectos y las utilidades. Del buen cálculo de estos costos dependerá la determinación de la rentabilidad del proyecto. (Tatiana, 2013)

Capítulo III: Diseño Metodológico

3 Tipo de investigación

El proceso investigativo en esta propuesta de tesis monográfica, corresponde a un estudio de tipo Correlacional-Transeccional, transeccional porque se recolectarán datos en un solo momento y correlacional porque se usará la correlación entre variables dependientes e independientes, para definir estas últimas.

La primera etapa de la investigación, que incluye los objetivos que responde a un estudio descriptivo, el cual es el precedente a un estudio correlacional. El objetivo de esta etapa es la recolección de información.

La segunda etapa de la investigación, que incluye a los objetivos corresponde al estudio correlacional, donde se usó como herramienta la correlación entre las variables resultantes de la etapa descriptiva, para definir las nuevas condiciones del servicio, los componentes del sistema propuesto y evaluar el nivel de daño ambiental. (Joseling, 2015).

3.1 Materiales y herramientas

Programas y aplicaciones: Google Forms, AutoCAD Civil 3D 2020, EPANET, Microsoft Excel y Microsoft Word.

Levantamiento topográfico: Estación total, cinta métrica de 50 m, trípode, plomo, prisma, fichas, clavos, pintura, etc.

3.2 Estudio socioeconómico

La encuesta implementada es un formato elaborado por el FISE, que tiene como objetivo principal recopilar información sobre la capacidad económica de la población, por medio de una serie de preguntas que incluye como principales puntos, la

condición de la vivienda, la situación económica de la familia y la situación del agua y saneamiento.

Atendiendo a las recomendaciones del FISE, esta será aplicada indistintamente a todas las familias de la comunidad, una por familia, de ser posible, el encuestado deberá ser el jefe de familia. (Joseling, 2015)

3.3 Estudio topográfico

El levantamiento topográfico fue de tipo altimétrico y se hizo uso de estación total, se tomaron lecturas de las coordenadas de cada una de las casas de la comunidad.

Una vez obtenidos los datos de la altimetría y de las coordenadas de cada una de las casas, se procesaron en AutoCAD Civil 3D para graficar las curvas de nivel correspondientes, obteniendo el relieve de la comunidad y la distribución de cada una de las casas que conforman la comunidad.

3.4 Aforo de la fuente

Para determinar el caudal que es capaz de brindar el pozo, se realizó mediante una prueba de bombeo, realizada por una ONG, donde se mostró según los datos obtenidos que el pozo tiene la capacidad de abastecer a la comunidad de Llano Redondo.

En cuanto al abatimiento que el pozo experimenta debido a la explotación del agua, se ocupó la expresión brindada por (Vargas & Arellano, 2002):

$$\mathbf{Abatimiento} = NE - NF \text{ Ecuación 1: Abatimiento}$$

Donde:

NE: Nivel estático del agua (m)

NF: Nivel final después del bombeo de agua (m)

Para realizar el aforo de la fuente emplearon el método la normativa nacional establece, según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pág. 20):

- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario. (CPD)

$$Q_{m\acute{a}x} \geq 1.5 QDP \quad \text{Ecuación 2: Caudal máximo recomendado}$$

3.5 Análisis de calidad de agua

Para tener el conocimiento de la calidad del agua, se realizó según lo estipulado en el (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 41):

- Se le deberá realizar un análisis físico, químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal, a la fuente de agua a utilizarse en dicho proyecto.
- Se deberá presentar la debida interpretación de los resultados comparándose con los rangos y valores permisibles conforme a las normas regionales e institucionales vigentes.

3.6 Diseño del sistema abastecimiento de agua potable

3.6.1 Población de diseño

La población a servir se determinó según el método geométrico, usando la siguiente fórmula según el (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, p. 9):

$$P_n = P_o * (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 3: Población de diseño.}$$

La tasa de crecimiento se determinará por medio de la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{1/n} - 1 \text{ Ecuación 4: Tasa de crecimiento.}$$

Donde:

P_n: Población del año “n”

P_o: Población al inicio del período de diseño

r: tasa de crecimiento en el período de diseño expresado en notación decimal

n: Número de años que comprende el período de diseño

3.6.2 Gastos de diseño

Según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 12), se consideran los gastos con las siguientes ecuaciones:

Consumo promedio diario:

$$CPD: CD + CPI \text{ Ecuación 5: Consumo promedio diario.}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario

CD: Consumo doméstico

CPI: Consumo institucional

Pérdidas:

$$Pérdidas = (15\% \text{ o } 20\%) * CPD \text{ Ecuación 6: Pérdidas en el sistema.}$$

Consumo máximo diario:

$$CMD = (1.5 * CPD) + \text{p\u00e9rdidas} \quad \text{Ecuaci\u00f3n 7: Consumo m\u00e1ximo diario.}$$

Consumo m\u00e1ximo horario:

$$CMH = (2.5 * CPD) + \text{p\u00e9rdidas} \quad \text{Ecuaci\u00f3n 8: Consumo m\u00e1ximo horario.}$$

3.6.3 Dise\u00f1o de la l\u00ednea de conducci\u00f3n por bombeo

Para el dise\u00f1o de la l\u00ednea de conducci\u00f3n, se hizo uso de una fuente externa de energ\u00eda para lograr a vencer la carga est\u00e1tica y las p\u00e9rdidas por fricci\u00f3n. Seg\u00fan el (Comisi\u00f3n Nacional de Normalizaci\u00f3n T\u00e9cnica y Calidad, 2020, p\u00e1g. 26) se consideraran los siguientes aspectos.

Para las p\u00e9rdidas por fricci\u00f3n se determinar\u00e1 con la f\u00f3rmula de Hazen - Williams.

$$H = \frac{10.675xLxQ^{1.85}}{C^{1.85}.D^{4.87}} \quad \text{Ecuaci\u00f3n 9: P\u00e9rdidas por fricci\u00f3n Hazen - Williams.}$$

Donde:

H: P\u00e9rdida de carga (m)

L: Longitud de la tuber\u00eda (m)

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de rugosidad (adimensional)

D: Di\u00e1metro interno de la tuber\u00eda (m)

Para determinar el mejor di\u00e1metro (m\u00e1s econ\u00f3mico) se aplic\u00f3 la siguiente f\u00f3rmula seg\u00fan (Comisi\u00f3n Nacional de Normalizaci\u00f3n T\u00e9cnica y Calidad, 2020, p\u00e1g. 27).

$$D = 0.9(Q)^{0.45} \quad \text{Ecuaci\u00f3n 10: Di\u00e1metro econ\u00f3mico.}$$

Donde:

D: Diámetro económico (m)

Q: Caudal (m³/s)

La línea de conducción se determinó según la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (Ecuación 10).

Para el cálculo del caudal de bombeo, se utilizó la condición de 16 h de bombeo que coincide con el consumo máximo al final del día según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pág. 31), por lo que se utiliza la ecuación siguiente:

$$Q_b = CPD \times \left(\frac{24}{\text{No.horas de bombeo}} \right) + \text{Pérdidas por fuga}$$

Ecuación 11: Caudal de bombeo

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo (m³/s)

CMD : Consumo máximo diario (m³/s)

En el caso del análisis de pérdidas en la sarta de bombeo, se empleó la metodología de (Mott, 2006, págs. 292 - 296):

$$K = \left(\frac{L_e}{D} \right) * f_T$$

Ecuación 12: Coeficiente de resistencia K

Donde:

K: Coeficiente de resistencia

L_e : Longitud equivalente (m)

D: Diámetro interior de la tubería (m)

f_T : Factor de fricción

$$h_L = \left(\frac{v^2}{D}\right) * f_T \text{ Ecuación 13: Pérdida de energía}$$

Donde:

h_L : Pérdida de energía (m)

v: velocidad (m/s)

g: Gravedad (m/s²)

En cuanto a la obtención de la carga dinámica total en la línea de conducción se aplicó la fórmula establecida por (CNA, 2007) , la cual es la siguiente:

$$CTD = h_d + h_f + h_L \text{ Ecuación 14: Carga total dinámica}$$

Donde:

CTD: Carga total dinámica (m)

h_d : Carga estática de descarga (m)

h_f : Pérdidas por fricción (m)

h_L : Pérdidas por accesorios (m)

Para determinar la potencia requerida de la bomba, se utilizó la fórmula estipulada por (Cualla, 1995, pág. 133):

$$P_b = \frac{\gamma * Q * CTD}{e} \text{ Ecuación 15: Potencia de la bomba}$$

Donde:

P_b : Potencia de la bomba (kW)

γ : Peso específico del agua (kN/m³)

Q: Caudal (m³/s).

CTD: Carga total dinámica (m)

e: Eficiencia de la bomba (porcentaje)

De igual forma, (Cualla, 1995, pág. 133), establece que para evitar recalentamiento del motor y tener en cuenta las pérdidas mecánicas de transmisión de energía se debe utilizarse motores con una potencia de 1.15 a 1.20 veces la potencia de la bomba, coincidiendo con lo que la NTON-09-001-99 establece en el numeral 6.5 (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pág. 24).

$$P_m = 1.15P_b \text{ Ecuación 16: Potencia del motor}$$

Donde:

P_m : Potencia del motor (kW)

P_b : Potencia de la bomba (kW)

En el caso del golpe de ariete en la línea de conducción, se utilizó la metodología estipulada por (Cualla, 1995, págs. 190 - 193), reflejado en las ecuaciones siguientes:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}} \text{ Ecuación 17: Celeridad o fórmula de Allievi}$$

Donde:

c: Celeridad de la onda (m/s)

D: Diámetro del tubo (m)

e: Espesor de la pared del tubo (m)

k : Relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería

$$h_a = \frac{CV}{g} \text{ Ecuación 18: Sobrepresión máxima}$$

Donde:

h_a : Sobrepresión (mca)

V : Velocidad (m/s)

g : Gravedad (m/s²)

Cabe destacar, que se elige la ecuación de la sobrepresión máxima, por lo que es el escenario más crítico, es decir el cierre repentino de una válvula debido a una falla mecánica.

3.6.4 Diseño del almacenamiento de agua potable

Según el (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 33), la capacidad del tanque deberá satisfacer las condiciones siguientes:

- El volumen de almacenamiento se estimará de la siguiente forma:

$$V_t = 25\% * (CPD + Pérdidas) \text{ Ecuación 19: Volumen de almacenamiento.}$$

Donde:

v_t : Volumen del tanque (m³)

CPD : Consumo promedio diario (lps)

- Para determinar las dimensiones del tanque se usará:

$$b = \sqrt{\frac{v_t}{h}} \text{ Ecuación 20: Base del tanque.}$$

Donde:

b : Base del tanque (m)

v_t : Volumen del tanque (m³)

h : Altura propuesta del tanque (m), no mayor a 3 m, referente a 2.5 m de la altura del agua y 0.5 m de borde libre, acorde con la normativa nacional

3.6.5 Diseño de la red de distribución

Las redes de distribución se diseñan con el Consumo Máximo Horario (CMH), según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pág. 32), establece en la ecuación 8.

Para este diseño se hizo uso del Software EPANET, donde obtuvimos valores de presión y velocidades, los cuales se compararán con los valores permisibles según la norma.

Es importante tomar en cuenta que, debido a la distribución de las casas, la red será tipo abierta, se utilizó el método de caudal unitario longitudinal, por lo cual se aplicaron las fórmulas, según (OPS & CEPIS, 2005, pág. 9)

$$q_{ul} = \frac{CMH}{L_T} \text{ Ecuación 21: Caudal unitario}$$

Donde:

CMH : Consumo máximo horario

L_T : Longitud total de la red (m)

$$Q_i = q_{ul} * L_i \text{ Ecuación 22: Caudal en el tramo de la tubería}$$

Donde:

Q_i : Caudal en el tramo i (lps)

q_{ul} : Caudal unitario longitudinal (lps/m)

L_i : Longitud del tramo i (m)

Para determinar los diámetros más adecuados, se utilizó el software EPANET, esto para que cumpliera con las presiones y velocidades demandadas por las normas que lo establecen.

3.7 Desinfección de agua utilizando cloro

Para determinar la cantidad de cloro a utilizar se aplicó la metodología estipulada por (Etienne, 2014), expresada en las fórmulas siguientes:

$$td = \frac{CPD * 24}{Qe * 86400} * f \text{ Ecuación 23: Tiempo diario de goteo}$$

Donde:

tt_d : Tiempo diario de goteo (h/día)

CPD: Caudal promedio diario (L/día)

Q_e : Caudal de ingreso del agua en el tanque (lps)

f : Factor de aumento de consumo debido a fugas considerado como 1.5

$$Q_{cl} = \frac{Vu}{t_d * t_r} \text{ Ecuación 24: Caudal de goteo de cloro}$$

Donde:

Q_{cl} : Caudal de goteo de cloro (L/h)

Vu : Volumen útil del tanque dosador (lts)

t_d : Tiempo diario de goteo (h/día)

t_r : Tiempo de recarga considerado como 14 días

$$P_{cl} = \frac{d_{cl} * Q_e * V_t}{Q_{cl} * \%Cl} * 3.6 \text{ Ecuación 25: Cantidad de cloro}$$

Donde:

P_{cl} : Cantidad de cloro (gramos)

d_{cl} : Demanda estimada de cloro (mg/l)

V_t : Volumen total del tanque (lts)

Q_{cl} : Caudal de goteo de cloro (L/h)

% Cl : Porcentaje de cloro producto utilizado

3.8 Diseño de letrinas de foso ventilado

Para el saneamiento rural se utilizó letrinas de foso ventilado (LFV), (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 1999, pp. 67,68), debe cumplir lo siguiente.

- El periodo de diseño debe ser de 4 a 10 años.
- El foso debe ser de forma rectangular con una profundidad de 2 m a 4.5 m, con un ancho de 0.70 m, de largo 0.90 m y una altura mínima de brocal de 0.50 m.
- La caseta debe tener una altura en la parte frontal de 2 m y en la parte posterior de 1.90 m. El alero del techo debe ser de 0.50 m. El hueco de ventilación en la parte alta de la pared debe ser de 0.15 m x 0.20 m.
- El tubo de ventilación de 4 pulgadas de diámetro con malla fina en uno de sus extremos. El tubo sobresale 0.50 m del nivel de techo de la caseta.
- Las letrinas deben ubicarse a 5 m de la vivienda o a 20 m desde el pozo.

3.9 Elaboración de los planos

Los planos de todo el sistema de agua potable se elaboraron a partir de todos los resultados hidráulicos obtenidos de EPANET, para ser trasladados en AutoCAD Civil 3D, en el cual se imprimirán en formato PDF, para ser agregados al presente informe. Para la escala de los planos se tomará en cuenta las áreas obtenidas de los levantamientos topográficos, agregando los más utilizados.

3.10 Presupuesto

El presupuesto se realizó en base a las cantidades de obras las cuales se determinarán a partir de los planos constructivos y las especificaciones técnicas correspondientes. A las cantidades de obras se le aplicarán los precios unitarios por actividades, las cuales estarán agrupadas en etapas y subetapas de acuerdo al catálogo del FISE. (FISE, 2008).

Capítulo IV: Análisis y presentación de los resultados

4 Estudio socioeconómico

4.1.1 Población

De acuerdo a los datos obtenidos en las encuestas realizadas, se contabilizó un total de 34 lotes, distribuidas según tabla.

Tabla 1: Censo poblacional

ID	Descripción	Lotes	Poblacion		
			M	F	TOTAL
H	Habitada	33	67	65	132
D	Deshabitada	0			0
I	Iglesia	0			0
E	Escuela	1			0
TOTAL=		34	67	65	132

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Ocupación por lote



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 1, se puede notar que la comunidad Llano Redondo cuenta con 33 viviendas habitadas, las cuales se distribuyen en 65 mujeres y 67 hombres, de esta manera conformando una población de 132 habitantes. De igual forma no se cuenta con viviendas deshabitadas, pero contamos con un sitio público (escuela).

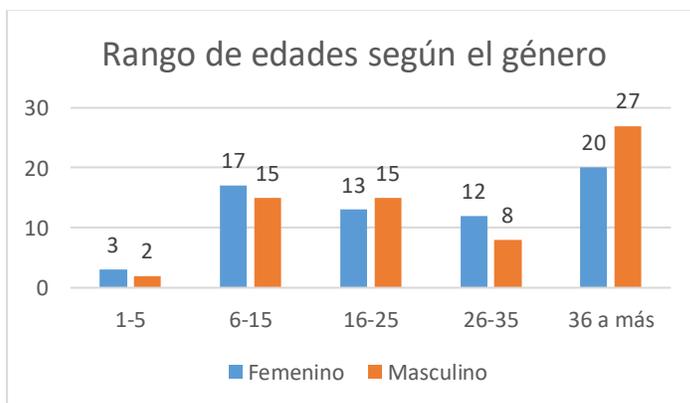
Con dicha información se conoce la población base y con ello realizar la proyección de población a 20 años para su correcto uso del proyecto mini acueducto por bombeo eléctrico.

4.1.2 Rango de edad de la población

Acorde a los datos obtenidos en las encuestas, se obtuvo que la mayor parte de la población, la conforman personas de 36 a más, correspondiendo a un 35.61% del total (132 personas), cabe destacar, que respecto al gráfico 2, la mayoría de estas personas son hombres (27).

El otro grupo respecto a edades mayoritario, corresponde a las personas entre 6 a 15 años, con 32 personas, de las cuales 17 son mujeres y 15 hombres, así mismo este grupo representa el 24.24% del total de la población de la comunidad.

Gráfico 2: Rango de edades según el género

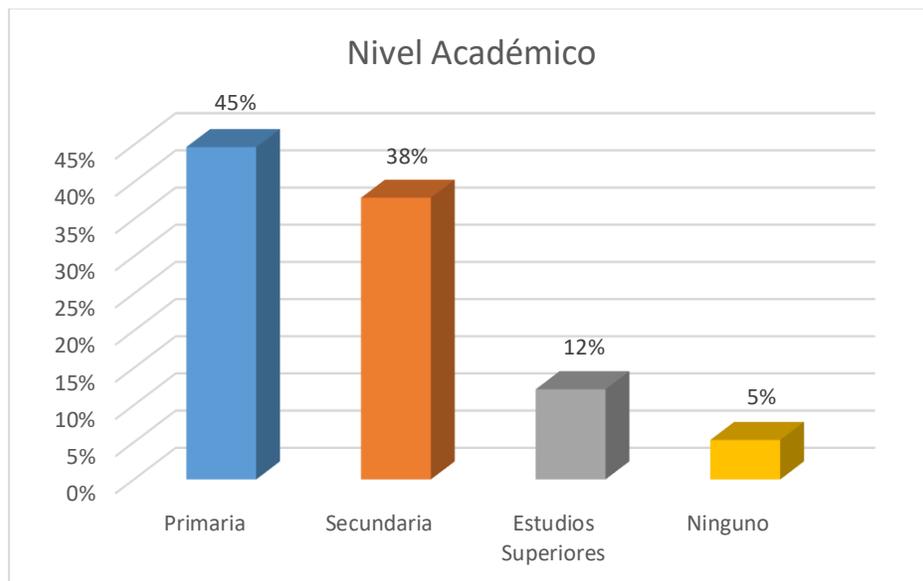


Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Nivel académico y ocupación

El nivel educativo o académico más alto alcanzado, es primaria, correspondiendo al 45% del total de habitantes, le sigue un 38% de los pobladores que alcanzó el bachillerato, un 12% representan los estudios superiores y un 5% no cuentan con ningún nivel académico, tal como lo refleja el gráfico 3.

Gráfico 3: Nivel académico

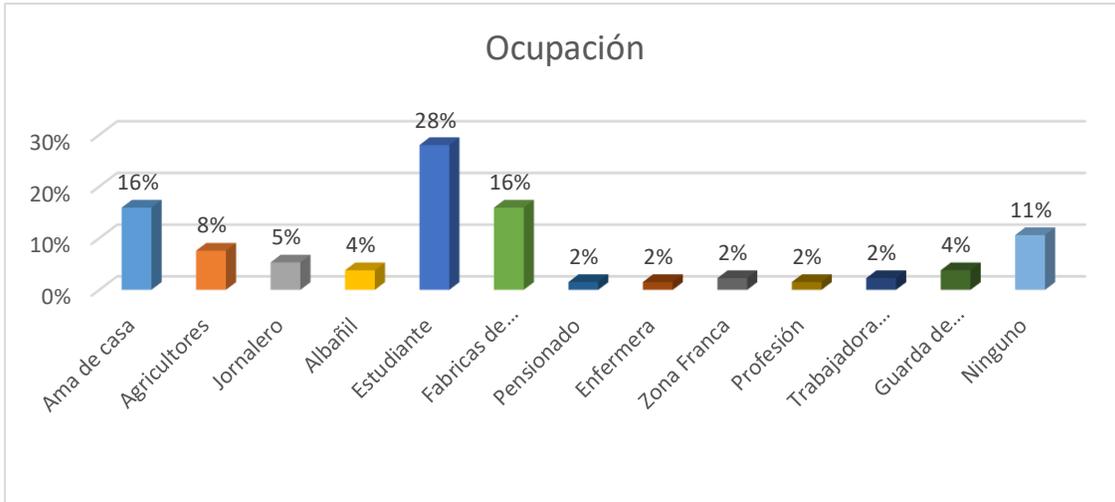


Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 4, la mayoría de la población, son estudiantes, los cuales corresponden a un 28% de la población total, le siguen 2 categorías que reflejan un 16% cada una, las cuales corresponden a amas de casa y empleados de fábricas de tabaco, un 8% se dedica a la agricultura y un 11% no tienen ocupación.

Es necesario observar que en la mayoría no corresponde a un nivel profesional, esto debido al bajo nivel académico de la población de esta comunidad.

Gráfico 4: Ocupación

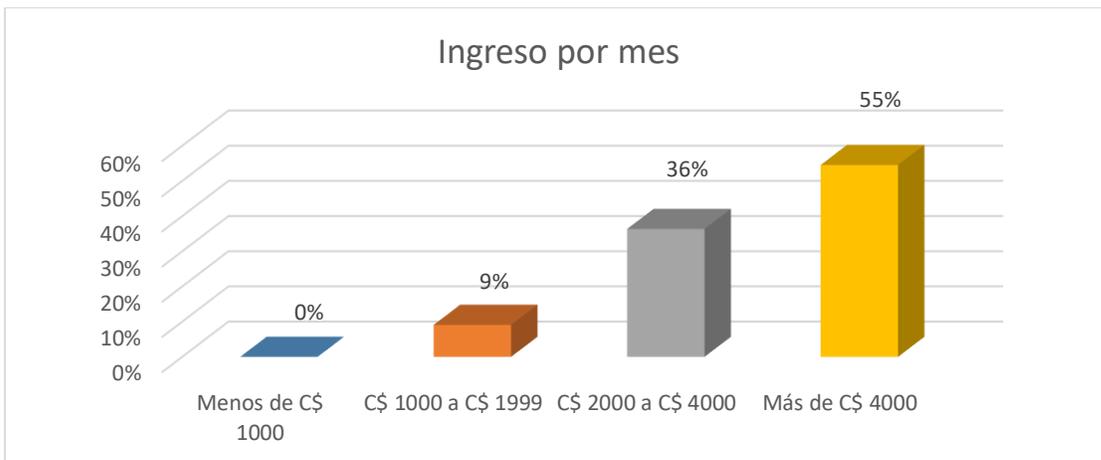


Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Ingresos y capacidad de pago

De acuerdo a la encuesta, se obtuvo que el 55% de la población tiene un salario mayor de C\$ 4000 por mes, y el 36% entre C\$ 2000 y C\$ 4000 al mes, por lo que se considera que sea posible que puedan efectuar el pago de agua potable, y a la vez colaborar con el proyecto y su mantenimiento.

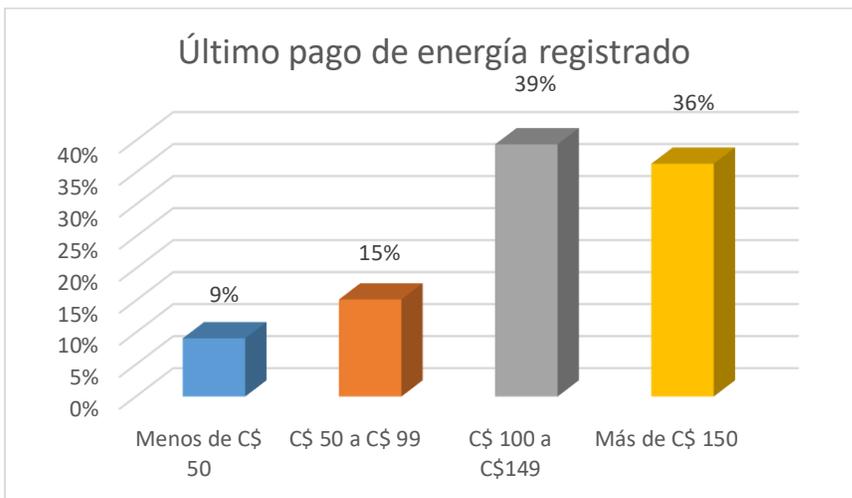
Gráfico 5: Ingreso mensual



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 6, se muestra que el 39% de la población en total paga entre C\$ 100 a C\$ 149 al mes por el servicio de energía eléctrica, así mismo el 36% paga más de C\$150 al mes y solo el 9% paga menos de C\$50 al mes. Los datos expresados reflejan la capacidad de pago por servicios básicos, por lo tanto, puede sobrellevar las cuotas por servicios básicas que conllevará el proyecto.

