



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE UN MINI-ACUEDUCTO POR GRAVEDAD (MAG) Y
SANEAMIENTO PARA LAS COMUNIDADES LAS LAJAS Y EL GUÁSIMO,
MUNICIPIO DE PUEBLO NUEVO, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Hermógenes Yamil Zelaya Zamora

Br. Eliar René Valenzuela Centeno

Tutor

Ing. Noé Salatiel Hernández

Managua, octubre 2019

DEDICATORIA

Dedicamos esta Tesis especialmente a Dios sobre todas las cosas por habernos dado la fortaleza, constancia, perseverancia y optimismo en culminar esta etapa de preparación profesional.

A nuestros padres por el amor que nos brindan, por preocuparse por nosotros y que nunca nos dejaron solos durante todos estos días de trabajo.

A nuestros abuelos por brindarnos ese apoyo incondicional y moral que de una manera u otra nos motivaron para seguir siempre adelante con nuestros propósitos y no quedarnos en el camino.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por guiar y permitir nuestros pasos hacia nuestra meta, convertirnos en profesionales, gracias por darnos durante todos estos años, fortaleza, motivación, empeño, sabiduría, entendimiento, por no dejar que nada nos apartara de nuestro objetivo y gracias la seguridad de que todo el esfuerzo que hemos realizado valga la pena y que siempre seguirá guiándonos y acompañándonos en nuevos retos.

A Nuestros Padres y Madres, por brindarnos educación y forjar en nosotros el deseo de convertirnos en profesionales, por cimentar valores de vida y deseos de superación, por darnos el apoyo económico y moral para culminar con gran éxito esta etapa de nuestras vidas.

Nuestros más sinceros agradecimientos a todos aquellos, que no hemos mencionado, pero que de una forma u otra contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

CONTENIDO

Capítulo I: Generalidades	9
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
Capítulo II: Marco teórico.....	8
2.1 Fuente de abastecimiento	9
2.1.1 Calidad de agua.....	10
2.2 Estudio socioeconómico.....	11
2.3 Estudio topográfico.....	11
2.3.1 Generalidades.....	11
2.3.2. Criterios de un levantamiento topográfico para proyectos de agua potable	12
2.4 Estudio de demanda poblacional.....	12
2.4.1 Proyección de la población	12
2.4.2 Dotación a servir	13
2.5 Diseño hidráulico de los componentes del sistema.....	14
2.5.1 Descripción de los componentes del sistema	14
2.5.2 Diseño hidráulico.....	15
2.6 Formulación de presupuesto	15
Capítulo III: Diseño metodológico.....	17
3.1 Fuente de abastecimiento	18
3.2 Evaluación socioeconómica	19
3.3 Estudio topográfico.....	20
3.4 Consumos	22
3.4.1 Proyección poblacional	22
3.4.2 Caudal de diseño	24
3.5 Diseño hidráulico.....	24

3.5.1 Obra de captación.....	24
3.5.2 Línea de conducción	25
3.5.3 Tanque de almacenamiento.....	27
3.5.4 Red de distribución	30
3.5.5 Tratamiento	31
3.6 Formulación de presupuesto.....	32
3.7 Propuesta de saneamiento.....	33
Capítulo IV: Resultados	34
4.1 Fuente de abastecimiento	35
4.1.1 Análisis de Calidad de agua.....	36
4.2 Evaluación socioeconómica	37
4.3 Estudio Topográfico	53
4.4 Consumos	54
4.4.1 Proyección Poblacional.....	54
4.4.2 Caudal de diseño	58
4.5 Diseño Hidráulico	60
4.5.1 Obra de captación.....	60
4.5.2 Línea de conducción	62
4.5.3 Tanque de almacenamiento.....	67
4.5.4 Red de distribución	70
4.5.5 Tratamiento	72
4.6 Formulación de presupuesto.....	73
4.7 Propuesta de saneamiento.....	77
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
Bibliografía	81
Anexos.....	83
Anexo A: Fuente de abastecimiento.....	84
Anexo B: Evaluación Socioeconómica	91
Anexo C: Diseño hidráulico	95
Anexo D: Presupuesto	101
Anexo E: Planos de diseño de abastecimiento de agua potable.....	102

Índice de Tablas

Tabla 1: Porcentaje de viviendas a encuestar en dependencia de la cantidad de casas	20
Tabla 2: Parámetros de diseño.....	22
Tabla 3: Valores de K constante de la capacidad de almacenamiento	28
Tabla 4: Nivel académico de los pobladores	39
Tabla 5: Nivel de empleo en la población	42
Tabla 6: Sistema de abastecimiento actual	47
Tabla 7: Información censal.....	54
Tabla 8: Tasa de crecimiento en los distintos periodos intercensales para la población municipal, departamental y nacional	55
tabla 9: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el departamento.....	55
Tabla 10: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el país.....	56
Tabla 11: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el municipio	56
Tabla 12: Resultados de consumo	58
Tabla 13: Dimensiones y características de tuberías H.G	64
Tabla 14: Coeficiente de K de las tuberías según el material.....	65
Tabla 15: Dimensiones propuestas en tanque de almacenamiento	68
Tabla 16: Dosificaciones para clorador	72
Tabla 17: Estimación de costos de operación y mantenimiento	75
Tabla 18: Definiciones de tarifas de pago.....	76
Tabla 19: Resultados de aforo - Fuente El Moro	84
Tabla 20: Resultados de aforo - Fuente Las Pilas.....	85
Tabla 21: Formato de censo socioeconómico	91
Tabla 22: Estimación de demandas por nodos.....	96
Tabla 23: Presiones calculadas en el sistema.....	99
Tabla 24: Velocidades y diámetros calculados en la red.....	100
Tabla 25: Estimación de costos del proyecto	101

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1: Mapa de macro localización de las comunidades Las Lajas- El Guásimo	5
Ilustración 2: Micro localización del área de estudio.....	6
Ilustración 3 : Personas que habitan en la vivienda.....	37
Ilustración 4: Rango de edades (Años)	38
Ilustración 5: Uso de la vivienda	40
Ilustración 6: Paredes de la vivienda	40
Ilustración 7: Piso de la vivienda	41
Ilustración 8: Techo de la vivienda	41
Ilustración 9: Estado de la vivienda	42
Ilustración 10: Ocupación de los miembros de la familia	43
Ilustración 11: Ingresos económicos del mes	44
Ilustración 12: Estado de las letrinas	45
Ilustración 13: Tratamiento de aguas residuales	45
Ilustración 14: Formación de charcas.....	46
Ilustración 15: Como se eliminan las charcas.....	46
Ilustración 16: Disposición de pago por servicio de agua	48
Ilustración 17: Disposición de aporte para mejorar el sistema de agua.....	48
Ilustración 18:Cantidad dispuesta a aportar	49
Ilustración 19: Disposición de pago por m ³ de agua consumido	49
Ilustración 20: Forma en que se elimina la basura	50
Ilustración 21: Enfermedades causadas por el agua consumida.....	51
Ilustración 22: Enfermedades más comunes en el hogar	51
Ilustración 23: Manera en que se tratan las enfermedades comunes	52
Ilustración 24: Aplicación de las distintas tasas de crecimiento.....	57
Ilustración 25: Crecimiento Poblacional.....	58
Ilustración 26: Esquema de obra de captación.....	61
Ilustración 27: Esquema de Tanque	68
Ilustración 28: Esquema de letrina ventilada semi elevada	77
Ilustración 29: Resultado prueba calidad de agua- Fuente El Moro	86
Ilustración 30: Resultado prueba calidad de agua- Fuente Las Pilas	88
Ilustración 31: Foto tomada en realización de aforo	90
Ilustración 32: Fotos tomadas en campo durante realización de censos	94
Ilustración 33: Dimensiones y características de tuberías.....	95
Ilustración 34: Modelación de red en software EPANET-presiones	97
Ilustración 35: Modelación de red en software EPANET-velocidades	98

Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

El abastecimiento de agua potable está considerado como uno de los principales indicadores de salud preventiva para la población y como uno de los factores que contribuyen al desarrollo de las comunidades.

En este documento se presenta toda la información necesaria para realizar una propuesta de solución a la problemática en que se encuentran las comunidades Las Lajas y El Guásimo pertenecientes al municipio de Pueblo Nuevo departamento de Estelí. En él se plantean y analizan las características técnicas y económicas de las diferentes alternativas de solución tomando en consideración; capacidad de las fuentes de abastecimientos disponibles, el tratamiento para la calidad de agua, capacidad de regulación y de distribución, para llegar a definir una solución técnico-económica más conveniente.

Los parámetros de diseños en el sistema de abastecimiento de agua potable y todas las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas para una calidad óptima de agua destinado para el consumo humano, están basados en las "**Normas Técnicas Obligatoria Nicaragüense (NTON 09 003-99)**" establecidos por el **Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)**.

1.2 Antecedentes

Las comunidades Las lajas y El Guásimo son comunidades vecinas que tienen un total 324 habitantes y están situadas a 5km al sur de la cabecera municipal de Pueblo Nuevo. Antiguamente estas comarcas pertenecieron al valle de la santísima trinidad del pliego según un manuscrito español desprendido entre los años 1804-1830. Cabe mencionar que en el año 1751 la población de pueblo nuevo se componía exclusivamente de ladinos, según afirma el obispo fray Agustín Morel de Santa Cruz.

Las comunidades del municipio de Pueblo Nuevo se han caracterizado por la producción agrícola, en la cual se ha basado su crecimiento territorial.

En cuanto a servicios de agua potable, las comunidades solo cuentan con dos puestos públicos que se abastecen de un manantial, el cual suministra a 41 y 36 familias respectivamente, Además de estos existen 8 pozos privados, 2 dentro de la comunidad el Guásimo y 6 en la comunidad las lajas.

Considerando la limitación de agua potable en las comunidades, el gobierno central propuso construir un MABE (Mini acueducto por bombeo eléctrico) con la perforación de un pozo, no obstante, las aguas presentaron alto contenido de arsénico (16 ppm) por lo que el proyecto se canceló, como resultado de tal esfuerzo se construyeron 70 letrinas elevadas, actualmente todas se encuentran llenas o en desuso, y es notorio la presencia de malos olores y moscas en algunas viviendas. Según el mapa de pobreza, Pueblo Nuevo se ubica en un nivel de pobreza alta, en la categoría "G".

Por otro lado, es importante mencionar un poco sobre la existencia de los mini acueductos por gravedad (MAG) en el país, que a lo largo de la historia según (SIASAR, 2019) hay un total de 1654 de los cuales 1269 se encuentran en la región central y 133 en el departamento de Estelí.

1.3 Justificación

Las comarcas Las Lajas y el Guásimo cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable deficiente que proporciona únicamente una dotación de 40 litros por familia que son aproximadamente 2 baldes de agua que en la mayoría de los casos el transporte de estos es complicado debido a las largas distancias que tienen que ser recorridas particularmente por niños y madres de familia, siendo estos los más afectados, cabe mencionar esta agua transportada es destinada principalmente para el consumo diario, sin poder realizar muchas labores cotidianas en el hogar, además en la región las aguas subterráneas no son aptas para el consumo humano debido al alto contenido de arsénico (46ppm).

Por lo antes expuesto se propone diseñar un sistema de agua potable basado en un MAG (Mini acueducto por gravedad) Aprovechando las fuentes superficiales disponibles para la comunidad de tal forma que estas puedan satisfacer la demanda de agua potable para la población actual y futura de los próximos 20 años.

La Construcción del MAG proveerá una dotación basada en la norma NTON 09 001-99 (Diseño de abastecimiento de agua potable en medio rural), proveerá agua en cantidad, calidad, evitando ciertas enfermedades producidas por la falta de un tratamiento previo, además se reducirá el trabajo infantil. Por otro lado, la elaboración de esta propuesta será de gran utilidad para los organismos interesados en realizar una inversión, ya que existiría una iniciativa que surge de una necesidad tan importante como es el vital líquido.

1.4 Objetivos

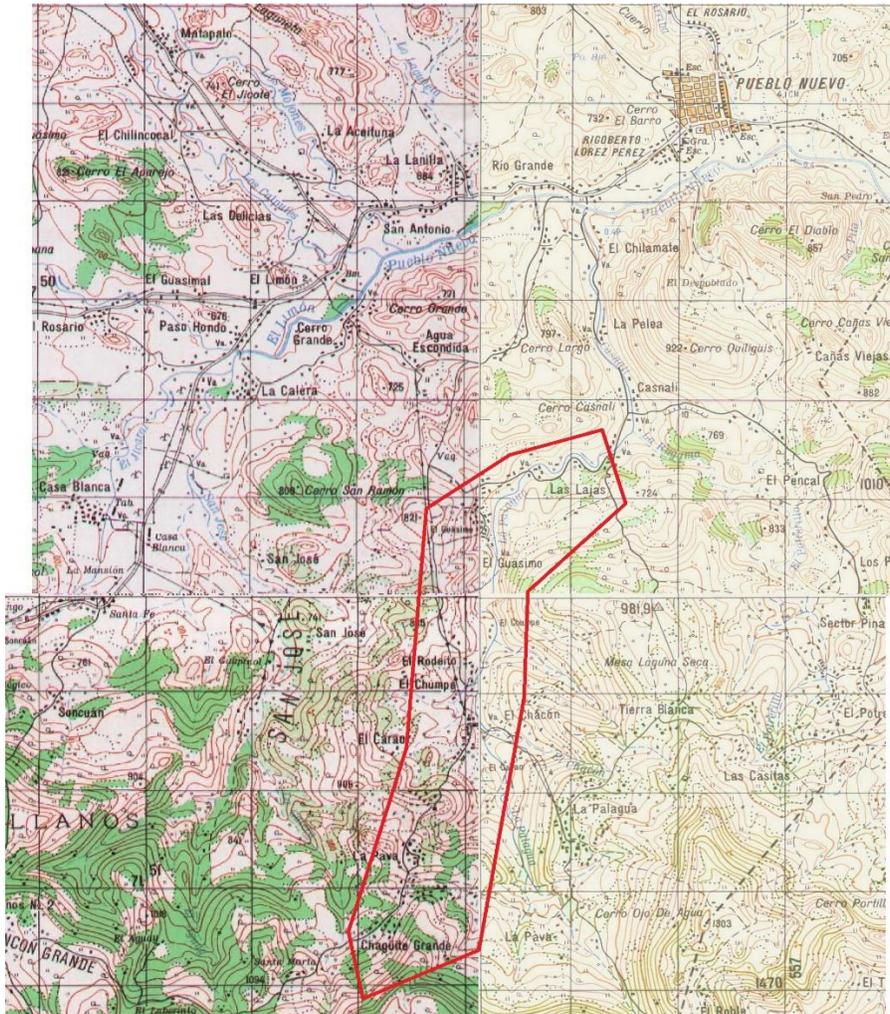
1.4.1 Objetivo general

1. Diseñar un mini-acueducto por gravedad (MAG) y saneamiento para las comunidades Las Lajas y El Guásimo, Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar las fuentes de abastecimiento disponibles tanto en cantidad, calidad y continuidad en la zona, mediante los estudios necesarios.
2. Hacer un análisis socioeconómico en las comunidades Las Lajas y El Guásimo, Municipio de Pueblo Nuevo.
3. Realizar un estudio topográfico general planimétrico y altimétrico en las comunidades Las Lajas – El Guásimo, Municipio de Pueblo Nuevo.
4. Dimensionar hidráulicamente todos los componentes del mini acueducto por gravedad.
5. Estimar los costos del sistema de agua potable y saneamiento de la comunidad beneficiada.
6. Proponer un sistema de saneamiento para la comunidad beneficiada.

Ilustración 2: Micro localización del área de estudio



Fuente: INETER- Dirección general de geodesia y cartografía

Según (Alcaldía de Pueblo Nuevo , 2017) el Municipio de Pueblo Nuevo, se localiza al noroeste del Departamento de Estelí, en las siguientes coordenadas: latitud Norte $13^{\circ}22'00''$, longitud oeste $86^{\circ}29'00''$ a una altura de 606.26 msnm. Su topografía es muy irregular, con pendientes bien pronunciadas, la parte más baja del municipio se inicia en el caserío El Mojón a 550 msnm y su parte más alta se localiza en el cerro El Aguacal con 1,735.8 msnm. El casco urbano se encuentra a 600 metros sobre el nivel del mar.

La estructura de los suelos es inestable por la formación geológica por aluviones, incrementando el riesgo por prácticas inadecuadas y deforestación de las áreas, estos se caracterizan por ser suelos que van de profundos a moderadamente y superficiales (40 a >150 cm), sobre un estrato altamente meteorizado, de colores pardos a rojizos con subsuelos arcillosos que se derivan de depósitos volcánicos sedimentarios y flujos de lava del terciario, siendo ricos en minerales básicos, localmente minerales ácidos. El uso de suelos del municipio se caracteriza por la producción de granos básicos, hortalizas para autoconsumo y café para el comercio; sin embargo, la mayor parte del área del municipio presenta pendientes pronunciadas que hacen los suelos susceptibles a la erosión.

En la actualidad no existe un estudio hidrogeológico en el municipio, el 92% del territorio de Pueblo Nuevo, es parte de la subcuenca que alimenta al río de Pueblo Nuevo, que a la vez es un ramal del río Estelí. Las partes bajas o desplayadas del río son explotadas para el cultivo agrícola, área que se ha reducido debido al avance de suelos aluviales; producto del Huracán Mitch y de otros fenómenos que han tocado el territorio nacional y específicamente el municipio de Pueblo Nuevo.

Sin embargo, el municipio tiene una amplia trayectoria de ríos permanentes (45.25km), ríos estacionales (149.25km); reflejando una densidad de drenaje alto, lo que permite que se generen inundaciones en las partes bajas de las cuencas y el desbordamiento del Río de Pueblo Nuevo en un tiempo corto.

Capítulo II: Marco teórico

A continuación, se describe la base teórica y criterios de diseño necesarios para la formulación de proyectos de agua potable en zona rural, basados en la norma nacional.

2.1 Fuente de abastecimiento

De acuerdo al (INAA, 1999) se presentan definiciones y criterios técnicos relacionadas con las fuentes de abastecimiento de agua, como parte importante para el diseño de un sistema de agua potable.

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales.

- 1) Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.
- 2) Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

Algunas fuentes que se consideran para su aprovechamiento son las captaciones de agua en manantial, estos son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea, generalmente este tipo de fuentes, sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona.

Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes:

- a) El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.
- b) El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

Estas consideraciones son válidas para sistemas tipo MAG Y MABE.

Además, existen distintos métodos de captación de agua como son los Pozos Excavado a Mano (PEM). Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para

el suministro de agua para el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a) Todo PEM deberá ser sometido a una prueba de rendimiento.
- b) Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentre como mínimo 2 mts por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del periodo de seco de la zona.

En el caso de que sistemas como PEM Y MAG no se puedan aplicar se puede optar otro método de captación como es el Pozo Perforado (PP) que corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, por lo cual se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a) El caudal máximo de explotación será obtenido mediante una prueba de bombeo, siguiendo las consideraciones en el inciso “a” del apartado 5.3.3 mini acueducto por bombeo eléctrico.
- b) El caudal máximo de explotación del pozo será igual o superior a 19 litros por minuto.

