



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Monografía

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD LA
CALAMIDAD DEL MUNICIPIO DE CAMOAPA, DEPARTAMENTO DE
BOACO”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Maureen Daniela Frank Dublon

Br. Alan Omar Aguirre Rodríguez

Tutor

M.Sc. Yader Molina Lagos

Managua, febrero 2021

26 de ene. de 21

DR. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano FTC
Su despacho.

Estimado Doctor Gutiérrez:

He revisado el documento de Monografía **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD LA CALAMIDAD DEL MUNICIPIO DE CAMOAPA, DEPARTAMENTO DE BOACO**, realizado por los Bachilleres **Maureen Daniela Frank Dublon y Alan Omar Aguirre Rodríguez**, por lo que doy mi visto bueno para que dicha Monografía sea defendida según lo establecido en la Normativa de culminación de estudios de la Universidad.

Sin más a que hacer referencia, lo saludo.

Atentamente,



Ing. Yader Molina Lagos, M.Sc.
Tutor

CC/Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.041
Managua, 25 Febrero del 2020

Bachilleres

MAUREEN DANIELA FRANK DUBLON
ALAN OMAR AGUIRRE RODRÍGUEZ

Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD LA CALAMIDAD DEL MUNICIPIO DE CAMOAPA, DEPARTAMENTO DE BOACO"** Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Yader Molinas Lagos**, sea el (la) tutor.(a) de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **25 de Agosto del 2020**

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

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Protocolo
Tutor – Ing. Yader Molinas Lagos
Archivo*Consecutivo

DEDICATORIA

A DIOS, Por darme la vida, Por darme la fortaleza necesaria para llevar a cabo esta meta en mi vida, la sabiduría y el entendimiento.

A mi madre, Magdalena Dublon por apoyarme, A mi Padre, Anastasio William Frank López, por su cariño, motivación y apoyo incondicional. A ambos que con su ejemplo de superación me han guiado, gracias por haberme dado el mejor regalo, la educación.

A mi familia, Hermanos, especialmente a mi Hermana Ing. Mary cruz Frank Dublon. Sobrinos(as) especialmente a Jhous William Frank y Cristy Frank y abuelitos(as), especialmente a mi abuelita Gloria Dublon, porque desde donde estás me inspiras.

A mis compañeros, Alan Aguirre por su amistad, motivación, por impulsarme a ser cada día mejor y por estar al frente en la realización de este trabajo a Francisco Peña, por su amistad y compañerismo

Maureen Frank Dublon

AGRADECIMIENTO

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 aparte de nuestro objetivo y gracias la seguridad de que todo el esfuerzo que hemos realizado vale la pena, que siempre seguirá guiándonos y acompañándonos en nuevos retos.

A nuestros padres, 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 éxito esta etapa de nuestras vidas.

A nuestro tutor, MSc. Yader Molina, quién nos brindó su tiempo, su conocimiento, nos guio y acompañó en este proceso.

Agradecemos a la Alcaldía del Municipio de Camoapa, por la atención, por darnos la oportunidad de desarrollar este estudio en el municipio y por facilitarnos información necesaria, al Ing. Sergio Vanegas por orientarnos y brindarnos valiosa información técnica y de la misma forma la atención brindada por Comité de Agua Potable Camoapa – La Calamidad (CAP).

A líderes comunitarios, especialmente al Sr. Hugo Días, quién nos apoyó y facilitó las investigaciones de campo y al Sra. Maturalina Luna por brindarnos valiosa información de la comunidad.

A todos, Gracias.

DEDICATORIA

A Dios; por ser todo en mi vida,

A mi madre, Irma Rodríguez, quien siempre ha estado conmigo, dándome todo su cariño, comprensión y consejo. A mi Padre Odón Aguirre por ofrecerme una educación digna para forjarme como una buena persona

.

A mi Familia, abuelita y Tíos(as); especialmente a mi tío Víctor Soto quienes me brindo todo su apoyo a lo largo de este camino, a mis hermanos quienes han formado parte en este logro importante en mi vida.

A mi compañera Maureen Frank por estar siempre conmigo, por cada una de sus palabras de alientos, estímulo y sabias recomendaciones.