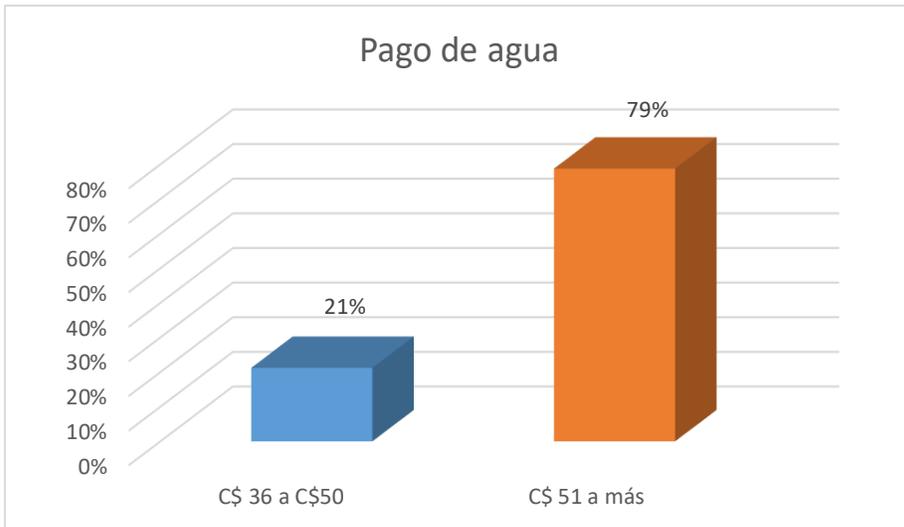
Gráfico 6: Último pago de energía registrado



Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia en gráfico 7, podemos considerar que los resultados obtenidos sobre la disponibilidad de pago al mes por el servicio de agua potable, el 79% de los habitantes está dispuesto a pagar más de C\$ 51 por este servicio, por ende, la comunidad puede hacerse cargo de los costos de instalación del sistema de agua potable y su respectivo mantenimiento.

Gráfico 7: Disponibilidad de pago por servicio de agua potable



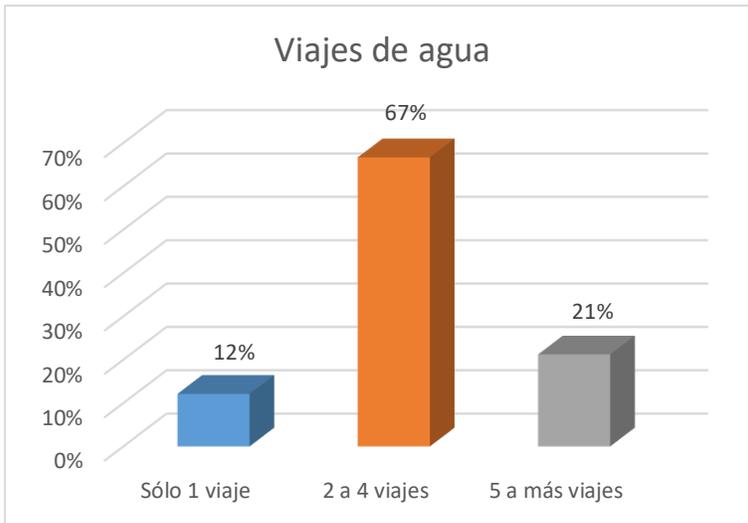
Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Validación y aceptación del proyecto

Debido al problema de la falta de agua que presenta la comunidad de Llano Redondo, es evidente que respecto al gráfico 8, el 67% representa a la cantidad de viajes por día que realiza los habitantes para recolectar el agua.

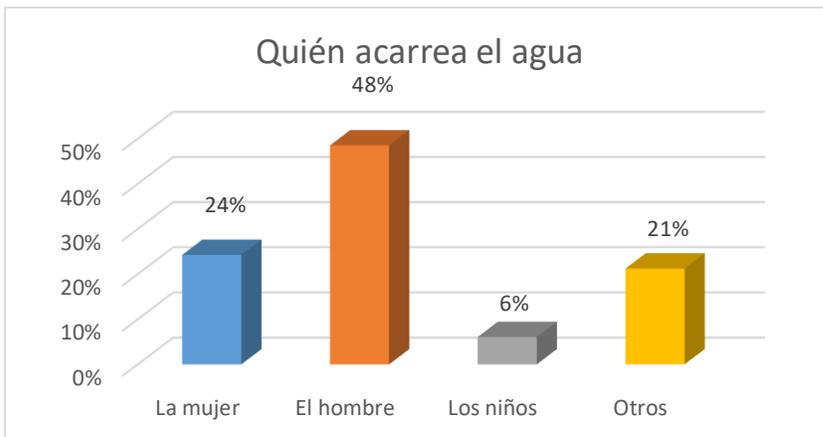
Además, tomando en cuenta el gráfico 9, se puede observar que en su mayoría (48%) quién acarrea el agua son los hombres, realizándolos antes y después de sus jornadas laborales.

Gráfico 8: Viajes para recolección de agua



Fuente: Elaboración propia

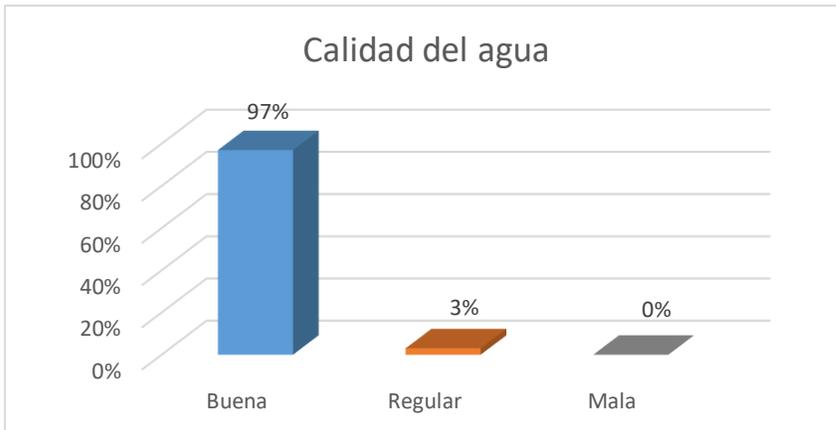
Gráfico 9: Encargado de acarrear el agua



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la calidad del agua percibida por la población (ver gráfico 10), se nota que el 97% de la población la considera buena y 3% la consideran regular, corroborando los resultados la importancia de la realización de un proyecto de agua potable.

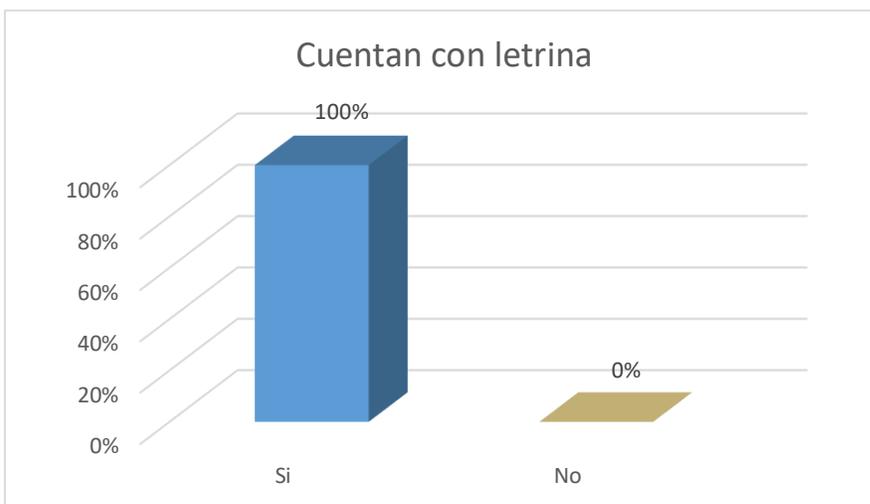
Gráfico 10: Calidad del agua



Fuente: Elaboración propia

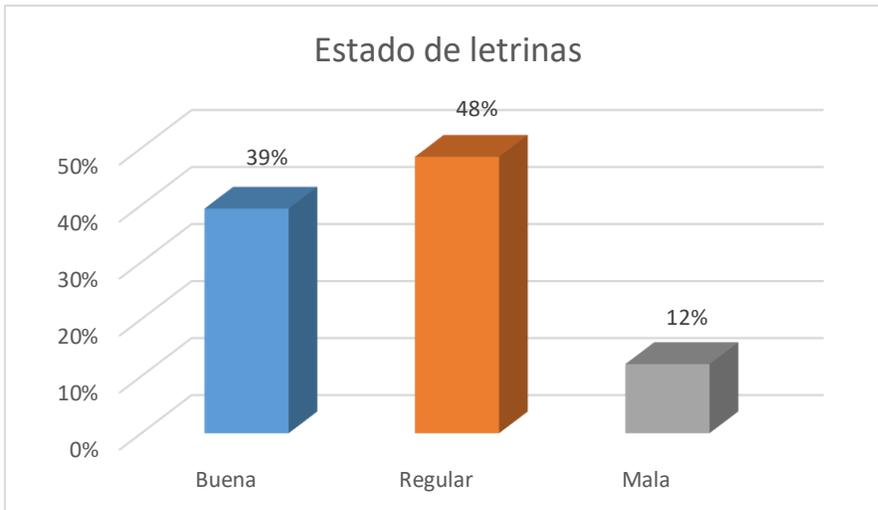
Con respecto al saneamiento, se puede observar en el gráfico 11, el 100% de de los hogares de la comunidad cuentan con letrinas. Así mismo con la información mostrada en el gráfico 11, es posible verificar que la mayoría de letrinas (48%) se encuentran en estado regular y un 12% malas, indicando que estas no son óptimas y pueden causar problemas relacionados a la contaminación de acuíferos subterráneos.

Gráfico 11: Viviendas con letrina



Fuente: Elaboración propia

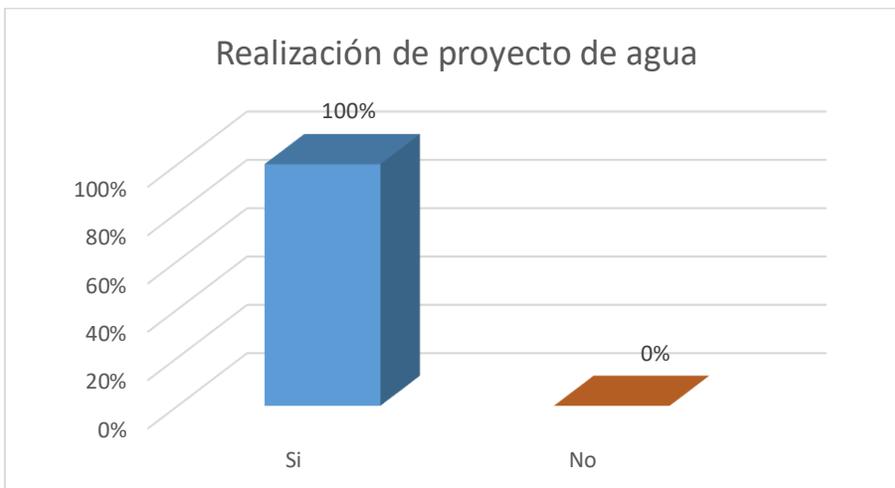
Gráfico 12: Estado de letrinas



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la disposición de los habitantes para que se realice el proyecto de agua potable y saneamiento, se tiene por decisión unánime (100%) que lo aceptan, según se muestra en el gráfico 13, por lo cual se puede decir que es realizable desde el punto social y económico.

Gráfico 13: Realización de proyecto de agua



Fuente: Elaboración propia

4.2 Población de diseño

Basados en los datos obtenidos en las encuestas realizadas a los habitantes de la comunidad de Llano Redondo y apoyándonos en los datos del censo oficial de la República de Nicaragua en el año 2005 (INIDE, 2008), (Tabla 2), se obtuvo el crecimiento geométrico para la comunidad Llano Redondo, haciendo uso de la ecuación 4.

Tabla 2: Censo de la población Llano Redondo

Año	Habitantes
2005	50
2022	132

Fuente: Elaboración propia con encuestas y datos del INIDE

$$r = \left(\frac{132 \text{ hab}}{50 \text{ hab}} \right)^{\frac{1}{17 \text{ años}}} - 1$$

$r = 5.9 \%$

La normativa nacional no permite una tasa de crecimiento geométrica menor a 2.5%, por lo tanto, se tomará como referencia el valor obtenido en el cálculo de tasa de crecimiento (5.88%) para realizar el cálculo de proyección poblacional para 20 años, haciendo uso de la ecuación 3.

$$P_n = 132 \text{ hab} * (1 + 0.0588)^{20 \text{ años}}$$

$P_n = 414 \text{ habitantes}$

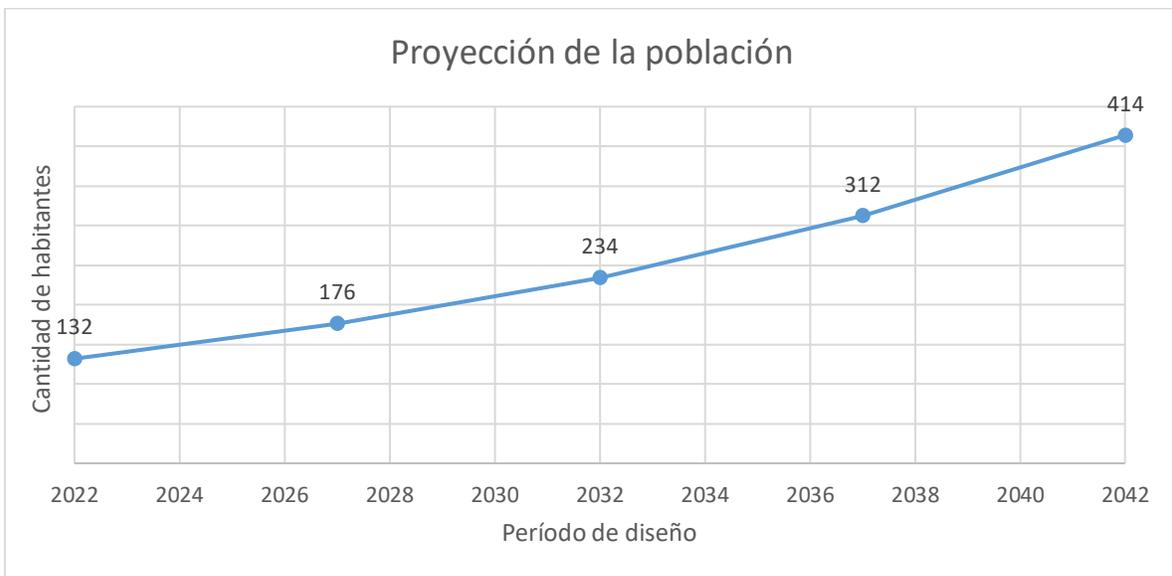
La población que se espera para el año 2042, que es lo mismo que el período de diseño que es de 20 años, será 414 habitantes, con la tasa de crecimiento del 2.5% anual.

Tabla 3: Proyección poblacional para 20 años

Período (n)	Año	Población (habitantes)
0	2022	132
5	2027	176
10	2032	234
15	2037	312
20	2042	414

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Proyección poblacional para el año 2042



Fuente: Elaboración propia

4.3 Gastos de diseño

Con los resultados obtenidos en la proyección poblacional para un período de diseño de 20 años del mini acueducto por bombeo eléctrico, se obtuvieron resultados de caudales de diseño con la aplicación de las ecuaciones 5, 6, 7, 8, y 19, que servirán para el diseño de todo el sistema de agua potable.

La dotación doméstica empleada fue de 80 lppd, siendo este el valor recomendado por la norma técnica nacional, de esta manera se garantizará que la comunidad goce al máximo del servicio de agua potable. De igual manera, se empleó para el caso de dotación institucional, el 7% del caudal doméstico según norma (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 11), para localidades del resto del país.

$$CPD = CD + CI$$

$$CPD = \left(\frac{Pob * Ddom}{86400} \right) + \left(\frac{Pob * 0.07Ddom}{86400} \right)$$

$$CPD = \left(\frac{414 \text{ hab} * 80 \text{ lppd}}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}} \right) + \left(\frac{414 * 0.07(80 \text{ lppd})}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}} \right)$$

$$CPD = 0.410 \text{ lps}$$

$$Pérdidas = 15\% * CPD$$

$$Pérdidas = 15\% * 0.410 \text{ lps}$$

$$Pérdidas = 0.062 \text{ lps}$$

$$CMD = (1.5 * CPD) + pérdidas$$

$$CMD = (1.5 * 0.410 \text{ lps}) + 0.062 \text{ lps}$$

$$CMD = 0.676 \text{ lps}$$

$$CMH = (2.5 * CPD) + pérdidas$$

$$CMH = (2.5 * 0.410 \text{ lps}) + 0.062 \text{ lps}$$

$$CMH = 1.087 \text{ lps}$$

$$V_t = 25\% * (CPD + \text{p\u00e9rdidas})$$

$$V_t = (25\% * (0.410 \text{ lps} + 0.062 \text{ lps})) * 86400 \frac{\text{seg}}{\text{d\u00eda}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ lts}}$$

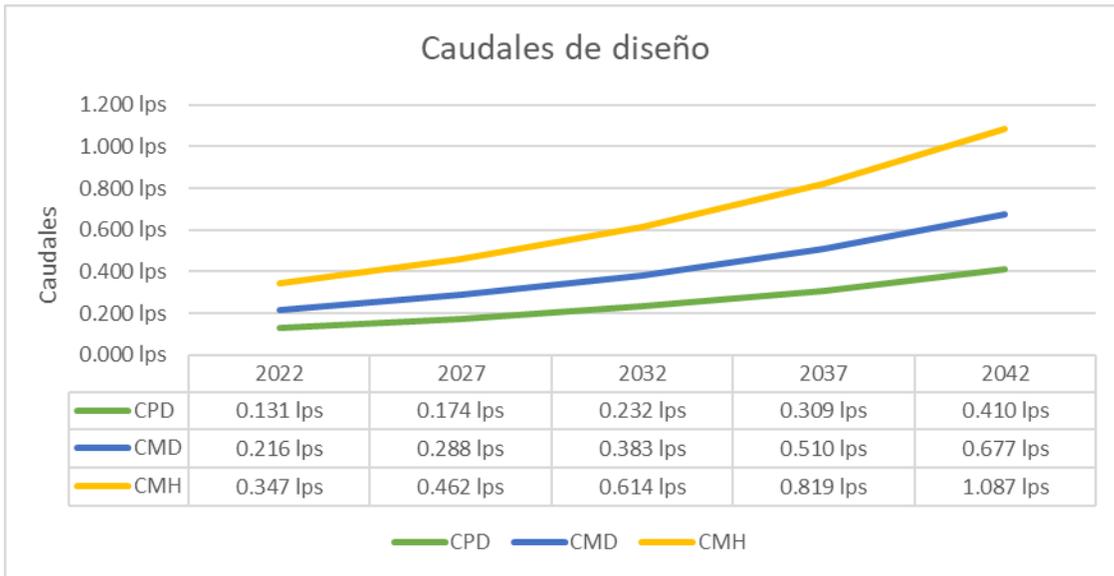
$$V_t = 10.189 \text{ m}^3$$

Tabla 4: Caudales de dise\u00f1o y volumen de almacenamiento

Per\u00edodo	A\u00f1o	Poblaci\u00f3n	CD	CI	CPD	P\u00e9rdidas	CMD	CMH	Vol. Alm
0	2022	132	0.122 lps	0.009 lps	0.131 lps	0.020 lps	0.216 lps	0.347 lps	3.249 m\u00b3
5	2027	176	0.163 lps	0.011 lps	0.174 lps	0.026 lps	0.288 lps	0.462 lps	4.331 m\u00b3
10	2032	234	0.217 lps	0.015 lps	0.232 lps	0.035 lps	0.383 lps	0.614 lps	5.759 m\u00b3
15	2037	312	0.289 lps	0.020 lps	0.309 lps	0.046 lps	0.510 lps	0.819 lps	7.678 m\u00b3
20	2042	414	0.383 lps	0.027 lps	0.410 lps	0.062 lps	0.677 lps	1.087 lps	10.189 m\u00b3

Fuente: Elaboraci\u00f3n propia con resultados de encuestas y par\u00e1metros de dise\u00f1o

Gr\u00e1fico 15: Caudales de dise\u00f1o



Fuente: Elaboraci\u00f3n propia

Los resultados obtenidos de los caudales de dise\u00f1o, basado en los datos de la proyecci\u00f3n poblacional a 20 a\u00f1os, fueron 0.410 lps para CPD, 0.676 para CMD y 1.087 lps CMH, de acuerdo al gr\u00e1fico 15.

4.4 Levantamiento topográfico

Con los resultados obtenidos en el levantamiento topográfico de la superficie de la comunidad Llano Redondo, realizado con estación total, se pudo determinar las elevaciones del lugar, obteniendo las siguientes: elevación promedio del lugar de 1130.789 msnm, elevación máxima de 1178.771 msnm y su elevación mínima 1108.748 msnm; además se pudo determinar la elevación del pozo a 1134.806 msnm con coordenadas X 574899.011, Y 1441725.78, zona 16 P.

Así mismo, se determinó la altura donde se ubicará el tanque de almacenamiento de agua potable, es de 1178.771 msnm con coordenadas X 575141.141, Y 1441701.17 zona 16 P, de esta manera, existe una diferencia de altura entre el tanque y el pozo de 43.904 metros.

El lote que se encuentra a mayor elevación respecto a las demás es de 1154.018 msnm y el lote con menor elevación respecto a las demás de 1112.998 msnm, como se muestra en la tabla 5. Se obtuvo también, las diferencias de elevaciones de los lotes al tanque, las cuales son, altura entre el tanque y lote de mayor elevación de 24.75m, y la elevación del tanque y lote de menor elevación de 65.773 m, ver tabla 6.

Tabla 5: Resumen de elevaciones

ELEVACIONES	
Z PROMEDIO	1130.072 msnm
Z MÁX	1178.771 msnm
Z MÍN	1105.640 msnm
Z TANQUE	1178.771 msnm
Z POZO	1134.806 msnm
LOTE MAYOR ELEV	1154.018 msnm
LOTE MENOR ELEV	1105.640 msnm

Fuente: Elaboración propia con datos provenientes del levantamiento topográfico

Tabla 6: Diferencia de elevaciones

DIFERENCIA DE ELEVACIONES	
Z TANQUE - Z POZO	43.965 m
Z TANQUE - LOTE MAYOR ELEV	24.753 m
Z TANQUE - LOTE MENOR ELEV	73.131 m

Fuente: Elaboración propia

4.5 Aforo de la fuente de agua

Se determinó el caudal que el pozo es capaz de brindar a la comunidad de Llano Redondo, mediante la prueba de bombeo y utilizando la ecuación 1, correspondientes al abatimiento respectivamente. En la tabla 7, se muestran los resultados obtenidos del aforo.