2.1.1 Calidad de agua

La organización mundial de la salud (OMS) estima que el 80% de todas las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua de mala calidad. Hecho que demuestra la suma importancia de un buen control de calidad en sistemas de abastecimiento de agua potable.

El Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE) establece la Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano, donde se establecen los parámetros dentro de los límites permisibles que deben cumplir las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas. En Nicaragua estas fueron adoptadas por las normas de diseño de abastecimiento de agua en el medio rural y saneamiento (NTON 09 003-99).

2.2 Estudio socioeconómico

(Pardo, 1987) Define que un estudio socioeconómico debe pretender obtener en forma ordenada conocimiento sobre las características económicas y sociales de la zona que será influida por el proyecto, como requisito para prever los conflictos que al respecto generará su ejecución y poder así recomendar acciones que posibiliten el diseño, la construcción y operación de dicho proyecto con el mínimo de impactos traumáticos.

Un estudio socioeconómico para un proyecto de agua potable y saneamiento rural se realiza en base a los estudios de campo, tanto encuestas, censos, entrevistas con pobladores y visitas a la comunidad para identificar la problemática existente y la situación de los componentes del sistema de agua potable existente, así como otras formas de abastecimiento de agua que utiliza la comunidad y las condiciones higiénico sanitarias del sitio del proyecto.

2.3 Estudio topográfico

2.3.1 Generalidades

La topografía sirve para determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Siendo la topografía la base fundamental de todos los trabajos de ingeniería, en campo se necesita de mediciones, planos topográficos que representen la configuración del terreno donde se requiere empezar una obra (Hudiel, 2017).

Se debe establecer un control en la configuración de un terreno y de elementos artificiales, naturales se pueden encontrar a través de medidas que se representan en mapas o planos con técnicas apropiadas.

La topografía permite:

1. Medir distancias horizontales y verticales.
2. Tomar datos necesarios según su forma y accidente entre puntos y objetos sobre la superficie.
3. Establece un control tanto vertical como horizontal de las medidas del terreno para poder representarlos en escala con su forma.

4. Los datos de campo sirven para dibujarlos en un plano, a determinada escala, los que permiten tener una idea de la topografía del terreno a través de su perfil.
5. Constituye el conjunto de operaciones que tiene por objeto conocer la posición relativa de los puntos sobre la tierra en base a su longitud, latitud y elevación (x, y, z).

2.3.2. Criterios de un levantamiento topográfico para proyectos de agua potable

(INAA, 1976) Indica que se debe utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico a realizar, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional por lo menos de dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (Control Geodésico de la Red Nacional).

2.4 Estudio de demanda poblacional

2.4.1 Proyección de la población

Según (INAA, 1999) la población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. En el caso de Nicaragua, El INIDE (Instituto Nicaragüense de Información de Desarrollo) maneja toda la información relacionada con las poblaciones del país. Los últimos censos realizados datan de los años 1938, 1950, 1963, 1973, 1995 y 2005 donde se refleja que en el último año la población del municipio de pueblo Nuevo era de 20620 habitantes. Además, existe información poblacional en Instituciones propias del lugar, tales como: Alcaldías, ENEL, ENACAL y programa de erradicación de la malaria del MINSA.

Existen muchas metodologías para la proyección de población como es el método aritmético, este se aplica si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de esta, en otras palabras, cuando crecimiento es lineal, el método geométrico que depende si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo el de interés compuesto, El método proporción y correlación el cual supone que la tasa de crecimiento de la población de una ciudad cualquiera puede relacionarse con la de una zona mayor, tal como la de su demarcación

o departamento y entre otros métodos más, sin embargo, la norma NTON 09 001- 99 indica que para el cálculo de las poblaciones futuras en zonas rurales se debe utilizar el método geométrico debido a su aplicación a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua.

2.4.2 Dotación a servir

El instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados en su norma NTON 09 001- 99 define todas las referencias, consideraciones y criterios técnicos que abordan los cálculos para estimar las demandas de agua potable a servir.

a) Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.

b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

La población a servir por medio de sistemas de mini acueductos por gravedad y captaciones de manantial estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

En consideración a los puestos públicos que son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer dos a un máximo de 20 casas, deberán instalarse en terreno comunal y si es privado garantizar que pase a ser comunal. Estos puestos no deberán ser usado para el lavado de ropa, baño de personas o animales, lavado de maíz etc. Se cercará el puesto de tal forma que se garantice su protección evitando el acceso de animales. En cada puesto público se colocará como máximo 2 grifos, respecto a su ubicación estos serán asignados para escuelas, centro de salud y centros infantiles a una distancia máxima entre puesto y casa más alejada de 100 mts.

Cabe mencionar que el servicio de agua potable a través de conexiones domiciliarias son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio.

2.5 Diseño hidráulico de los componentes del sistema

2.5.1 Descripción de los componentes del sistema

(FISE, 2008) Indica que un mini acueducto por gravedad es un sistema de abastecimiento en el que el agua es captada de una fuente superficial localizada a mayor altura que las viviendas y transportada en tuberías hasta un tanque de almacenamiento ubicado también a mayor altura que las viviendas y después por su propio peso (por gravedad), el agua baja por tuberías a los puestos domiciliarios o públicos de donde se abastece la población.

Para la funcionalidad completa del sistema, se compone de las siguientes partes descritas:

- Obra de captación: Es la estructura que construimos para captar el agua de la fuente, puede ser un dique toma (captación abierta) o caja de captación (cerrada). De esta obra sale la línea de conducción hacia el resto de elementos del acueducto.
- Línea de conducción: Es la que transporta el agua desde la fuente de abastecimiento, y desde el tanque hasta la red de distribución o captación, hasta el tanque de almacenamiento. La construimos con tubos, generalmente de PVC-SDR26, excepto en tramos donde la tubería no se pueda enterrar o cruces aéreos de ríos y quebradas, en donde utilizamos tubos de hierro galvanizado. Cuando la diferencia de altura entre la fuente y el tanque o entre el tanque y las tomas, es mayor de cincuenta (50) metros, colocamos pilas rompe carga o rompe presión para evitar la ruptura de los tubos y daños en las llaves de toma.
- Sistema de cloración: Para desinfectar o clorar el agua instalamos en el tanque de almacenamiento un hipoclorador de carga constante.
- Tanque de almacenamiento: Es utilizado para almacenar agua y suplir la demanda de la población en las horas de mayor consumo. Lo podemos construir de ladrillos, de bloques, de piedra, de plástico o de concreto reforzado. Se instala sobre el suelo o sobre torre.
- Red de distribución: Es el sistema de tuberías de PVC-SDR26, que permite distribuir el agua a los diversos puntos de consumo en la comunidad, los que pueden ser puestos públicos o puestos de patio.

- Tomas de Agua: Son los elementos de servicio del sistema por donde sale el agua para ser utilizada por las personas usuarias. Las tomas de agua se le conocen también como puestos de agua, estos pueden ser por medio de puesto domiciliar o puesto público.

2.5.2 Diseño hidráulico

Para el cálculo de pérdidas de carga la norma NTON 09 001- 99 establece que es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%. También se hace mención que para el análisis de la línea de conducción y red de distribución se realizará aplicando la fórmula Hazen – Williams, y el método de Hunter. De acuerdo a las características físicas de la localidad los sistemas podrán ser abiertos o cerrados.

Por otra parte, se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías con valores permisibles de 0.4 m/s como velocidad mínima y 2 m/s como velocidad máxima. Y también es importante considerar que para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda brindar presiones adecuadas que cumplan dentro de un rango permisible de presión mínima: 5 metros, y presión máxima: 50 metros. (INAA, 1999)

2.6 Formulación de presupuesto

El presupuesto es una herramienta administrativa y financiera en la cual se detalla en forma numérica los ingresos y egresos de una organización para cumplir con las actividades proyectadas en un período de tiempo específico. Este sirve como una estrategia para organizar el dinero y optimizar sus rendimientos, bajo dos criterios, el control exhaustivo de las cuentas y la capacidad de reacción para corregir o mejorar cualquier fallo o vacío en términos financieros. (Burbano, 1995)

Un presupuesto de proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable se elabora mediante la obtención de costos directos e indirectos que contemplan la obra, los costos directos reflejan todos los gastos de mano de obra, materiales y equipos; mientras que

los costos indirectos comprenden todos los gastos financieros de oficina, seguros, fianzas, utilidad etc.

El presupuesto se debe dividir en etapas o fases, ordenando todas las fases que intervienen en el diseño y ejecución, en donde se debe detallar exhaustivamente cada uno de los precios unitarios y gastos de mano de obra.

Capítulo III: Diseño metodológico

Para el diseño metodológico se realizarán visitas de campo al lugar para una debida inspección, localización, y los estudios que se consideren necesarios en la elaboración del proyecto. Y además con la complementación de la alcaldía municipal de Pueblo Nuevo, para obtener la información necesaria del sitio y demás documentos relevantes de la zona en estudio.

3.1 Fuente de abastecimiento

Se elaboró el análisis de las fuentes con el propósito de recopilar la información hidrológica e hidrogeológica básica, así mismo evaluar la posibilidad de aprovechar las fuentes superficiales existentes siempre y cuando cumplan con los parámetros permisibles de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas de agua para consumo humano establecido en la norma (NTON 09 003-99) mediante un tratamiento previo.

Este análisis específicamente pretende lo siguiente:

- Recopilar y analizar la información de los principales elementos hidrogeológicos y fuentes superficiales existentes en la zona.
- Estudiar fuentes potenciales para ser utilizadas como fuentes de abastecimiento del sistema a proponer.
- Realizar un análisis de calidad de agua mediante ensayos de laboratorio (análisis físico- químico y bacteriológico)

Existen en el sector de estudio dos fuentes superficiales de manantial que se ubican en el cerro El Moro, aproximadamente a unos 7 km del poblado de Las Lajas y la segunda fuente se ubica un poco más cerca, pero en la misma dirección, a unos 4,5 Km de las comunidades. Ambas fuentes se aforaron mediante el método volumétrico que es el más recomendado para las captaciones superficiales. Este consistió en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido, posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos obteniéndose el caudal en litros sobre segundos.

$$Q: \frac{V}{T}$$

Donde:

Q: Caudal.

V: Volumen captado.

T: Tiempo de llenado.

Es importante considerar que para las secciones de aforo deben estar situadas sobre un tramo recto de la fuente que cuente con una sección uniforme y una pendiente constante a lo largo del curso. Tampoco es conveniente utilizar secciones con lechos fangosos o con mucha vegetación

Con el fin de conocer las condiciones bacteriológicas y fisicoquímicas del agua de las fuentes en estudio, se tomarán muestras de agua, para analizar si sus componentes estén dentro de los parámetros estándares regidos por la norma CAPRE y proponer un sistema de tratamiento en caso de ser necesario.

3.2 Evaluación socioeconómica

Se realizaron varias visitas a las comunidades empleando formatos de encuestas socioeconómicas paralelas al censo poblacional y entrevistas a los jefes de la comunidad para conocer las condiciones socioeconómicas de la población. La encuesta se aplicará al 100% de la población beneficiada, tomando en consideración el siguiente cuadro recomendado por FISE, para estudios en proyectos de agua y saneamiento rural.

Tabla 1: Porcentaje de viviendas a encuestar en dependencia de la cantidad de casas

No. Viviendas por comunidad (rangos)	% de vivienda a encuestar
1-150	100%
151- 200	75%
201- 300	50%
301 >	30%

Fuente: (FISE, 2008)

Las actividades de censo y encuesta socioeconómica son previamente planificadas a partir de un esquema general de las comunidades en donde localizarán las viviendas. Dichos hogares se encuestaron con el propósito de obtener datos importantes como: situación y uso de vivienda, condiciones higiénicas sanitarias, situación de servicios existentes, ingreso mensual, cantidad de personas que trabajan, la disposición del servicio de agua, población económicamente activa, entre otros aspectos que representen la situación de la comunidad.

3.3 Estudio topográfico

El estudio topográfico para un proyecto de abastecimiento de agua potable en una zona rural se realizó tomando en cuenta los siguientes pasos.

- a) Reconocimiento del terreno.

En esta actividad se definió una fecha para realizar visita de campo al lugar de interés, tomando en cuenta previamente ciertos mapas de alcaldías, fotos satelitales, entre otras herramientas que sirvan para tener cierta información de la ubicación y el relieve donde se diseñará la obra. Una vez situado en campo, se establece el área próxima a levantar.

b) Levantamiento topográfico.

Primeramente, se movilizó y preparó los equipos necesarios a utilizar, con el cuidado o las seguridades respectivas, al igual que el personal a participar en la operación.

Una vez realizado esto, tomaron las decisiones pertinentes para la distribución del personal en el área, luego se ubicó los puntos de control previamente generados para la realización del levantamiento con estación total y con ayuda de GPS o puntos geodésicos conocidos, siempre teniendo en cuenta que la precisión en el equipo es un requisito para la generación de datos.

Se determinó la mejor ubicación del vértice de inicio, para confirmar la poligonal base (abierta) que va a conformar la estructura del levantamiento, delimitando la poligonal con varillas o estacas como guías al punto de referencia y se procedió a limpiar el área alrededor para eliminar obstáculos.

En esta etapa se empezó a realizar el levantamiento desde la zona posible de captación hasta donde se pretende edificar el tanque de almacenamiento con una medición continua de coordenadas, distancias horizontales y/o verticales a los demás puntos a levantar para la generación del plano topográfico.

c) Procesamiento de Datos.

Una vez concluida las operaciones de campo se procedió al trabajo y operaciones en oficina, reflejando la información obtenida de los instrumentos en formato xlsx. (Excel) y ordenándolas con códigos de leyendas adquiriendo los siguientes parámetros:

- Coordenadas cartesianas de todos los puntos.
- Distancias entre puntos.
- Ángulos entre alineamientos.
- Alturas relativas de puntos.
- Áreas de parcelas.

d) Planos.

Se importó datos generados anteriormente en formatos compatibles a programas de diseño y cálculos topográficos (Civil3D), representando puntos levantados en el modelo.

Para posteriormente generar las curvas de nivel del área ajustándola a los criterios o necesidades que el proyecto amerite.

3.4 Consumos

3.4.1 Proyección poblacional

Para el cálculo de la demanda poblacional es necesario considerar ciertos parámetros de diseño conforme a la normativa aplicable NTON 09-001-99, (INAA, 1999) en las cuales son las siguientes.

Tabla 2: Parámetros de diseño

N	Descripción	Unidad	parámetro
1	Dotación (domiciliar)	Lpdd	40 - 60
2	Periodo de diseño	Años	20
3	Pérdidas de agua	%	20%CPD
4	Variación de consumo	-	1.5 - 2.5
5	Diámetro mínimo	Pulgadas	2 in.
6	Cobertura de tubería	Metros	No establecido
7	Población a servir	Conexiones	No establecido
8	Nivel de servicio	-	Toma domiciliar
9	Escenarios de diseño	-	CMH- Consumo cero
10	Presión y velocidad permisible	c.a – m/s	[5.00, 50.00]- [0.4, 2.00]

Fuente: Elaboración propia, conforme normativa NTON 09-001-99

Posteriormente se obtuvo la tasa de crecimiento poblacional en la cual la norma NTON 09-001-99 nos muestra un rango de 2.5% a 4%. En este caso se efectuó un análisis detallado para justificar la tasa de crecimiento óptima la cual consiste en:

- 1- Calcular la tasa de crecimiento en los distintos periodos intercensales para la población local, municipal, departamental y nacional, las que se calcularan en base al método geométrico y en los censos de 1971, 1995 y 2005.
- 2- Se aplicó las distintas tasas de crecimiento calculadas anteriormente a la población base para cada quinquenio del periodo de diseño.
- 3- Se Graficó cada proyección uniendo los puntos correspondientes por medio de una curva envolvente.
- 4- Seleccionar una curva que aproximadamente equidiste los demás puntos de proyección.
- 5- Se extrajo de dicha curva los valores de población esperado para cada quinquenio del periodo de diseño.
- 6- Se calculó la tasa de crecimiento anual equivalente mediante el método geométrico para las dos poblaciones extremas del periodo de diseño.

$$r: \left(\frac{P2}{P1}\right)^{\frac{1}{(t2-t1)}} \quad P: P1(1 + r)^n$$

r: Tasa de crecimiento.

P2: Población proyectada.

P1: Población actual.

T2: Tasa correspondiente a P2.

T1: Tasa correspondiente a P1.

n: Periodo de diseño.

3.4.2 Caudal de diseño

Los caudales de diseño son la base para el dimensionamiento de la red de distribución y según la norma NTON 09-001-99.

Cabe mencionar que las pérdidas serán un 20% del consumo medio.

- Consumo medio: Población * dotación / 86400seg. /día
- Consumo máximo diario (CMD): 1.5 CPD (Consumo promedio diario).
- Consumo máximo hora (CMH) = 2.5 CPD (Consumo promedio diario).

3.5 Diseño hidráulico

3.5.1 Obra de captación

Para el dimensionamiento de la obra de captación en las fuentes de manantial se seleccionó un plano típico tipo FISE acorde a las características requeridas por la obra, el cual debe estar protegido de los escurrimientos superficiales, del polvo basura, animales, etc., y las vertientes deberán ser perfectamente protegidos por una cámara formada por un muro y estructura de cubierta. El muro deberá desplantarse sobre el material resistente y de ser posible impermeable, pero cuidándose de no tocar las vertientes para no provocar su desaparición o cambio de comportamiento hidráulico. La losa o cubierta debe protegerlo del contacto directo con el exterior. El vertedor debe estar a la altura de la superficie libre del agua para no provocar sobre descarga en el manantial, y debe ir protegido con rejillas para evitar la entrada de personas o animales. Adosado a este muro o a distancias debe ir una caja o registro en donde se instalará la toma propiamente dicha y en la que se pondrá una válvula para controlar la entrada o salida del agua en la conducción (inicio de la línea de conducción). En la cubierta de la cámara, se construirá un registro para dar acceso, con una escalera que servirá para la inspección de su interior (Comisión Nacional del Agua , 2007).

3.5.2 Línea de conducción

En la realización del diseño de la línea de conducción por gravedad se tomarán en cuenta los siguientes criterios indicados por la norma NTON 09 001-99.

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario. (C MD: 1.5 * CPD).
- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5 m.c.a (metros de columna de agua) por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m.c.a, incorporando en la línea pilas rompe presión donde sea necesario. Para el dimensionamiento de la tubería de la línea de conducción se aplicará la fórmula exponencial de Hazen - Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$\frac{H}{L} : S : \frac{10.549 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

Donde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: Gasto en m³/seg.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de Hazen Williams cuyo valor depende del tipo de tubería a utilizar (INAA, 1999).

Cabe destacar que para el diseño de este componente se hizo por medio del software de simulación hidráulica EPANET, trazando la línea de conducción que va desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento tomando los datos topográficos levantados, de igual manera se tomó en cuenta el método de Hazen – Williams, proponiendo los diámetros de tubería más viables siempre y cuando mantengan las velocidades del flujo en el rango establecidos por la norma (0.4m/s – 2.0 m/s).