A todos y cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional

Alan Aguirre Rodríguez

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivo Específico	4
1.5. Marco teórico	5
1.5.1. Generalidades de los componentes de sistemas de agua potable	5
1.5.2. Desarrollo de pozos perforados	10
1.5.3. Equipo de bombeo	11
1.5.4. Línea de conducción.....	14
1.5.5. Almacenamiento.....	16
1.5.6. Red de distribución.....	18
1.5.7. Calidad de agua en fuentes subterráneas.....	22
1.5.8. Costo y presupuesto de obra.....	23
2. CAPITULO II: DIAGNOSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA	
COMUNIDAD.....	24
2.1. Límites, localización y acceso	24
2.1.1. Macro localización	24
2.1.2. Micro localización	25

2.2. Descripción de las características físicas y climatológicas de la zona en estudio.....	25
2.2.1. Relieve.....	25
2.2.2. Clima.....	26
2.2.3. Pluviosidad	26
2.3. Características socio-económicas	26
2.3.1. Actividades económicas.....	27
2.3.2. Equipamiento social.....	28
2.3.3. Agua y saneamiento	28
2.3.4. Sistemas de saneamiento.....	29
2.3.5. Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional	29
2.3.6. Proyección de la población	30
2.3.7. Calculo de la Proyección de la población.	31
3. CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA.	33
3.1. Cálculos para el diseño de abastecimiento de agua potable.....	33
3.1.1. Dotación y población a servir	33
3.2. Fuentes de abastecimiento	38
3.2.1. Aforo.....	38
3.2.2. Calidad del agua.....	38
3.3. Diseño	45
3.3.1. Dimensionamiento de la línea de conducción	45
3.3.2. Calculo económico de la línea de conducción	46
<i>Selección del diámetro económico</i>	46
3.4. Cálculo de pérdidas hidráulicas en la conducción.....	48
3.4.1. Pérdidas por fricción.....	48

3.4.2.	Cálculo de la velocidad de flujo	49
3.4.3.	Calculo de las pérdidas menores	49
3.5.	Estación de bombeo	51
3.6.	Calculo de la carga total dinámica	51
3.6.1.	Potencia al freno	51
3.6.2.	Análisis de la tubería contra golpe de ariete	53
3.6.3.	Análisis de las condiciones.....	54
3.6.4.	Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento	54
3.6.5.	Diseño de red de distribución	56
3.6.6.	Tipo de red	57
3.6.7.	Nivel de servicio	61
3.7.	Datos para el modelaje de epanet v.2.0	62
3.7.1.	Condición de consumo máxima hora (CMH)	68
3.8.	Aspectos legales y de funcionamiento	74
3.8.1.	Participación comunitaria.....	75
3.8.2.	Organigrama.....	76
4.	CAPITULO IV: COSTOS Y PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	77
4.1.	Costo de obras y tarifa	77
4.1.1.	Presupuesto de la obra.....	77
4.1.2.	Estimación de la tarifa	77
5.	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1.	Conclusiones	79
5.2.	Recomendaciones	80
	BIBLIOGRAFÍA	82

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESTUDIO POBLACIONAL Y TASA DE CRECIMIENTO	29
TABLA 2 POBLACIÓN PROYECTADA.	32
TABLA 3 PERIODO DE DISEÑO.....	33
TABLA 4 VARIACIÓN DE CONSUMO.....	37
TABLA 5 PARÁMETRO FÍSICO-QUÍMICOS	40
TABLA 6 PARÁMETRO BACTERIOLÓGICOS	41
TABLA 7 PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS.....	41
TABLA 8 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	42
TABLA 9 DOSIFICACIÓN DEL CLORO	44
TABLA 10 CALCULO DEL COSTO DE INVERSIÓN (CI) Y DEL COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE INVERSIÓN (CAEI).....	46
TABLA 11 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA VS DIÁMETRO DE TUBERÍA	47
TABLA 12 CALCULO DEL CONSUMO DEL COSTO ANUAL DE ENERGÍA.....	47
TABLA 13 CALCULO DEL COSTO ANUAL EQUIVALENTE TOTAL (INVERSIÓN Y MANTENIMIENTO).....	48
TABLA 14 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA COLUMNA DE BOMBEO	48
TABLA 15 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN	49
TABLA 16 PERDIDAS DE MENORES POR CADA ACCESORIO	50
TABLA 17 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍA PVC 2"	54
TABLA 18 DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO	63
TABLA 19 LONGITUD Y DIÁMETRO DE LA RED	67
TABLA 20 CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO DURANTE CONSUMO MÁXIMO HORARIO DE LAS TUBERÍAS EN LA RED	70
TABLA 21 CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO DURANTE CONSUMO MÁXIMO HORARIO DE LAS TUBERÍAS EN LA RED	71
TABLA 22 RESUMEN DE EPANET, EN AMBOS CASOS (CON CONSUMO Y SIN CONSUMO)	73
TABLA 23 ORGANIZACIÓN DEL CAPS EN LA COMUNIDAD LA CALAMIDAD	75
TABLA 24 DESGLOSE DE PRESUPUESTO POR CONCEPTO	77