Tabla 7: Resultados del aforo del pozo

AFORO DEL POZO					
TIEMPO DE BOMBEO	T	Variación de Niveles	Variación de Caudales		
		Abatimiento	Vol. Recipiente	Caudal	
min	Seg	m	Lts	LPS	GPM
0	15	0	19.516	1.30	20.82
10	15.23	0.64	19.516	1.28	20.50
20	16	1.73	19.516	1.22	19.52
30	16.3	2.82	19.516	1.20	19.16
40	16.75	4.26	19.516	1.17	18.64
50	17.14	6.87	19.516	1.14	18.22
60	17.59	8.64	19.516	1.11	17.75
70	18.23	10.84	19.516	1.07	17.13
80	18.62	12.36	19.516	1.05	16.77
90	19.17	14.27	19.516	1.02	16.29
100	19.43	16.31	19.516	1.00	16.07
110	19.76	18.65	19.516	0.99	15.80
120	20.28	20.39	19.516	0.96	15.40
130	20.73	22.14	19.516	0.94	15.06
140	21.21	24.79	19.516	0.92	14.72
150	21.67	26.51	19.516	0.90	14.41
160	22.1	28.47	19.516	0.88	14.13
170	22.64	30.87	19.516	0.86	13.79
180	23.23	32.63	19.516	0.84	13.44
190	23.67	34.58	19.516	0.82	13.19
200	24.12	36.84	19.516	0.81	12.95
210	24.69	38.37	19.516	0.79	12.65
220	25.12	40.05	19.516	0.78	12.43
230	25.12	40.05	19.516	0.78	12.43
240	25.12	40.05	19.516	0.78	12.43

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del aforo

Como se puede notar en la tabla 7, que el caudal al principio de la prueba de bombeo es de 1.30 lps, sin embargo, al final de las 4 h de prueba (minuto 240), se obtuvo un caudal de 0.78 lps y se comprobó también un abatimiento del acuífero de 40.05 m. Es posible observar que a partir del minuto 210, el caudal comienza a estabilizarse, así como el abatimiento, lo que indica que en ese punto el pozo comienza a recuperarse, manteniendo un caudal constante sin disminuir el nivel del agua, de esta forma es posible concluir que el caudal que el pozo está capacitado para brindar es de 0.78 lps o aproximadamente 12.43 GPM.

También se determinaron los niveles de agua del pozo, así como su profundidad total, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 8.

Tabla 8: Datos del nivel de agua del pozo

DATOS DEL POZO		
Profundidad Total	256 ft	78.10 m
Nivel Estático	18 ft	5.36 m
Nivel Dinámico	131 ft	40.05 m
Abatimiento	114 ft	34.69 m

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 8, se puede notar que el pozo perforado tiene una profundidad total de 78.10 m (256 pies), el nivel estático o el nivel del agua antes de extraer el agua es de 5.36 m (18 pies) medido desde la parte superior del pozo, y el nivel dinámico, es decir el nivel al final de la prueba de bombeo es de 40.05 m (131 pies).

Ahora bien, teniendo en cuenta que el pozo de Llano Redondo es capaz de generar un caudal de 0.78 lps, se evaluó con respecto a la Norma Rural, si se acepta o no esta fuente de agua basado en los cálculos de gastos de diseño, aplicando la ecuación 2.

$$Q_{\text{pozo}} \geq 1.5 \text{ CPD}$$

$$0.78 \text{ lps} \geq 0.676$$

Resultando en que la expresión anterior es verdadera, se puede concluir con que el pozo de la comunidad Llano Redondo se puede utilizar, ya que este es capaz de abastecer el sistema de agua potable hasta un período de 20 años.

4.6 Análisis de calidad de agua

Luego de haber recolectado las pruebas de agua del pozo de Llano Redondo, éstas se llevaron al laboratorio pertinente para realizar el respectivo análisis físico-químico y bacteriológico, obteniendo los resultados obtenidos en las tablas.

Tabla 9: Resultados de laboratorio de la prueba físico-químicos

MÉTODO SM // EPA / MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NORMA CAPRE (Rango o valor máximo recomendado)
2110	Apariencia	Admin	Clara	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.18	6.5 - 8.5
2510-B	Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	522	400
2130-B	Turbiedad	UNT	0.051	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO_3	229	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO_3	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO_3	229	NE
4500-B	Nitratos	Mg/L	3.83	50
4500-B	Nitritos	Mg/L	<0.003	0.1
4500-D	Cloruros	Mg/L	22.4	250
3500-B	Hierro Total	Mg/L	<0.006	0.3
4500-D	Sulfatos	Mg/L	10.19	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO_3	217.76	400
2340-C	Dureza Calcica	mg/L CaCO_3	183.6	NE
3500-B	Calcio	Mg/L	73.59	100
3500-B	Magnesio	Mg/L	8.3	50
8149	Manganeso	Mg/L	<0.006	0.5
3500-X	Sodio	Mg/L	15.35	200
3500-C	Potasio	Mg/L	1.66	10
4500-C	Flúor	Mg/L	0.221	0.7

Fuente: Elaboración propia con resultados de las pruebas de laboratorio

Tabla 10: Resultados de la prueba bacteriológica

MÉTODO SM // EPA / MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NORMA CAPRE (Rango o valor máximo recomendado)
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo	Negativo

Fuente: Elaboración propia con resultados de las pruebas de laboratorio

Si se realiza una comparación de los resultados obtenidos con la tabla 40 (anexos, pág.108) referente a la NTON 05-007-98 o normas de recurso hídricos (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020); es posible observar que el agua de del pozo de Llano Redondo corresponde a la clasificación 1-A, es decir, aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Se puede notar en la tabla 9, que el valor de la conductividad eléctrica (522 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sobrepasa el límite de 400 establecido con las normas CAPRE, sin embargo, no se cuenta con otro pozo u otra fuente de agua cercana a la comunidad, se pueden tolerar valores de conductividad eléctrica en el agua de hasta 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ya que no representa ningún riesgo de salud para el ser humano, según (Seafood, 2017) El límite ideal es 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero el valor de 522 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es aceptable, sin provocar daño a la salud, ni rechazo de la población que la consuma.

Así mismo, es notable que la tabla 10 no presenta ningún tipo de Coliformes en el agua, pero siempre debe de llevar una concentración mínima de 0.50 mg/l hasta el grifo más alejado para protegerlo de cualquier contaminación en la red de distribución.

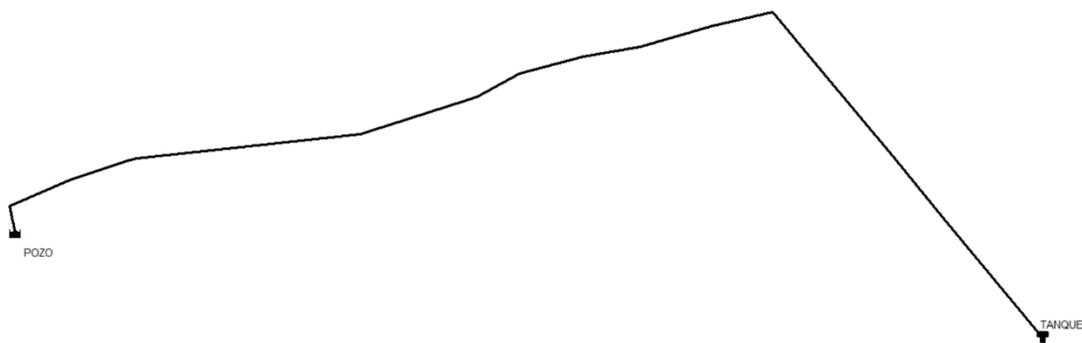
4.7 Línea de conducción

4.7.1 Trazo de la línea de conducción por bombeo eléctrico

Con el levantamiento topográfico, se obtuvieron los datos necesarios para realizar el trazo de la línea de conducción, sabiendo que ésta inicia desde el pozo y finaliza en el tanque de almacenamiento.

El pozo, el cual será fuente de abastecimiento de toda la red, tiene una altura de 1134.806 msnm y el tanque de almacenamiento de agua tiene una cota de 1178.771 msnm, teniendo una diferencia de nivel entre ambos de 43.965 m, como lo refleja la tabla 6, siendo evidente el uso de un equipo de bombeo que pueda vencer el diferencial de altura, así como las pérdidas de carga que se generan en el sistema.

Ilustración 3: Línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Gastos de diseño

Para el cálculo correspondiente al gasto de diseño, que en este caso corresponde al caudal de bombeo, se empleó la ecuación 11, resultando el dato siguiente:

$$Q_b = 6.76 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de bombeo resultantes de $6.76 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (0.676 lps) para 16 h de funcionamiento de la bomba, tal como la norma técnica establece, este caudal es el que se utilizará para determinar el diámetro de las tuberías para la línea de conducción.

4.7.3 Determinación de la cota mínima de bombeo

De acuerdo con los datos obtenidos, resulta que, el pozo se encuentra a una cota de 1134.806 msnm, correspondiendo esta altura a la superficie o al ras del terreno; del aforo realizado obtuvimos también que, el nivel estático del pozo de 5.36 m, un abatimiento de 34.69 m, por ende, el nivel de bombeo será:

$$NB = 1134.806 \text{ msnm} - (5.36 \text{ msnm} + 34.69 \text{ msnm})$$

$$NB = 1094.755 \text{ msnm}$$

De acuerdo con lo establecido en la norma técnica, que corresponde al nivel dinámico del agua en el pozo, se debe de restar 6 m como mínimo, según (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 20) .“ La longitud de columna se establece para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6,0 m bajo el nivel mínimo de bombeo”, por lo tanto:

$$NB_{min} = 1094.755 \text{ msnm} - 6 \text{ m}$$

$$NB_{min} = 1088.755 \text{ msnm}$$

La cota mínima de bombeo será de 1088.755 msnm

4.7.4 Selección de los diámetros de tubería

Para la selección de diámetro en la línea de conducción por bombeo eléctrico fue necesario primeramente considerar lo que (Talavera, 1978) establece: “En las líneas de conducción por bombeo hay dos factores de costo que son los más significativos y por eso intervienen la selección del diámetro más económico: consumo de energía y costo de tubería”. De la misma manera se debe tomar en cuenta que: “Para un diámetro determinado, las pérdidas de carga aumentarán de acuerdo al aumento del gasto y consecuentemente se incrementarán los costos de operación y mantenimiento” (Ravelo, 1979, pág. 208).

Respecto a esto, fue necesario realizar en primer lugar un análisis hidráulico para la línea de conducción para determinar las pérdidas de carga en el sistema, y hacer una comparación entre algunos diámetros, teniendo como valor base el diámetro económico proporcionado por la ecuación 10, y que se muestra consecutivamente:

$$D = 0.9(6.76 \times 10^{-4} m^3/s)^{0.45}$$

$$D = 33.707 \text{ mm}$$

Ahora, es necesario elegir los diámetros comerciales de tuberías de acero cédula 40 y/o cédula 80 y tuberías de PVC obtenidos del catálogo. Ubicados en los anexos (tablas 44, 45 y 46)

Los valores de los diámetros internos comerciales más cercanos a los cálculos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Diámetros internos para la línea de conducción

Diámetros comerciales					
1 1/4 "	35.10 mm	Acero Céd 40	1 1/4 "	38.92 mm	PVC-SDR26
1 1/2 "	38.10 mm	Acero Céd 80	1 1/2 "	44.56 mm	PVC-SDR26
2 "	52.50 mm	Acero Céd 40	2 "	55.71 mm	PVC-SDR26

Fuente: Elaboración propia.

4.7.4.1 Pérdidas de carga en la línea de conducción

Primeramente, se realizaron los cálculos de las pérdidas de energía debido a la fricción en la línea de impulsión, que, en este caso, como se pretende utilizar una bomba sumergible, es equivalente a la distancia que va desde el nivel mínimo de bombeo (nivel dinámico) del pozo hasta el tanque de almacenamiento de agua potable, resultando así una distancia de 342.85 m para la línea de impulsión, esto obtenido de los datos del levantamiento topográfico y del aforo del pozo (niveles de bombeo). Sin embargo, cabe mencionar que se utilizarán tanto tuberías de acero como PVC, el primer tipo empleado para el tramo que va desde el nivel de bombeo hasta la sarta (46.55 m), ya que es donde se infiere que habrá más presión debido a la bomba y el segundo tipo (PVC) para el tramo que corresponde desde la sarta hasta el tanque de almacenamiento (296.3 m).

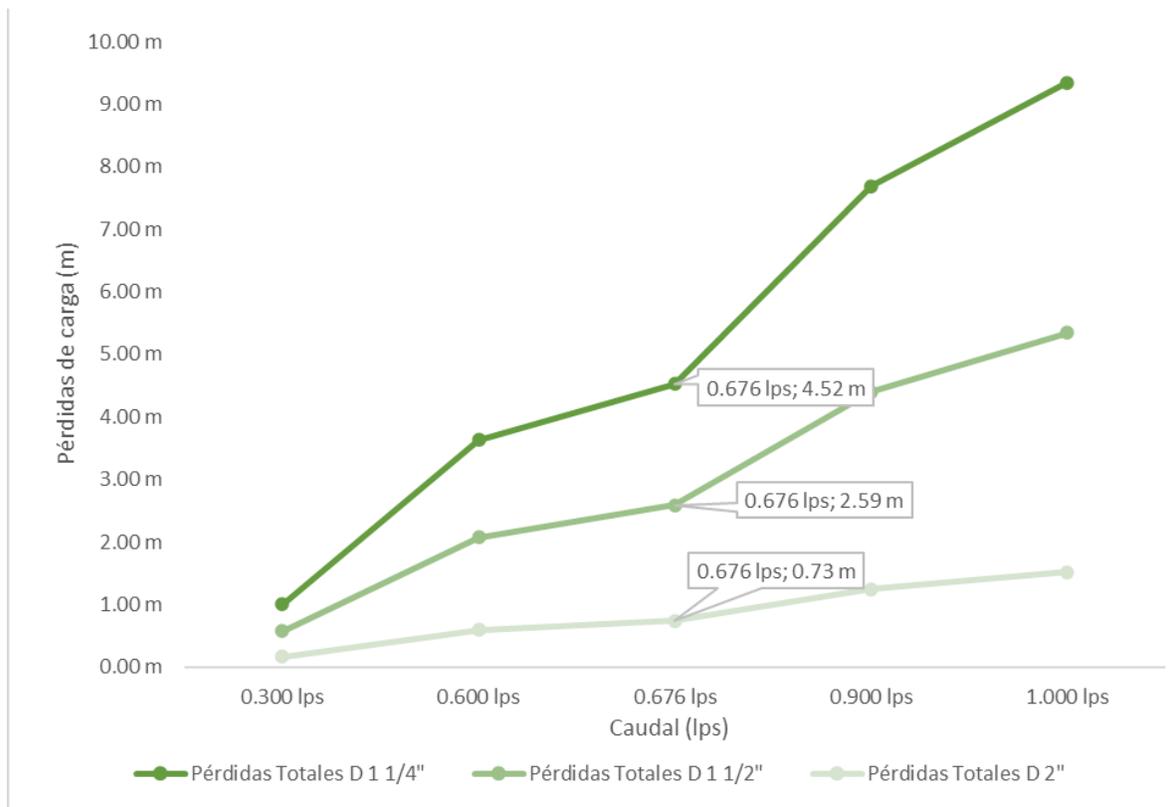
Como se puede ver, la tabla 12 muestra los resultados de las pérdidas de carga debido a la fricción por tramo, en la línea de conducción, sin tomar en cuenta las pérdidas en la sarta de bombeo por el momento, empleando la ecuación 9 Hazen-Williams.

Tabla 12: Comparación de pérdidas por fricción según diámetro

Tramo	Qb	Tubería	Ø nominal	Ø interno	Velocidad	Longitud	Coef. H-W	Pérdidas
Bomba-Sarta	0.676 lps	H°G°	1 1/4 "	35.10 mm	0.70 m/s	46.55 m	100	1.61 m
	0.676 lps	H°G°	1 1/2"	38.10 mm	0.59 m/s	46.55 m	100	1.08 m
	0.676 lps	H°G°	2"	52.50 mm	0.31 m/s	46.55 m	100	0.23 m
Sarta-Tanque	0.676 lps	PVC	1 1/4 "	38.92 mm	0.57 m/s	296.30 m	150	2.92 m
	0.676 lps	PVC	1 1/2"	44.56 mm	0.43 m/s	296.30 m	150	1.51 m
	0.676 lps	PVC	2"	55.71 mm	0.28 m/s	296.30 m	150	0.51 m

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16: Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión



Fuente: Elaboración propia

Se debe de notar, tanto en la tabla 12 como en el gráfico 16, que entre mayor sea el diámetro, menor es el valor de pérdidas por fricción, es por ello que para un diámetro de 2" se tienen pérdidas totales de 0.73 m, para uno de 1 1/2" se obtienen 2.59 m, para 1 1/4" 4.52 m de pérdidas totales.

4.7.4.2 Pérdidas de carga en la sarta de bombeo

Para determinar las pérdidas de carga en la sarta debido a los accesorios, que la conforman, se utilizaron las ecuaciones 12 y 13 para el cálculo del factor k por accesorio y las pérdidas totales, respectivamente.

Para la sarta, se asignó un diámetro de tubería de acero de 1 ½ pulgadas, por ser un valor medio entre las tuberías analizadas.

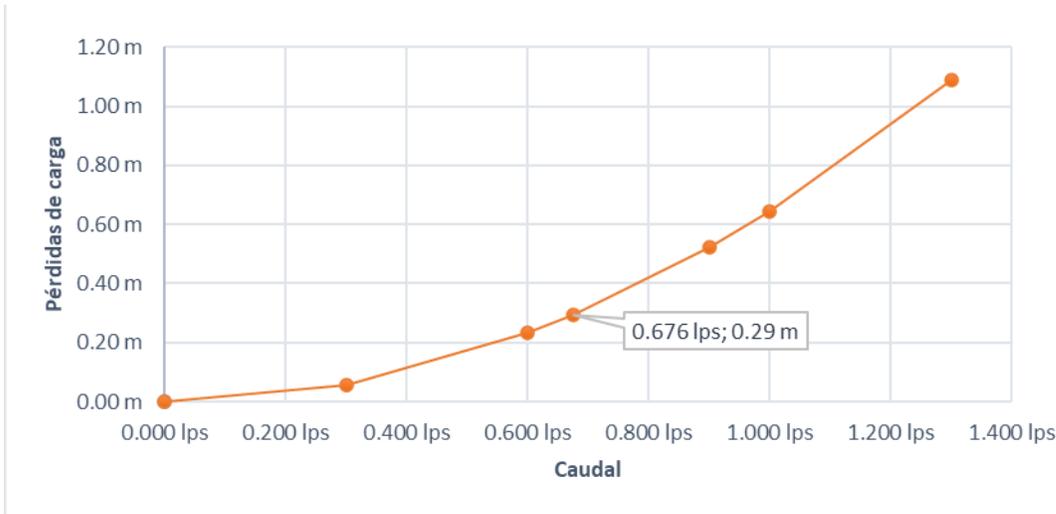
En la tabla 13, se muestran los accesorios que conforman la sarta de bombeo, así como sus valores de coeficientes de pérdidas correspondientes, sumando un total un valor K de 16.40, que se utiliza para la determinación de la pérdida de carga total en la sarta que en este caso es de 0.29 m, como se puede observar en la curva de pérdidas de la sarta de bombeo en el gráfico 17.

Tabla 13: Valor K de la sarta de bombeo

Elementos	Cantidad	Le/D	$f\tau$	K
Válvula de aire H°F°	1	20.20	0.019	0.38
Unión Dresser de H°F°	1			0.04
Medidor maestro	1			2.5
Válvula check H°F° de extremos bridados	1	100	0.019	1.9
Cruz de H°F°	1	20	0.019	0.38
Válvula de alivio H°F° extremos bridados	1			3.9
Válvula de Compuerta H°F° extremos bridados	1	8	0.019	0.152
Válvula de Pase de H°F°	1	340	0.019	6.46
Manómetro	1	20.20	0.019	0.38
Codos de 45° H°F° de extremos roscados	2	16	0.019	0.304
TOTAL				16.40

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 47 y 48 del anexo, págs. 114 y 115

Gráfico 17: Pérdidas de carga en la sarta de bombeo



Fuente: Elaboración propia

4.7.4.3 Carga total dinámica en la línea de conducción

Para determinar la carga dinámica total, se empleó la ecuación 14, y de esta manera poder realizar una comparación de esta por cada diámetro analizado para el diseño de la línea de conducción, obteniendo de la misma forma la curva característica del sistema de conducción por bombeo, para la posterior selección de la bomba.

$$CTD_{1\frac{1}{2}"} = 0.29 \text{ m} + 2.59 \text{ m} + 92.34 \text{ m}$$

$$CTD_{1\frac{1}{2}"} = 95.21 \text{ m}$$

Tabla 14: Carga dinámica total por diámetro de tubería

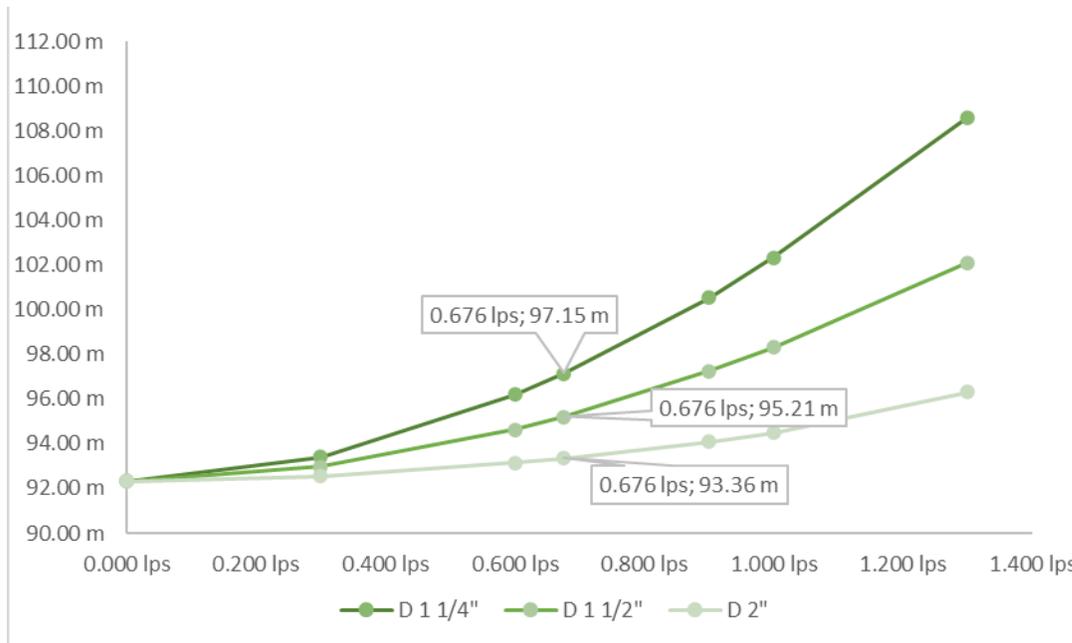
Ø nominal	Qb	Pérdidas sarta	Pérdidas por fricción	Carga estática	CTD
1 1/4"	0.676 lps	0.29 m	4.52 m	92.34 m	97.15 m
1 1/2"	0.676 lps	0.29 m	2.59 m	92.34 m	95.21 m
2"	0.676 lps	0.29 m	0.73 m	92.34 m	93.36 m

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la tabla 14 y gráfico 18, se puede notar, que el factor determinante para la carga total dinámica en el sistema según sea el diámetro de tubería, son las pérdidas debido a fricción, ya que los demás factores como las pérdidas en la sarta y la carga estática, son valores invariables según el tamaño del diámetro de tubería.

Conforme a los resultados presentados en la tabla 14, se afirma, que entre menor sea el diámetro de la tubería, las pérdidas de carga por fricción son mayores en el sistema, por ello resulta que, en el caso del diámetro más pequeño de 1 ¼”, una carga dinámica total de 97.15 m; en cuanto al diámetro de 1 ½”, produce una carga dinámica total de 95.21 m y por último el diámetro de 2” genera pérdidas totales de 93.36 m.

Gráfico 18: Curva de pérdidas en el sistema según diámetro de tubería



Fuente: Elaboración propia

4.7.4.4 Determinación de la potencia de bomba requerida por diámetro

Se hizo el cálculo teórico para determinar la potencia de la bomba y el motor, según el diámetro de la tubería, acorde a las ecuaciones 15 y 16, tomando un valor

ponderado (40%) de la eficiencia de la bomba, según (IRC, 2002, pág. 457), que establece se pueden utilizar valores estimados de eficiencia de 30% para bombas de 0.4 kW hasta 60% para bombas de 4 kW.

$$P_{b\ 1\ 1/2''} = \frac{9.79\text{kN/m}^3 * 6.76 \times 10^{-4}\text{m}^3/\text{s} * 95.21\ \text{m}}{0.4}$$

$$P_{b\ 1\ 1/2''} = 1.58\ \text{kW}$$

$$P_{m\ 1\ 1/2''} = 1.15 * 1.58\ \text{kW}$$

$$P_{m\ 1\ 1/2''} = 1.81\ \text{kW}$$

Tabla 15: Potencia teórica de la bomba según el diámetro de tubería

Diámetro	Peso Específico Agua (25°)	Q	CDT	Eficiencia	Potencia bomba	Potencia del motor	
1 1/4"	9.79 kN/m ³	6.76E-04 m ³ /s	97.15 m	40.0%	1.61 kW	1.85 kW	2.48 Hp
1 1/2"	9.79 kN/m ³	6.76E-04 m ³ /s	95.21 m	40.0%	1.58 kW	1.81 kW	2.43 Hp
2"	9.79 kN/m ³	6.76E-04 m ³ /s	93.36 m	40.0%	1.54 kW	1.78 kW	2.38 Hp

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 15, se obtuvieron las potencias según cada diámetro, siendo así para el diámetro de 1 ¼" una potencia requerida de 1.85 kW o 2.48 Hp, para el siguiente diámetro correspondiente a 1 ½", se tienen 1.81 kW o 2.43 Hp, y el diámetro de 2", necesita una potencia de motor de 1.78 kW o 2.38 Hp. Es notable, que los diámetros menores generan mayores pérdidas de cargas, y como éstas son proporcionales a la potencia de la bomba se traduce en un aumento del valor de la misma.