Como se sabe, el diseño de la línea de conducción debe soportar la presión estática, más la sobrepresión que puede ser generada por el golpe de ariete por ende se tomaran en cuenta todas las consideraciones técnicas necesarias para prevenir el golpe de ariete. En este trabajo se utilizó la ecuación de Allievi para la calcular la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión.

$$a: \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \left(\frac{K * D}{e}\right)}}$$

Donde:

a: velocidad de la onda de presión (m/s)

D: Diámetro interno del tubo (mm)

e: espesor de la tubería (mm)

K: coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo.

Para tubos plásticos o de PVC, K = 18

En el caso de ser una línea de conducción por gravedad, el cierre de válvula se puede efectuar a diferente ritmo, y, por tanto, el tiempo T, será una variable sobre la que se puede actuar. (UCML, 2012)

$$T: \frac{2L}{c}$$

Donde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s).

T: Fase o periodo de cierre (s)

Una vez conocido el valor del tiempo T y determinado el caso que se encuentra se utilizara la siguiente expresión para Cierre rápido (Tiempo de cierre $T_C > 2L / C$) la sobrepresión (en mca):

$$\Delta H: \frac{V * a}{g}$$

Para cierre Lento se trabajará con la fórmula de Michaud.

$$\Delta H: \frac{2 * L * v}{g * T}$$

Donde:

ΔH : Sobre presión por golpe de ariete

V: Velocidad media del flujo en la tubería (m/s)

a: Velocidad de la onda de presión (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

L: Longitud del tramo de tubería

T: Tiempo de cierre

3.5.3 Tanque de almacenamiento

El diseño del tanque propuesto obedecerá a diseños típicos FISE correspondientes a la capacidad de almacenamiento requerida dicho aspecto debe satisfacer las condiciones siguientes determinadas por la norma:

- a) Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- b) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

Como guía para el Predimensionamiento se empleará la siguiente relación empírica:

$$h: \frac{Vol}{3} + K \quad A: \sqrt{\frac{Vol}{h}}$$

Donde:

h: Profundidad o altura

Vol.: volumen del tanque

A: Área transversal

K: Coeficiente en ciento de metros cúbicos

Tabla 3: Valores de K constante de la capacidad de almacenamiento

<i>Vol. (cientos de metros cúbicos)</i>	<i>K</i>
< 3	2.0
3 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1.0
> 17	0.7

Fuente: Folleto de abastecimiento de agua del curso de explotación y administración de recursos hídricos elaborado por el Ing. José Ángel Baltodano

De la relación anterior se deduce que la profundidad mínima de un tanque de almacenamiento es de 2m.

Así mismo se debe considerar que 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 servicios aceptables en los puntos de distribución.

Para la selección del tipo de tanque dependerá de los materiales disponibles en la zona, la topografía del terreno y el aspecto económico. Las clases de tanques más apropiadas para sistemas de abastecimientos a través de mini acueductos por gravedad pueden ser los siguientes; mampostería, hormigón armado y acero.

En la norma NTON 09 001-99 se recomiendan los tipos de tanques que se pueden construir en el país en los cuales se debe considerar lo siguiente.

Tanques sobre el suelo.

a) Cuando la entrada y salida de agua sean mediante tuberías separadas, se ubicarán en los lados opuestos a fin de permitir la circulación de ella

b) Las tuberías de rebose descargarán libremente, sobre obras especiales de concreto para evitar la erosión del suelo.

c) Se instalarán válvulas de compuertas en todas las tuberías con excepción de las tuberías de rebose y se prefiere que todos los accesorios de las tuberías sean tipo brida.

c) Deben incluirse los accesorios como escaleras, respiraderos, aberturas de acceso, marcador de niveles, etc.

Tanques elevados.

a) Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías a excepción de las tuberías de rebose. Todos los accesorios de las tuberías serán tipo brida.

b) Debe incluirse los accesorios como escaleras, dispositivos de ventilación, abertura de acceso marcador de niveles y en algunos casos una luz roja que prevenga accidentes de vuelos de aviones.

c) La escalera exterior deberá tener protección adecuada y dispositivos de seguridad.

d) Se diseñarán los dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque. (INAA, 1999).

3.5.4 Red de distribución

El análisis hidráulico de la red se realizó en conjunto con el tanque de almacenamiento, la línea de conducción y la aportación de la fuente, para ello se utilizó el programa EPANET versión 2.0. El método a utilizar para determinar la concentración de caudales en los nodos de la red de distribución es el método de longitud unitaria. En este se calculó el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

$$Q_i = q * L_i \quad q: \frac{Q_{mh}}{L_t}$$

Donde:

Q_i : Caudal en el nodo "i" (l/s)

q: Caudal unitario por metro lineal de tubería (l/s/m)

Q_{mh} : Caudal máximo horario del proyecto (l/s)

L_i : Longitud del tramo "i" (m)

L_t : Longitud total de la red (m)

Para el análisis hidráulico la norma NTON 09 001-99 sugiere los siguientes aspectos:

a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CHM=2.5CPD$, más las pérdidas).

b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

En el análisis de la red de distribución al ser una red de tipo abierta (ramificada), el programa EPANET al trabajar con el método de Hazen Williams este tomara en cuenta la siguiente formula.

$$H: \left[\frac{SeQe - SfQf}{2.85(Qe - Qf)} \right] * L$$

En la cual:

H: Perdidas por fricción en metros

Qe: Caudal entrante en el tramo en (gpm)

Qf: Caudal de salida al final del tramo (gpm)

Se: Perdidas en el tramo correspondientes a Qe en decimales.

Sf: Perdidas en el tramo correspondientes a Qf en decimales.

L: Longitud del tramo en metros.

3.5.5 Tratamiento

En el caso de mini acueductos rurales por lo general se utiliza para desinfección el cloro en forma de hipocloritos, ya que es mucho más fácil de manejar y aplicar en comparación a otros sistemas de tratamientos más complejos y económicamente menos factible, la aplicación de esta solución de calcio o de sodio se efectuara por medio de un hipoclorador de carga constante o bien una bomba dosificadora el cual va instalado en el tanque de almacenamiento para proveer la calidad microbiológica de agua para consumo de humano, anulando la contaminación por microorganismos patógenos.

Volumen dosificador.

La determinación del volumen dosificador se basará en la cantidad de cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración donde se establecerá la formula siguiente:

$$A: \frac{B * Q}{C * 10}$$

A: Cantidad de solución diluida a agregar, en ml/min.

B: Dotación de cloro igual a 1.5 mg/lit

Q: Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el periodo de diseño (CMD) en litros/minutos.

C: Concentración de la solución.

3.6 Formulación de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto primeramente se utilizó como referencia el catálogo de etapas y subetapas del FISE para proyectos de sistemas de agua potable y las normas de rendimientos horarios establecidas por esta misma entidad, en el caso de tener actividades que no se encuentran en el catálogo, se consultaran con maestros de obra con gran experiencia en este tipo de proyectos.

Una de las partes que se tomaron en cuenta para este proyecto es el análisis de costos directos, donde se obtendrán los precios unitarios de mano obra calificada y no calificada, materiales locales y no locales, costos de herramientas y transporte. Obteniendo dichos costos estos serán asignados a cada una de las actividades del proyecto después de haber adquirido las cantidades de obra que conllevan las etapas del mismo. Seguidamente se calcularon los costos indirectos del proyecto para los cuales se deberá realizar un análisis global de todos los costos que no serán aplicados directamente en una actividad o un concepto de obra, entre estos costos tenemos los siguientes:

Costos administrativos, costos de utilidad, costos de operación, costos por servicios especializados, costos imprevistos, costos de administración central e impuestos.

Igualmente, en este apartado se contempló la estimación la de tarifa de pago para los beneficiarios del proyecto, donde se estiman dos modalidades de pago:

- Pago equitativo o sea todas las viviendas pagan una misma tarifa mensual.
- Pago por micro medición que depende del consumo medido, donde se calcula el costo unitario del m³ de agua que se consume.

3.7 Propuesta de saneamiento

Para dar respuesta a la problemática de saneamiento con la implementación de la práctica de lavado de manos, en el sector rural se pueden proponer ciertas alternativas acordes a lo recomendado por las normas del FISE, dentro de las principales están las siguientes: letrina ventilada con lavamanos, tasa rural con pozo de absorción y lavamanos, tasa rural con trampa de grasa, biodigestor, pozo de absorción y lavamanos.

Cada una de las alternativas mencionadas anteriormente obedecen a un diseño típico tipo FISE, donde se analizaron cada una de ellas para evaluar la opción más viable.

Capítulo IV: Resultados

4.1 Fuente de abastecimiento

El día 01 de mayo del año 2019 se realizó el aforo mediante el método volumétrico de las dos fuentes de abastecimiento para el sistema de agua propuesto acompañados de uno de los líderes de la comunidad llamado Félix Pedro Centeno, en el cual se propuso un formato de aforo a completar con los datos más relevantes mostrado en el acápite **Anexo A: fuente de abastecimiento**.

Para el cálculo del caudal producido por la fuente El Moro se usó un recipiente de 20 litros, en el cual se realizaron 5 pruebas respectivamente hasta obtener el caudal de producción promedio. En el caso de la segunda fuente aforada conocida como las pilas se utilizó un recipiente de 7 litros y de igual manera se hicieron 5 pruebas, los resultados fueron los siguientes:

$$Q: \frac{V}{T}$$

$$Q_{El\ Moro}: \frac{20\text{litros}}{32\text{seg.}}$$

$$Q_{El\ Moro}: 0.625 \frac{L}{seg}$$

$$Q_{Las\ Pilas}: \frac{7\text{litros}}{43.21\text{seg.}}$$

$$Q_{Las\ Pilas}: 0.162 \frac{L}{seg}$$

Donde:

Q: Caudal.

V: Volumen captado.

T: Tiempo de llenado.

Se recalca que dichas fuentes actualmente no se encuentran en explotación, pero por el mal estado de las obras de captación el caudal de la fuente no es aprovechado al 100%, por lo que se propone mejorar el sistema de captación y poder utilizarlas de manera eficiente para abastecer la demanda de la población a través de conexión domiciliar.

4.1.1 Análisis de Calidad de agua.

En el año 2015 la Alcaldía de Pueblo Nuevo realizó análisis de calidad de agua a algunas fuentes de interés comunitario, dentro de estas incluyen las fuentes que se pretenden utilizar para la propuesta de diseño del presente proyecto. Cabe recalcar que a pesar de que dicho estudio ya tiene 4 años, este siempre es válido considerando el estado en que se encuentra las fuentes porque no están en explotación, no hay factores contaminantes que puedan afectar la calidad del agua, como pueden ser ciertos cultivos aguas arriba, y la comunidad quien es dueña de dichas fuentes realizan cada cierto tiempo jornadas de limpieza en toda el área.

Por lo antes expuesto los resultados bacteriológicos y físicos químicos de las aguas muestreadas se pueden apreciar en el acápite **Anexo A: fuente de abastecimiento**. Cabe mencionar que se tomaron dos muestras por fuentes y se puede decir que los valores encontrados están dentro de los parámetros normales, únicamente con presencia de coliformes fecales, obteniendo $9.10 \cdot 10^3$ NMP/100ml de coliforme total y $3.3 \cdot 10^2$ NMP/100ml de coliforme fecal en la fuente El Moro, para el caso de la fuente Las Pilas dio un valor de $9.2 \cdot 10^2$ NMP/100ml de coliforme total y $2.3 \cdot 10$ NMP/100ml de coliforme fecal por lo que se considera solamente el tratamiento con cloro para potabilizar el agua.

El agua requerirá de un sistema de cloración para su desinfección y eliminar de esta forma la contaminación bacteriológica que reportan el análisis.

4.2 Evaluación socioeconómica

Los días 8,9 y 10 de mayo se efectuaron al 100% de la población encuestas, censos, entrevistas con pobladores y visitas a la comunidad para identificar la problemática existente, así como las formas de abastecimiento de agua que utiliza la comunidad y las condiciones higiénico sanitarias del sitio del proyecto.

El estudio ayudó a realizar un diagnóstico de la situación de la comunidad en los aspectos de población, vivienda, salud, agua y saneamiento, condiciones higiénicas sanitarias, situación económica de los pobladores, situación de las viviendas, formas de abastecimiento de agua, entre otros.

Por consiguiente, se muestra un resumen de todos los datos recabados en el estudio económico.

Población

Personas que habitan en la vivienda

La población total censada corresponde a a 342 habitantes, de los cuales el 45% son hombres, 40% mujeres y el 15% son niños. Por lo que se puede determinar que los hombres son la población mayoritaria de la comunidad.

Ilustración 3 : Personas que habitan en la vivienda

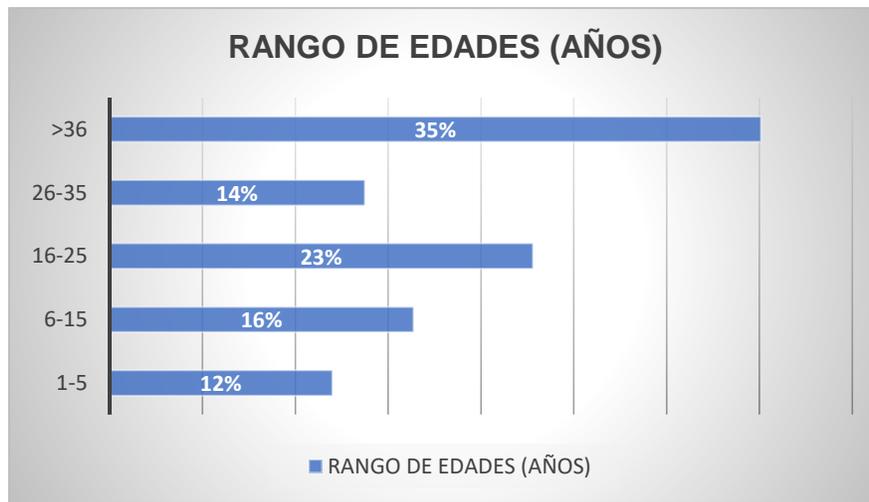


Fuente: Elaboración propia

Rango de edad poblacional

Los rangos de edad de la población total encuestada se reflejan en el siguiente gráfico. Lo que da como resultado que la edad mayoritaria de la población oscila entre los 30 años o más con 35%.

Ilustración 4: Rango de edades (Años)



Fuente: Elaboración propia

Nivel académico de los habitantes

Se midió el nivel académico de todas las familias de las comunidades resultando los porcentajes de cada nivel académico mostrados en la siguiente tabla, en el que más de la mitad de población llegó al nivel de educación primaria aspecto que puede ser determinante en el desarrollo económico limitando las oportunidades de mejores empleos.

Tabla 4: Nivel académico de los pobladores

NIVEL ACADEMICO			
NINGUNO	PRIMARIA	SECUNDARIA	ESTUDIOS SUPERIORES
16%	61%	19%	5%

Fuente: Elaboración propia

Vivienda

Estado legal de la vivienda

En base a los datos levantados se indago que el 100% de las viviendas son habitadas por sus dueños, son propias y de uso domiciliar.

Uso de la vivienda

Mediante encuestas realizadas se determinó que 95 viviendas son de uso domiciliar, únicamente hay dos de tipo vivienda-negocio, que son pulperías.

Estado de la vivienda.

En la encuesta que se hizo se consideró el estado de la vivienda y los materiales constructivos en las paredes, piso, y techo. Obteniendo que un 20% de viviendas son de paredes de Bloque, 12% de ladrillo y un 68% de adobe.

En lo que respecta al piso de las viviendas se obtuvo que un 61% es de tierra y 36% es de embaldosado o cerámica. El 88% cuentan con material de estructura para techo de Zinc y el 12% es material de teja.

Por otra parte, se pudo comprobar que el 29% de las viviendas se encontraban en buen estado, un 63% en estado regular y solo un 7% en malas condiciones.

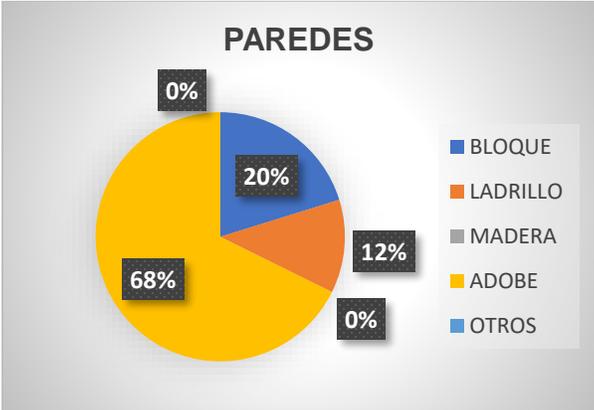
Los resultados estadísticos se pueden apreciar en el grafico a continuación:

Ilustración 5: Uso de la vivienda



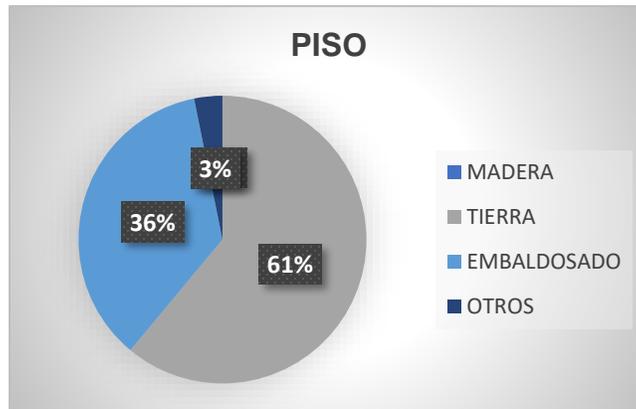
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Paredes de la vivienda



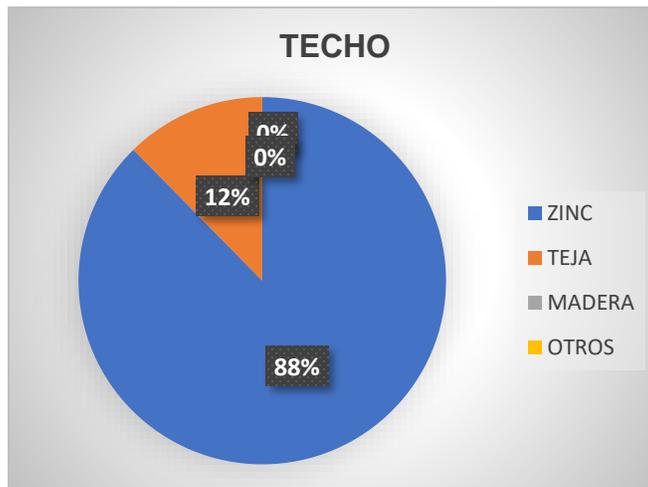
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Piso de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Techo de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Estado de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Economía

Población económicamente activa

De las 251 personas adultas que forman parte de la comunidad 137 forman parte de la PEA (población económicamente activa), correspondiendo esta población el 55%.