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	29
ECUACIÓN 2 PROYECCIÓN POBLACIONAL	30
ECUACIÓN 3 CONSUMO PROMEDIO DIARIO	34
ECUACIÓN 4 CALCULO DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA	34
ECUACIÓN 5 CONSUMO MÁXIMO DÍA.....	34
ECUACIÓN 6 CONSUMO MÁXIMO HORA	34
ECUACIÓN 7 CANTIDAD DE SOLUCIÓN DILUIDA.....	39
ECUACIÓN 8 VOLUMEN DE CLORO	40
ECUACIÓN 9 VOLUMEN DE LA SOLUCIÓN	43
ECUACIÓN 10 VOLUMEN DE LA SOLUCIÓN AL 12	43
ECUACIÓN 11 DIÁMETRO ECONÓMICO	46
ECUACIÓN 12 VELOCIDAD DE FLUJO	49
ECUACIÓN 13 SUMATORIA DE LAS PERDIDAS	50
ECUACIÓN 14 CARGA TOTAL DINÁMICA	51
ECUACIÓN 15 POTENCIA AL FRENO	51
ECUACIÓN 16 CELERIDAD DE LA ONDA	53
ECUACIÓN 17 ONDA DE PRESIÓN EN LA TUBERÍA.....	53
ECUACIÓN 18 PRESIÓN EN LAS PAREDES DE LA TUBERÍA	53
ECUACIÓN 19 RESISTENCIA EN LA TUBERÍA.....	53
ECUACIÓN 20 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	55
ECUACIÓN 21 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN.....	61

INDICE DE MAPAS

MAPA 1 MACRO LOCALIZACIÓN DE LA COMUNIDAD "LA CALAMIDAD.	24
MAPA 2 MICRO LOCALIZACIÓN DE LA COMUNIDAD LA CALAMIDAD.	25

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ELEVACIÓN ENTRE FUENTE Y OBRA DE ALMACENAMIENTO	45
ILUSTRACIÓN 2 CURVA DE RENDIMIENTO HIDRÁULICO DE BOMBA MOD:15 FA SERIE TRISELL.....	52
ILUSTRACIÓN 3 TORRE METÁLICA Y TANQUE DE ABASTECIMIENTO	55
ILUSTRACIÓN 4 EJEMPLO DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE ABIERTA O RAMIFICADA	58
ILUSTRACIÓN 5 ESQUEMA HIDRÁULICA, UBICACIÓN DE NODO A UTILIZAR PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA	59
ILUSTRACIÓN 6 ESQUEMA HIDRÁULICA, UBICACIÓN DE LAS TUBERÍAS A UTILIZAR PARA LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA	60
ILUSTRACIÓN 7 ELEVACIONES DE CADA NODO	60
ILUSTRACIÓN 8 LONGITUDES DE LA RED.....	66
ILUSTRACIÓN 9 PRESIONES EN EL SISTEMA CON CONSUMO MÁXIMO HORARIO	69
ILUSTRACIÓN 10 VELOCIDADES EN EL SISTEMA CON CONSUMO MÁXIMO HORARIO.....	69
ILUSTRACIÓN 11 PRESIONES EN EL SISTEMA SIN CONSUMO EN LA RED.....	72
ILUSTRACIÓN 12 ORGANIGRAMA	76

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO 1 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR SEXO	27
GRÁFICO 2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS	27

1. CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El Gobierno de Nicaragua, ha establecido la Política de aumentar la cobertura efectiva de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, promoviendo el uso racional del recurso agua tanto en las áreas Urbanas como en las Rurales, estableciendo metas de manera comprometida y firme en su programa de desarrollo humano sostenible.