Estos valores de potencia se utilizaron para el posterior análisis económico, determinando así los costos de energía eléctrica debido al consumo del motor y ver que diámetro resulta más económico para la línea de conducción.

4.7.4.5 Análisis económico

Se calcularon los costos de las tuberías e instalación, y los costos de energía eléctrica utilizando la metodología propuesta por (Ravelo, 1979, págs. 215-126).

Primeramente, se obtuvieron los costos de las tuberías y su respectiva instalación (excavación y relleno), para los diámetros de tubería de 1 ¼" y de 1 ½". La tubería de 2" no se tomará en cuenta debido a sus velocidades muy bajas en ambos tramos (pozo-sarta y sarta-tanque), (ver tabla 12).

Los resultados obtenidos con respecto a los costos e instalación de tubería para los dos diámetros correspondientes, se muestran en las tablas 16 y 17.

Tabla 16: Costos de tubería e instalación para $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$ ".

Material	Und. medida	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Excavación Manual en terreno natural	m ³	C\$ 60.00	114.08	C\$ 6,844.53
Tubería de PVC de 1 1/4" SDR-26	und.	C\$ 380.00	52.00	C\$ 19,760.00
Pega PVC	und.	C\$ 390.00	1.00	C\$ 390.00
Relleno y compactación Manual	m ³	C\$ 72.00	114.08	C\$ 8,213.44
Tubería H.G de 1 1/4"	und.	C\$ 1,470.00	8.00	C\$ 11,760.00
Bridas H.G para 1 1/4"	und.	C\$ 320.00	9.00	C\$ 2,880.00
Instalación				C\$ 49,847.97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Costos de tubería e instalación para $\varnothing = 1 \frac{1}{2}$ ".

Material	Und. medida	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Excavación Manual en terreno natural	m ³	C\$ 60.00	114.08	C\$ 6,844.53
Tubería de PVC de 1 1/2" SDR-26	und.	C\$ 420.00	52.00	C\$ 21,840.00
Pega PVC	1/4 de Gln	C\$ 390.00	1.00	C\$ 390.00
Relleno y compactación Manual	m ³	C\$ 72.00	114.08	C\$ 8,213.44
Tubería H.G de 1 1/2"	und.	C\$ 1,620.00	8.00	C\$ 12,960.00
Bridas H.G para 1 1/2"	und.	C\$ 350.00	9.00	C\$ 3,150.00
Instalación				C\$ 53,397.97

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, se puede decir que los costos de las tuberías y sus instalaciones para un diámetro de 1 ¼" tiene un costo C\$ 49,847.97 y en el caso de la tubería de 1 ½" ascienden a los C\$ 53,397.97, como se muestran en las tablas 16 y 17. Es de observar, que los costos totales aumentan en base a mayor sea el diámetro, ya que las tuberías con diámetros más grandes son más caras.

Para la determinación de los costos de energía producidos por el gasto del motor de la bomba, se consideró en primer lugar el tiempo de bombeo (Tb) que en este caso es de 16 horas al día como lo establece la norma técnica (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020), luego el consumo de energía, que se obtiene de la potencia requerida por el tiempo de bombeo, y por último el costo mensual que equivale al consumo por la tarifa.

El costo energético en los últimos 20 años de vida útil del mini acueducto por bombeo eléctrico, resulta de la multiplicación del costo mensual por los meses que hay en 20 años (240 meses).

Es importante mencionar, que la tarifa de energía eléctrica (6.42 C\$ kWh) se obtuvo de lo estipulado por (INE, 2022), que corresponde al costo por bombeo comunitario. (ver tabla 49, en anexos pág. 115).

Tabla 18: Consumo de energía eléctrica por diámetro de tubería

Costo de energía eléctrica en 20 años						
DN	Potencia requerida	Tb	Consumo	Tarifa	Costo mensual	Costo total en 20 años
1 1/4 "	1.85 kW	480 hrs/mes	888.00 kWh/mes	6.42 C\$/kWh	C\$ 5,701.67	C\$ 1,368,400.90
1 1/2"	1.81 kW	480 hrs/mes	868.80 kWh/mes	6.42 C\$/kWh	C\$ 5,578.39	C\$ 1,338,813.85

Fuente: Elaboración propia

Es de notar que, en la tabla 18, que el costo total de energía respecto al diámetro de tubería de 1 ¼” es de C\$ 1,368,400.90 y para 1 ½” descienden a los C\$ 1,338,831.85. Así mismo podemos observar la inclinación en los resultados, que es disminuir el costo de energía eléctrica entre mayor sea el diámetro de tubería, esto es debido a que la potencia requerida para los diámetros de tubería más grande disminuye, esto debido a que se tiene menor carga dinámica total, en comparación con las tuberías de menor diámetro.

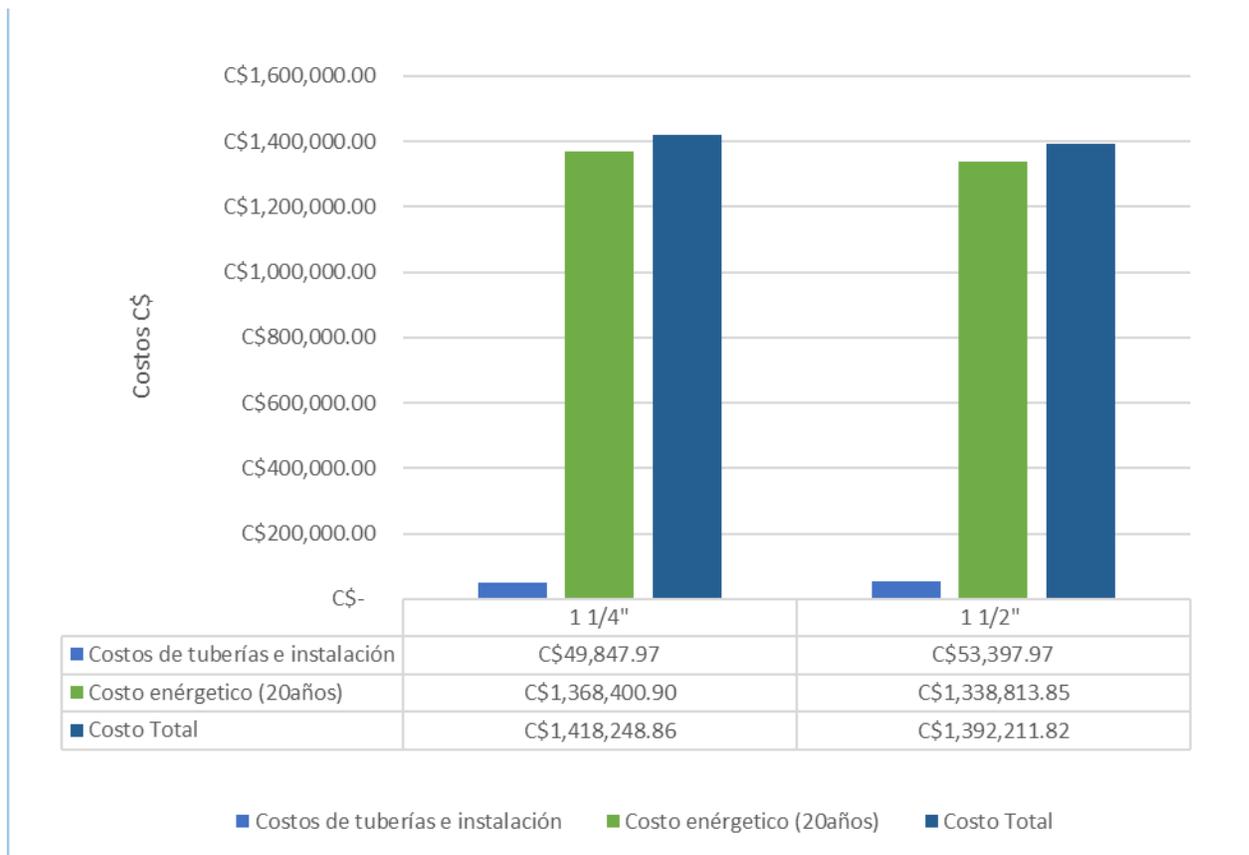
Es posible resumir todos los datos obtenidos para calcular los costos totales según sea el diámetro de tubería, tal como se muestra en la tabla 19 y gráfico 19.

Tabla 19: Resumen de costos totales según diámetro

DN	Costos de tuberías e instalación	Costo energético (20 años)	Costo Total
1 1/4"	C\$ 49,847.97	C\$ 1,368,400.90	C\$ 1,418,248.86
1 1/2"	C\$ 53,397.97	C\$ 1,338,813.85	C\$ 1,392,211.82

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Comparativa de costos según diámetro de tubería



Fuente: Elaboración propia

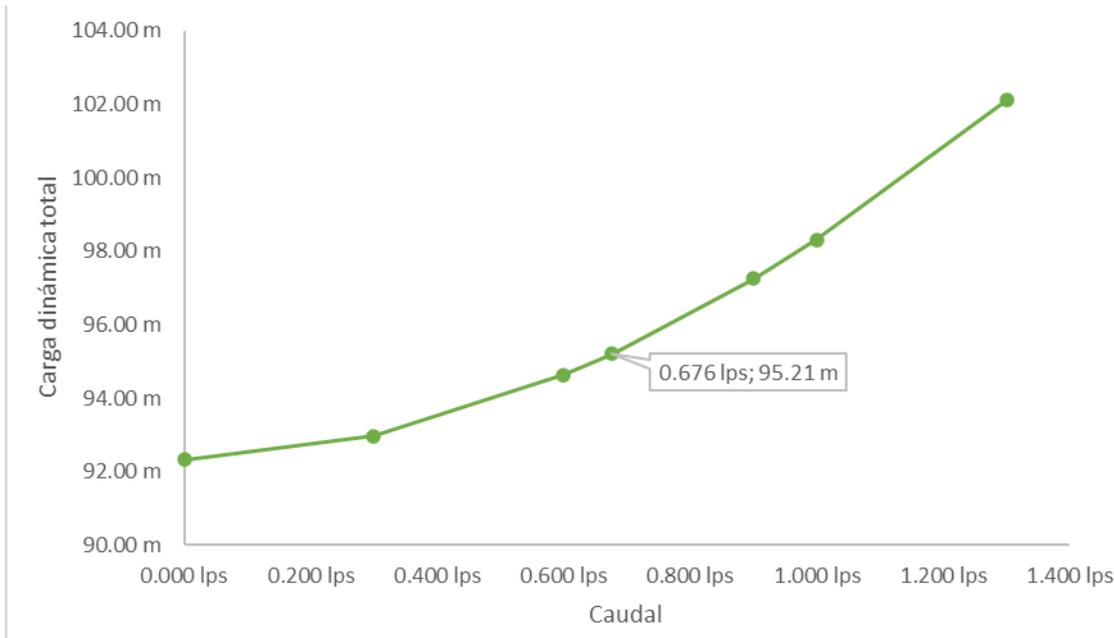
Es de notar que en el gráfico 19, que el factor determinante para los costos totales, son los costos de energía eléctrica y no tanto los costos de las tuberías e instalación, ya que se puede notar que los costos totales tienen un mayor valor si los costos de energía ascienden. Por lo tanto, para el diámetro 1 1/2\", que tienen un menor consumo de energía, los costos totales son de C\$1,392,211.82; siendo éste el menor valor entre los diámetros, por lo este será el diámetro óptimo económicamente que será utilizado para el diseño de la línea de conducción.

4.7.4.6 Elección final de la bomba

Ya determinado el diámetro nominal a utilizarse para la línea de conducción, siendo este 1 1/2\", procedemos a elegir la bomba que se utilizará para impulsar el agua desde

el pozo hasta el tanque de almacenamiento, empleando la curva de pérdidas del sistema como la curva de rendimiento de la bomba.

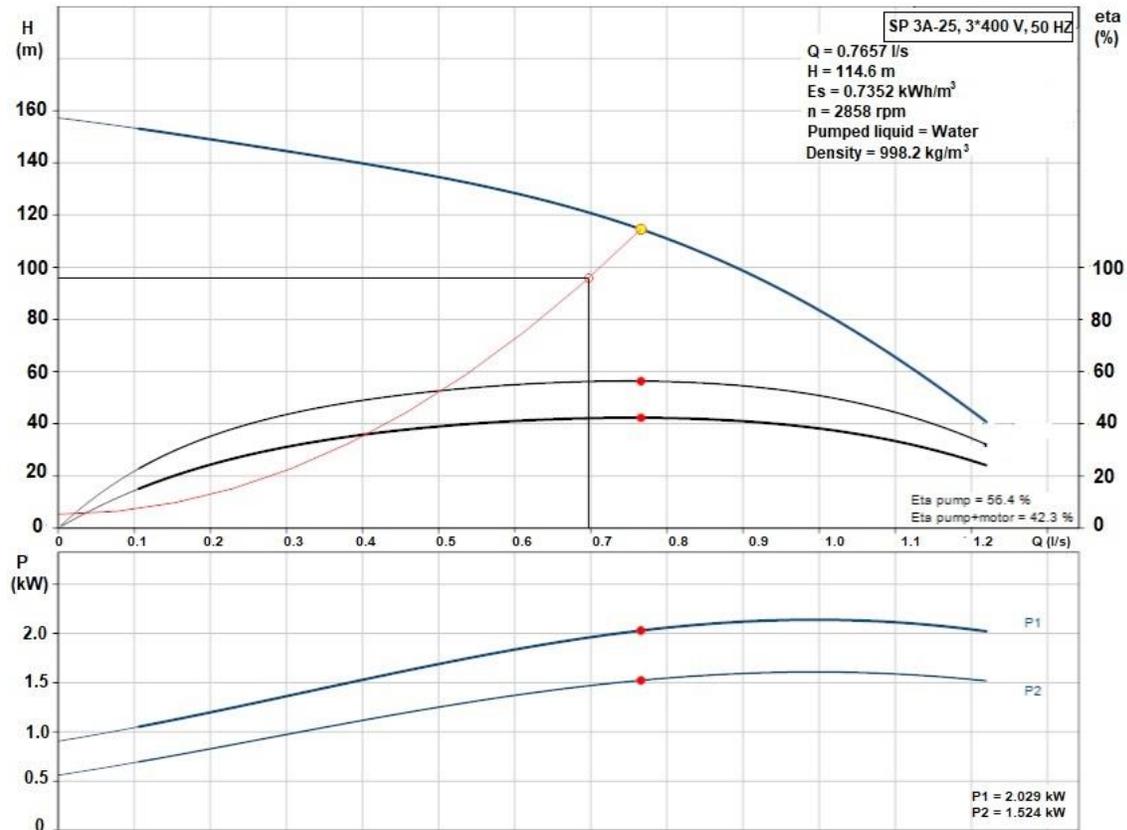
Gráfico 20: Curva de pérdidas en el sistema para $\varnothing= 1\ 1/2"$



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico 20, la carga dinámica total para el caudal de bombeo de 0.676 lps, es de 95.21 m; por consiguiente, se busca en la curva de rendimiento de la bomba un valor similar tanto de carga dinámica total (eje y) como caudal (eje x), para verificar si la bomba es adecuada para la línea de conducción es específico, tal como se puede afirmar en el gráfico 21.

Gráfico 21: Curva de rendimiento de bomba SP 3A-25



Fuente: (Grundfos, 2018)

Como se logra a ver en el gráfico 21, este tipo de bomba (Grundfos SP 3A-25) es capaz de sobrellevar la carga dinámica total del sistema, así como el caudal, ya que puede mover un caudal de 0.759 lps hasta una altura de 115.2 m (carga dinámica total); así mismo esta bomba, trabajando en estas condiciones se obtiene un rendimiento de bomba y motor de 44.4 %, utilizando 2.02 Kw, variando muy poco con el calculado (1.87 kW) para un diámetro de 1 ½" (ver tabla 15).

4.7.4.7 Golpe de ariete en la línea de conducción

Para el golpe de ariete, se realizó el cálculo de la sobrepresión debido al cierre de la válvula en la sarta de bombeo, utilizando las ecuaciones 17 y 18, en el tramo de tubería que va de la sarta al tanque de almacenamiento, dicho tramo de tubería

asumido de PVC. Los datos para realizar los cálculos respectivos se muestran en la tabla 20; es relevante mencionar que el valor del espesor de la pared fue obtenido de los catálogos de tuberías mostrados en la tabla 46 de los anexos.

Tabla 20: Datos para calcular la sobrepresión por golpe de ariete

Tipo de tubería	Ø nominal	Ø interno	e	P tubería
PVC SDR-26	1 1/2	44.56 mm	1.85 mm	160 PSI

Fuente: Fuente propia

Al utilizar las ecuaciones 17 y 18, se obtiene:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.6 * \frac{44.56 \text{ mm}/1000}{1.85 \text{ mm}/1000}}}$$

$$C = 329 \text{ m/s}$$

$$ha = \frac{329 \frac{m}{s} * 0.43 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$ha = 14.54 \text{ m}$$

Los resultados faltantes se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Sobrepresión debido al golpe de ariete por tramo de tubería

Celeridad	329.00 m/s
Tiempo de cierre	1.28 seg
2L/a	1.80
Long crítica	211.03 m
ha	14.54 m
P _{máx}	86.37 PSI

Fuente: Elaboración propia

Ya por obtenida la sobrepresión, prosigue el cálculo de la presión total que interviene en cada tramo, es decir la carga por sobrepresión y la carga total dinámica.

$$P_{máx} = 14.54 \text{ m} + 46.285 \text{ m}$$

$$P_{máx} = 60.82 \text{ m} * 1.42 = 86.37 \text{ PSI}$$

Resumiendo, puede interpretarse que la presión total para el tramo sarta-tanque que está conformado por tuberías de PVC se tiene una presión de 86.37 PSI.

En base a los datos anteriores, se evaluó respecto con los valores del catálogo de tuberías (tablas 42 y 43 de los anexos página 113 y 114), en cuanto a la presión que resisten, siendo así que se obtuvo para la tubería de PVC SDR-26 de 1 ½ pulgadas, para el tramo sarta-tanque, es capaz de resistir la presión total de 86.37 PSI, ya que la presión estipulada por el catálogo es de 160 PSI. Esto indica que el tipo de tubería propuesto es correcto, por sus valores complacientes con los requisitos, en cuanto a hidráulicos como económicos, por lo cual, es muy buena opción para su uso en la línea de conducción.

4.8 Diseño del taque de almacenamiento

Para determinar el diseño del tanque de almacenamiento se emplearon las ecuaciones 19 y 20, correspondientes al volumen de almacenamiento y para determinar las dimensiones respectivamente del tanque. Cabe mencionar que el tanque estará sobre la superficie del suelo, debido a que la topografía del terreno es regular y lo permite.

$$V_t = (0.25 * (0.410 \text{ lps} + 0.062 \text{ lps}) * 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}} * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$V_t = 10.189 \text{ m}^3$$

Se debe tener en cuenta para el cálculo de las dimensiones del tanque lo siguiente: “si se ha de lograr el dimensionamiento más económico debe guardarse la relación D=H” (Talavera, 1978). Sin embargo, para el caso presente, como se desea dimensionar un tanque con planta cuadrada, la relación será B = H.

De esta manera, tomando un valor sugerido para “H” de 2.20 m, sin obviar la restricción de altura de hasta 3 m, de la norma técnica.

$$B = \sqrt{\frac{10.189 \text{ m}^3}{2.20 \text{ m}}}$$

$$B = 2.63 \text{ m}$$

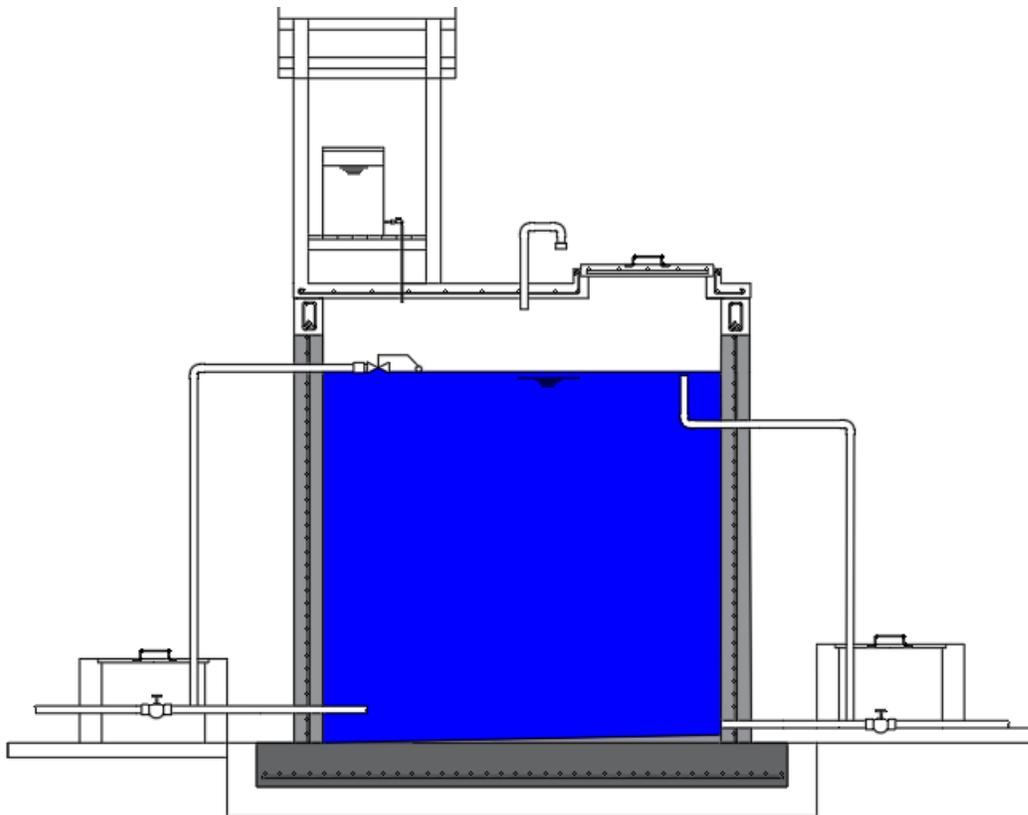
El dato obtenido para la base cuadrada del tanque es de 2.63 m, no obstante, por razones constructivas se utilizará un valor de 2.70 m; además se considerará un valor de borde libre de 0.50 m; por recomendación de la NTON 09-001-99 y una altura de sedimentación medida desde la base del tanque de 0.20 m según (Cualla, 1995, pág. 215).

Tabla 22: Resumen de las dimensiones del tanque de almacenamiento

Dimensiones del tanque de almacenamiento				
Vol. Útil	b	h	BL	S
10.19 m ³	2.70 m	2.20 m	0.50 m	0.20 m

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4: Tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

4.9 Red de distribución

4.9.1 Trazo de la red de distribución

De acuerdo a los datos obtenidos en el levantamiento topográfico, se realizó en trazado de la red, iniciando por el tanque de almacenamiento de agua potable,

localizado a una altura de 1178.771 msnm, siendo esta altura la superior respecto a las propiedades a servir; por lo que es posible diseñar la red.

Ilustración 5: Trazo de red de distribución.



Fuente: Elaboración propia.

Como pueden notar en la ilustración 5, la red de distribución que se muestra es de tipo abierta, esto debido a la distribución de las casas y la topografía del lugar.

4.9.2 Definición de caudales por nodo

Para definir el caudal en cada nodo de la red de distribución, se empleó el método de caudal unitario longitudinal, mostrado en el numeral 3.7.5, teniendo como referencia las Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de agua Potable

(OPS & CEPIS, 2005, pág. 9), “ Para localidades pequeñas y en las cuales se pueda estimar que su desarrollo a futuro en base a densidades uniformes, se podrán obtener los consumos concentrados en base al consumo por unidad de longitud de las tuberías”.

Obteniendo los resultados siguientes aplicados con la ecuación 21, tenemos que:

$$q_{ul} = \frac{1.086 \text{ lps}}{916.44 \text{ m}}$$

$$q_{ul} = 1.185 \times 10^{-3} \text{ lps/m}$$

Es importante mencionar que la longitud de 916.44 m, se obtiene del levantamiento topográfico correspondiente a la longitud total de la red de distribución, incluyendo todas sus ramificaciones.