Cabe señalar que 83% de los que trabajan son hombres y el 24% mujeres correspondiendo a 109 y 28 personas respectivamente.

Tabla 5: Nivel de empleo en la población

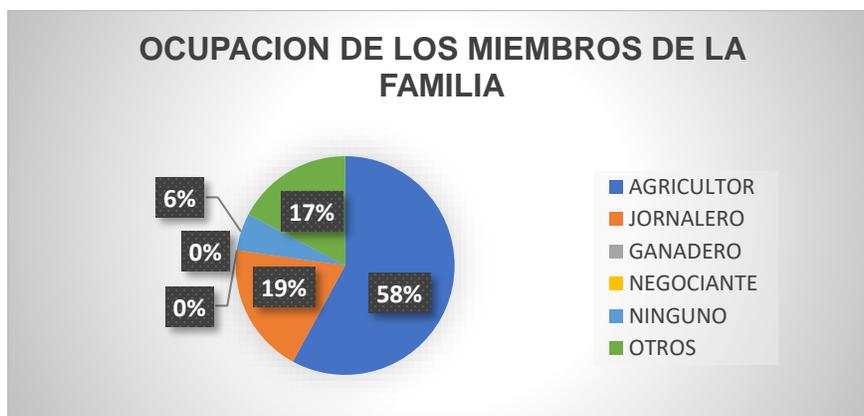
Nivel de empleo en la población			
	H	M	Total
Población general	132	119	251
Empleados	109	28	137
Porcentaje	83%	24%	55%

Fuente: Elaboración propia

Ocupación de los miembros de la familia

Con los datos logrados en la encuesta se determinó la ocupación de los pobladores de las comunidades beneficiadas, siendo predominante el trabajo de agricultor y jornalero.

Ilustración 10: Ocupación de los miembros de la familia

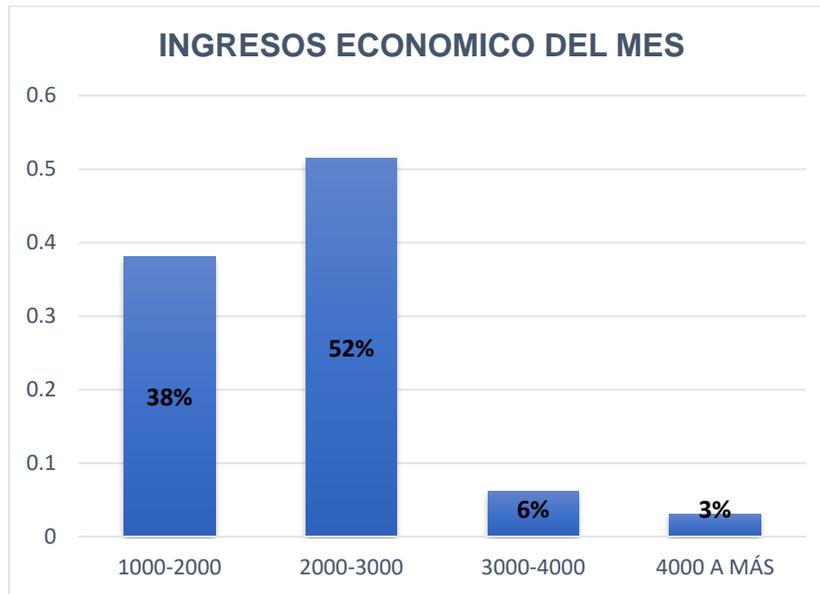


Fuente: Elaboración propia

Ingreso económico mensual

En base a la información recopilada esta refleja que el 52% de las personas que trabajan tienen ingresos entre los 2000-3000 C\$ rango en el que se encuentra la mayoría, y esto se debe a que es una comunidad agrícola en el que se siembra por temporadas por lo que dichas ganancias se tuvieron que dividir por meses. Es importante mencionar que las cantidades de productos agrícolas son bajas.

Ilustración 11: Ingresos económicos del mes

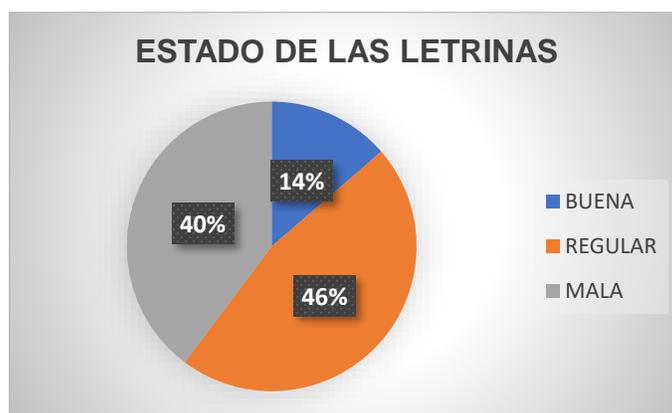


Fuente: Elaboración propia

Saneamiento

En la inspección realizada en la comunidad se determinó que existen 88 letrinas de las cuales únicamente un 14% están en buen estado, 47% regular y el 40% están en mal estado y lamentablemente respecto a obras residuales no se cuenta con ningún sistema. Por lo que se puede concluir de forma general que las viviendas tienen las letrinas en mal estado, por ello urge la necesidad de la construcción de obras de saneamiento.

Ilustración 12: Estado de las letrinas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13: Tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia

Aguas servidas.

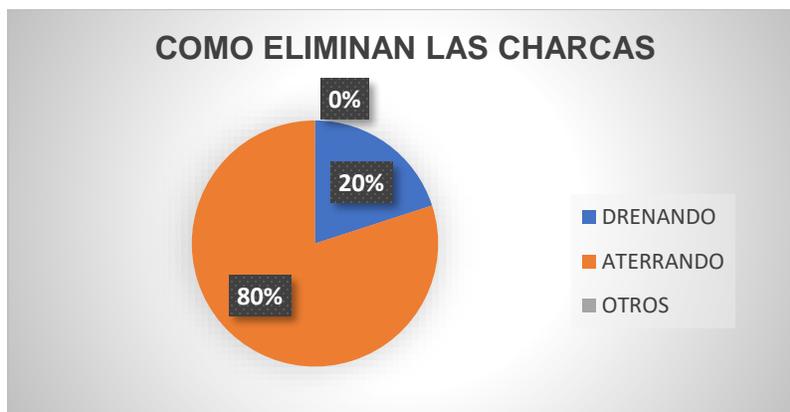
En lo que se refiere al tratamiento de aguas servidas y formación de charcos los pobladores manifestaron que el 95% de las aguas servidas las riegan en el patio ya que no se sacan grandes cantidades, y en relación a los charcos el 95% de las viviendas dijeron que no se formaban charcos por el suelo de tipo rocoso en los terrenos, en cambio donde se formaban charcos el 80% los aterraban.

Ilustración 14: Formación de charcas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Como se eliminan las charcas



Fuente: Elaboración propia

Información de abastecimiento de agua

La encuesta relacionada a la recopilación de información de abastecimiento de agua potable fue orientada para estudiar la forma actual en la que se abastece la población, de igual forma ver en cierta parte la aceptación de un nuevo proyecto de agua potable, de qué forma estarían dispuestos a aportar y entre otros aspectos determinantes para la elaboración de un proyecto factible de los que se estarán mostrando a continuación.

Las 97 viviendas encuestadas (100% de la población) se abastecen de pozos comunitarios, 3 hogares se complementan con agua de lluvia y 7 manifestaron que se ayudan en épocas críticas con agua proporcionada por la alcaldía en cisternas. Cabe

recalcar que el 100% de la población no se está satisfecha en la forma que se abastece, por lo crítico que se ve vuelve el acarreo de agua en recipientes a largas distancias. Por otra parte, el 100% de la población le gustaría tener un servicio de agua potable.

Tabla 6: Sistema de abastecimiento actual

	¿DE QUE FUENTES SE ABASTECEN?			LE GUSTARIA TENER SERVICIO DE AGUA EN SU HOGAR?		ESTA SATISFECHO CON LA FORMA EN COMO SE ABASTECE?	
	LLUVIA	POZO	OTROS	SI	NO	SI	NO
VIVIENDAS (TOTAL)	2	97	7	97	0	0	97
PORCENTAJE	3%	100%	7%	100%	0%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia

Información para el nuevo sistema de abastecimiento.

Los siguientes gráficos muestran los resultados de la encuesta levantada donde se puede decir que el 58% de la población estaría dispuesta a pagar en un rango de C\$0–30 mensuales por el servicio de agua potable, el 40% entre C\$ 31-50y un 2% de la población podría pagar entre C\$.86-100

Entre otros datos que se tomaron es que en el 96% de los hogares estarían dispuestos a aportar para mejorar el sistema de agua, Por otro lado, a los que dijeron que si, se les pregunto la forma en que estarían dispuestos a aportar; un 79% que es la mayoría dijeron con mano de obra, también un 19% mencionó una pequeña colaboración monetaria en un rango entre C\$20-100. Del mismo modo se preguntó que si estarían dispuestos a aceptar medidor, el 100% de los jefes de familia dijeron que sí. Y por último el 71% de los encuestados estarían dispuestos a pagar entre C\$ 5-10 por cada metro cubico de agua consumido y un 27% está dispuesto a pagar C\$11-20.

Ilustración 16: Disposición de pago por servicio de agua



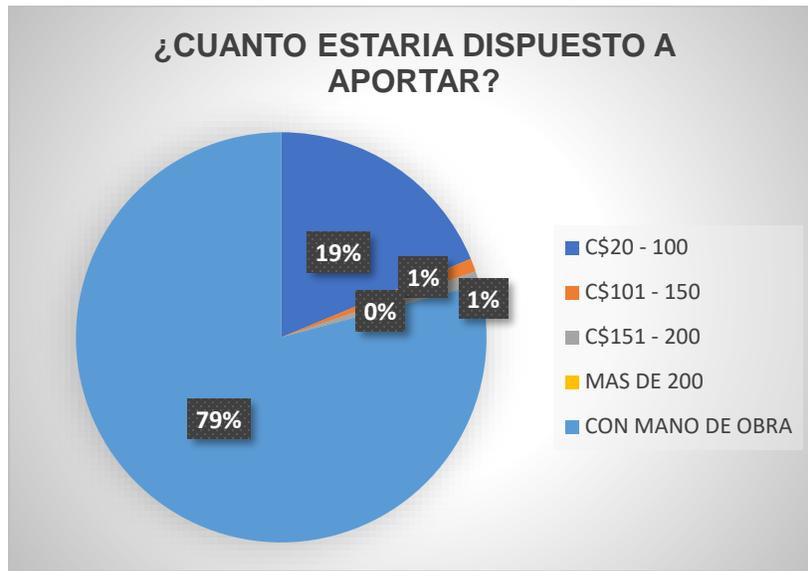
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Disposición de aporte para mejorar el sistema de agua



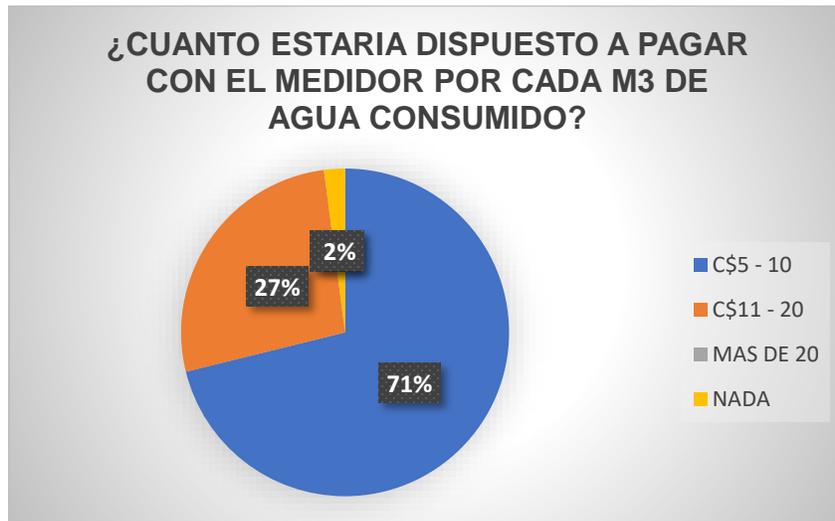
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18: Cantidad dispuesta a aportar



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19: Disposición de pago por m3 de agua consumido



Fuente: Elaboración propia

Salud

Basura

La gran mayoría de familias encuestadas afirmó que la Basura la queman dado que por sus condiciones y al estar en una zona Rural sin un botadero o algún recolector municipal esa es la manera más fácil para eliminarla.

Ilustración 20: Forma en que se elimina la basura

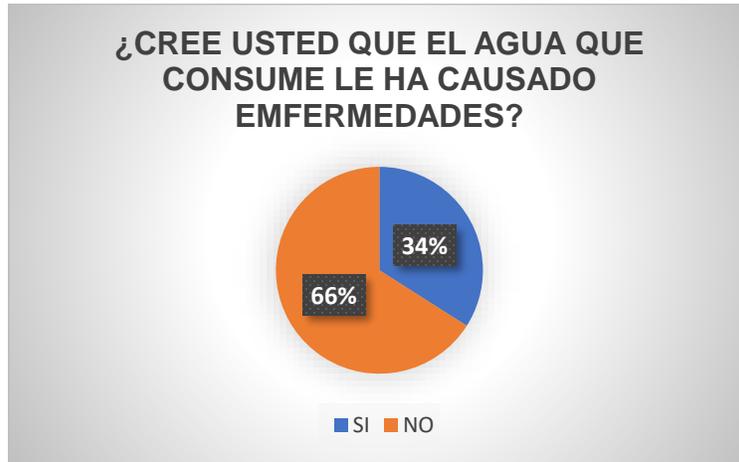


Fuente: Elaboración propia

Enfermedades

Los Pobladores de las comunidades Las Lajas y El Guásimo indicaron que el agua que ellos consumen de los pozos comunitarios no tienen ningún tratamiento previo para ser tomada, sin embargo, el 66% de los habitantes afirman que el agua que ellos toman no les ha causado enfermedades.

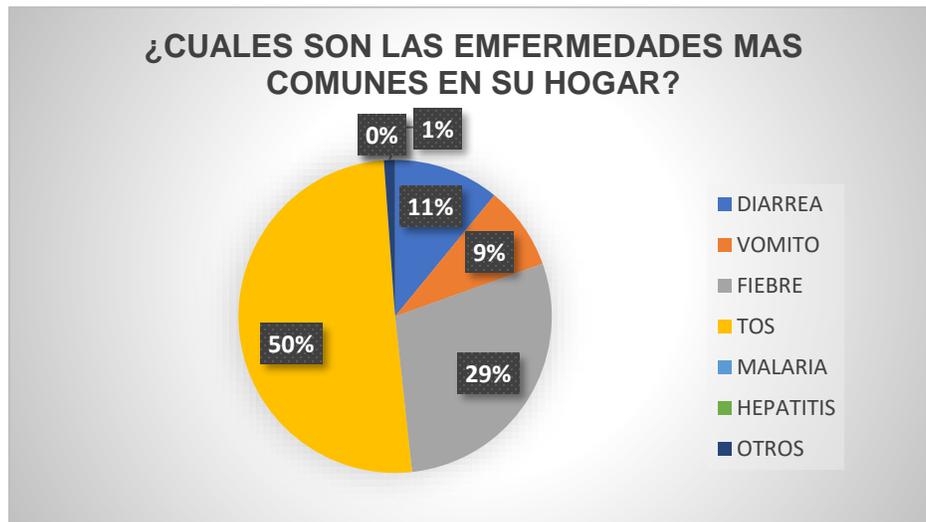
Ilustración 21: Enfermedades causadas por el agua consumida



Fuente: Elaboración propia

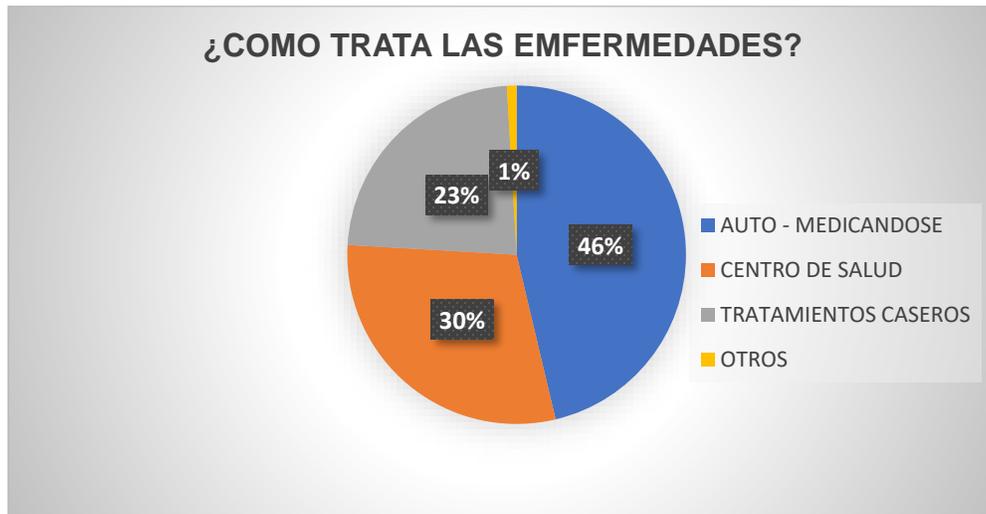
A continuación, se presentan los datos estadísticos de las enfermedades más comunes en las comunidades Las Lajas – El Guásimo y la forma en que las tratan.

Ilustración 22: Enfermedades más comunes en el hogar



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Manera en que se tratan las enfermedades comunes



Fuente: Elaboración propia

4.3 Estudio Topográfico

El levantamiento topográfico fue planimétrico y altimétrico, en preciso señalar se utilizó una estación total modelo SOKKIA CX -105 y un GPS como principales instrumentos, de ahí se levantaron 7.3 kms aproximadamente para el diseño de la línea de conducción y 2.5 kms de red de distribución, el predio para ubicación de tanque de almacenamiento y dos predios de la captación. En el levantamiento realizado se fueron ubicando viviendas y levantando información de propietarios con el fin de dejar reflejado en plano los beneficiarios del proyecto y su ubicación.

En conjunto con representantes de la comunidad se estudió la ruta más adecuada para definir el proyecto tomando en cuenta que gran parte de la zona en el sector que de la captación superficial es muy boscoso. En este caso se levantaron 2,820 metros lineales a campo traviesa entre la fuente y el camino principal de la comunidad. Luego se definió la ruta del proyecto sobre el camino principal y ramales de caminos o trochas existentes con el fin de no afectar ningún pase de servidumbre con la red de distribución en el poblado. La ruta seleccionada favorece la construcción del sistema con tubería soterrada y evita en gran parte los pases aéreos y la construcción de estructuras soportes para estos pases y por ende la exposición de la tubería al deterioro por intemperie y por exposición a actos vandálicos.

La información levantada se puede observar en plano topográfico dibujado en Civil 3D. La base de datos del levantamiento se presenta en el **acápite anexo E: Planos de diseño de abastecimiento de agua potable** de este trabajo.