Nicaragua es un país que siempre se ha caracterizado por el nivel de pobreza de algunos sectores de su población en la zona rural, entre ellos la comunidad La Calamidad, la cual presenta problemas graves de abastecimiento de agua, lo que origina problemas de salud pública repercutiendo directamente en calidad de vida de sus habitantes.

Es por ello, que se pretende realizar un diagnóstico para conocer la problemática del área tomando como referencia parámetros que se van a estudiar, tales como: la población y su crecimiento, el consumo de agua, las principales fuentes de abastecimiento. Toda esta información se utilizará como insumos para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

Este documento contiene el diseño de los elementos que componen el sistema de abastecimiento de agua potable el cual está integrado por: fuente de abastecimiento (pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución; además de los costos de inversión y la memoria de cálculo.

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad mejorar las condiciones higiénicas sanitarias para contrarrestar el alto índice de enfermedades que atacan a los habitantes de La Calamidad.

1.2. Antecedentes

La comunidad de **La Calamidad** se localiza en el Municipio de Camoapa, a 23.00 km de distancia de la cabecera municipal. La comunidad **La Calamidad** también conocida como **Villa Revolución** es una comunidad caracterizada por su clima tipo sabana tropical y fue fundada en 1980.

La comunidad **La Calamidad** está habitada por **304 personas** en **58 viviendas** conformadas por **75 familias**. Además se tiene 4 edificios como infraestructura social básica la cual consiste en una escuela preescolar y primaria, un puesto de salud, una iglesia en construcción y una iglesia evangélica construida.

En la comunidad La Calamidad, actualmente, existen cuatro pozos, todos equipados con bomba de mecate, tres pozos son utilizados por la comunidad para el abastecimiento de uso diario y un pozo es de uso exclusivo del Puesto de Salud, el Pozo (P1) está ubicado en la entrada de la comunidad, el Pozo (P2) ubicado está en el Costado Este, del Centro Escolar Alexis Arguello, el Pozo (P3) está ubicado cerca del arroyo "La Calamidad" y el Pozo (P4) está ubicado en el puesto de salud. De los pozos citados, solo el P1 no reduce considerablemente su nivel en verano, los pozos restantes si lo hacen. La falta de mantenimiento de estas bombas y si agregamos que el agua es acarreada en baldes, pichingas, galones. Hasta los hogares, permiten la exposición del agua a factores que pueden contaminar o disminuir la calidad del agua, más aun sabiendo que esta agua es para consumo propio en gran medida, lo que impacta directamente en la salud de las personas y principalmente de los niños.

1.3. Justificación

El análisis a nivel de perfil de la construcción de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) en la comunidad La Calamidad, del municipio de Camoapa, fue de gran importancia ya que permitió identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que se generen del mismo en un determinado periodo de tiempo.

El proyecto consiste en la construcción de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) que brindará servicio las 24 horas del día, ya que los pozos existentes en la comunidad ya cumplieron su vida útil, y en general se encuentra en mal estado.

Es fundamental que se determine la viabilidad del proyecto, ya que permitirá que cualquier institución que desee invertir en él, tenga la información necesaria para la correcta toma de decisiones.

Este proyecto traerá beneficios socios económicos para la comunidad, garantizando los servicios de agua potable en cantidad suficiente y de manera continua para todos los usos personales y domésticos y vendrá a beneficiar a 304 habitantes, divididos en 58 Viviendas y 04 edificaciones públicas, así mismo se contribuye a disminuir las cantidades de habitantes que pueda padecer de enfermedades infecciosas, aumentando el tiempo de actividad económica de los pobladores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad La Calamidad, Municipio de Camoapa.

1.4.2. Objetivo Específico

- Realizar un censo socio-económico de la comunidad para conocer el estado actual de la población.
- Analizar las principales fuentes en relación a su calidad, cantidad y continuidad.
- Diseñar los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Determinar el costo estimado de inversión del proyecto.