En base al caudal longitudinal obtenido, que es de 1.185×10^{-3} lps/m, se prosiguió a utilizar la ecuación 22, para determinar los caudales en cada tramo de la tubería.

$$Q_i = 1.185 \times 10^{-3} \frac{\text{lps}}{\text{m}} * 85.29 \text{ m}$$

$$Q_i = 0.103 \text{ lps}$$

Los resultados, del caudal por cada tramo de tubería de toda la red, se muestran en la tabla 23.

Tabla 23: Caudal por cada tramo de tubería.

Tramo	Longitud	quL	Qi
TU1´	4	1.19E-03	0.005 Lps
TU1	85.29	1.19E-03	0.101 Lps
TU2	27.94	1.19E-03	0.033 Lps
TU3	17.89	1.19E-03	0.021 Lps
TU4	69.86	1.19E-03	0.083 Lps
TU5	53.78	1.19E-03	0.064 Lps
TU6	12.05	1.19E-03	0.014 Lps
TU7	9.304	1.19E-03	0.011 Lps
TU8	18.95	1.19E-03	0.022 Lps
TU9	17.31	1.19E-03	0.021 Lps
TU10	58.538	1.19E-03	0.069 Lps
TU11	42.02	1.19E-03	0.050 Lps
TU12	57.85	1.19E-03	0.069 Lps
TU13	32.018	1.19E-03	0.038 Lps
TU14	5.781	1.19E-03	0.007 Lps
TU15	15.77	1.19E-03	0.019 Lps
TU16	31.51	1.19E-03	0.037 Lps
TU17	50.94	1.19E-03	0.060 Lps
TU18	67.78	1.19E-03	0.080 Lps
TU19	68.56	1.19E-03	0.081 Lps
TU20	15.74	1.19E-03	0.019 Lps
TU21	96.59	1.19E-03	0.114 Lps
TU22	56.97	1.19E-03	0.068 Lps
TOTAL	916.441		1.086 Lps

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos en la tabla 23, es posible encontrar los caudales por nodo, dividiendo el caudal del tramo de tubería entre los nodos correspondientes, siendo esto posible con el método de (IRC, 2002, pág. 483)

En el nodo 1, converge el tramo TU1, por lo cual:

$$Q_{n1} = \frac{0.10 \text{ lps}}{2}$$

$$Q_{n1} = 0.05 \text{ lps}$$

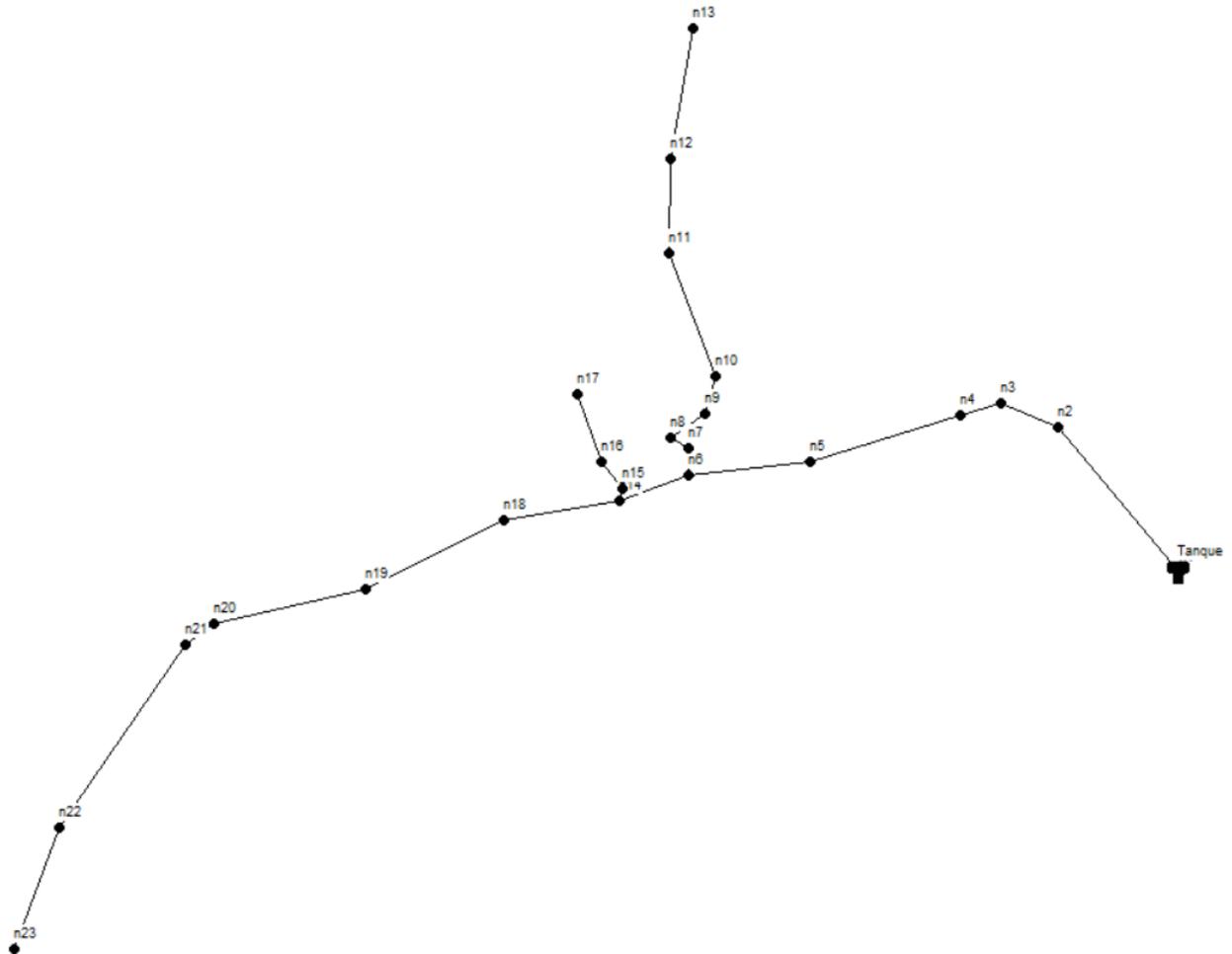
Tabla 24: Caudales en los nodos de la red de distribución

Nodo	Qnodo
---	TANQUE
1	0.055 Lps
2	0.067 Lps
3	0.027 Lps
4	0.052 Lps
5	0.073 Lps
6	0.058 Lps
7	0.013 Lps
8	0.017 Lps
9	0.021 Lps
10	0.045 Lps
11	0.060 Lps
12	0.059 Lps
13	0.034 Lps
14	0.053 Lps
15	0.013 Lps
16	0.028 Lps
17	0.019 Lps
18	0.070 Lps
19	0.081 Lps
20	0.050 Lps
21	0.067 Lps
22	0.091 Lps
23	0.034 Lps
Total	1.086 Lps

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24, se muestran los resultados de los gastos en cada nodo de la red de distribución, y es posible notar que, coincide con la sumatoria de los caudales en los nodos con el consumo máximo horario (CMH) de 1.086 lps.

Ilustración 6: Ubicación de los nodos en la red de distribución.



Fuente: Elaboración propia.

Con los caudales obtenidos en cada nodo, se obtuvo los gastos reales en cada uno de los tramos de la tubería, aplicando en principio de continuidad, el cual establece que el flujo que entra es el mismo que sale, según (IRC, 2002, pág. 483)

Analizando, el tramo o línea de alimentación de la red, se establece que:

$$Q_{Tramo} = \sum Q_n$$

$$Q_{Tramo} = 1.086 \text{ lps}$$

Es de notar, que el caudal en el tramo de la tubería correspondiente a la línea de alimentación, coincide con las sumatoria de los nodos, esto debido a que por todos los tramos deberá pasar toda el agua que abastecerá la red de distribución.

Los resultados de los caudales reales por tramos en la red de distribución, se muestran en la tabla 25.

Tabla 25: Caudales reales por tramo en la red de distribución.

Tramo	Longitud	Q
TU1'	4.00	1.086 Lps
TU1	85.29	1.031 Lps
TU2	27.94	0.964 Lps
TU3	17.89	0.936 Lps
TU4	69.86	0.884 Lps
TU5	53.7	0.811 Lps
TU6	12.05	0.249 Lps
TU7	9.304	0.236 Lps
TU8	18.95	0.219 Lps
TU9	17.31	0.198 Lps
TU10	58.538	0.153 Lps
TU11	42.02	0.093 Lps
TU12	57.85	0.034 Lps
TU13	32.018	0.504 Lps
TU14	5.781	0.059 Lps
TU15	15.77	0.047 Lps
TU16	31.51	0.019 Lps
TU17	50.94	0.392 Lps
TU18	67.78	0.322 Lps
TU19	68.56	0.241 Lps
TU20	15.74	0.191 Lps
TU21	96.59	0.125 Lps
TU22	56.97	0.034 Lps

Fuente: Elaboración propia.

4.9.3 Determinación de los diámetros de las tuberías

Para determinar los diámetros más adecuados, se utilizó el software EPANET, esto para que cumpliera con las velocidades demandadas por las normas que lo establecen, correspondientes a 0.6 m/s y 5 m/s, y de igual forma con las presiones demandadas, siendo estas, 5 m y 50 m.

En la tabla 26, muestra los resultados con los diámetros, donde el diámetro de 1 ½ pulgadas, es el más óptimo para los requerimientos establecidos. Cabe mencionar que los diámetros comerciales, se obtuvieron del catálogo SDR-26, mostrado en los anexos pág. 113.

Tabla 26: Diámetro de tuberías por tramo en la red de distribución

Tramo	Longitud	Q	Ø interno	Ø nominal (pulg)
TU1´	4.00	1.086 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU1	85.29	1.031 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU2	27.94	0.964 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU3	17.89	0.936 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU4	69.86	0.884 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU5	53.7	0.811 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU6	12.05	0.249 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU7	9.304	0.236 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU8	18.95	0.219 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU9	17.31	0.198 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU10	58.538	0.153 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU11	42.02	0.093 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU12	57.85	0.034 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU13	32.018	0.504 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU14	5.781	0.059 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU15	15.77	0.047 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU16	31.51	0.019 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU17	50.94	0.392 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU18	67.78	0.322 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU19	68.56	0.241 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU20	15.74	0.191 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU21	96.59	0.125 Lps	44.56 mm	1 1/2
TU22	56.97	0.034 Lps	44.56 mm	1 1/2

Fuente: Fuente propia

4.9.4 Análisis hidráulico de la red de distribución

4.9.4.1 Análisis de velocidades en la red

Luego de haberse obtenido los diámetros a utilizar en cada tramo de tubería que conforma la red, se calcularon las velocidades reales existentes en el sistema, para hacer comparación con las velocidades límites que la norma nacional establece.

Los resultados de las velocidades en la tubería de la red obtenidos en la simulación con EPANET, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27: Velocidades reales en la red de distribución

RED SIN VÁLVULAS					
ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdidas Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/Km
TU1'	4	44.56 mm	1.09	0.71	12.30
TU1	85.29	44.56 mm	1.03	0.68	11.17
TU2	27.94	44.56 mm	0.97	0.62	9.87
TU3	17.89	44.56 mm	0.94	0.60	9.34
TU4	69.86	44.56 mm	0.89	0.57	8.42
TU5	53.7	44.56 mm	0.81	0.52	7.18
TU6	12.05	44.56 mm	0.25	0.16	0.80
TU7	9.304	44.56 mm	0.24	0.15	0.73
TU8	18.95	44.56 mm	0.22	0.14	0.63
TU9	17.31	44.56 mm	0.20	0.13	0.53
TU10	58.538	44.56 mm	0.15	0.10	0.33
TU11	42.02	44.56 mm	0.09	0.06	0.13
TU12	57.85	44.56 mm	0.03	0.02	0.04
TU13	32.018	44.56 mm	0.51	0.32	2.99
TU14	5.781	44.56 mm	0.06	0.04	0.03
TU15	15.77	44.56 mm	0.05	0.03	0.04
TU16	31.51	44.56 mm	0.02	0.01	0.03
TU17	50.94	44.56 mm	0.39	0.25	1.87
TU18	67.78	44.56 mm	0.32	0.21	1.30
TU19	68.56	44.56 mm	0.24	0.16	0.76
TU20	15.74	44.56 mm	0.19	0.12	0.50
TU21	96.59	44.56 mm	0.12	0.08	0.22
TU22	56.97	44.56 mm	0.03	0.02	0.02

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Es importante notar, que entre todos los tramos que conforman la red, solo cuatro de ellos cumplen con las velocidades establecidas por la norma técnica nacional; el resto de ellos no cumplen con las velocidades.

Como la norma establece que no se deben utilizar diámetros menores a 1 ½", debe dejarse los diámetros tal y como se muestra en a tabla 28, teniendo como consideración que se deberán colocar válvulas de limpieza en los extremos de los tramos con mayor longitud en los que las velocidades no cumplen.

En cuanto a las pérdidas unitarias, que provienen de la ecuación de Hazen Williams (utilizando un coeficiente de fricción de 150), dato configurado en EPANET. Se pueden notar la variación de pérdidas que se dan en todo el sistema.

4.9.4.2 Análisis de presiones en la red

Los resultados de las presiones en la red de distribución, obtenidos en EPANET, se reflejan en la tabla 28. Estos valores deben cumplir de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas, de 5 a 50 metros de columna de agua.

Tabla 28: Presión en la red de distribución

RED SIN VÁLVULAS				
ID nodos	Cota	Demanda	Altura	Presión
	msnm	LPS	m	mca
TANQUE	1178.77	-0.38	1179.27	0.50
1	1178.77	0.05	1183.73	4.96
2	1155.85	0.07	1178.27	22.42
3	1150.30	0.03	1177.99	27.69
4	1149.54	0.05	1177.94	28.40
5	1141.66	0.07	1177.35	35.69
6	1134.03	0.06	1176.97	42.94
7	1133.65	0.01	1177.32	43.67
8	1132.24	0.02	1176.95	44.71
9	1131.46	0.02	1176.93	45.47
10	1127.00	0.05	1176.92	49.92
11	1117.63	0.06	1176.90	59.27
12	1114.37	0.06	1176.90	62.53
13	1111.11	0.03	1176.48	65.38
14	1132.48	0.05	1176.86	44.38
15	1132.55	0.01	1176.86	44.31
16	1127.93	0.03	1176.87	48.94
17	1122.35	0.02	1176.86	54.51
18	1130.45	0.07	1176.77	46.32
19	1124.00	0.08	1176.68	52.68
20	1117.10	0.05	1176.64	59.54
21	1115.21	0.07	1176.62	61.41
22	1108.75	0.09	1176.60	67.85
23	1105.64	0.03	1176.60	70.96

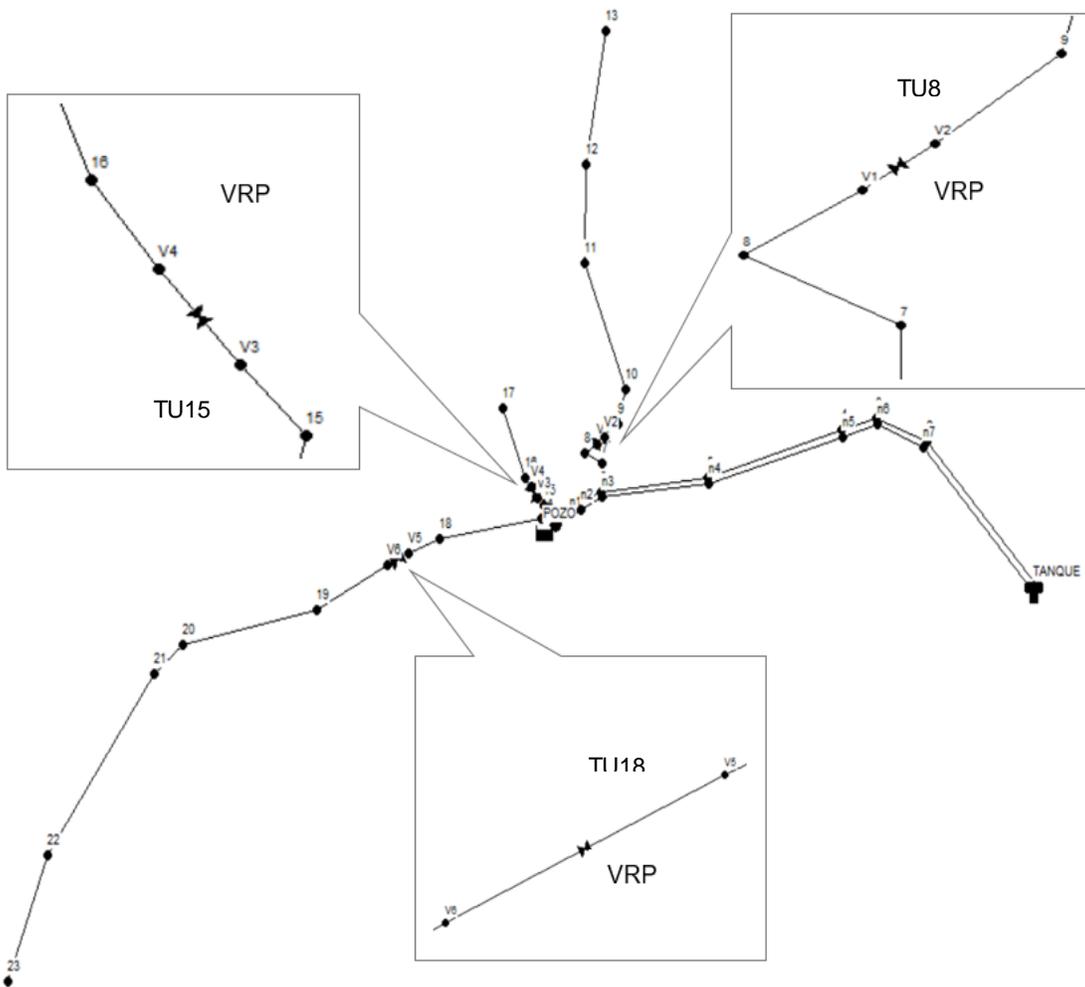
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Como se puede notar en la tabla 28, las presiones en la red varían en cuanto a su rango establecido, por lo cual se debe hacer ajustes a la misma, agregando válvulas reductoras de presión donde sea más conveniente.

4.9.4.3 Ajuste de la red de distribución

Se ajusta la red de distribución o bien se estabilizan las presiones en el sistema, de manera que estén dentro del rango estipulado según la norma nacional, se emplearon válvulas reductoras de presión en los tramos TU8, TU15 y TU18, como se puede ver en la ilustración 7. La red se evaluó, cuando el tanque se encuentre a su nivel mínimo de agua, a fin de evitar las presiones muy bajas.

Ilustración 7: Red de distribución ajustada con válvulas reductoras de presión



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Velocidades en la red de distribución

RED CON VÁLVULAS					
ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdidas Unit.
	msnm	mm	LPS	m/s	m/Km
TU1'	4.00	44.56 mm	1.09	0.7	12.30
TU1	85.29	44.56 mm	1.03	0.66	11.17
TU2	27.94	44.56 mm	0.97	0.62	9.87
TU3	17.89	44.56 mm	0.94	0.60	9.34
TU4	69.86	44.56 mm	0.89	0.57	8.42
TU5	53.70	44.56 mm	0.81	0.52	7.18
TU6	12.05	44.56 mm	0.25	0.16	0.80
TU7	9.30	44.56 mm	0.24	0.15	0.73
TU8	8.95	44.56 mm	0.22	0.14	0.63
TU8'	10.00	44.56 mm	0.22	0.14	0.63
TU9	17.31	44.56 mm	0.20	0.13	0.53
TU10	58.54	44.56 mm	0.15	0.10	0.33
TU11	42.02	44.56 mm	0.09	0.06	0.13
TU12	57.85	44.56 mm	0.03	0.02	0.04
TU13	32.02	44.56 mm	0.51	0.32	2.99
TU14	5.78	44.56 mm	0.06	0.04	0.03
TU15	9.77	44.56 mm	0.05	0.03	0.03
TU15'	6.00	44.56 mm	0.05	0.03	0.03
TU16	31.51	44.56 mm	0.02	0.01	0.03
TU17	50.94	44.56 mm	0.39	0.25	1.87
TU18	37.78	44.56 mm	0.32	0.21	1.30
TU18'	30.00	44.56 mm	0.32	0.21	1.30
TU19	6.00	44.56 mm	0.24	0.16	0.76
TU20	9.74	44.56 mm	0.19	0.12	0.50
TU21	96.59	44.56 mm	0.12	0.08	0.22
TU22	56.97	44.56 mm	0.03	0.02	0.02
VRP 1	No disponible	44.56 mm	0.22	0.14	39.94
VRP 2	No disponible	44.56 mm	0.05	0.03	41.87
VRP 3	No disponible	44.56 mm	0.32	0.21	42.22

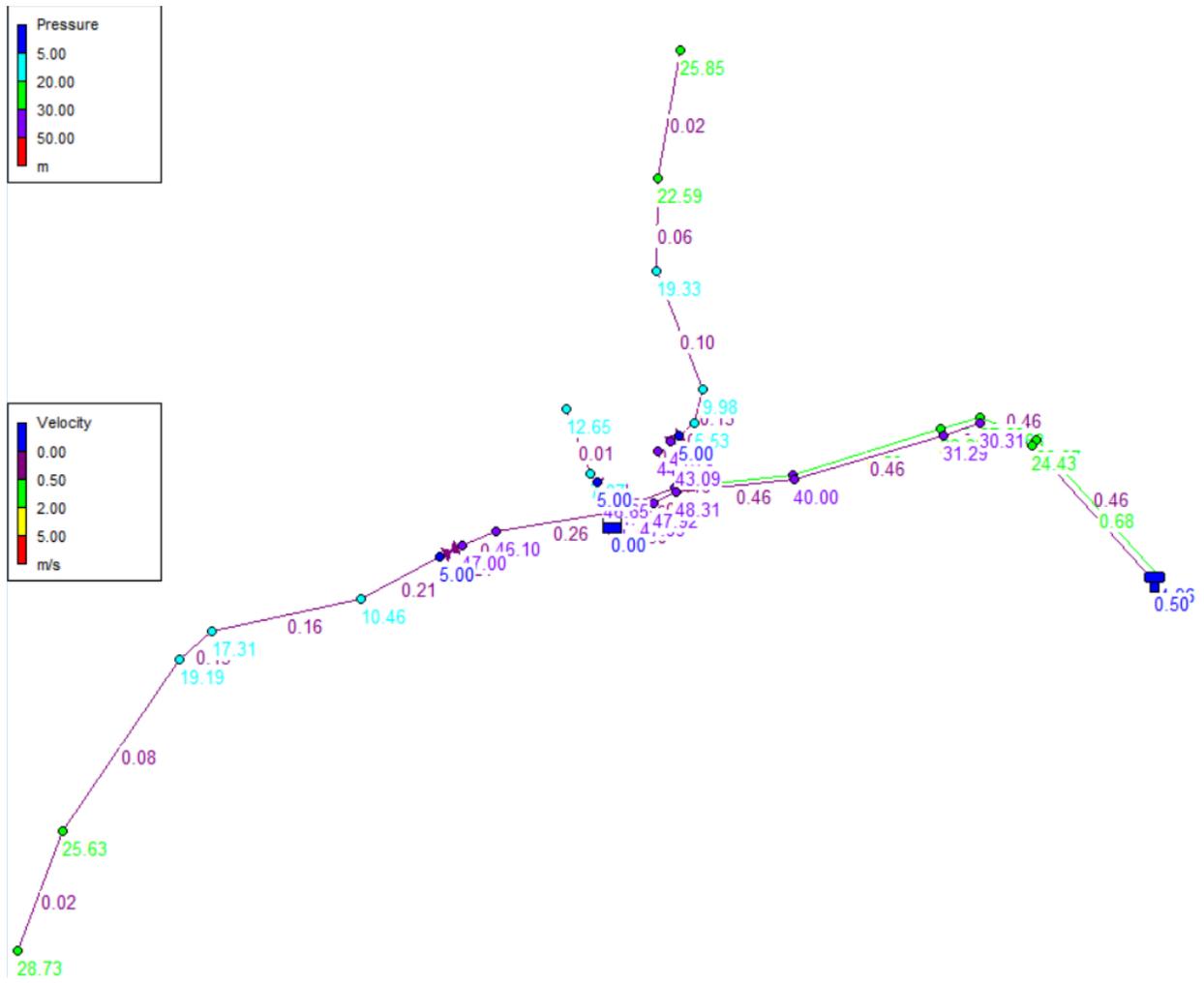
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 30: Presión en los nodos de la red con válvulas rompe presión

ID nodos	Cota	Demanda	Altura	Presión
	msnm	LPS	m	mca
TANQUE	1178.771	-0.38	1179.271	0.5
1	1178.771	0.05	1183.731	4.96
2	1155.853	0.07	1178.273	22.42
3	1150.304	0.03	1177.994	27.69
4	1149.537	0.05	1177.937	28.4
5	1141.661	0.07	1177.351	35.69
6	1134.027	0.06	1176.967	42.94
7	1133.653	0.01	1176.953	43.3
8	1132.237	0.02	1176.947	44.71
9	1131.463	0.02	1136.993	5.53
10	1127	0.05	1136.98	9.98
11	1117.631	0.06	1136.961	19.33
12	1114.372	0.06	1136.962	22.59
13	1111.105	0.03	1136.955	25.85
14	1132.483	0.05	1176.863	44.38
15	1132.552	0.01	1176.862	44.31
16	1127.927	0.03	1134.997	7.07
17	1122.353	0.02	1135.003	12.65
18	1130.452	0.07	1176.772	46.32
19	1124	0.08	1134.46	10.46
20	1117.095	0.05	1134.405	17.31
21	1115.21	0.07	1134.4	19.19
22	1108.748	0.09	1134.378	25.63
23	1105.64	0.03	1134.38	28.74
Conexión v1	1132	0	1176.94	44.94
Conexión v2	1132	0	1137	5
Conexión v3	1130	0	1176.87	46.87
Conexión v4	1130	0	1135	5
Conexión v5	1129.5	0	1176.72	47.22
Conexión v6	1129.5	0	1134.5	5

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Ilustración 8: Velocidades y presiones en la red de distribución con VRP.