4.4 Consumos

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipos de bombeo, planta de potabilización y futuras extensiones del servicio. Por lo tanto, es importante predecir la población futura para un número de años, que será fijada por los períodos económicos del diseño.

4.4.1 Proyección Poblacional

Los resultados para la selección de la tasa de crecimiento óptima para la localidad fueron los siguientes:

Se proyectó la población de la localidad en estudio, se realizó con los datos de El Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INIDE, 2005), el cual maneja toda la información relacionada con las poblaciones del país.

Tabla 7: Información censal

Información Censal			
<i>Año</i>	1971	1995	2005
<i>Pueblo Nuevo</i>	10552	19532	20620
<i>Estelí</i>	79164	174894	201548
<i>Nicaragua</i>	1877952	4357099	5142098

Fuente: (INIDE, 2005)

Para estimar la tasa de crecimiento de cada localidad se utilizó el método geométrico. Este método es más aplicable a localidades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua.

En la siguiente tabla se presentan las tasas de crecimiento calculadas en dos periodos para el país, el departamento y el municipio. Conviene señalar que el periodo uno corresponde a los años 1971-1995 y el periodo dos a los años 1995-2005.

Tabla 8: Tasa de crecimiento en los distintos periodos intercensales para la población municipal, departamental y nacional

Tasa de crecimiento geométrico

	periodo 1	periodo2
Pueblo Nuevo	2.60%	0.5%
Estelí	3.4%	1.4%
Nicaragua	3.6%	1.7%

Fuente: Elaboración propia

Al aplicar las distintas tasas de crecimiento calculadas anteriormente a la población base para cada quinquenio donde el período máximo proyectado es de 20 años, iniciando en el año 2019 y finalizando en el año 2039. Se obtuvieron los siguientes gráficos:

tabla 9: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el departamento

				Población
Zona	Tasa	n	Año	Hab
Estelí P-1	3.4%	0	2019	342
		5	2024	403
		10	2029	476
		15	2034	561
		20	2039	662
Estelí P-2	1.4%	0	2019	342
		5	2024	367
		10	2029	394
		15	2034	423
		20	2039	454

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el país

Zona	Tasa	n	Año	Población
				Hab
Nicaragua P-1	3.6%	0	2019	342
		5	2024	408
		10	2029	486
		15	2034	579
		20	2039	690
Nicaragua P-2	1.7%	0	2019	342
		5	2024	372
		10	2029	438
		15	2034	562
		20	2039	783

Fuente: Elaboración propia

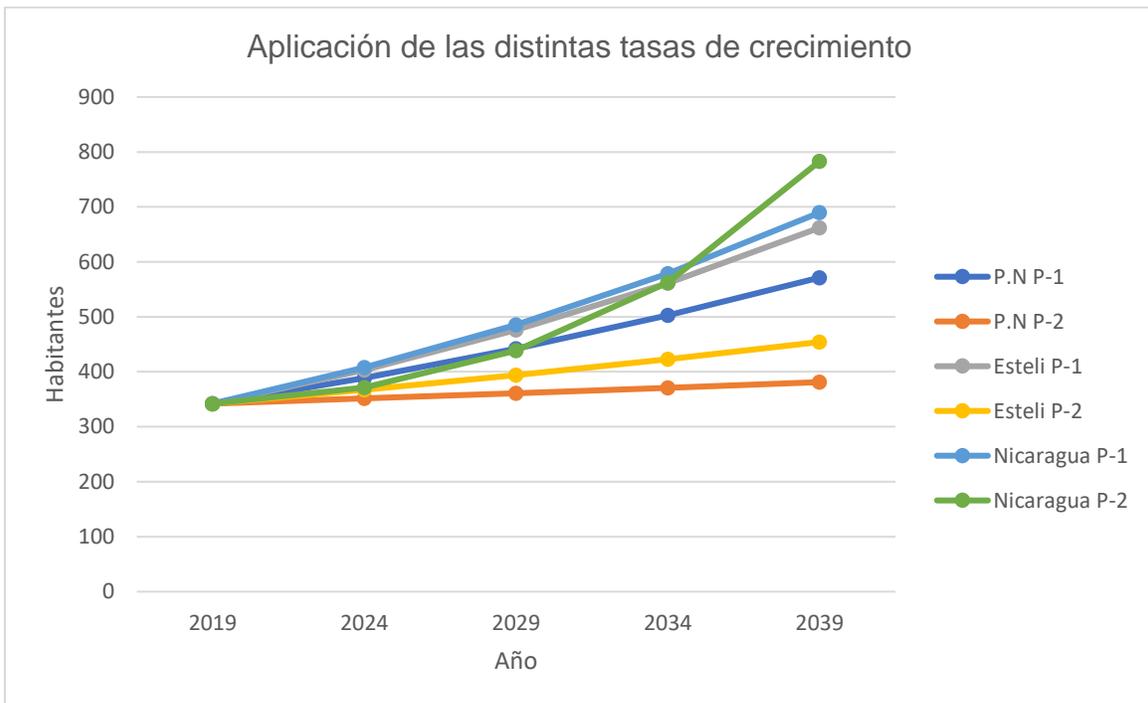
Tabla 11: Crecimiento poblacional aplicando las diferentes tasas de crecimiento para el municipio

Zona	Tasa	n	Año	Población
				Hab
P.N P-1	2.6%	0	2019	342
		5	2024	389
		10	2029	442
		15	2034	503
		20	2039	571
P.N P-2	0.5%	0	2019	342
		5	2024	351
		10	2029	361
		15	2034	371
		20	2039	381

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente al graficar cada proyección de los distintos crecimientos poblacionales uniendo los puntos correspondientes por medio de una curva envolvente, la curva que se encuentra más equidistante a los demás puntos de proyección es la del periodo uno del municipio.

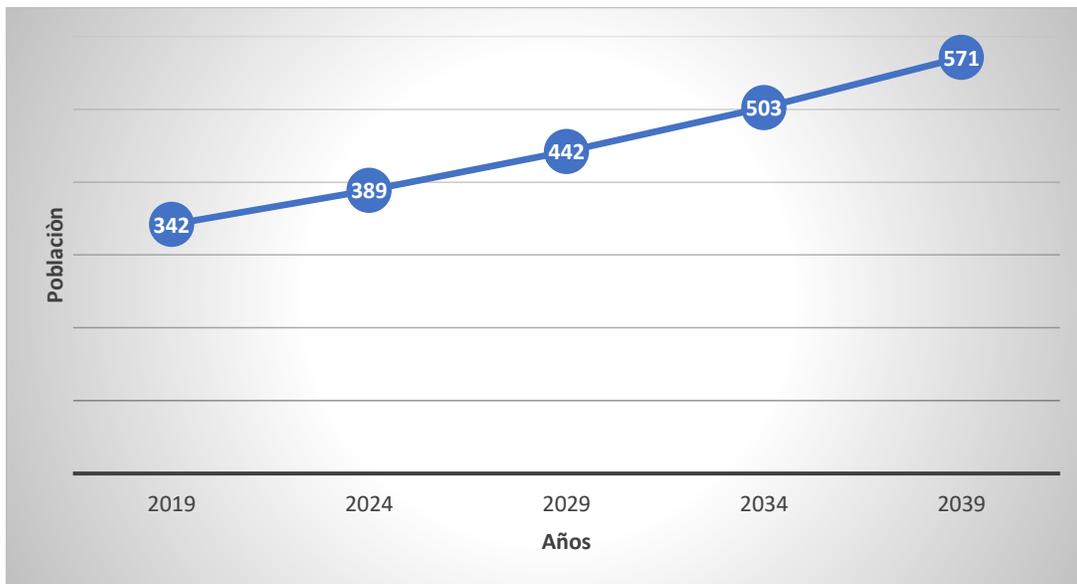
Ilustración 24: Aplicación de las distintas tasas de crecimiento



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se logró determinar el crecimiento poblacional mediante el método geométrico, usando la tasa de crecimiento de **2.6%** referente al periodo uno del municipio de Pueblo Nuevo donde se espera una población de 571 habitantes al final del período de diseño.

Ilustración 25: Crecimiento Poblacional



Fuente: Elaboración

4.4.2 Caudal de diseño

Cada uno de los cálculos de los caudales de diseño se realizaron a lo especificado en la norma NTON 09-001-99 (INAA, 1999) siguiendo todo lo descrito en la metodología de dicho proyecto. También se hace mención que para sistemas abastecimiento de agua potable con un nivel de servicio por medio de conexiones domiciliarias se asigna un caudal de 50lpdd a 60lpdd por lo tanto asignamos una dotación de 55 lpdd.

Tabla 12: Resultados de consumo

			F.M.D = 1.5		F.M.H = 2.5			
			Consumo Promedio		Consumo Máximo diario		Consumo Máximo horario	
Año	Población	Perdida	LPS	GPS	LPS	GPS	LPS	GPS
2019	342	0.04	0.22	0.058	0.37	0.098	0.544	0.144
2024	389	0.05	0.25	0.065	0.42	0.111	0.618	0.163
2029	442	0.06	0.28	0.074	0.478	0.126	0.7034	0.186
2034	503	0.06	0.32	0.085	0.543	0.144	0.799	0.211

			Consumo Promedio		Consumo Máximo diario		Consumo Máximo horario	
Año	Población	Perdida	LPS	GPS	LPS	GPS	LPS	GPS
2039	571	0.07	0.36	0.096	0.618	0.163	0.981	0.259

F.M.D = 1.5 F.M.H = 2.5

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos se hizo el análisis hidráulico que pretende dimensionar los elementos más importantes que componen el Mini Acueducto por Gravedad (MAG) para abastecer de agua potable a las comunidades de El Guásimo y Las Lajas.

4.5 Diseño Hidráulico

En las siguientes páginas se presenta el diseño hidráulico de cada uno de los elementos que conformaran el sistema propuesto, se presentan en el siguiente orden operacional del sistema:

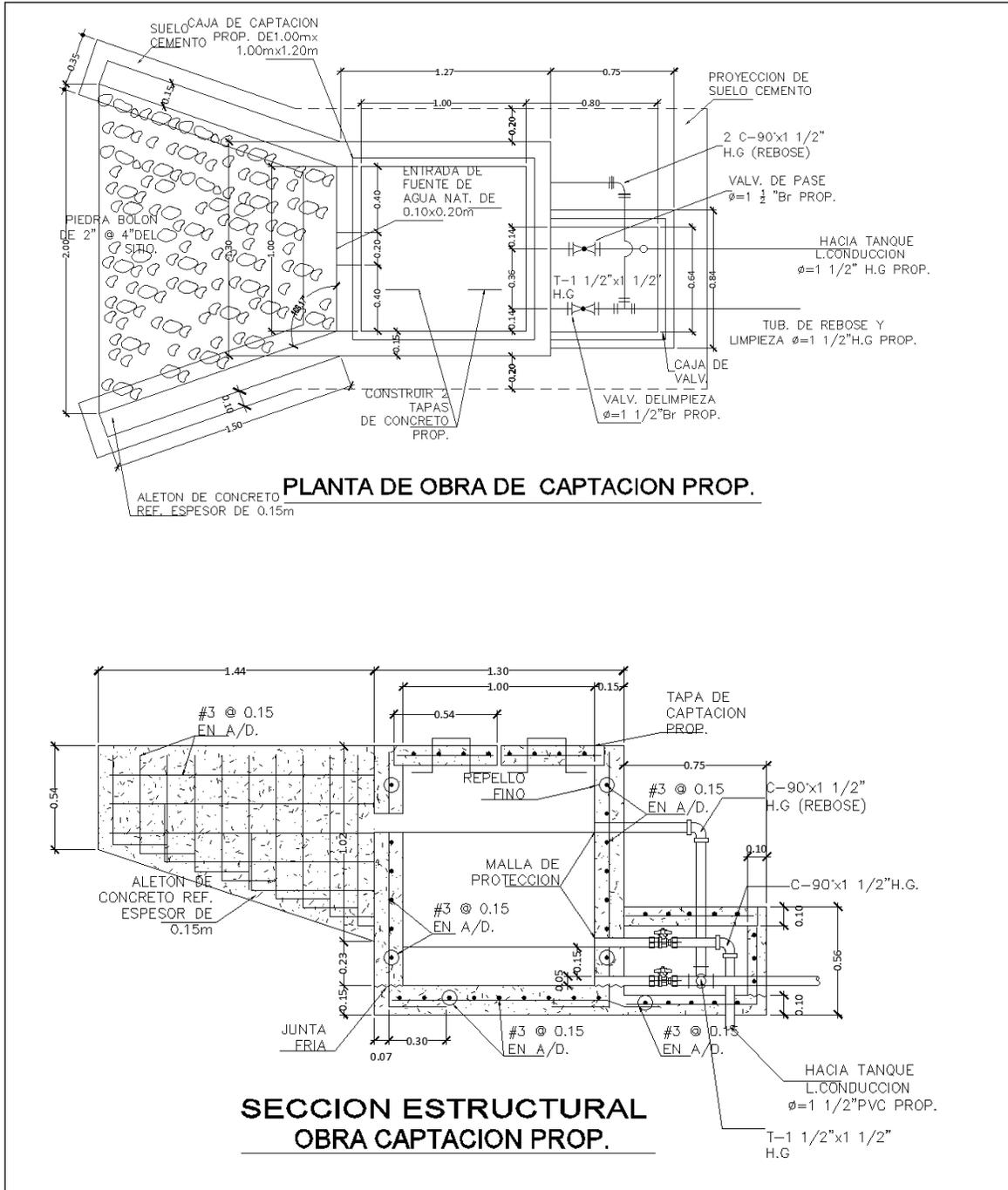
- Obra de captación
- Línea de conducción
- Tanque de Almacenamiento
- Red de distribución
- Tratamiento
- Conexiones

4.5.1 Obra de captación.

De acuerdo a los resultados del estudio las fuentes propuestas a utilizar para abastecer a las comunidades Las Lajas y El Guásimo será únicamente la fuente superficial El Moro debido a que el consumo máximo diario (CMD) del final del periodo de diseño es menor que el caudal crítico de producción de la fuente, por lo tanto, dicha fuente de abastecimiento satisface la demanda poblacional.

A continuación, se presenta el esquema de la obra de captación propuesta, recalcando que en el **acápite anexo E: Planos de diseño de abastecimiento de agua potable** se puede apreciar de forma más detallada.

Ilustración 26: Esquema de obra de captación



Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Línea de conducción

Se diseña para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (C MD= 1.5 CPD).

CMD (15 AÑOS) :0.618 LPS

Dicho caudal deberá ser abastecido por la Fuente El Moro con aportación de 0.625 litros por segundo (lps).

Diámetro de tubería

El dimensionamiento de la tubería de la línea de conducción se aplicó la fórmula exponencial de Hazen - Williams, donde se despejó de la siguiente forma:

$$\frac{H}{L} : S = \frac{10.549 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad D: \sqrt[4.87]{\frac{10.549(Q^{1.85}) * L}{C^{1.85} * H}}$$

Donde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: Gasto en m³/seg.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de Hazen Williams cuyo valor depende del tipo de tubería a utilizar

$$D: \sqrt[4.87]{\frac{10.549 * 0.000618^{1.85} * 7263.214}{150^{1.85} * 498.41}}$$

D: 0.025m: 25mm

Como resultado final, el diámetro propuesto para línea de conducción es de 1 ½" (37.5 mm) reflejado como diámetro mínimo en la norma NTON 09-003-99 (INAA, 1999).

Velocidad

La velocidad de diseño se encontró mediante la ecuación de continuidad usando Diámetro de 1 ½ " y el caudal aportado por la fuente.

$$V: \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo.

D: Diámetro de tubería en metros

$$V: \frac{4(0.000618) \text{ m}^3/\text{seg}}{\pi * (0.0375 \text{ m})^2}$$

$$V: 0.56 \text{ m/seg}$$

La velocidad está en un rango entre 0.4 y 2.0 m/s, que es lo permisible según lo indica la norma (INAA, 1999)

Golpe de ariete

Para la línea de conducción primeramente se utilizó tubería PVC siendo este material el más económico, No obstante, al realizar los cálculos de sobrepresión estos eran superiores a la presión de trabajo disponible en cualquier tipo de cédula. Por lo tanto, se propuso una tubería Hg (hierro galvanizado) para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema.

Tabla 13: Dimensiones y características de tuberías H.G

Dimensiones y características de tuberías H.G			
Tubo (in)	Cédula	Espesor nominal (mm)	Presión hidrostática (m.c.a)
1 ½ pulg	40	3.68	844
	80	5.01	1255
2 pulg	40	3.91	1617
	80	5.54	1758

Fuente: (ASTM, 2018)

Se calculó el golpe de ariete a partir de los datos obtenidos en la línea de conducción, con la siguiente fórmula establecida por Allievi:

$$c: \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

Donde:

C Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

E: Espesor de los tubos (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

Tabla 14: Coeficiente de K de las tuberías según el material

Material de tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1
Concreto	5
Asbesto/cemento	4.4
PVC	18

Fuente: (Durman, 2015)

El calculo de la celeridad de la onda de compresión es :

$$c: \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.1524 \text{ m}}{0.01247 \text{ m}}}}$$

$$c: 604.42 \text{ m/s}$$

Con la celeridad se calculó el tiempo óptimo de la maniobra de cierre de válvula:

$$T: \frac{2L}{c}$$

Donde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s).

T: Fase o periodo de cierre (s)

$$T: \frac{2(7263.214\text{m})}{1332.47 \text{ m/s}}$$

$$T: 10.9 \text{ seg}$$

El tiempo de cierre es lento, Por ello se trabajó con la fórmula de Michaud.

$$\Delta H: \frac{2 * L * v}{g * T}$$

Donde:

ΔH : Sobre presión por golpe de ariete

V: Velocidad media del flujo en la tubería (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

L: Longitud del tramo de tubería

T: Tiempo de cierre (segundos)

$$\Delta H: \frac{2 * 7263.214 * 0.56}{9.81 * 10.9}$$

$$\Delta H: 76.07 \text{ m}$$

Presión total

La presión total en la línea de conducción debe ser menor a la presión de trabajo de la tubería, podemos describir la presión total equivalente a la suma del golpe de ariete más la carga estática.

$$PT: \Delta H + CE$$

$$PT: 76.07m + 498.41 m$$

$$PT: 574.48$$

De ello resulta necesario decir que la tubería H.G Cédula 40 tiene la capacidad de soportar las sobrepresiones producidas en la línea de conducción.

4.5.3 Tanque de almacenamiento.

Como se había estipulado, el volumen del tanque de almacenamiento corresponde al 35% del consumo promedio diario para el máximo período de 20 años, por lo tanto, el volumen de almacenamiento resulta ser:

$$vol: \frac{35\% * CPD * 86400 \text{ seg/día}}{1000l/m^3}$$

$$vol: \frac{35\% * 0.36 \frac{l}{seg} * 86400 \frac{seg}{día}}{1000l/m^3}$$

$$vol: 11 m^3$$

Predimensionamiento

Los resultados de Predimensionamiento basados en la relación empírica descrita en la metodología muestran lo siguiente:

$$h: \frac{Vol}{3} + k \quad A: \sqrt{\frac{Vol}{h}}$$

Donde:

h = Profundidad en metros.