1.5. Marco teórico

Para la realización de esta investigación fue necesario de ciertos aspectos teóricos que a continuación se muestra

Los sistema para abastecimiento de agua potable constan de diversos componentes: captación, conducción, potabilización, regulación, desinfección y distribución; cada uno se construye las obras necesarias para que su objetivos particulares sean logrados de forma satisfactoria.

En términos generales podemos considerar los elementos característicos de diseño y construcción de un sistema de abastecimiento de agua como:

- Fuente de Abastecimiento.
- Obra de Captación.
- Planta de Tratamiento
- Estación de Bombeo.
- Línea de Conducción por Gravedad y con Bombeo (impulsión).
- Tanque de Almacenamiento.
- Redes de Distribución.
- Conexiones Domiciliares

1.5.1. Generalidades de los componentes de sistemas de agua potable

Fuentes de abastecimiento

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 (INAA, 1999).

Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado (Conagua, 2010).

Mantener las condiciones de calidad necesarios para garantizar la potabilidad de la misma.

Tipos de fuentes

Dentro de los tipos de fuentes se identifican los siguientes:

- Aguas atmosféricas: son aguas de lluvias, estas están menos expuestas a la contaminación con bacterias y parásitos, pero no constituyen fuentes de aprovechamiento constante, pues deben colectarse en épocas de lluvia y almacenarse para cubrir el consumo.
- Aguas superficiales: corrientes (ríos, arroyos y quebradas) y estancadas (lagos, lagunas y quebradas). Están sometidas a la acción del calor, la luz y estas pueden ser contaminadas por el vertido de afluentes cargados de sustancias orgánicas.
- Aguas sub- superficiales (manantiales y afloramientos): es el agua que se infiltra en el subsuelo y que al desplazarse a través de estratos permeables pueden aflorar a la superficie en forma de manantiales
- Aguas subterráneas: son aquellas que se han infiltrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo por acción de la gravedad, hasta alcanzar un estrato permeable.

Obra de captación

La obra de captación consiste de una estructura colocada directamente en la fuente de abastecimiento, a fin de captar el caudal deseado. Su diseño depende del tipo de fuente de abastecimiento seleccionado y sus características, las cuales se clasifican en:

- **Para fuentes superficiales** con o sin regulación de caudales se diseñan represas, diques tomas, bocatomas laterales, bocatomas de fondo, captaciones de agua de lluvia.
- **Para fuentes subterráneas** se construyen pozos perforados o excavados, dependiendo del consumo.

Pozo Perforado (PP)

Dentro de la hidrogeología y de la ingeniería, los pozos perforados equipados con estaciones de bombeo son obras de captación subterránea dispuestas para abastecer núcleos de poblaciones urbanas o rurales.

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo o sea mayor de 40 metros lineales.

La construcción del pozo se concebirá de acuerdo a las siguientes etapas: perforación, instalación de ademe, instalación ademe ranurado, instalación de tubería ciega, sellado sanitario (cuando este es necesario para la protección sanitaria) y el desarrollo para obtener un funcionamiento libre de arena a un rendimiento máximo. (Salvador, 2009)

Los pozos perforados están conformados de la siguiente manera:

- Tubería ranurada
- Tubería ciega
- Cello sanitario
- Bloque de reacción
- Tapón de concreto

Tubería ranura da o rejilla

Son tramos de tubería con perforaciones hechas con herramienta mecánica efectuada en fábrica o con soplete u otra herramienta en el campo ubicados en

los estratos más permeables encontrados durante la perforación (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Sus características son:

- Permite la circulación del agua hacia los pozos a baja velocidad y con la máxima capacidad específica.
- Sirve como estructura o soporte de la formación acuífera.

En los acuíferos consolidados, rocosos, el pozo perforado deja cara libre a las grietas, por donde fluye el agua; no se requiere estructura filtrante. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Ademe o tubería ciega

Es una tubería de acero, colocada con holgura dentro la perforación del pozo, Se ubica en zonas de fracturas, donde el material es impermeable o estéril (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Diámetro de perforación

El diámetro de perforación de un pozo está directamente relacionado con la cantidad de agua que se espera obtener de la captación, puesto que se debe permitir instalar la bomba con diámetro adecuado para que su capacidad de bombeo sea la prevista. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Por lo tanto los diámetros que hay que considerar en el diseño de una captación de agua subterránea (pozo perforado) son los siguientes: (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

- Diámetro electrobomba sumergible.
- Diámetro de la tubería de revestimiento del pozo, interior y exterior.