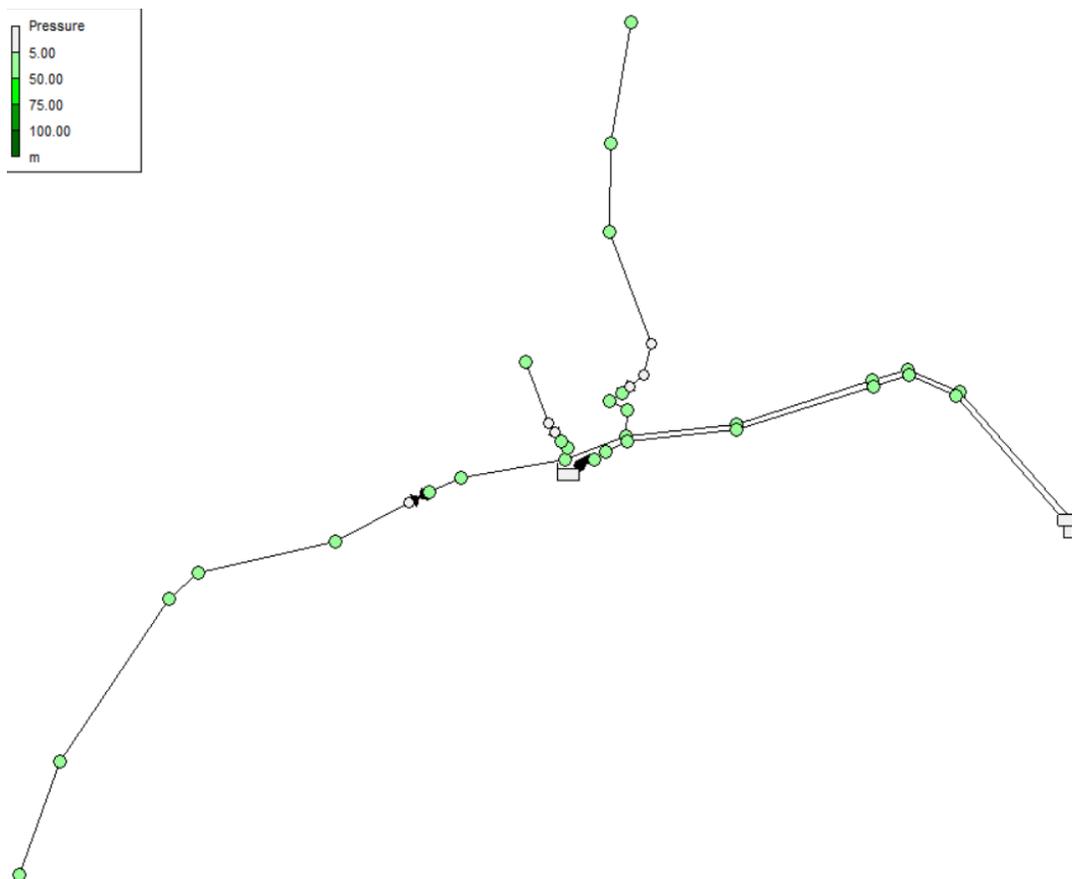
Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

4.9.4.4 Análisis de la red con demanda igual cero.

Con el ajuste concluido en la red, es necesario también considerar lo que la norma nacional establece, y es que se debe realizar un análisis de las máximas presiones en la red de distribución cuando las demandas son iguales a cero. (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, 2020, pág. 30).

Se obtuvieron los resultados en EPANET cuando las demandas en los nodos son cero y el tanque de almacenamiento se encuentra en su máximo nivel, mostrando los resultados en la ilustración 7 y tabla 31.

Ilustración 9: Análisis de presiones en la red de distribución con demanda cero



Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 31: Análisis de presiones en la red de distribución con demanda cero

ID nodo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	msnm	LPS	m	mca
TANQUE	1178.771	0	1179.271	0.5
1	1174.26	0	1179.27	5.01
2	1155.853	0	1179.273	23.42
3	1150.304	0	1179.274	28.97
4	1149.537	0	1179.267	29.73
5	1141.661	0	1179.271	37.61
6	1134.027	0	1179.267	45.24
7	1133.653	0	1179.273	45.62
8	1132.237	0	1179.267	47.03
9	1131.463	0	1137.003	5.54
10	1127	0	1137	10
11	1117.631	0	1137.001	19.37
12	1114.372	0	1137.002	22.63
13	1111.105	0	1136.995	25.89
14	1132.483	0	1179.273	46.79
15	1132.552	0	1179.272	46.72
16	1127.927	0	1134.997	7.07
17	1122.353	0	1135.003	12.65
18	1130.452	0	1179.272	48.82
19	1124	0	1134.5	10.5
20	1117.095	0	1134.495	17.4
21	1115.21	0	1134.5	19.29
22	1108.748	0	1134.498	25.75
23	1105.64	0	1134.5	28.86
Conexión v1	1132	0	1179.27	47.27
Conexión v2	1132	0	1137	5
Conexión v3	1130	0	1179.27	49.27
Conexión v4	1130	0	1135	5
Conexión v5	1129.5	0	1179.27	49.77
Conexión v6	1129.5	0	1134.5	5

Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

Como podemos notar los resultados obtenidos con EPANET, la presión mínima en el nodo es de 5.01mca y la máxima 48.82 mca.

En la tabla 31, es posible notar que todos los nodos en la red de distribución analizados en la condición de demanda cero, cumplen con las presiones establecidas en la norma nacional (presión mínima 5m y presión máxima 50 m).

4.9.4.5 Verificación de resistencia de la tubería en la red de distribución

La presión máxima en el sistema se da en la conexión de la válvula reductora de presión (v5), siendo este el valor de 49.77 mca que prosigue a la presión de 48.82 correspondiente al nodo 18, siendo la presión máxima del sistema de 49.77 mca equivalente a 70.67 psi.

Considerando que según el catálogo de tuberías PVC SDR-26 tiene una presión de trabajo de 160 psi y una presión de ruptura de 500 psi. Ver anexos tabla 46

Es posible notar que la es capaz de sobrellevar la presión máxima del sistema de 70.76 psi, siendo esta una tubería ideal para la red de distribución de agua potable.

4.10 Desinfección del agua para la red de distribución

Se debe tener en cuenta, que para que la desinfección por cloro sea eficaz debe haber una concentración de cloro residual libre entre 0.2 mg/l y 0.5 mg/l en los puntos más alejados de la red de distribución, así mismo no debe sobrepasar la dosis de cloro de 5 mg/l.

Como podemos notar en las pruebas fisicoquímico y bacteriológico, no se muestran valores de coliforme total y coliforme total, por lo cual el agua presenta buenas condiciones para el consumo humano, de igual forma siempre se recomienda hacer una desinfección por cloro.

4.10.1 Cantidad de cloro a utilizar

Para determinar la cantidad de cloro a utilizar, se aplicaron las ecuaciones 23, 24 y 25, como se muestra a continuación:

$$t_d = \frac{35438.4 \text{ lpd} * 24}{0.676 \text{ lps} * 86400} * 1.5$$

$$t_d = 21.84 \text{ h/día}$$

$$Q_{cl} = \frac{500 \text{ lts}}{21.84 \text{ h/día} * 14 \text{ días}}$$

$$Q_{cl} = 1.64 \text{ l/h}$$

$$P_{cl} = \frac{2 \text{ mg/l} * 0.679 \text{ lps} * 600 \text{ lts}}{1.68 \text{ l/h} * 0.7} * 3.6$$

$$P_{cl} = 2543.83 \text{ gr}$$

Resumiendo, los cálculos obtenidos anteriormente, se necesitará 2543.83 gr de hipoclorito de calcio al 70% cada 14 días (tiempo de recarga), para una dosificación de 2 mg/l, esto con el motivo de la separación de la solución madre.

Es de notar también, que el caudal que debe salir por el hipoclorador tiene que ser aproximadamente 1.64 litros por hora, considerando un volumen útil de 500 litros, por lo que se toma como volumen muerto los 100 litros del fondo del tanque según (Etienne, 2014, pág. 37).

Tabla 32: Cloro residual en la red de distribución

Tabla de Red - Cloro			
ID Nudo	Cota	Demanda	Cloro
	m	LPS	mg/l
TANQUE	1178.77	0.17	0.60
1	1178.77	0.03	0.60
2	1155.85	0.03	0.60
3	1150.30	0.01	0.60
4	1149.54	0.03	0.60
5	1141.66	0.04	0.61
6	1134.03	0.03	0.61
7	1133.65	0.01	0.61
8	1132.24	0.01	0.61
Conexión v1	1132.00	0.00	0.61
Conexión v2	1132.00	0.00	0.61
9	1131.46	0.01	0.62
10	1127.00	0.02	0.62
11	1117.63	0.03	0.64
12	1114.37	0.03	0.66
13	1111.11	0.02	0.76
14	1132.48	0.03	0.61
15	1132.55	0.01	0.61
Conexión v3	1130.00	0.00	0.62
Conexión v4	1130.00	0.00	0.62
16	1127.93	0.01	0.62
17	1122.35	0.01	0.72
18	1130.45	0.04	0.62
Conexión v5	1129.50	0.00	0.62
Conexión v6	1129.50	0.00	0.62
19	1124.00	0.04	0.62
20	1117.10	0.03	0.64
21	1115.21	0.03	0.64
22	1108.75	0.05	0.67
23	1105.64	0.20	0.80

Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

4.11 Propuesta de saneamiento básico rural

Debido a que, en la comunidad de Llano Redondo el 100% de la población cuenta con letrinas, pero no todas en su mejor estado, teniendo así un 39.4 % buena, 48.5% regular y 12.1 % mala. Por lo cual se propuso un diseño de letrinas de foso ventilado según la normativa NTON-09-001-99, ya que representa una solución adecuada en cuanto a la seguridad higiénica en la comunidad.

4.11.1 Letrinas de foso ventilado y su ubicación

Para el diseño de las letrinas de foso ventilado, se utilizó la metodología que la NTON-09-001-99 establece, y que se ubica en la pág. 70 del presente documento.

El resultado obtenido es el que se muestra en la ilustración 11, teniendo en cuenta las características que este proyecto dispone: foso 4.5 m, revestido con mampostería reforzada, caseta de zinc liso, estructura metálica compuesta de perfiles L de acero, un banco y plancha de fibra de vidrio.

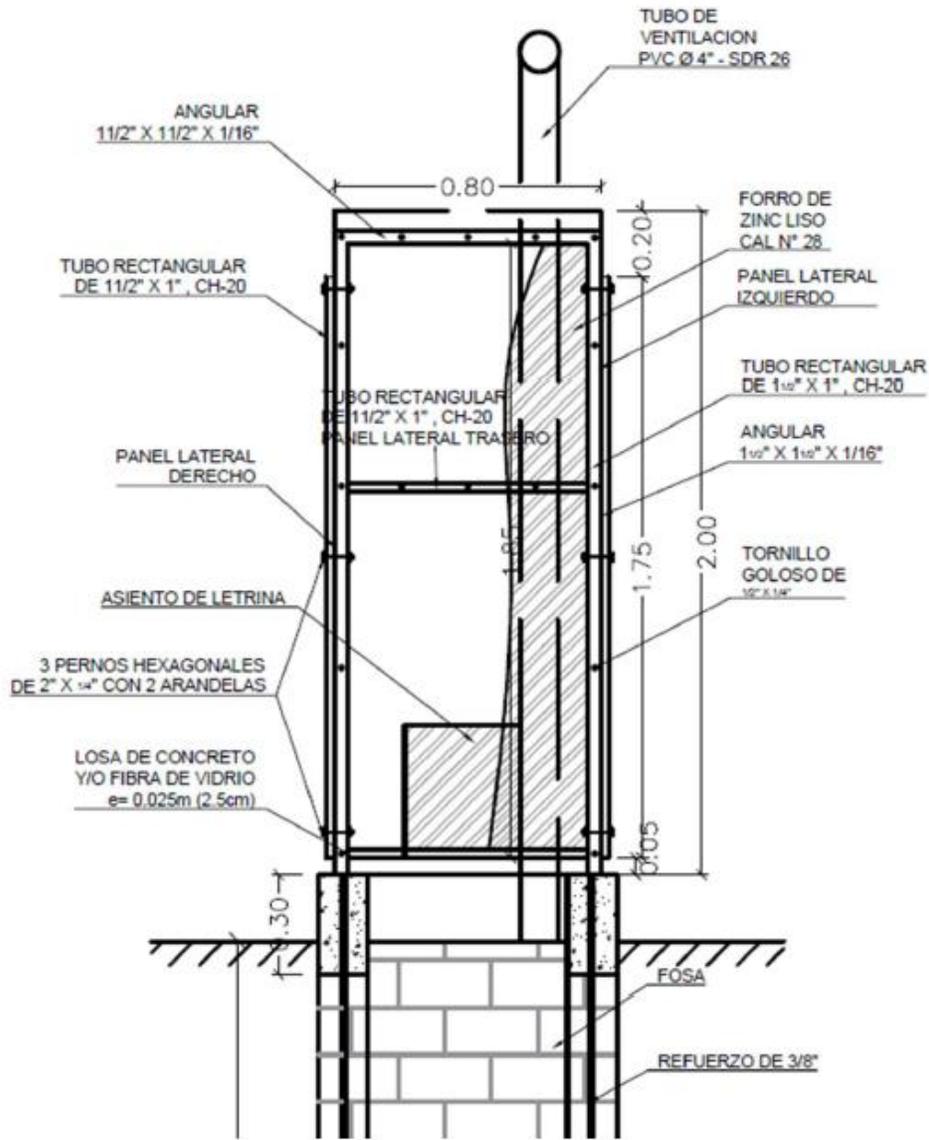
En cuanto a la ubicación de las letrinas, la norma técnica recomienda un espaciamiento según lo mostramos en la tabla 24, de esta forma podemos evitar contaminación de las fuentes de agua subterráneas, así como malos olores en las inmediaciones de las letrinas.

Tabla 33: Localización de letrinas

LOCALIZACIÓN DE LETRINAS	
Pozo Excavado	20.00 m
Vivienda	5.00 m
Linderos de la propiedad	5.00 m
Tanque de agua sobre el suelo	10.00 m
Tanque de agua sobre torre	8.00 m
Tubo de agua potable	3.00 m

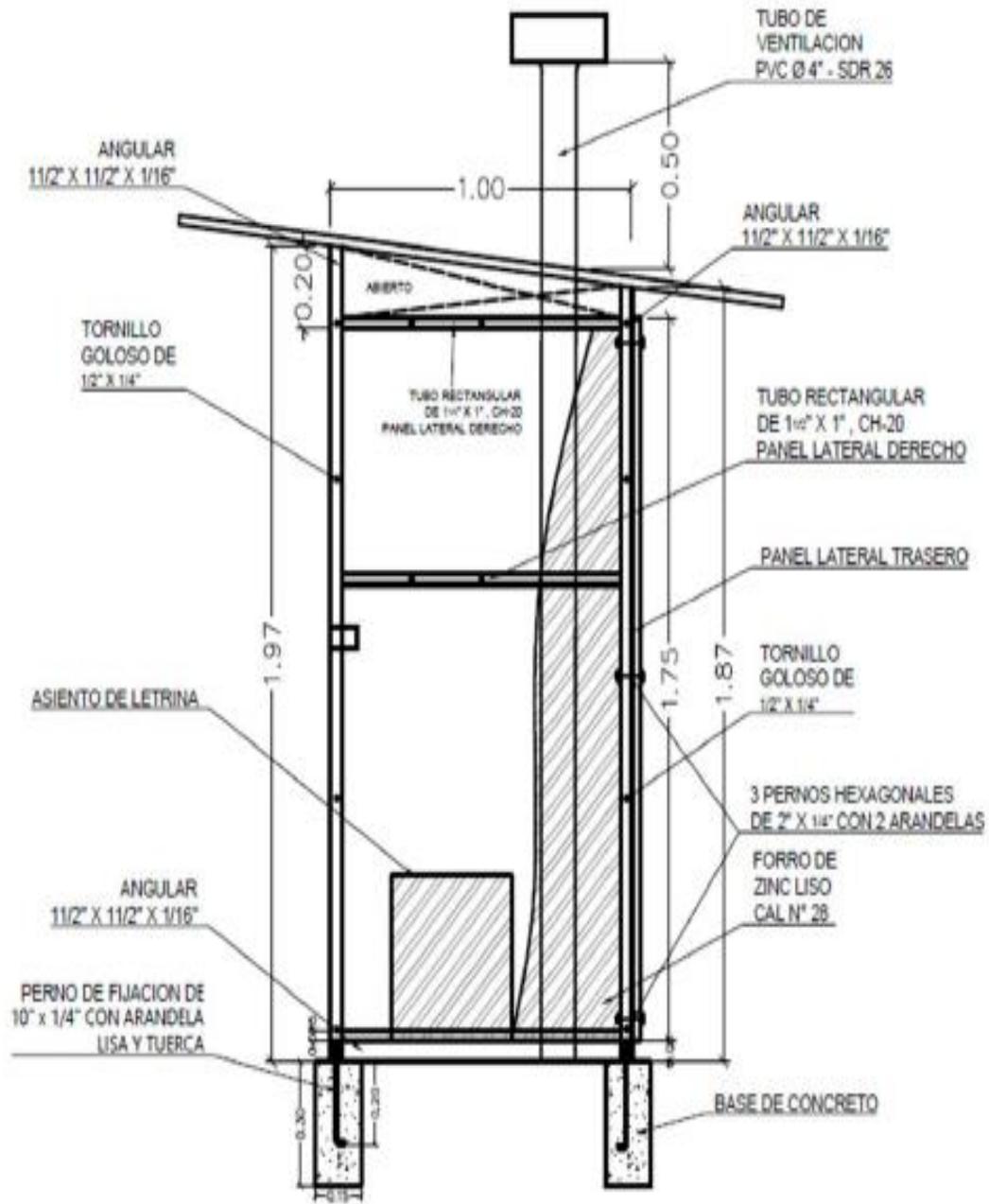
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Detalle de letrinas de foso ventilado



Fuente: Fise

Ilustración 12: Vista lateral de la letrina de foso ventilado



Fuente: Fise

4.12 Presupuesto de la obra

4.12.1 Sistema de agua potable

A continuación, se muestra el presupuesto total del proyecto, donde se elaboró una hoja de alcances de la obra.

Se realizó el presupuesto con referencia al (FISE, 2020), en donde se muestra "Catálogo de Etapas y Sub-Etapas" que contiene proyectos de sistema de agua potable. Las cantidades de obra se estiman en base a los planos obtenidos del sistema.

Tabla 34: Presupuesto del sistema de agua potable de la comunidad de Llano Redondo, Estelí, Nicaragua.

Etapa	Sub Etapa	Descripción	U/M	Material	Mano de Obra	Costo Total
320	00	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	M	C\$ 149,013.84	C\$ 34,886.23	C\$ 183,900.06
310	00	PRELIMINARES	M2		C\$ 25,429.87	C\$ 25,429.87
320	07	Tubería de 1 1/2" de diámetro	M	C\$ 38,040.49		C\$ 38,040.49
320	24	Válvulas y accesorios	C/U	C\$ 110,973.35	C\$ 9,456.36	C\$ 120,429.71
330	00	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	M	C\$ 260,422.31	C\$ 161,519.68	C\$ 421,941.99
330	01	Excavación para tubería	M3		C\$ 100,909.21	C\$ 100,909.21
330	03	Instalación de tubería	M		C\$ 31,683.96	C\$ 31,683.96
330	04	Relleno y compactación	M3		C\$ 28,926.51	C\$ 28,926.51
330	07	Tubería de 1 1/2" de diámetro	M	C\$ 67,358.34		C\$ 67,358.34
330	25	Válvulas y accesorios	C/U	C\$ 150,220.40		C\$ 150,220.40
325	08	Obras varias	GLB	C\$ 42,843.57		C\$ 42,843.57
340	03	CASETA DE CONTROL	M2	C\$ 90,731.99	C\$ 38,778.88	C\$ 129,510.87
010	00	PREMILARES	M2		C\$ 419.27	C\$ 419.27
010	02	Trazo y nivelación	M2	C\$ 1,148.00	C\$ 441.44	C\$ 1,589.44
030	00	Fundaciones	M3	C\$ 11,389.91	C\$ 6,301.54	C\$ 17,691.45
040	00	Estructuras de concreto	M2	C\$ 13,833.83	C\$ 9,234.83	C\$ 23,068.65
050	00	Mampostería	M2	C\$ 14,344.60	C\$ 5,705.40	C\$ 20,050.00
060	00	Techos y fascias	M2	C\$ 16,495.50	C\$ 6,750.00	C\$ 23,245.50
090	00	Pisos	M2	C\$ 8,534.89	C\$ 3,690.00	C\$ 12,224.89
120	00	Puertas	GLB	C\$ 2,930.00	C\$ 1,200.00	C\$ 4,130.00
160	00	Electricidad	M2	C\$ 18,735.26	C\$ 2,500.00	C\$ 21,235.26
200	00	Pintura	M2	C\$ 3,320.00	C\$ 2,536.40	C\$ 5,856.40
355	00	SARTA DE BOMBEO	GBL	C\$ 33,870.96	C\$ 4,160.00	C\$ 38,030.96
335	00	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3			C\$ 73,821.20
335	01	Movimiento de tierra para tanque de almacenamiento	M2		C\$ 6,736.26	C\$ 6,736.26
335	11	Tanque de almacenamiento	M3	C\$ 28,980.13	C\$ 13,744.81	C\$ 42,724.94
		CERCA Y PORTÓN	M			C\$ 24,360.00
370	00	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	GLB			C\$ 2,785.60
	01	Limpieza final	GBL			C\$ 2,785.60
COSTOS DIRECTOS						C\$ 849,990.68
COSTOS INDIRECTOS (10% COSTOS DIRECTOS)						C\$ 84,999.07
UTILIDADES (8%)						C\$ 67,999.25
SUPERVISIÓN (4%)						C\$ 33,999.63
IMPREVISTOS (3%)						C\$ 25,499.72
SUBTOTAL						C\$ 1,062,488.35
IVA (15%)						C\$ 159,373.25
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)						C\$ 10,624.88
IR (1%)						C\$ 10,624.88
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE						C\$ 1,243,111.37

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34, es posible observar que el costo total de todo el sistema de agua potable para la comunidad de Llano Redondo, asciende a C\$ 1,243,111.37 considerando utilidades del 8% equivalentes a C\$ 67,999.25.

Cabe mencionar, que se tomaron en cuenta un total de tres bombas, para los 20 años de funcionamiento del mini acueducto; dos de ellas servirán para abarcar este período de diseño, ya que la vida útil de este tipo de bombas es de 10 años según (Grundfos,2018), y la otra servirá como bomba de emergencia por cualquier desperfecto en la bomba principal.

4.12.2 Letrinas de foso ventilado

Para el presupuesto de las letrinas, al igual que el sistema de agua potable, se utilizó como esquema el catálogo del FISE, y se consideró el costo de construcción de una sola letrina

Tabla 35: Presupuesto de letrinas de foso ventilada.