Vol = Volumen del tanque en cientos de metros cúbicos.

A = Área transversal.

K = Coeficiente en ciento de metros cúbicos.

$$h: \frac{11/100}{3} + 2$$

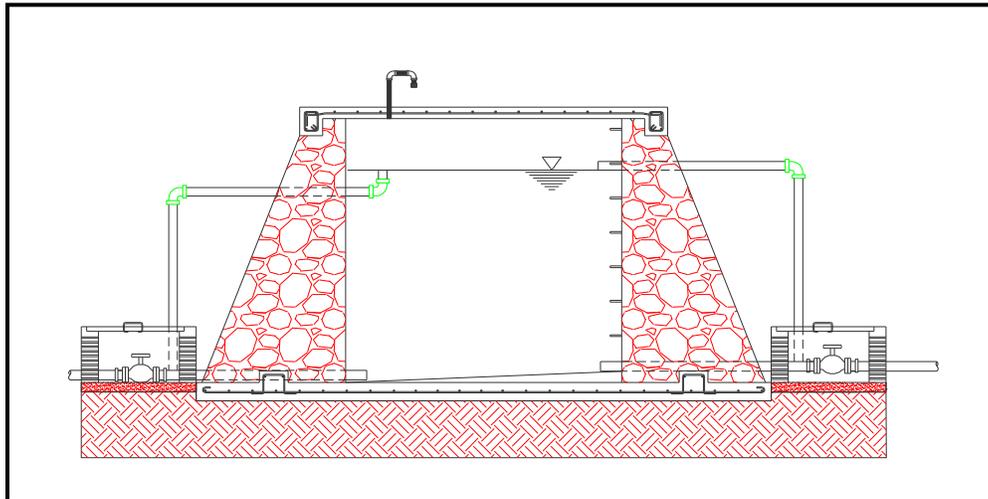
$$h: 2.04m$$

$$A: \sqrt{\frac{11 m^3}{(2.04)}} \quad A: 2.324 m^2$$

Tipo de tanque y dimensionamiento.

El diseño del tanque propuesto obedece a diseños típicos FISE de tanques sobre suelo de mampostería de piedra bolón.

Ilustración 27: Esquema de Tanque



Fuente: (FISE, 2008)

Basado en el volumen de agua estimado se propuso un tanque de almacenamiento con las siguientes dimensiones:

Tabla 15: Dimensiones propuestas en tanque de almacenamiento

Dimensiones propuestas en tanque de almacenamiento	
Descripción	Medida (metros)
Altura máxima	2.80
Altura de recámara	2.35
Ancho de recámara	2.20
Largo de recámara	2.20
Elevación de terreno	760.34
Rebose	0.25
Elevación de rebose	762.7 msnm

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que toda la descripción del tanque con sus especificaciones constructivas, estarán como parte en el acápite **Anexo E: Planos de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable.**

Localización

La ubicación del tanque de almacenamiento se propuso en base a los predios disponibles para construir en la comunidad, escogiendo el punto más óptimo respecto a su elevación respecto a la fuente y el poblado. El predio en donde se ubicará el tanque será protegido con cerco de alambre de púas, para evitar el ingreso de animales y personas que pudieran ocasionar daños en la infraestructura o contaminación de las aguas.

Es preciso señalar que el tanque estará ubicado aproximadamente en las coordenadas: X: 554611.418, y: 1475143.529

4.5.4 Red de distribución

El análisis hidráulico de la red se realizó en conjunto con el taque de almacenamiento, las líneas de conducción y la aportación de la fuente, para ello se utilizó el programa EPANET Versión 2.0.

Datos para el modelaje de EPANET v.2.0

Para el análisis hidráulico Fuente – tanque – red, la Norma de ENACAL sugiere: En esta condición el caudal correspondiente al consumo máximo diario es transportado hacia el tanque de almacenamiento. La red demandará del tanque el consumo de la máxima hora, o la demanda coincidente. El tanque trabajará con una altura que permita dar las presiones residuales mínimas establecidas en todos los puntos de la red.

La Información suministrada en el modelo es la siguiente:

- Elevaciones del terreno en cada uno de los nodos (fuente, línea de conducción, almacenamiento y red de distribución).
- Longitudes de tubería en PVC (C=150) y de Hierro Galvanizado (C=100).
- Consumo máximo día CMD para la línea de conducción, consumo de máxima hora y consumo cero para la red de distribución.
- Tanque de almacenamiento: Altura total = Elevación del terreno (se asume que el tanque estará a un nivel mínimo cercano a la cota del terreno para suplir las presiones en la red).

Distribución de caudales

Para realizar la simulación hidráulica del sistema propuesto, se estimaron las demandas por nodos, las cuales se calcularon utilizando el método de longitudes tributarias, luego se suman todas las longitudes y se divide el número de viviendas totales entre la longitud total de tubería, para obtener un factor de viviendas por metros, finalmente se multiplica este factor por la longitud tributaria del nodo para encontrar el número de viviendas a servir en cada nodo. Luego se divide el caudal total de demanda CPD entre el número total de Nodos a servir para obtener un factor de caudal que luego se multiplica por cada nodo y obtener su demanda. Estos resultados se presentan en el acápite **Anexo C:**

Diseño hidráulico

Resultado de análisis hidráulico – EPANET V2.0

Presiones:

El análisis de las presiones de la red se hizo mediante un escenario crítico como es el consumo cero que es en el momento donde se presentan las presiones máximas, Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se garantizó que este parámetro cumpla dentro de un rango permisible establecido en la norma NTON 09 001- 99, los valores son los siguientes:

- La presión mínima residual en la red principal será de 14.00 m.
- la carga estática máxima será de 50.00 m.
- Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70.00 m., cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

En este diseño se propuso un trazado de circuito abierto y para cumplir con las presiones regidas se instalaron dos válvulas reguladoras de presión en los sitios de la red donde las presiones superan los 70m. Conviene enfatizar que a pesar de que una pila rompe carga es mucho más económica que una válvula reguladora de presión se optó por usar esta porque permite controlar la presión de salida en cambio las pilas rompe carga bajan las presiones hasta cero y puede darse el caso que no llegue el agua a algunos hogares. Por otra parte, se presentan 2559.350 metros de tubería donde se propone utilizar PVC SDR-26 como la selección más óptima y económica que soporta las presiones máximas que se llegan a producir, sin embargo, se utiliza tubería H.G en los cruces aéreos propuestos.

Sintetizando todo lo mencionado se pueden apreciar dichos valores calculados en el acápite **Anexo C: Diseño hidráulico.**

Velocidades:

En el estudio de velocidades en la red de distribución se realizó en el escenario del consumo máximo horario (CMH) después de haber asignado la distribución de caudales, seguidamente se inició un trabajo iterativo cambiando diámetros de tubería con la intención de optimizar las velocidades en el sistema, sin embargo, en ciertos tramos de

tubería no se cumplen las velocidades permitidas (0.4 -2 m/seg.) a pesar de proponer el diámetro mínimo (1 ½”), este caso se observa principalmente en los ramales secundarios de la red debido a que las demandas de los nodos son relativamente bajas, pero para contrarrestar este caso se instalarán válvulas de vacío y válvulas de limpieza en los sitios altos y bajos respectivamente para garantizar un buen funcionamiento.

De igual forma todos los resultados de velocidad y diámetros propuestos se encuentran en el acápite **Anexo C: Diseño hidráulico**.

4.5.5 Tratamiento

Para desinfectar el agua se propone la instalación de dosificador de cloro sobre el tanque a construir mostrado en el **acápito anexo E: Planos de diseño de abastecimiento de agua potable**

En la **Tabla 16: Dosificaciones para clorador** se presenta el cálculo para la dosificación de cloro que se le debe agregar al equipo de cloración hidráulico. Una vez preparada la mezcla, se vierte en el equipo de cloración, se regula de acuerdo al caudal que llega al tanque y se deja dos días como máximo, que es el tiempo adecuado de duración de la mezcla.

Tabla 16: Dosificaciones para clorador

Caudal de agua a clorar		Caudal de mezcla de cloro			
en GPM	en LPS	Al 1 %		Al 0.5 % (**)	
		ml/hora	gotas/min	ml/hora	gotas/min
1	0.06	45.42	15	90.8	30
2	0.13	90.84	30	181.7	61
3	0.19	136.26	45	272.5	91
4	0.25	181.68	60	363.4	121
5	0.32	227.10	76	454.2	151
6	0.38	272.52	91	545.0	182
7	0.44	317.94	106	635.9	212
8	0.50	363.36	121	726.7	242

Caudal de agua a clorar		Caudal de mezcla de cloro			
en	en	Al 1 %		Al 0.5 % (**)	
GPM	LPS	ml/hora	gotas/min	ml/hora	gotas/min
9	0.57	408.78	136	817.6	273
10	0.63	454.20	151	908.40	303
11	0.69	499.62	166	999.2	333
12	0.76	545.04	181	1090.1	364
13	0.82	590.46	196	1180.9	394
14	0.88	6335.88	211	1271.8	424
15	0.95	681.30	227	1362.6	454
16	1.01	726.72	242	1453.4	485
17	1.07	772.14	257	1544.3	515
18	1.14	817.56	272	1635.1	545
19	1.20	862.98	287	1726.0	576
20	1.26	908.40	302	1816.8	606

(**) Esta es la concentración que se obtiene de los equipos que producen cloro por electrolisis

4.6 Formulación de presupuesto

En base a los planos elaborados se hizo una evaluación de costos que consistió en obtener las cantidades necesarias para la propuesta de construcción de la red de abastecimiento de agua potable para la localidad. Este presupuesto abarca actividades que están incluidas en el catálogo de etapas y sub etapas del (FISE, 2015), además, actividades que están propuestas acordes al diseño.

En la **Tabla 26: Estimación de costos del proyecto** ubicada en el **acápito anexo D: Presupuesto**, se muestra a detalle el presupuesto calculado basado en la cuantificación y estimación de volúmenes de obras, siendo congruentes con las etapas, sub etapas y actividades constructivas o de desarrollo, valorando tanto costos directos como indirectos.

La tabla de costo y presupuesto contiene 7 etapas:

- 1) Preliminares: etapa en la cual se prepara la obra y se da orientación a la misma para ejecutarse de una manera adecuada.
- 2) Fuente: en esta etapa se realiza la excavación de la fuente para tener una buena captación, estudios del agua, caseta o estación de bombeo, cerca perimetral.
- 3) Línea de conducción: esta etapa es en la cual se coloca la tubería del pozo al tanque, tubería de diámetro destinado con sus respectivos accesorios y bloques de reacción donde sean necesarios.
- 4) Tanque de almacenamiento: etapa de construcción o elaboración del depósito de agua de volumen destinado.
- 5) Línea de distribución: etapa en la cual se distribuyen las tuberías de diámetro calculado, con el fin de llevar el agua con presión y velocidad necesaria
- 6) Conexiones domiciliarias: etapa en la cual se instala la tubería a cada una de las casas con sus respectivos accesorios y medidor.
- 7) Limpieza y entrega: esta etapa simplemente se limpia el área trabajada de escombros, basura etc., para posteriormente realizar entrega de la obra.
- 8) Saneamiento: Etapa donde se construyen cada uno de los componentes de las letrinas ventiladas con lava mano.

Los precios de los materiales se consultaron a ferreterías distribuidoras Ferretería y Materiales de Construcción EPCA de la localidad y SINSA, así también fuera de la localidad como lo son SEMUNICA.SA y VALVULAS Y FILTRACION S.A.

A partir de las consultas antes mencionadas, y los cálculos pertinentes se obtuvo el precio final estimado en córdobas de: C\$ 5, 712,098.32 con un equivalente en dólares de \$ 238,714.56

Estimación de Tarifa

En el análisis de tarifa se estimó mediante dos modalidades de pago, con los cuales la comunidad puede regirse. Estos resultados se muestran en la **Tabla 18: Definiciones de tarifas de pago**

Tabla 17: Estimación de costos de operación y mantenimiento

Costo de operación				
		Frecuencia	Costo	Costo Anual
1	Papelería	Mensual	50	600
2	Cloro	Mensual	150	1800
3	Costo de Planilla	Mensual	6000	72000
3.1	Operador-Cobrador	Mensual	3000	36000
3.2	Contador/administrador	Mensual	3000	36000
4	Análisis de calidad de agua	trimestral	300	1200
	Costo total de operación		6300	75600

Costo de mantenimiento				
		Frecuencia	Costo	Costo Anual
1	Desinfección captación	semestral	150	300
2	Reparaciones en la red	frecuente	150	1800
3	Reparaciones en tanque	frecuente	250	3000
4	Reposición equipo cloración	Semestral	200	2400
5	Herramientas	Global	125	1500
	Costo total de mantenimiento		750	9000

	Mensual	Anual
Costo total de operación y mantenimiento	C\$ 7050	C\$ 84600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Definiciones de tarifas de pago

Definición de Tarifa			
<i>Alternativa 1: Tarifa equitativa</i>			
	Operación y mantenimiento		No. viviendas
	C\$ 7050	Dividido entre	97
Tarifa equitativa	C\$ 73	Por vivienda	
<i>Alternativa 2: Tarifa con Micro medición</i>			
Dotación	13.21	gppd	
No. Beneficiarios	342	personas	
Producción del sistema	4517.82	gpd	
	17.10	M3/día	
	513	M3/mes	
	Operación y mantenimiento		Prod. mensual
	C\$ 7050	Dividido entre	513
Tarifa con medidor	C\$ 13.74	C\$/m3	

Tarifa vigente		
Rango de consumo (m3)	Costo domiciliario (C\$)	Costo Comercial (C\$)
		30%
0.0 – 10.00	13.74	17.86
10.1 – 20.0	16.48	21.42
20.1 - Más	19.77	25.7

Fuente: Elaboración propia

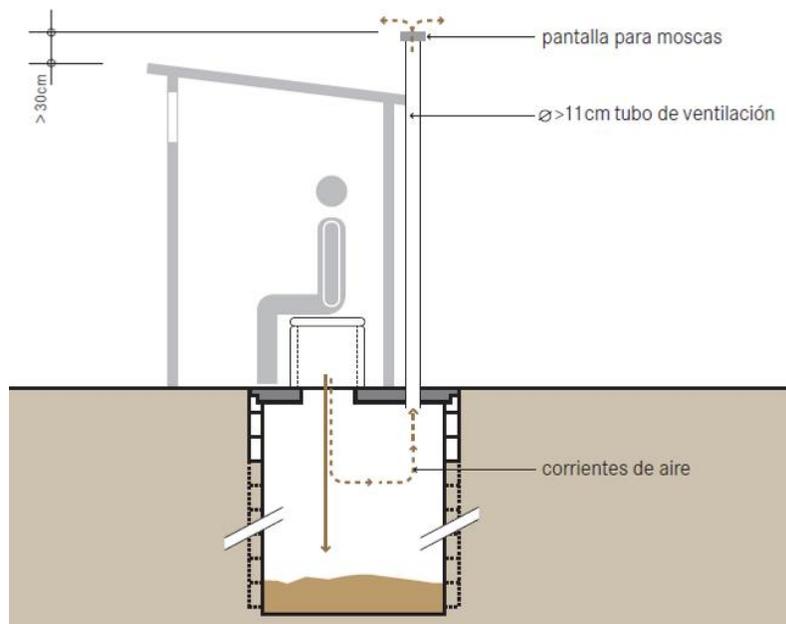
4.7 Propuesta de saneamiento

De acuerdo a la demanda de saneamiento existente en la comunidad se propone construir un total de 85 unidades de saneamiento. Beneficiando a las viviendas que no tienen letrinas actualmente, las viviendas que tienen letrinas en mal estado y en regular estado.

En visita de campo a la comunidad se investigaron ciertos aspectos que permitieron plantear las opciones de saneamiento para la comunidad. Los suelos predominantes en la zona son suelos arcillosos y rocosos, el nivel freático se localiza cerca a unos 20m y en algunos sectores a mayor profundidad, Aunque es una zona lluviosa los suelos tiene buen drenaje debido a la topografía inclinada.

Para este sistema, la alternativa de saneamiento propuesta es una letrina ventilada semi elevada tal y como se describe en el siguiente esquema:

Ilustración 28: Esquema de letrina ventilada semi elevada



Fuente: (EAWAG, 2018)

Los VIP son especialmente apropiados cuando el agua es escasa y donde hay un bajo nivel freático. Deben ser ubicados en un área con buena ventilación. No son adecuados para terrenos rocosos o compactos (que son difíciles de excavar) o para áreas que se inundan frecuentemente.

Para mejorar los hábitos de higiene en la población se propone la instalación de unidades de lavado de manos, junto a la caseta de las unidades de saneamiento

Aspectos técnicos

- La letrina VIP Es una letrina mejorada sobre el Pozo Simple porque el flujo continuo de aire por la tubería de ventilación alivia los olores y actúa como una trampa para las moscas ya que escapan hacia la luz.
- Las moscas que se crían en el pozo son atraídas por la luz en la parte alta del tubo de ventilación. Cuando vuelan hacia la luz y tratan de escapar son atrapadas por la pantalla de moscas y mueren. La ventilación también permite que escapen los olores y minimiza la atracción para las moscas.
- El tubo de ventilación debe tener un diámetro interno de 100 mm hasta un máximo de 150 mm y estar por encima del punto más alto de la superestructura de la letrina. La ventilación funciona mejor en áreas con viento, pero donde hay poco viento, su efectividad se puede mejorar pintando el tubo de negro; la diferencia de calor entre el pozo (frío) y la ventila (tibia) crea una corriente que jala el aire y los olores hacia arriba y hacia el exterior del pozo.
- El tamaño de la malla de la pantalla para moscas debe ser suficientemente grande para prevenir el taponamiento con polvo y permitir que circule el aire libremente.
- Al filtrarse el efluente del VIP Simple y migrar por el terreno no saturado, se eliminan los organismos fecales. El grado de eliminación de organismos fecales varía con el tipo de terreno, la distancia viajada, la humedad y otros factores ambientales y, por lo tanto, es difícil estimar la distancia necesaria entre un pozo y una fuente de agua. Se recomienda una distancia de al menos 30 m entre el pozo y una fuente de agua para limitar la exposición a contaminación química y biológica. (EAWAG, 2018)

Conclusiones

Para finalizar podemos decir que gracias al trabajo y las investigaciones efectuadas se consiguió diseñar con satisfacción el sistema de mini-acueducto por gravedad (MAG) y saneamiento para las comunidades Las Lajas y El Guásimo, Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí. Cumpliendo con un buen servicio para los beneficiados.

1. La fuente propuesta conocida como El Moro tiene capacidad suficiente para satisfacer la demanda del final del periodo de diseño y de acuerdo a los resultados de calidad físico química y bacteriológica del agua únicamente se propone un sistema de cloración para su potabilidad.
2. El análisis socioeconómico se realizó a partir de encuestas aplicadas al 100% de los pobladores. En donde se observa claramente el estado crítico actual del consumo de agua, la falta de un buen sistema de saneamiento y el bajo nivel de recursos económicos con los que se cuenta, es por ello la importancia de un sistema de abastecimiento con una tarifa de pago accesible.
3. Se realizó el estudio topográfico de todo el poblado y la ruta definida para el proyecto asimismo se identificaron claramente puntos de interés y también se delimitaron las propiedades y se ubicó a los propietarios de los lotes.
4. Se dimensionó todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable los cuales son: obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, sistema de tratamiento y red de distribución cumpliendo con todos los parámetros y criterios necesarios los cuales están reflejados en la (INAA, 1999)
5. Se estimó el costo y presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable basándose siempre como un diseño viable y factible económicamente dentro del sector rural.
6. Se logró proponer una alternativa de saneamiento relativamente económica acorde a las condiciones de la zona y que esta pueda suplir una necesidad tan importante.

Recomendaciones

1. Para operar y dar uso correcto al sistema de agua por gravedad MAG es necesario capacitar a una persona para que se encargue de la operación y mantenimiento del mismo.
2. Se recomienda realizar cada 3 meses un monitoreo sistemático del grado de contaminación de las aguas en la obra de captación, en este caso para regular la dosificación de cloro a utilizar. Estos análisis deben realizarse en coordinación con la alcaldía municipal y el MINSA.
3. El agua proporcionada por el sistema se deberá consumir principalmente para las necesidades humanas y actividades domésticas, no es recomendable utilizar el agua para el cultivo, ni para el consumo y baño de grandes animales; o cualquier actividad que no se consideró en el diseño.
4. La fuente de captación destinada para el proyecto de agua deberá ser debidamente protegidas (cercada), para evitar el acceso de personas no autorizadas y animales. Además de ello reforestar el área comprendida en un radio de 50 metros, medidos desde el centro de la fuente de captación
5. Es importante manejar un fondo monetario para enfrentar percances que puedan afectar el sistema, de igual forma mantener en el sitio cajas de herramientas y accesorios básicos para realizar reparaciones inmediatas.
6. Se recomienda proponer un sistema de tratamiento para las aguas grises, con la intención de proteger los acuíferos presentes en el territorio.

Bibliografía

- Alcaldía de Pueblo Nuevo . (2017). *Caracterización Municipal 2017 Pueblo Nuevo-Esteli* . Estelí : Alcaldía de Pueblo Nuevo .
- ASTM. (2018). *Instalaciones de gas y conducción de fluidos ASTM A-53*. Pensilvania: ASTM.
- Baltodano, J. Á. (2006). *Abastecimiento de agua*. Managua: UNI.
- Burbano, J. R. (1995). *Presupuestos Enfoque moderno de planeacion Y control de recursos*. Colombia: McGrawhill.
- Comisión Nacional del Agua . (2007). *Manual de agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento- Obras de toma* . México D.F: Secretría de medio ambiente y recursos naturales .
- Durman. (2015). *Catálogo de tuberías de agua potable*. Managua: Durman.
- EAWAG. (2018). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Managua: EAWAG.
- FISE. (2008). *Operacion y mantenimiento de un miniacueducto por gravedad*. Managua: FISE.
- FISE. (2015). *CATALOGO DE ETAPAS Y SUB-ETAPAS* . MANAGUA: FISE.
- Hudiel, S. J. (02 de Marzo de 2017). *Introducción a Topografía*. Estelí: UNI-RUACS. Obtenido de sjnavarro.wordpress.com.
- INAA. (1976). *GUÍAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Managua: INAA. Obtenido de Inaa.gob.ni.
- INAA. (1999). *Normas para el Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural y Saneamiento Básico Rural (NTON 09001-99)*. Managua: INAA.
- INAA. (1999). *Normas para el Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Urbano y Saneamiento Básico urbano (NTON 09003-99)*. Managua: INAA.
- INIDE. (2005). *Población por departamento-censos 1971,1995,2005*. Managua: INIDE.
- Pardo, E. F. (1987). *Elementos básicos para el análisis del contexto económico de las firmas regionales Colombianas*. Bogotá: CIDER.
- Ramirez, K. A. (2016). *Diseño de un equipo didáctico para el estudio del fenómeno del golpe de ariete en Tuberías*. San Salvador: Ciudad Universitaria.

SIASAR. (2019). *Reporte de sistemas de agua existentes en Nicaragua*. Managua: SIASAR.

UCML. (2012). *Golpe de Ariete*. Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha.

Anexos

Anexo A: Fuente de abastecimiento

Tabla 19: Resultados de aforo - Fuente El Moro

AFORO.				
Fecha de realización: <u>01/05/2019</u> hora: <u>10.20am</u>				
Datos generales.				
Comunidad beneficiada: <u>Las lajas – El guásimo</u>				
Distancia del casco urbano: <u>7km.</u> n° de vivienda: <u>97</u>				
Total de población: <u>342</u>				
fuelle de abastecimiento:				
ubicación (comunidad/propietario): <u>El moro/ propietario: fuente comprada por las comunidades beneficiadas</u>				
COORDENADAS (gps)				
x(mts)	y(mts)	z(mts) msnm		
0553824	1469021	1261		
aforo:				
PRUEBA	Volumen (Its)	Tiempo (seg)	CAUDAL	
			Lts/ seg	Gln/Min
1	20	32.05	0.624	9.892
2	20	31.8	0.628	9.969
3	20	31.92	0.626	9.932
4	20	32.05	0.624	9.892
5	20	32.18	0.621	9.853
PROMEDIO	20	32	0.625	9.907
NOTA: Esta fuente es la principal para bastecer las comunidades la cual está ubicada en el cerro conocido como cerro el moro.				
Para efectos de conversión. 1gl = 3.785 lts.				
Realizado				
#	Nombres y apellidos	Labor		
1	Hermógenes Yamil Zelaya Zamora.	Bachiller		
2	Eliar René Valenzuela Centeno.	Bachiller		
3	Félix pedro centeno.	Líder comunitario		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20: Resultados de aforo - Fuente Las Pilas

AFORO.				
FECHA DE REALIZACION: 01/05/2019 Hora: 11:40 AM				
DATOS GENERALES.				
Comunidad Beneficiada: Las Lajas – El Guásimo				
Distancia del Casco Urbano: 4.5Km. N.º De Vivienda: 97				
Total de población: 342				
FUENTE DE ABASTECIMIENTO:				
Ubicación (Comunidad/Propietario): Las Pilas / Propietario: Fuente comprada por las comunidades beneficiadas				
COORDENADAS (gps)				
x(mts)	y(mts)	z(mts) msnm		
0554291	14702332	1034		
AFORO:				
PRUEBA	Volumen (Lts)	Tiempo (Seg)	CAUDAL	
			Lts/ Seg	Gln/Min
1	7	43.23	0.161	2.566
2	7	42.89	0.163	2.587
3	7	43.56	0.160	2.547
4	7	42.92	0.163	2.585
5	7	43.45	0.161	2.553
PROMEDIO	7	43.21	0.162	2.568
Nota: Esta fuente complementa la fuente del Moro para bastecer la demanda en caso de que se requiera. Se ubicada en el lugar conocido como Las Pilas.				
Para efectos de conversión. 1gl = 3.785 lts.				
Realizado				
#	Nombres y apellidos	Labor		
1	Hermógenes Yamil Zelaya Zamora.	Bachiller		
2	Eliar René Valenzuela Centeno.	Bachiller		
3	Félix Pedro Centeno.	Líder comunitario		

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 29: Resultado prueba calidad de agua- Fuente El Moro



Universidad Nacional de Ingeniería
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-MB-1506-0072-2

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO
Proyecto Sistema de Agua Potable, "Las Lajas"			Alcaldía de Pueblo Nuevo		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Martha Lisbeth Agurcia		Formuladora de Proyecto	lagurcia@gmail.com		88544381
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			NUMERO DE MUESTRAS
30/06/2015	30/06/2015	06/07/2015	07/07/2015	2147	Dos(2)
Fecha y Hora de Muestreo			29/06/2015 2:00pm		
Muestreado por			Sergio Gutierrez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Martha Lisbeth Agurcia		
Fuente			Las Pilas		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Las Pilas, Pueblo Nuevo		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1506-0428		
METODO SM # EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 2		Norma CAPRE*
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	9.2*10 ¹		Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	2.3*10		Neg.

Rango o valor máximo permisible

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 <: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Neg= Negativo
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


 Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

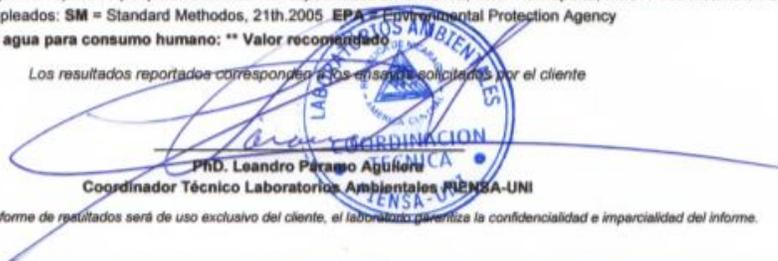
FQAN1506-0090

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN			TELEFONO
Proyecto Sistema de Agua Potable Las Lajas		Alcaldía de Pueblo Nuevo			NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Martha Lisbeth Agurcia		Formuladora de Proyecto	lagurcia@gmail.com	88544381	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
30/06/2015	30/06/2015	07/07/2015	08/07/2015	2147	
Fecha y Hora de Muestreo			29/06/2015; 02:00 pm		
Muestreado por			Sergio Gutiérrez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Martha Lisbeth Agurcia		
Fuente			Las Pilas		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Las Pilas, Pueblo Nuevo		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1506-0428		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Norma CAPRE*	
Visual	Aspecto	NE	Claro, PMS	NE	
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	6.39	6,5 - 8,5**	
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	160.80	400**	
2130-B	Turbiedad	NTU	0.165	5	
2120-C	Color Verdadero	UC	10.00	15	
2320-B	Alcalinidad	mg/l	64.60	NE	
2320-B	Carbonatos	mg/l	< 0.10	NE	
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	64.60	NE	
4500-D	Nitratos	mg/l	1.13	50	
4500-B	Nitritos	mg/l	< 0.009	0.1	
4500-D	Cloruros	mg/l	5.45	250	
3500-B	Hierro Total	mg/l	0.019	0.3	
4500-D	Sulfatos	mg/l	< 1.00	250	
2340-C	Dureza total	mg/l	45.68	400**	
2340-C	Dureza Calcica	mg/l	25.36	NE	
3500-B	Calcio	mg/l	10.16	100**	
3500-B	Magnesio	mg/l	4.94	50	
3500-B	Manganeso	mg/l	< 0.02	0.5	
3500-X	Sodio	mg/l	6.90	200	
3500-C	Potasio	mg/l	4.20	10	
4500-C	Fluor	mg/l	0.233	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.
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, PMS=Poca Materia en Suspensión.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano: ** Valor recomendado

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



PHD. Leandro Parro Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Ilustración 30: Resultado prueba calidad de agua- Fuente Las Pilas



Universidad Nacional de Ingeniería
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-MB-1506-0072-1

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO
Proyecto Sistema de Agua Potable, "Las Lajas"			Alcaldía de Pueblo Nuevo		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Martha Lisbeth Agurcia		Formuladora de Proyecto	lagurcia@gmail.com	88544381	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	
30/06/2015	30/06/2015	06/07/2015	07/07/2015	2147	Dos(2)
Fecha y Hora de Muestreo			29/06/2015 1:00pm		
Muestreado por			Sergio Gutierrez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Martha Lisbeth Agurcia		
Fuente			El Moro		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Cerro El Moro, Pueblo Nuevo		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1506-0427		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Norma CAPRE*
			PUNTO DE MUESTREO 1		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	9.2*10 ³		Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	3.3*10 ³		Neg.

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 <: menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Neg= Negativo
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



PhD: Leandro Páramo Aguilera
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN1506-0090

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO
Proyecto Sistema de Agua Potable Las Lajas			Alcaldía de Pueblo Nuevo		NR
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Martha Lisbeth Agurcia			Formuladora de Proyecto	lagurcia@gmail.com	88544381
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
30/06/2015	30/06/2015	07/07/2015	08/07/2015	2147	Dos (2)
Fecha y Hora de Muestreo			29/06/2015; 01:00 pm		
Muestreado por			Sergio Gutiérrez		
Supervisor de Muestreo en Campo			Martha Lisbeth Agurcia		
Fuente			El Moro		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Cerro El Moro, Pueblo Nuevo		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1506-0427		
METODO SM # EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1		Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Claro, PMS		NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	6.19		6,5 - 8,5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	119.90		400**
2130-B	Turbiedad	NTU	0.140		5
2120-C	Color Verdadero	UC	< 1.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	44.40		NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	< 0.10		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	44.40		NE
4500-D	Nitratos	mg/l	1.25		50
4500-B	Nitritos	mg/l	0.010		0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	4.57		250
3500-B	Hierro Total	mg/l	0.010		0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	1.14		250
2340-C	Dureza total	mg/l	30.80		400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/l	22.24		NE
3500-B	Calcio	mg/l	8.91		100**
3500-B	Magnesio	mg/l	2.08		50
3500-B	Manganeso	mg/l	< 0.02		0.5
3500-X	Sodio	mg/l	6.20		200
3500-C	Potasio	mg/l	3.35		10
4500-C	Fluor	mg/l	0.234		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.
<: menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, PMS=Poca Materia en Suspensión.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

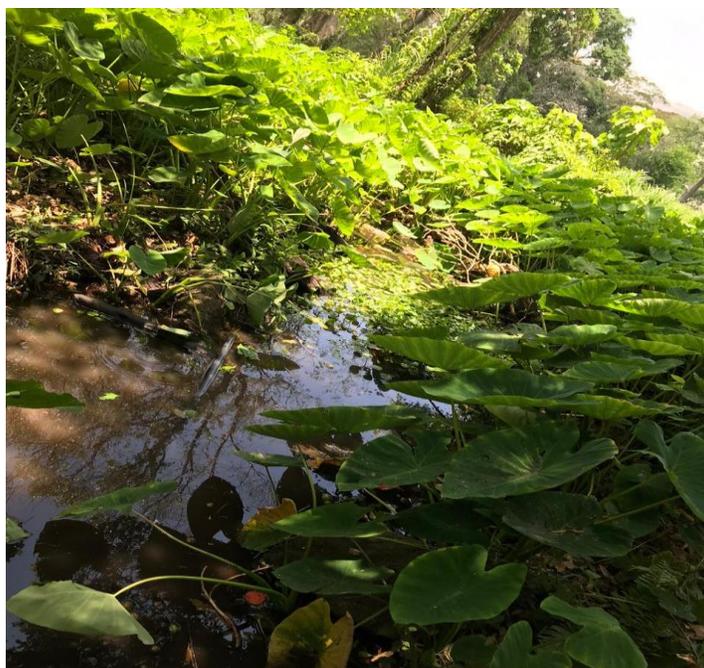
* Norma regional de calidad del agua para consumo humano: ** Valor recomendado

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UMI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Ilustración 31: Foto tomada en realización de aforo



Anexo B: Evaluación Socioeconómica

Tabla 21: Formato de censo socioeconómico

Encuesta N° _____ Fecha de Censo: ____/____/____

Departamento: _____ Municipio: _____ Comunidad _____

Jefe de Familia: _____

A- POBLACIÓN.

- 1- **¿Cuántas personas habitan en la vivienda?** Niños _____ hombre _____
Mujer _____
- 2- **Edad (cantidad en años):** 0-5 Años _____ 6-15 Años _____ 16-25 Años _____ 26-35
Años _____ Mayor 36 Años _____
- 3- **Nivel académico (Cantidad)**
Iletrado _____ Primaria _____ Secundaria _____ Técnico _____

B- VIVIENDA.

- 4- **Estado Legal de la vivienda:** Propia () Alquilada () Prestada ()
- 5- **Uso de la vivienda:** Solo Vivienda () negocio () vivienda y negocio ()
- 6- **Paredes de la vivienda:** Bloque () Madera () Ladrillo () Adobe () otros ()
- 7- **Piso:** Tierra () Madera () Embaldosado () Otro ()
- 8- **Techo:** Zinc () Madera () Teja () Otro ()
- 9- **Estado de la vivienda:** Buena () Regular () Mala ()

C- ECONOMÍA

- 10- **¿Cuántas personas de la vivienda trabajan?** Hombre _____ Mujer _____
- 11- **Ocupación de los miembros de la familia:** Agricultor _____ Jornalero _____
Ganadero _____ Negociante _____ Otros _____
- 12- **Ingreso Mensual** C\$ 1000-2000 () C\$2000-3000 () C\$ 3000-4000 () C\$ 4000 a
más ()
- 13- **¿Posee energía eléctrica?** Si () No () Paga al mes Si () No ()

14- ¿Posee teléfono fijo? Si () No () Paga al mes Si () No ()

15- ¿Posee Cable? Si () No () Paga al mes Si () No ()

D- INFORMACIÓN SOBRE ABASTECIMIENTO DE AGUA

16- ¿Posee agua potable? Si () No ()

17- ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable? _____

18- ¿Cuántas horas al día dispone del servicio de agua? _____

19- ¿Paga usted por el servicio de agua? Si () No ()

20- Paga: Tarifa fija () Especificar C\$ _____ Consumo Real () Cuanto ultimo Pago ()

21- Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es: Bajo () Alto () Justo ()

22- La cantidad de agua que recibe es: Suficiente () Insuficiente ()

23- ¿Almacena usted agua para el consumo de la familia? Si () No () [Si es no, pasar a pregunta 25]

24- ¿En que deposito almacena el agua?

Balde_____ Barril_____ Tanque_____ Otros_____

25- La Calidad del agua es : Buena () Regular () Mala ()

26- La presión del agua en su casa es: Baja () Alta () Suficiente ()

27- ¿Esta satisfecho con el servicio de agua? Si () No ()

28- ¿Cómo califica el servicio de agua? Buena () Regular () Mala ()

29- ¿Se abastece de otra fuente? Si () No () [Si es no, pasar a pregunta 31]

30- ¿Cuál es la otra fuente? Río () Puesto público () Lluvia () Manantial () pozos () otros _____

E- SANEAMIENTO

31- Posee: Inodoro () Letrina () Otro ()

32- ¿En que estado se encuentra? Bueno () Regular () Mal estado ()

33- Cuenta con: Tanque séptico () red de drenaje ()

34- Las aguas servidas las: Riegan() Dejan correr () Zanjas de drenaje ()

35- ¿Hay charcas en la casa? Si () No ()

36- ¿Cómo eliminan las charcas? Drenando () Aterrado () Otro _____

F- PAGO

- 37- ¿Le gustaría tener un servicio de agua potable en su casa? Si () No ()
- 38- ¿Esta satisfecho con la forma en como se abastece? Si () No ()
- 39- Si se realizan obras para mejora y/o ampliar el servicio de agua potable ¿Cuánto pagaría por el buen servicio (24 hrs al día, buena presión y buena calidad)?