Etapa	Sub-Etapa	Descripción	U/M	Material	Mano de Obra	Costo Total
		SANEAMIENTO BÁSICO RURAL				C\$ 33,152.22
690	00	LETRINAS	C/U			
	01	LIMPIEZA INICIAL	m2		C\$ 49.50	C\$ 49.50
	02	EXCAVACIÓN	m3		C\$ 1,864.23	C\$ 1,864.23
	03	REVESTIMIENTO DE FOSO	m3	C\$ 11,047.16	C\$ 4,524.32	C\$ 15,571.49
	04	PLANCHA Y BANCO DE FIBRA DE VIDRIO	c/u	C\$ 2,562.00	C\$ 300.00	C\$ 2,862.00
	05	CASETA DE LETRINA	c/u	C\$ 9,717.00	C\$ 3,000.00	C\$ 12,717.00
	06	LIMPIEZA INICIAL	m2		C\$ 88.00	C\$ 88.00
COSTOS						
COSTO TOTAL DISRECTOS						C\$ 33,152.22
COSTOS INDIRECTOS (10% sobre costos directos)						C\$ 3,315.22
UTILIDADES (8%)						C\$ 2,652.18
SUPERVISIÓN (4%)						C\$ 1,326.09
IMPREVISTOS (3%)						C\$ 994.57
SUBTOTAL						C\$ 41,440.27
IVA (15%)						C\$ 6,216.04
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)						C\$ 414.40
IR (1%)						C\$ 414.40
COSTO TOTAL						C\$ 48,485.12

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 35, El costo de una letrina asciende a los C\$ 48, 485.12 teniendo como costos directos, es decir costos por materiales y mano de obra, de C\$ 33,152.22 Y considerando al igual que el sistema de agua potable, utilidades del 8% e imprevistos del 3%.

5 Conclusiones

1. El estudio socioeconómico de la comunidad de Llano Redondo, se compone de 132 habitantes, distribuidos en 33 lotes totales, así mismo en los estudios realizados tenemos que la mayor parte de la población con un 35.61% la conforman personas mayores de 36 años, en cuánto a los ingresos mensuales se obtuvo que el 55% obtiene ganancias arriba de los C\$ 4000 por mes, por otra parte en la encuesta se obtuvo un resultado que el 100% de la población de Llano Redondo está de acuerdo con que se realice el proyecto de agua potable y saneamiento básico.

Basados en la población actual de 132 habitantes (2022), se proyectó que para el año 2042, habrá 414 habitantes generando una mayor demanda en el consumo de agua potable en la comunidad.

2. En el levantamiento topográfico se obtuvo que la elevación en promedio del terreno en la comunidad de Llano Redondo es de 1130.789 msnm, elevación máxima de máxima de 1178.771 msnm y su elevación mínima de 1108.748 msnm; además se pudo determinar la elevación del pozo a 1134.806 msnm con coordenadas X 574899.011, Y 1441725.78, zona 16 P.
3. Para determinar el caudal que es capaz de brindar el pozo, se realizó mediante una prueba de bombeo, realizada por una ONG, donde se mostró según los datos obtenidos que el pozo tiene la capacidad de abastecer a la comunidad de Llano Redondo.
4. De acuerdo con los análisis de agua efectuados para el pozo de la comunidad de Llano Redondo, se determinó que el agua se encuentra dentro de la clasificación 1-A. es decir, aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes. Se aplicará una

dosis de 2 mg/L de cloro en forma de hipoclorito de calcio, por medio de un hipoclorador en la parte superior del tanque.

5. En el análisis hidráulico para la línea de conducción de 296.3 m de longitud, se obtuvo como resultado se deberá utilizar tubería de acero 1 ½" cédula 80 en el tramo pozo-sarta, y tuberías PVC de 1 ½" SDR-26.
6. Para el saneamiento básico rural se propuso letrinas de foso ventilados, que deberá estar ubicadas a 5 m de cada casa, que tendrán dimensiones de 4.5 m de profundidad de foso, 0.80 m de ancho, construido de mampostería reforzada, con una caseta del mismo ancho y una altura de 2 m, fabricado de zinc liso y estructura metálica.
7. Los costos del sistema de abastecimiento de agua por bombeo eléctrico ascienden a los C\$ 1,243,111.37 los costos totales para las letrinas de foso ventilado son de C\$ 57,970.72 por cada una de ellas.

6 Recomendaciones

1. Realizar una capacitación previa a la realización del proyecto de agua potable para para los jefes de familia, esta referente al uso, cuidado del agua y mantenimiento del sistema. Además, es importante formar comités de agua potable y saneamiento (CAPS) en la comunidad, con el fin de garantizar la el correcto uso y funcionamiento.
2. Debido a que hay casas cercanas al pozo de Llano Redondo, se recomienda que no se coloquen letrinas en un radio no menor a los 20 metros. A fin de evitar cualquier tipo de contaminación por medio de heces fecales.
3. No explotar el pozo más allá de su caudal, ya que podría ocasionar el secamiento del mismo y afectar por tanto la vida útil de 20 años del sistema de agua potable.
4. Hacer un análisis bacteriológico y de cloro residual, luego de la instalación y funcionamiento del sistema, esto con el fin de verificar si la cantidad de cloro residual está dentro de los rangos permisibles y también evaluar si se está eliminando bacterias, en especial los coliformes en toda la red.
5. Se debe hacer una limpieza regular (lavado y desinfección) del tanque de almacenamiento de agua, al menos 2 veces al año.
6. Mantener despejado el entorno de las letrinas, especialmente en la época de invierno, con el fin de evitar cualquier acumulación de agua que ocasione una filtración de la misma en el foso de la letrina.
7. Debido a la tasa anual de inflación en Nicaragua, algunos de los precios de los productos estipulados en el presupuesto aumentarán, por lo que se recomienda tomar como verdadero el corto total del proyecto, hasta finales del año 2022.

7 Bibliografía

- CENEPRED. (2016). *Guía para elaborar estudio socioeconómico, cultural y ambiental*. Lima: CENEPRED.
- CNA. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (1999). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural*. Managua: INAA.
- Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2020). *Normas técnicas obligatorias nicaragüenses, Normas Urbanas*.
- CSA. (2010). *Estudio Socioeconómico y de Impacto Económico*. Arecibo: Energy Answers Arecibo.
- Cualla, A. L. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Etienne, I. M. (2014). *Sistema de cloración por goteo*. Lima: CARE.
- fao_nic. (2014). *Los Recursos Hídricos de Nicaragua*. Obtenido de https://coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_recursohidricos_cepal.pdf
- FISE. (2007). *Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM)*. Managua.
- FISE. (2008). *Catálogo de etapas y subetapas*. Managua: FISE.
- INE. (2022). Obtenido de https://www.ine.gob.ni/wp-content/uploads/2022/07/baja_tension_bombeo_comunitario_julio22-3.pdf
- INIDE. (2008). *Estelí en cifras*. Managua.
- IRC. (2002). *Small Community Water Supplies*. Delft.
- Joseling, E. M. (2015). *Proyecto MABE*. Managua: UNAN. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/1055/1/81364.pdf>

- LA PRENSA. (21 de Marzo de 2021). Nicaragua en reunión de la Asamblea General de ONU sobre metas de agenda 2030 relacionados con el Agua.
- Marcenaro, I. S. (2021). *Agua y Saneamiento para el fortalecimiento de las capacidades Técnicas Municipales*. Managua: DESARROLLO, UNI - VUCERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y.
- McCormac, J. (2003). *Topografía*. Limusa S.A .
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos. Sexta edición*. México: PEARSON Educación.
- Nickisch, M. B. (2008). *Aforadores de corrientes de agua*. Santiago del estero: INTAA-EEA.
- NTON 05-007-98. (2000). *Norma para la clasificación de los recursos hídricos*.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable Volumen 1 Tercera Edición*. Ginebra, Suiza.
- OPS & CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimientos de agua*. Lima.
- Ravelo, S. A. (1979). *Abastecimientos de agua*. Caracas.
- Rodríguez, E. (15 de Mayo de 2016). *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*. Managua, Nicaragua.
- Seafood, G. (16 de Octubre de 2017). Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>
- Talavera, S. T. (1978). *Manual de Diseño de Sistemas de Agua Potable*. Managua.
- Tatiana, E. R. (Junio de 2013). Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/5502/1/94618.pdf>
- Vargas, A., & Arellano, F. (2002). *COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE EFICIENCIA DE POZOS*. San José.

Anexos

Estudio socioeconómico

Formato de Encuesta Socioeconómica

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quién es Responsable del Hogar:

Padre: _____ Madre: _____ Otro: _____

Nombre de la Persona Encuestada: _____

Tipo de Proyecto: _____

Datos Personales (Iniciar con responsable del hogar)

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de Escolaridad	Ocupación
		M	F	1 a 5	6 a 15	16 a 25	26 a 35	36 a más		

I. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Preg. 2, 3, 4, marcar con X una o más respuestas)

1. La vivienda es: a) Propia_____ b) Prestada_____ c) Alquilada_____

2. Las paredes son: a) Bloque_____ b) Ladrillo_____ c) Madera____ d) Otros_____

3. El piso es: a) Madera____ b) Tierra____ c) ladrillo____ d) Otros_____

4. El techo es: a) Zinc____ b) Teja____ c) Madera____ d) Palma____ e) Otros____

5. Cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres____ b) Dos____ c) No tiene_____

6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena____ b) Regular____ c) Mala_____

II. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA

7. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

a) 1 ___ b) 2 a 3 ___ c) 3 a más ___

8. ¿Cuál es el ingreso económico del mes en este hogar?

a) Menos de C\$ 1000 ___ b) C\$ 1000 – 1999 ___ c) C\$ 2000 – C\$4000 ___
d) Más de C\$ 4000 ___

9. ¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica realizado en el hogar?

a) Menos de C\$ 50 ___ b) C\$ 50 - 99 ___ c) C\$ 100 - 149 ___
d) C\$ Más de 150 ___

10. ¿En que trabajan las personas del hogar?

a) Ganadería ___ b) Agricultura ___ c) Jornalero ___ d) Otros ___

11. ¿Tienen ganado? Sí ___ No ___

12. ¿Tienen animales domésticos? Sí ___ No ___

14. Los animales domésticos están: a) Encerrados ___ b) Suetos ___

13. Los animales domésticos se abastecen de agua en:

a) El río ___ b) Quebrada ___ c) Pozo ___

III. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

14. ¿Cuentan con servicio de agua?

a) Si ___ b) No ___

c) ¿Cuánto pagan de agua al mes?

a) Menos de C\$ 20 ___ b) C\$ 20 – 49 ___ c) C\$ 50 – 99 ___ d) Más de C\$100 ___

15. ¿Quién busca o acarrea el agua?

a) La mujer ___ b) El hombre ___ c) Los niños ___ d) Otros ___

16. ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan?

a) Sólo 1 viaje ___ b) 2 a 4 viajes ___ c) 5 a más viajes ___

17. La calidad del agua que consume en el hogar, la considera:

a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____

18. ¿Qué condiciones tiene el agua que consume? (Se puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor_____ b) Tiene mal olor_____ c) Tiene mal color_____

IV. CAPACIDADES DE PAGO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

21. ¿Está de acuerdo con que se realice un proyecto de agua potable? Si_ No_

22. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de agua potable?

(a) C\$ 20 a 35_____ b) C\$ 36 a 50_____ c) C\$ 51 a más_____ d)

No estaría dispuesto a pagar _____

V. SITUACIÓN DE SALUD EN LA VIVIENDA

Enfermedades padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año

Enfermedades	Grupos de edad					Observaciones
	1-5	6 a 15	16 a 25	26 a 35	6 a más	
Diarrea						
Resfriado						
Parásitos						
Infección renal						
Infecciones dérmicas						
Otras						

34. ¿Los miembros de su familia hacen buen uso del agua? a) Si___ b) No___

35. ¿La vivienda cuenta con letrinas? Si___ b) No___

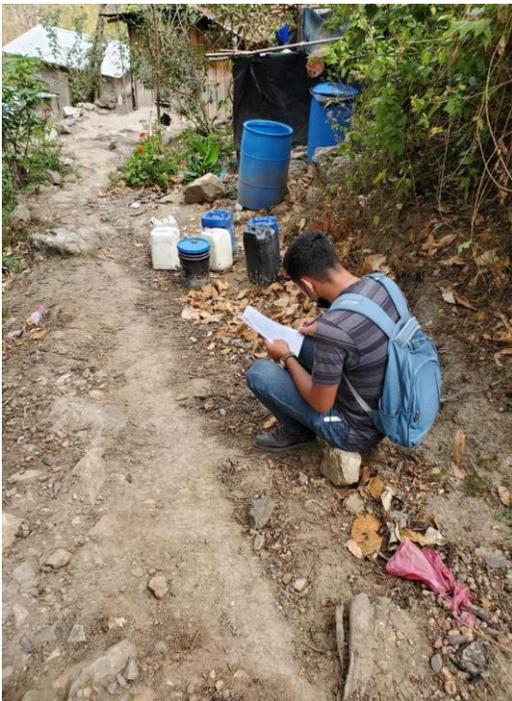
36. Resumen del estado de la letrina a) Buena ___ b) Regular_____ c) Mala ___

Fuente: (FISE, 2007)

Ilustración 13: Aplicación de encuestas en la comunidad



Ilustración 14: Aplicación de encuestas



Fuente: Elaboración propia

Levantamiento topográfico

Tabla 36: Resultados del levantamiento topográfico

PUNTOS	X (ESTE)	Y (NORTE)	Z (ELEVACIÓN)	ZONA
1	575134.913	1441703.061	1177.89 msnm	16 N
2	575137.783	1441699.632	1178.49 msnm	16 N
3	575141.141	1441701.174	1178.77 msnm	16 N
4	575138.014	1441702.221	1178.18 msnm	16 N
5	575118.039	1441729.089	1169.08 msnm	16 N
6	575106.267	1441743.400	1164.21 msnm	16 N
7	575088.751	1441764.437	1155.85 msnm	16 N
8	575081.488	1441775.094	1152.71 msnm	16 N
9	575077.601	1441777.919	1151.25 msnm	16 N
10	575063.366	1441774.718	1150.30 msnm	16 N
11	575081.334	1441767.696	1154.02 msnm	16 N
12	575064.613	1441765.088	1153.15 msnm	16 N
13	575046.208	1441769.702	1149.54 msnm	16 N
14	575048.857	1441759.718	1152.85 msnm	16 N
15	575032.907	1441767.503	1148.30 msnm	16 N
16	575017.940	1441763.417	1146.58 msnm	16 N
17	574989.743	1441756.083	1143.17 msnm	16 N
18	575007.783	1441757.873	1145.10 msnm	16 N
19	574998.633	1441761.918	1143.87 msnm	16 N
20	574994.116	1441752.004	1143.34 msnm	16 N
21	574992.931	1441751.597	1143.34 msnm	16 N
22	574993.767	1441751.386	1142.11 msnm	16 N
23	574990.250	1441756.935	1143.21 msnm	16 N
24	574991.936	1441757.596	1143.25 msnm	16 N
25	574991.072	1441757.671	1141.95 msnm	16 N
26	574980.294	1441749.173	1141.66 msnm	16 N

Tabla 37: Resultados de levantamiento topográfico

27	574961.212	1441757.843	1139.62 msnm	16 N
28	574955.728	1441746.405	1137.42 msnm	16 N
29	574927.478	1441743.343	1134.03 msnm	16 N
30	574912.026	1441738.384	1133.34 msnm	16 N
31	574932.143	1441749.731	1134.26 msnm	16 N
32	574897.594	1441732.116	1132.48 msnm	16 N
33	574928.218	1441738.505	1135.67 msnm	16 N
34	574870.749	1441727.845	1130.55 msnm	16 N
35	574870.768	1441727.851	1131.55 msnm	16 N
36	574899.961	1441739.676	1132.70 msnm	16 N
37	574911.643	1441744.643	1133.41 msnm	16 N
38	574925.936	1441743.032	1133.90 msnm	16 N
39	574919.459	1441759.661	1132.24 msnm	16 N
40	574927.600	1441755.385	1133.65 msnm	16 N
41	574934.957	1441770.543	1131.46 msnm	16 N
42	574935.541	1441777.044	1130.40 msnm	16 N
43	574939.554	1441786.900	1128.18 msnm	16 N
44	574941.896	1441789.908	1127.59 msnm	16 N
45	574934.248	1441790.014	1127.18 msnm	16 N
46	574934.990	1441803.442	1125.01 msnm	16 N
47	574936.938	1441804.811	1123.97 msnm	16 N
48	574929.821	1441821.683	1120.50 msnm	16 N
49	574939.234	1441820.409	1123.58 msnm	16 N
50	574926.318	1441820.744	1121.53 msnm	16 N
51	574926.669	1441832.726	1118.86 msnm	16 N
52	574926.047	1441828.091	1119.34 msnm	16 N
53	574914.829	1441841.866	1117.12 msnm	16 N
54	574910.813	1441833.019	1118.16 msnm	16 N

Tabla 38: Resultados de levantamiento topográfico

55	574895.331	1441833.587	1116.57 msnm	16 N
56	574919.232	1441839.958	1117.63 msnm	16 N
57	574917.692	1441852.347	1116.57 msnm	16 N
58	574916.237	1441855.393	1116.27 msnm	16 N
59	574915.270	1441863.377	1115.90 msnm	16 N
60	574917.500	1441865.752	1115.98 msnm	16 N
61	574919.944	1441881.672	1114.37 msnm	16 N
62	574919.113	1441883.652	1114.40 msnm	16 N
63	574920.717	1441902.817	1112.99 msnm	16 N
64	574929.813	1441938.583	1111.11 msnm	16 N
65	574898.998	1441737.723	1132.55 msnm	16 N
66	574899.011	1441725.778	1134.81 msnm	16 N
67	574889.676	1441749.566	1127.93 msnm	16 N
68	574884.306	1441763.084	1124.79 msnm	16 N
69	574878.051	1441773.989	1123.08 msnm	16 N
70	574878.945	1441778.666	1122.35 msnm	16 N
71	574847.368	1441723.871	1130.45 msnm	16 N
72	574799.565	1441717.114	1126.39 msnm	16 N
73	574828.318	1441719.954	1128.99 msnm	16 N
74	574826.222	1441714.411	1128.74 msnm	16 N
75	574834.136	14411698.663	1128.37 msnm	16 N
76	574799.565	14411717.114	1126.39 msnm	16 N
77	574806.706	1441703.358	1127.20 msnm	16 N
78	574787.038	1441693.522	1125.28 msnm	16 N
79	574767.827	1441680.349	1124.79 msnm	16 N
80	574761.157	1441684.934	1122.47 msnm	16 N
81	574758.945	1441683.650	1121.87 msnm	16 N
82	574757.162	1441683.373	1121.88 msnm	16 N
83	574758.126	1441683.436	1120.82 msnm	16 N

Tabla 39: Resultados de levantamiento topográfico

84	574756.093	1441689.231	1121.75 msnm	16 N
85	574757.641	1441689.553	1121.74 msnm	16 N
86	574756.985	1441689.513	1120.62 msnm	16 N
87	574739.837	1441668.662	1122.61 msnm	16 N
88	574754.079	1441667.685	1123.85 msnm	16 N
89	574737.757	1441681.684	1119.58 msnm	16 N
90	574720.582	1441679.002	1117.10 msnm	16 N
91	574710.552	1441677.263	1115.95 msnm	16 N
92	574708.389	1441669.233	1115.21 msnm	16 N
93	574707.976	1441661.445	1116.26 msnm	16 N
94	574697.493	1441654.074	1113.96 msnm	16 N
95	574672.136	1441654.244	1112.32 msnm	16 N
96	574692.825	1441647.641	1113.97 msnm	16 N
97	574691.617	1441646.109	1113.99 msnm	16 N
98	574693.009	1441646.623	1112.62 msnm	16 N
99	574687.214	1441650.070	1113.71 msnm	16 N
100	574686.197	1441648.472	1113.70 msnm	16 N
101	574686.430	1441649.478	1112.35 msnm	16 N
102	574684.103	1441636.244	1113.53 msnm	16 N
103	574656.230	1441626.622	1111.63 msnm	16 N
104	574687.591	1441617.491	1114.83 msnm	16 N
105	574666.593	1441609.114	1111.29 msnm	16 N
106	574653.683	1441589.989	1108.75 msnm	16 N
107	574634.156	1441536.565	1105.64 msnm	16 N

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Ejecución del levantamiento topográfico



Ilustración 16: Ejecución del levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Análisis de la calidad de agua de la fuente

Tabla 40: Parámetros de clasificación para fuentes de agua tipo 1-A

Parámetro	Límite o rango
	Categoría 1 A
Oxígeno disuelto (OD)	> 4.0 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, 20)	2.0 mg/l
pH	mín 6 y máx 8.5
Color real	< 5 U Pt-Co
Turbiedad	< 5UNT
Fluoruros	0.7-1.5
Hierro Total	0.3 mg/l
Mercurio Total	0.001 mg/l
Plomo Total	0.01 mg/l
Sólidos Totales disueltos	1000 mg/l
Sulfatos	250 mg/l
Zinc	3 mg/l
Cloruros	250 mg/l
Coliformes Totales	Prom. Mensual 2000 NMP/100ml

Fuente: (NTON 05-007-98, 2000)

Tabla 41: Certificado de prueba físico-química del agua



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Universidad Nacional de Ingeniería
Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

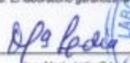
FQAN-2204-0089.01
LA-PT-06/RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Carlos Aarón Rodríguez		Café Cafetal 100 m al oeste, Estelí		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Carlos Aarón Rodríguez		Tesista	aaaronzeledon0408@gmail.com	8709-3558
DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	27/04/2022, 4:00 p.m.	Ingreso de muestra	28/04/2022	
Fuente	Pozo	Inicio de análisis	28/04/2022	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable	Finalización de análisis	09/05/2022	
Ubicación de la fuente	Llano Redondo - Estelí	Emisión del informe de resultados	09/05/2022	
Coordenadas	NR	No. Cadena de custodia	5169	
Recolectada por	Carlos Rodríguez	Código de muestra	LA-2204-0408	
Supervisor en campo	Carlos Rodríguez	Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA/IMH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE ¹
2110	Apariencia	Adim	Clara	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.18	6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	522.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.051	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	229.00	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	229.00	NE
4500-B	Nitratos	mg/L	3.83	50
4500-B	Nitritos	mg/L	<0.003	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	22.40	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	<0.006	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	10.19	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	217.76	400**
2340-C	Dureza Calcio	mg/L CaCO ₃	183.60	NE
3500-B	Calcio	mg/L	73.69	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	8.30	50
8149	Manganeso	mg/L	<0.006	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	15.35	200
3500-C	Potasio	mg/L	1.86	10
4500-C	Flúor	mg/L	0.221	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
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hech
 EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas 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 adjuntados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que puede afectar la validez de los resultados.

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



Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



Fuente: Resultados de prueba del laboratorio PIENSA-UNI

Tabla 42: Certificado de prueba microbiológica




Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

MB-2204-0097.01
LA-PT-08.0134

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELÉFONO
Carlos Aarón Rodríguez		Café Cafetal 100m al Oeste ,Estelí		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Carlos Aarón Rodríguez		Tesista	aaronzeledon0408@gmail.com	8709-3558
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	27/04/22 ;04:00 pm		Ingreso de muestra	28/04/2022
Fuente	Pozo		Inicio de análisis	28/04/2022
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	30/04/2022
Ubicación de la fuente	Llano Redondo -Estelí		Emisión del informe de resultados	10/05/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5169
Recolectada por	Carlos Rodríguez		Código de muestra	LA-2204-0406
Supervisor en campo	Carlos Rodríguez		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE ¹
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo	Negativo

Rango o valor máximo permisible o recomendado

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: si menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro. **NR**= No Reportada en la Norma. **NR**= No Reporta Métodos, Normas y/o Decreto empleados. **SM** = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017. **EPA** = Environmental Protection Agency. ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano. Norma Regional CAPRE.

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 puede 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.



Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



Fuente: Resultados de prueba del laboratorio PIENSA-UNI

Ilustración 17: Toma de muestra de agua del pozo



Ilustración 18: Muestras de agua para pruebas: bacteriológicas y físico-química



Fuente: Elaboración propia

Complementos para análisis hidráulico del sistema de agua potable

Tabla 43: Factor K según material de la tubería

Material de tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1
Concreto	5
Asbesto - Cemento	4.4

Fuente: (Cualla, 1995)

Tabla 44: Catálogo de tuberías HG cédula 40

Tubería H-G Céd. 40												
Tamaño nominal de tubería	Diámetro medio exterior		Espesor mínimo de pared		Diámetro medio interior			Presión de ruptura		Peso apróx P/tubo	Flujo de área	
plg	plg	mm	plg	mm	plg	pie	mm	Kg/cm ²	lb/plg ²	Kg/mt	pie ²	m ²
1/8	0.405	10.30	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.80				0.000394	3.660E-05
1/4	0.540	13.70	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.20				0.000723	6.717E-05
3/8	0.675	17.10	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.50				0.00133	1.236E-04
1/2	0.840	21.30	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.80	49	700	1.27	0.00211	1.960E-04
3/4	1.050	26.70	0.103	2.87	0.824	0.0687	20.90	49	700	1.66	0.003700	3.437E-04
1	1.315	33.40	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.60	49	700	2.50	0.006000	5.574E-04
1 1/4	1.660	42.20	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.10	91	1300	3.38	0.010390	9.653E-04
1 1/2	1.900	48.30	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.90	91	1300	4.05	0.014140	1.314E-03
2	2.375	60.30	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.50	176	2500	5.44	0.23330	2.168E-03
2 1/2	2.875	73.00	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.70	176	2500	8.62	0.033260	3.090E-03
3	3.500	88.90	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.90	176	2500	11.29	0.051320	4.768E-03
3 1/2	4.000	101.60	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.10				0.068680	6.381E-03
4	4.500	114.30	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.30	155	2210	16.07	0.088400	8.213E-03
5	5.563	141.30	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.20	137	1950	21.78	0.01390	1.291E-02
6	6.625	168.30	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.10	125	1780	28.26	0.20060	1.864E-02
8	8.625	219.10	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.70	110	1570	42.53	0.34720	3.226E-02
10	10.750	273.10	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.50	101	1430	60.29	0.54790	5.090E-02
12	12.750	323.90	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.20	94	1340	79.65	0.77710	7.219E-02
14	14.000	355.60	0.437	11.1	13.126	1.0940	333.40	92	1310	94.55	0.93960	8.729E-02
16	16.000	406.40	0.500	12.7	15.0000	1.2500	381.00				1.2270	1.140E-01
18	18.000	457.20	0.562	14.27	16.876	1.4060	428.70				1.5530	1.443E-01
20	20.000	505.00	0.593	15.06	18.814	1.5680	477.90				1.9310	1.794E-01
24	24.000	609.60	0.687	17.45	22.626	1.8860	574.70				2.7920	2.594E-01

Fuente: (Mott, 2006, pág. 601)

Tabla 45: Catálogo de tuberías HG cédula 80

Tubería H-G Céd. 80												
Tamaño nominal de tubería	Diámetro exterior		Espesor de pared		Presión de ruptura		Diámetro interior			Flujo de área		
	plg	plg	mm	plg	mm	Kg/cm ²	lb/plg ²	plg	pie	mm	pie ²	m ²
1/8	0.405	10.3	0.095	2.41				0.215	0.01792	5.5	0.000253	2.35E-05
1/4	0.540	13.7	0.119	3.02				0.302	0.02517	7.7	0.000497	4.62E-05
3/8	0.675	17.1	0.126	3.20				0.423	0.03525	10.7	0.000976	9.07E-05
1/2	0.840	21.3	0.147	3.73	60	850		0.546	0.04550	13.9	0.001625	1.51E-04
3/4	1.050	26.7	0.154	3.91	60	850		0.742	0.06183	18.8	0.00300	7.80E-03
1	1.315	33.4	0.179	4.55	60	850		0.957	0.07975	24.3	0.00499	4.64E-04
1 1/4	1.660	42.2	0.191	4.85	134	1900		1.278	0.1065	32.5	0.00891	8.28E-04
1 1/2	1.900	48.3	0.200	5.08	134	1900		1.500	0.1250	38.1	0.01227	1.14E-03
2	2.375	60.3	0.218	5.54	176	2500		1.939	0.1616	49.3	0.02051	1.91E-03
2 1/2	2.875	73.0	0.276	7.01	176	2500		2.323	0.1936	59	0.02944	2.74E-03
3	3.500	88.9	0.300	7.62	176	2500		2.900	0.2417	73.7	0.04590	4.26E-03
3 1/2	4.000	101.6	0.318	8.08				3.364	0.2803	85.4	0.06174	5.74E-03
4	4.500	114.3	0.337	8.56	197	2800		3.826	0.3188	92.7	0.07986	7.42E-03
5	5.563	141.3	0.375	9.53				4.813	0.4011	122.3	0.1263	1.17E-02
6	6.625	168.3	0.432	10.97	193	2740		5.761	0.4801	146.3	0.1810	1.68E-02
8	8.625	219.1	0.500	12.70				7.625	0.6354	193.7	0.3174	2.95E-02
10	10.750	273.1	0.593	15.06				9.564	0.7970	242.9	0.4986	4.63E-02
12	12.750	323.9	0.687	17.45				11.376	0.9480	289	0.7056	6.56E-02
14	14.000	355.06	0.750	19.05				12.500	1.042	317.5	0.8521	7.92E-02
16	16.000	406.4	0.842	21.39				14.314	1.193	363.6	1.117	0.1038
18	18.000	457.2	0.937	23.80				16.126	1.344	409.6	1.418	0.1317
20	20.000	508.0	1.031	26.19				17.938	1.495	455.6	1.755	0.1630
24	24.000	609.6	1.218	30.94				21.564	1.797	547.7	2.535	0.2344

Fuente: (Mott, 2006, pág. 602)

Tabla 46: Catálogo de tuberías PVC SDR-26

Tubería PVC SDR-26														
Diámetro Nominal		SDR	Presión de trabajo		Largo	Diámetro medio exterior		Espesor mínimo de pared		Diámetro medio interior		Presión de ruptura		Peso apróx P/tubo
mm	plg		lbs/plg ²	Kg/cm ²	m	mm	plg	mm	plg	mm	plg	lbs/plg ²	Kg/cm ²	Kg/mt
25	1	26	160	11.20	6	33.40	1.315	1.52	0.060	30.36	1.195	35.20	500	1.370
31	1 1/4	26	160	11.20	6	42.16	1.660	1.62	0.064	38.92	1.532	35.20	500	1.872
38	1 1/2	26	160	11.20	6	48.26	1.900	1.85	0.073	44.56	1.754	35.20	500	2.429
50	2	26	160	11.20	6	60.33	2.375	2.31	0.091	55.71	2.193	35.20	500	3.796
62	2 1/2	26	160	11.20	6	73.03	2.875	2.79	0.110	67.45	2.655	35.20	500	5.552
75	3	26	160	11.20	6	88.90	3.500	3.43	0.135	82.04	3.230	35.20	500	8.307
100	4	26	160	11.20	6	114.30	4.500	4.39	0.173	105.52	4.154	35.20	500	13.647
150	6	26	160	11.20	6	168.28	6.625	6.48	0.255	155.32	6.115	35.20	500	29.681
200	8	26	160	11.20	6	219.08	8.625	8.43	0.332	202.22	7.961	35.20	500	50.285
250	10	26	160	11.20	6	273.05	10.750	10.49	0.413	252.07	9.924	35.20	500	77.962
300	12	26	160	11.20	6	323.85	12.750	12.45	0.490	298.95	11.770	35.20	500	109.758
385	15	26	160	11.20	6	388.62	15.300	14.95	0.588	385.75	14.124	35.20	500	157.960

Fuente: ASTM-2241

Tabla 47: Longitud equivalente de diversos accesorios

Longitud equivalente de diámetro de tubería	
Elemento	Le/D
Válvula de globo - abierta por completo	340.0
Válvula de ángulo - abierta por completo	150.0
Válvula de compuerta - abierta por completo	8.0
Válvula de compuerta - 3/4 abierta	35.0
Válvula de compuerta - 1/2 abierta	160.0
Válvula de compuerta - 1/4 abierta	900.0
Válvula de verificación - tipo giratorio	100.0
Válvula de verificación - tipo bola	150.0
Válvula de mariposa - abierta por completo 2 a 8 plg	45.0
Válvula de mariposa - abierta por completo 10 a 14 plg	35.0
Válvula de mariposa - abierta por completo 16 a 24 plg	25.0
Válvula de pie - tipo disco de vástago	420.0
Válvula de pie - tipo visagra	75.0
Codo estándar a 90	30.0
Codo a 90 de radio largo	20.0
Codo rosca a 90	50.0
Codo estándar a 45	16.0
Codo roscado a 45	26.0
Vuelta cerrada en retomo	50.0
Tee estándar - con flujo directo	20.0
Tee estándar - con flujo en remal	60.0

Fuente: (Mott, 2006, pág. 297)

Tabla 48: Pérdidas de energía de accesorios de tubería

Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (En metros e tubería recta)																
Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	75	100	125	150	200	250	300	350
	plg	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90																
Radio largo		0.30	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.60	2.10	2.70	3.40	4.30	5.50	6.10	7.30
Radio medio		0.40	0.60	0.70	0.90	1.10	1.40	1.70	2.10	2.80	3.70	4.30	5.50	6.70	7.90	9.50
Radio corto		0.50	0.70	0.80	1.10	1.30	1.70	2.00	2.50	3.40	4.50	4.90	6.40	7.90	9.50	10.50
Codo 45																
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3.0	3.8	4.6	5.3
Curva 90																
R/D : 1 1/2		0.20	0.30	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.30	1.60	1.90	2.40	3.00	3.60	4.40
R/D : 1		0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.90	1.00	1.30	1.60	2.10	2.50	3.30	4.10	4.80	5.40
Curva 45																
		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	1.2	2.5
Entrada																
Normal		0.20	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.60	2.00	2.50	3.50	4.50	5.50	6.20
De borda		0.40	0.50	0.70	0.90	1.00	1.50	1.90	2.20	3.20	4.00	5.00	6.00	7.50	9.00	11.00
Válvula																
Compuerta		0.10	0.10	0.20	0.20	0.30	0.40	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.40	1.70	2.10	2.40
Globo		4.90	6.70	8.20	11.30	13.40	17.40	21.00	26.00	34.00	45.30	51.00	6.70	85.00	102.00	120.00
Ángulo		2.60	3.60	4.60	5.60	6.70	8.50	10.00	13.00	17.00	21.00	26.00	34.00	43.00	51.00	60.00
De pie		3.60	5.60	7.30	10.00	11.60	14.00	17.00	20.00	23.00	31.00	39.00	52.00	65.00	78.00	90.00
Retención																
T. liviano		1.10	1.60	2.10	2.70	3.20	4.20	5.20	6.30	6.40	10.40	12.50	16.00	20.00	24.00	38.00
T. pesado		1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	6.40	8.10	9.70	12.90	16.10	19.30	25.00	32.00	38.00	45.00
Tee de paso																
Directo		0.30	0.40	5.00	0.70	0.90	1.10	1.30	1.60	2.10	2.70	3.40	4.30	5.50	6.10	7.30
Lateral		1.00	1.40	1.70	2.30	2.80	3.50	4.30	5.20	6.70	8.40	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Tee salida																
Bilateral		1.00	1.40	1.70	2.30	2.80	3.50	4.30	5.20	6.70	8.40	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00
Salida de tubería																
Tubea		0.40	0.50	0.70	0.90	1.00	1.50	1.90	2.20	3.20	4.00	5.00	6.00	7.50	9.00	11.00

Fuente: (Cualla, 1995)

Tabla 49: Tarifas de energía eléctrica



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR
TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE JULIO DE 2022
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR
BAJA TENSION (120,240 y 480 V)**

TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR		
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)	
BOMBEO COMUNITARIO	Para extracción y bombeo de agua potable para suministro público.	TB-6	TARIFA MONOMIA Todos los kWh	6.4208		
		TB-6A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh	4.7138		
			kW de Demanda Máxima		547.6373	
		TB-6B	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	6.1650		
			Invierno Punta	5.9646		
Verano Fuera de Punta	4.5620					
	Invierno Fuera de Punta	4.4924				
	Verano Punta			1,036.6563		
	Invierno Punta			647.4839		
	Verano Fuera de Punta			0.0000		
	Invierno Fuera de Punta			0.0000		

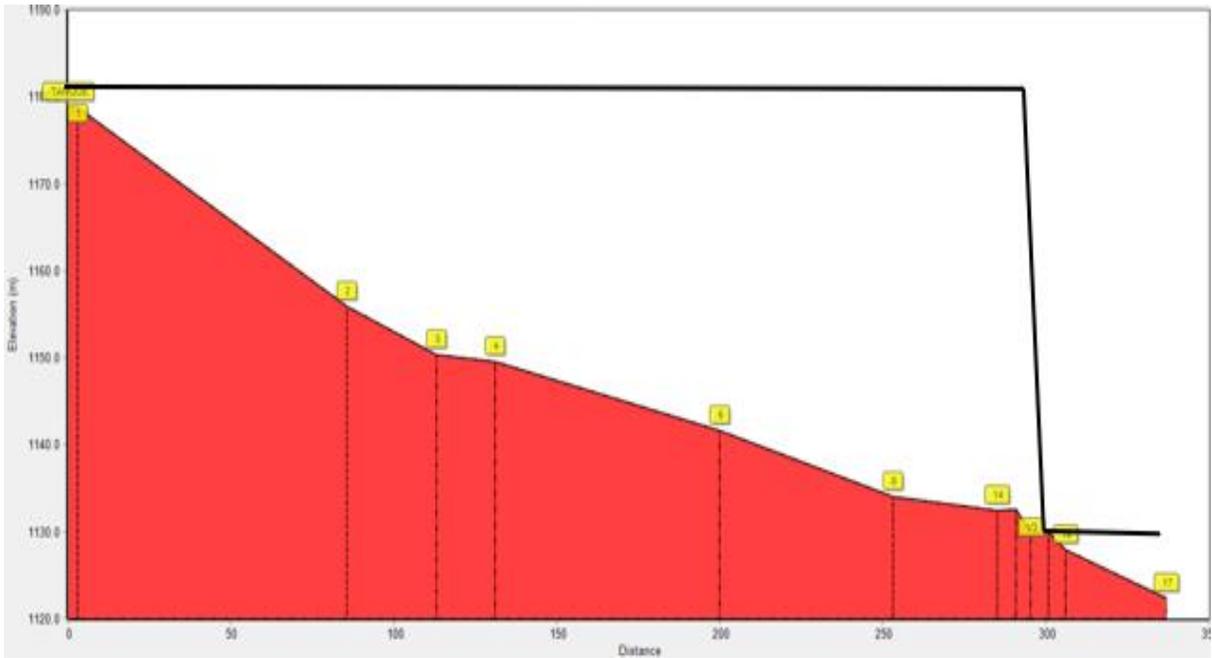
Fuente: (INE, 2022)

Tabla 50: Agentes patógenos transmitidos por el agua y su importancia en los sistemas de abastecimientos

Agente patógeno	Importancia para la salud	Persistencia en los sistemas de abastecimiento de agua ^a	Resistencia al cloro ^b	Infectividad relativa ^c	Fuente animal importante
Bacterias					
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Baja	Puede	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	Alta	proliferar	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> patógena ^d	Alta	Moderada	Baja	Baja	Sí
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Legionella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
Micobacterias no tuberculosas	Baja	Prolifera	Alta	Baja	No
<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	Moderada	Prolifera	Moderada	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Puede	Baja	Baja	No
Otras salmonelas	Alta	proliferar	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i> spp.	Alta	Moderada	Baja	Moderada	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Puede	Baja	Baja	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	proliferar	Baja	Baja	Sí
		Corta			
		Corta			

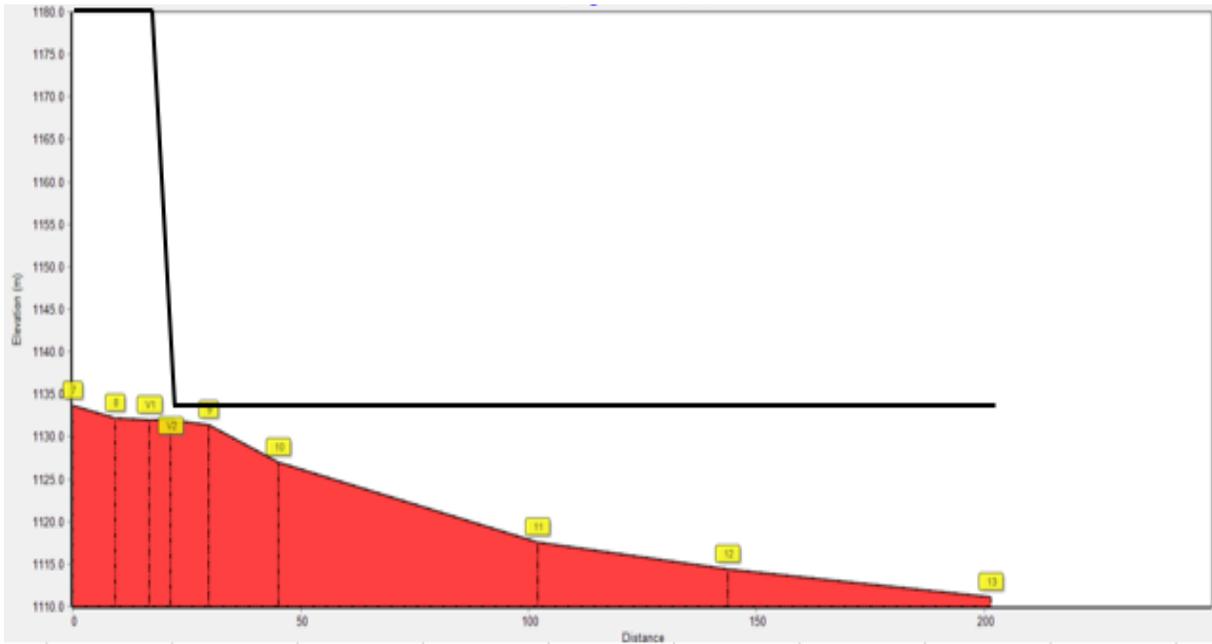
Fuente: (OMS, 2006)

Ilustración 19: Línea Piezométrica tramo 1



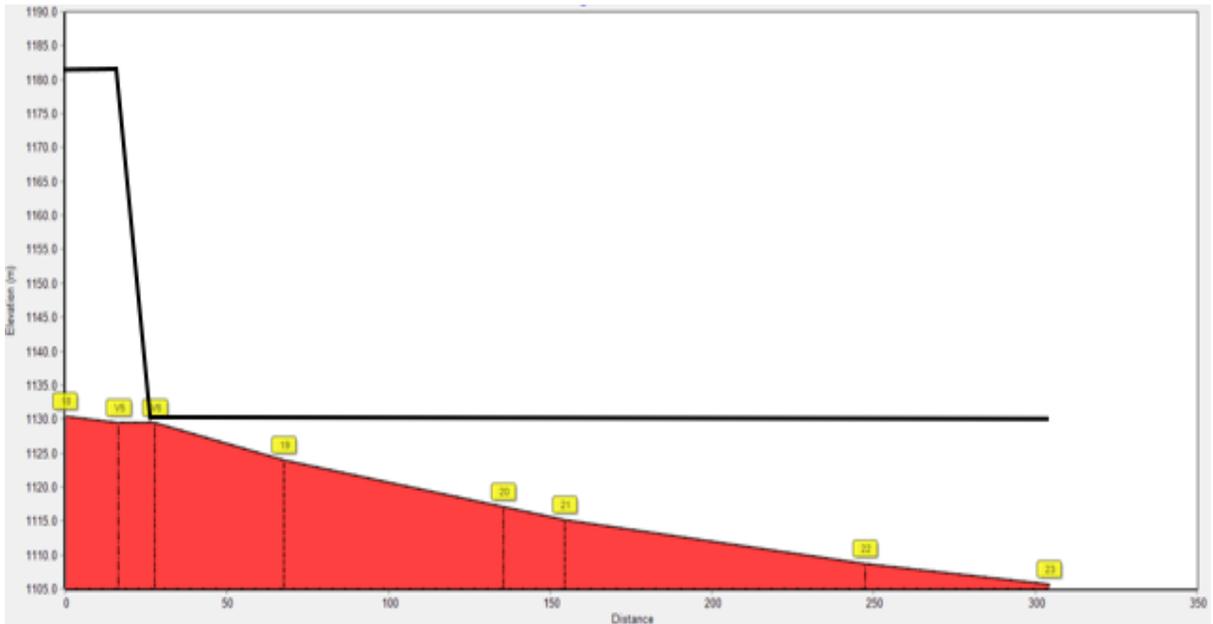
Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

Ilustración 20: Línea Piezométrica tramo 2



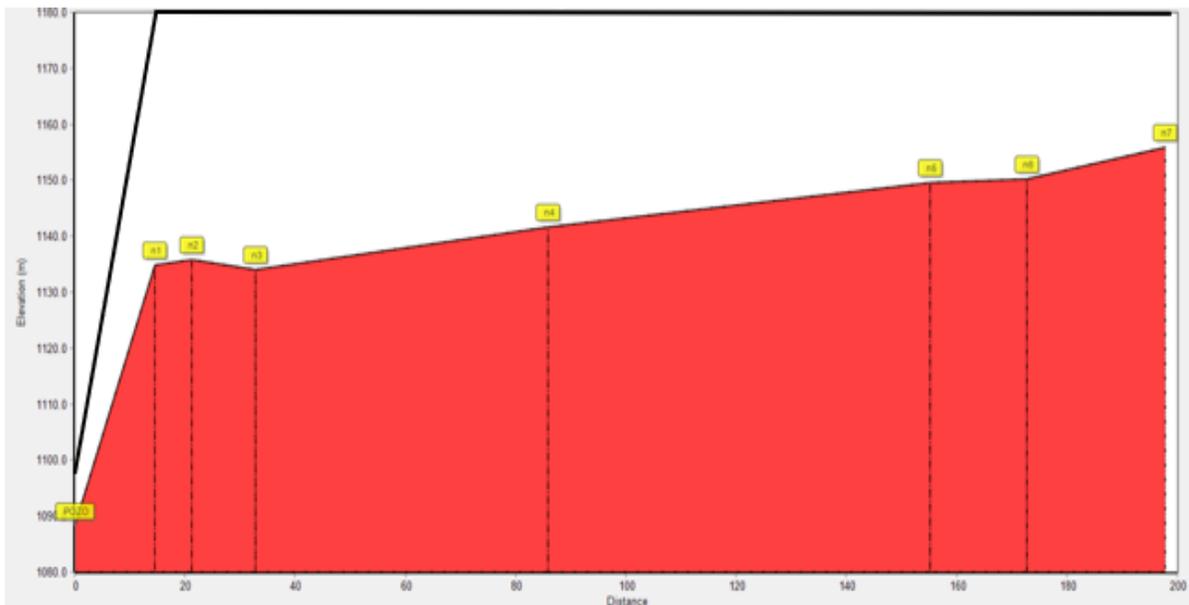
Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

Ilustración 21: Línea Piezométrica tramo 3



Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de EPANET 2.2

Ilustración 22: Línea Piezométrica en tramo de conducción



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 51: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 1

TRAMO #1		TRAMO #1	
Nodos (hr 1)	Presión (m)	Tuberías (tramos)	Velocidades
TANQUE	0.5	TU1'	0.71
Junc 1	5	TU1	0.68
Junc 2	22.37	TU2	0.63
Junc 3	27.63	TU3	0.61
Junc 4	28.23	TU4	0.58
Junc 5	35.49	TU5	0.53
Junc 6	42.72	TU13	0.33
Junc 14	44.17	TU15	0.03
Junc 15	44.1	TU15'	0.03
Junc V3	46.65	TU16	0.01
Junc V4	5		
Junc 16	7.07		
Junc 17	12.65		

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 52: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 2

TRAMO #2		TRAMO #2	
Nodos (hr 1)	Presión (m)	Tuberías (tramos)	Velocidades
Junc 7	43.09	TU6	0.16
Junc 8	44.49	TU7	0.16
Junc V1	44.73	TU8	0.14
Junc V2	5	TU8'	0.14
Junc 9	5.53	TU9	0.13
Junc 10	9.98	TU10	0.1
Junc 11	19.33	TU11	0.06
Junc 12	22.59	TU12	0.02
Junc 13	25.85		

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 53: Presiones y velocidades de línea piezométrica tramo 3

TRAMO #3		TRAMO #3	
Nodos (hr 1)	Presión (m)	Tuberías (tramos)	Velocidades
Junc 18	46.12	TU17	0.26
Junc V5	47.02	TU18	0.21
Junc V6	5	TU18'	0.21
Junc 19	10.48	TU19	0.13
Junc 20	17.31	TU20	0.13
Junc 21	19.19	TU21	0.08
Junc 22	25.63	TU22	0.02
Junc 23	28.73		

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2

Tabla 54: Presiones y velocidades en tramo de conducción

TRAMO CONDUCCION		
Nodos (hr 1)	Presión (m)	Velocidades
Resvr POZO	0	
Junc n1	47.99	0.46
Junc n2	47.92	0.46
Junc n3	48.31	0.46
Junc n4	40	0.46
Junc n5	31.29	0.46
Junc n6	30.31	0.46
Junc n7	24.43	0.46

Fuente: 1 Elaboración propia con datos obtenidos de EPANET 2.2