C\$ 0-30 () C\$31-50 () C\$ 61-85 () C\$ 86-100 () Más de 100 ()

- 40- ¿Estaría dispuesto a aportar para mejorar el sistema de agua? Si () No ()

- 41- ¿Cuánto estaría dispuesto a aportar?

C\$ 20-100 () C\$101-150 () C\$151-200 () Más de 200 () Con mano de obra () Nada ()

- 42- ¿Estaría dispuesto a aceptar medidor? Si () No ()

- 43- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar con el medidor por cada M3 de agua consumido?

C\$ 5-10() C\$11-20 () Más de 20 C\$ () Nada_____

G- SALUD

- 44- ¿Cómo elimina la basura en su vivienda? Recolector municipal () Enterrado ()
En botadero () Quemado () Otros _____

- 45- ¿Cree usted que el agua que consume le ha causado enfermedades? Si () No ()

- 46- ¿Cuáles son las enfermedades mas comunes en su hogar?

Diarrea () Vomito () Fiebre () Tos () Malaria () Hepatitis () Otros ()

- 47- ¿Como trata las enfermedades?

Auto- medicándose () Centro de salud () Tratamientos caseros ()

Otros_____

Ilustración 32: Fotos tomadas en campo durante realización de censos



Anexo C: Diseño hidráulico

Ilustración 33: Dimensiones y características de tuberías

**DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA PARA CONDUCCIÓN DE AGUA, GAS Y AIRE
NMX 177 (ASTM-A-53), CERTIFICADO CERTIMEX CP-1144-2012, CP-1143-2012**

DIÁMETRO CÉDULA	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL		ESPESOR NOMINAL		PRESIÓN HIDROSTÁTICA			PESO			EMPAQUE		
	pulg	mm	pulg	mm	lb/in ²	kg/cm ²	lb/plie	kg/m	kg x 6.40m	lb x 21 pie	kg x atado	tubos x atado	
1/2	40	0,840	21,34	0,109	2,77	700	49	0,85	1,27	8,11	17,887	1030,36	127
	80	0,840	21,34	0,147	3,73	850	60	1,09	1,62	10,37	22,869	1317,33	127
3/4	40	1,050	26,67	0,113	2,87	700	49	1,13	1,68	10,78	23,769	1369,19	127
	80	1,050	26,67	0,154	3,91	850	60	1,48	2,20	14,05	30,976	1784,32	127
1	40	1,315	33,40	0,133	3,38	700	49	1,68	2,50	16,01	35,291	1456,64	91
	80	1,315	33,40	0,179	4,55	850	60	2,17	3,24	20,70	45,649	1884,14	91
1 1/4	40	1,660	42,16	0,140	3,56	1200	84	2,27	3,39	21,67	47,771	1971,76	91
	80	1,660	42,16	0,191	4,85	1800	126	3,00	4,46	28,57	62,987	1742,71	61
1 1/2	40	1,900	48,26	0,145	3,68	1200	84	2,72	4,05	25,91	57,127	2357,91	91
	80	1,900	48,26	0,200	5,08	1800	126	3,63	5,41	34,62	76,327	2111,78	61
2	40	2,375	60,33	0,154	3,91	2300	162	3,66	5,44	34,83	76,783	2124,42	61
	80	2,375	60,33	0,218	5,54	2500	176	5,03	7,48	47,88	105,561	1771,53	37
2 1/2	40	2,875	73,03	0,203	5,16	1950	137	5,80	8,63	55,23	121,767	2043,50	37
	NX	2,875	73,03	0,156	3,96	2500	176	4,53	6,75	43,19	95,221	1598,00	37
3	40	3,500	88,90	0,216	5,49	2200	155	7,58	11,29	72,23	159,241	1372,31	19
	NX	3,500	88,90	0,170	4,32	1930	136	6,05	9,01	57,64	127,084	1095,18	19
4	40	4,500	114,30	0,237	6,02	1900	134	10,80	16,07	102,87	226,809	1954,60	19
	NX	4,500	114,30	0,188	4,78	1500	105	8,67	12,90	82,54	181,984	1568,31	19
6	40	6,625	168,28	0,280	7,11	1500	105	18,99	28,27	180,90	398,829	1808,96	10
		6,625	168,28	0,219	5,56	1190	84	15,00	22,32	142,85	314,940	1428,47	10

Nota: Tolerancias en diámetro exterior y espesor basadas en norma correspondiente.

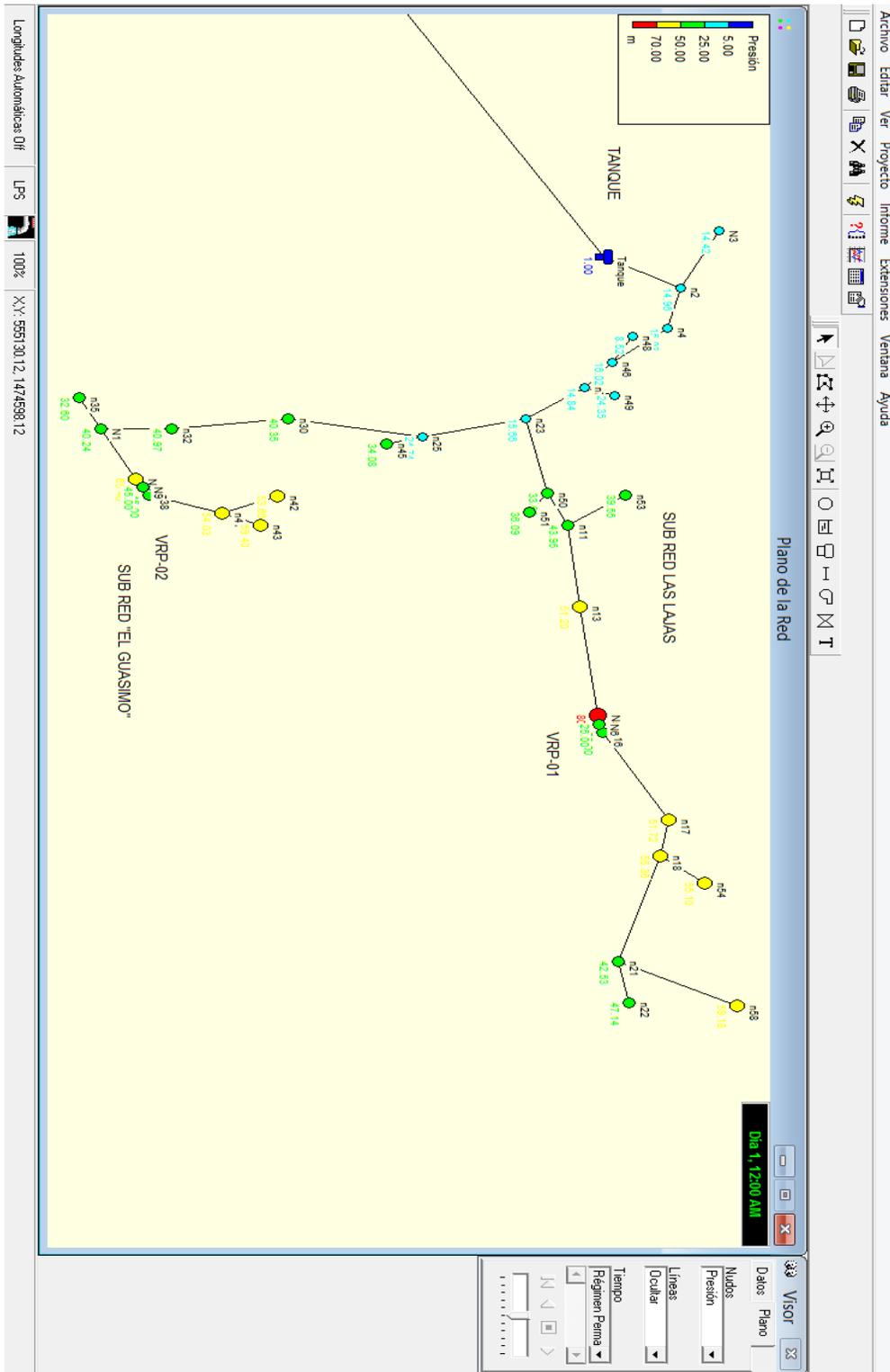
Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241							
Diam. Nom.	Diámetro Promedio Externo (mm)	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
		SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,5
12	21,34±0,10	...	...	...	...	...	1,57+0,09
18	26,67±0,10	...	...	...	1,52+0,09	1,57+0,09	1,98+0,12
25	33,40±0,13	...	...	1,52+0,09	1,60+0,10	1,96+0,12	2,46+0,15
31	42,16±0,13	1,18+0,07	1,52+0,09	1,63+0,10	2,01+0,12	2,49+0,15	3,12+0,19
38	48,26±0,15	1,18+0,07	1,52+0,09	1,85+0,11	2,29+0,14	2,84+0,17	3,58+0,21
50	60,32±0,15	1,47+0,09	1,85+0,11	2,31+0,14	2,87+0,17	3,56+0,21	4,47+0,27
62	73,02±0,18	1,78+0,11	2,24+0,13	2,79+0,17	3,48+0,21	4,29+0,26	5,41+0,32
75	88,90±0,20	2,16+0,13	2,74+0,16	3,43+0,21	4,24+0,25	5,23+0,31	6,58+0,39
100	114,30±0,23	2,79+0,17	3,51+0,21	4,39+0,26	5,44+0,33	6,73+0,40	8,46+0,51
150	168,28±0,28	4,11+0,25	5,18+0,31	6,48+0,39	8,03+0,48	9,91+0,59	12,47+0,75
200	219,08±0,38	5,33+0,32	6,73+0,40	8,43+0,51	10,41+0,62	12,90+0,77	...
250	273,05±0,38	6,65+0,40	8,41+0,50	10,49+0,63	12,98+0,78	16,05+0,96	...
300	323,85±0,38	7,90+0,47	9,96+0,60	12,45+0,75	15,39+0,92	19,05+1,14	...
375	388,62±0,41	9,47+0,57	11,96+0,72	14,94+0,90	18,49+1,11	...	...
450	457,20±0,48	11,15+0,67	14,07+0,84	17,58+1,05	21,77+1,31	26,90+1,61	...

Tabla 22: Estimación de demandas por nodos

Caudal unitario por m. lineal de tubería			q=	0.0004
Longitud total de red =		2559.350 m		
Nodos de la red	N2	207.215 m	qi=	0.080
	N46	110.030 m	qi=	0.042
	N48	20.830 m	qi=	0.008
	N7	79.740 m	qi=	0.031
	N49	17.185 m	qi=	0.007
	N23	149.770 m	qi=	0.057
	N50	92.000 m	qi=	0.035
	N51	16.450 m	qi=	0.006
	N11	203.360 m	qi=	0.078
	N53	38.570 m	qi=	0.015
	N16	222.625 m	qi=	0.085
	N18	202	qi=	0.078
	N54	32.23	qi=	0.012
	N21	191.82	qi=	0.074
	N58	76.315	qi=	0.029
	N22	28.41	qi=	0.011
	N25	161.425	qi=	0.062
	N45	25.05	qi=	0.010
	N30	190	qi=	0.073
	N1	225.715	qi=	0.087
N35	24.45	qi=	0.009	
N41	144.11	qi=	0.055	
N42	32.9	qi=	0.013	
N3	44	qi=	0.017	
N43	23.15	qi=	0.009	
		Sumatoria	0.982	= CMH

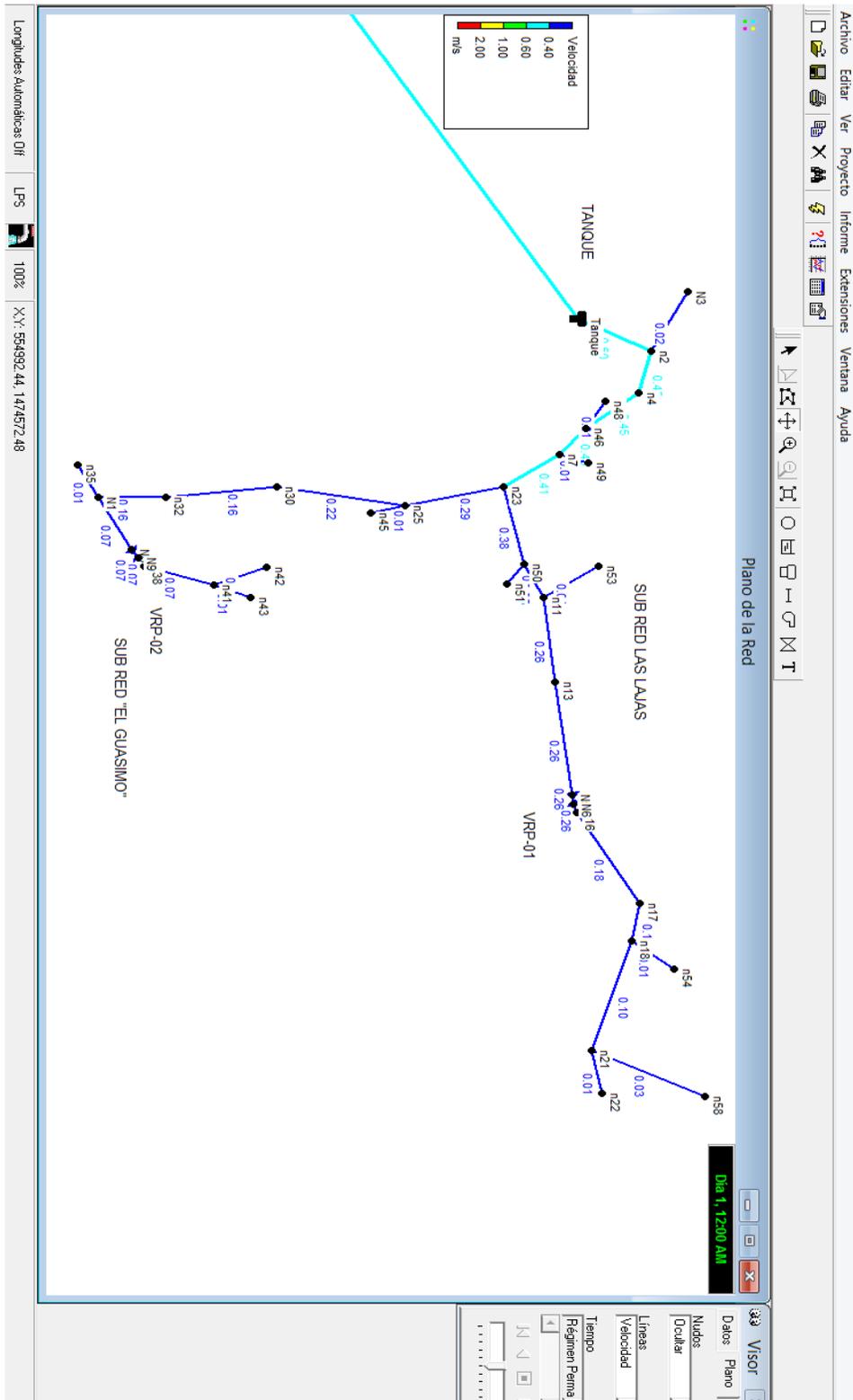
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34: Modelación de red en software EPANET-presiones



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35: Modelación de red en software EPANET-velocidades



Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Presiones calculadas en el sistema

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Conexión n2	746.04	0	761	14.96
Conexión n4	745.97	0	761	15.03
Conexión n7	746.16	0	761	14.84
Conexión n11	717.05	0	761	43.95
Conexión n13	709.8	0	761	51.2
Conexión n16	680.76	0	705.76	25
Conexión n17	654.04	0	705.76	51.72
Conexión n18	650.4	0	705.76	55.36
Conexión n21	663.23	0	705.76	42.53
Conexión n22	658.62	0	705.76	47.14
Conexión n23	745.34	0	761	15.66
Conexión n25	736.26	0	761	24.74
Conexión n30	720.65	0	761	40.35
Conexión n32	720.03	0	761	40.97
Conexión n35	728.4	0	761	32.6
Conexión n38	695.6	0	740.6	45
Conexión n41	686.57	0	740.6	54.03
Conexión n42	686.94	0	740.6	53.66
Conexión n43	681.2	0	740.6	59.4
Conexión n45	726.92	0	761	34.08
Conexión n46	744.98	0	761	16.02
Conexión n48	752.48	0	761	8.52
Conexión n49	736.65	0	761	24.35
Conexión n50	727.39	0	761	33.61
Conexión n51	724.91	0	761	36.09
Conexión n53	721.45	0	761	39.55
Conexión n54	650.66	0	705.76	55.1
Conexión n58	646.58	0	705.76	59.18
Conexión N1	720.76	0	761	40.24
Conexión N5	680.76	0	761	80.24
Conexión N6	680.76	0	705.76	25
Conexión N8	695.6	0	761	65.4
Conexión N9	695.6	0	740.6	45
Conexión N3	746.58	0	761	14.42
Embalse F4	1261	-0.62	1261	0
Depósito Tanque	760	0.62	761	1

Fuente: Elaboración propia (extracción de resultados de EPANET)

Tabla 24: Velocidades y diámetros calculados en la red

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p16	138.28	37.5	150	0.2	0.18
Tubería p17	26.65	37.5	150	0.2	0.18
Tubería p40	65.8	37.5	150	0.01	0.01
Tubería p41	46.3	37.5	150	0.01	0.01
Tubería p47	32.9	37.5	150	0.01	0.01
Tubería p50	64.47	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T1	96.64	50	150	0.98	0.5
Tubería T3	49.37	37.5	150	0.38	0.35
Tubería T5	45.23	50	150	0.84	0.43
Tubería T8	48.91	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T11	78.88	50	150	0.8	0.41
Tubería T13	56.82	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T16	101.72	37.5	150	0.42	0.38
Tubería T18	109.86	37.5	150	0.29	0.26
Tubería T20	174.6	37.5	150	0.11	0.1
Tubería T21	152.263	37.5	150	0.03	0.03
Tubería T22	118.94	37.5	150	0.32	0.29
Tubería T23	50.11	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T24	153.8	37.5	150	0.25	0.22
Tubería T25	143.76	37.5	150	0.17	0.16
Tubería T26	82.64	37.5	150	0.17	0.16
Tubería T27	77.48	37.5	150	0.08	0.07
Tubería T28	85.59	37.5	150	0.08	0.07
Tubería T2	55.79	50	150	0.89	0.45
Tubería T4	77.37	50	150	0.89	0.45
Tubería T6	41.67	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T7	35.37	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T9	77.15	37.5	150	0.01	0.01
Tubería T12	7263.214	37.5	100	0.62	0.56
Tubería T15	158.73	37.5	150	0.29	0.26
Tubería T17	11.73	37.5	150	0.29	0.26
Tubería T19	13.05	37.5	150	0.08	0.07
Tubería T10	87.99	37.5	150	0.02	0.02
Válvula V1	No Disponible	37.5	No Disponible	0.29	0.26
Válvula V2	No Disponible	37.5	No Disponible	0.08	0.07

Fuente: Elaboración propia (extracción de resultados de EPANET)

Anexo D: Presupuesto

Tabla 25: Estimación de costos del proyecto

--	--

**Anexo E: Planos de diseño de abastecimiento de
agua potable**