Empaque de Grava

Este se debe colocar entre los estratos de material suelto y el ademe (ya sea ciego o ranurado) (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Todo el material para el filtro de grava deberá estar libre de sustancias orgánicas y estará constituido por partículas redondeadas. Bajo ninguna circunstancia, piedra o roca triturada, partículas angulosas o de origen calcáreo. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

El material para el filtro de grava podrá estar compuesto de cuarzo, basalto u otro material resistente a la acción de las aguas subterráneas. Deberá ser lavado con cloro previamente al colocarla dentro del pozo perforado. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

El material utilizado para los filtros deberá ser tamizado por la malla # 4 y la malla # 9 y cumplan con la norma AWWA. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Sello Sanitario

Siendo comúnmente de mortero simple tiene por objetivo estabilizar las paredes del pozo además de proteger de la contaminación de desechos líquidos que van hacia al pozo y a través del acuífero (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Tubos Piezométrico

Este se coloca con el objetivo de monitorear el nivel estático de agua ya que puede presentar variaciones significativas, de esta manera se puede conocer el tiempo de recuperación (Conagua, 2010).

Tubo de Engrave

Se ubica con el propósito de realizar sondeos al nivel del empaque de grava el cual con el tiempo tiende a acomodarse y asentarse, por lo que se hará necesario rellenar, de esta forma se garantiza que no penetre material alterando la calidad del agua ni a la bomba misma. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

1.5.2. Desarrollo de pozos perforados

Esta fase sirve para llegar a estimular los acuíferos captados sellados por el lodo de perforación, para que de esta manera se inicie con la explotación del agua para el consumo directo. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Desarrollo con pistón de goma

El método de desarrollo con pistón consiste en inducir agitación enérgica del agua y la acción de flujo y reflujo desde y hacia el pozo. El efecto del desarrollo se percibe desde el momento de la ejecución, por la cantidad de sedimentos extraído y por el descenso del empaque de grava manifestado por el reacomodamiento de este dentro del espacio anular ubicado entre el ademe y el acuífero. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Desarrollo con aire comprimido

Consiste en alternar fases de bombeo mediante la inyección brusca de aire comprimido “air lift”. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

El empleo de aire comprimido para efectuar el trabajo de desarrollo puede ser un proceso rápido y eficaz. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Pruebas de Bombeo

Permiten conocer el caudal óptimo de aprovechamiento, sus condiciones de operación y los parámetros hidráulicos del acuífero. (Cigeo-Cira/Managua., 2017)

Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo son estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

La estación de bombeo consta de una o varias bombas con sus correspondientes pozos de bombeo, tubería de succión y descarga. La finalidad es da de proporcionar al líquido, la energía suficiente para poder ser transportado mediante un conducto a presión, desde un punto de menor elevación a mayor elevación.

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consisten en:

- Caseta de control.
- Conexiones eléctricas o mecánicas.
- Conexión entre bomba y sarta.
- Cimentaciones
- Equipo de bombeo (bomba y motor).
- Tipo de energía.

Caseta de control

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

Cimentaciones de equipo de bombeo

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

1.5.3. Equipo de bombeo

Bombas verticales

La explotación del agua subterránea exige la utilización de equipos especiales de bombeo, debido esencialmente a dos razones

- El tamaño reducido de los pozos (usualmente entre 4 y 16 pulgadas de diámetro) no permite albergar una bomba del tipo convencional.
- El nivel del agua dentro del pozo con respecto a la superficie supera ampliamente, en la mayoría de los casos, la máxima altura estática de succión permisible (máximo teórico 10.33 metros).

Ha sido necesario diseñar un tipo especial de bomba para instalarla dentro de los pozos y que consiste fundamentalmente en un grupo de impulsores de diámetro reducido montados en serie y acoplados a un mismo eje por medio del cual se transmite la potencia del motor. Todo el conjunto encerrado por una tubería que sirve de conducto del agua.

Tipo turbina normal

De manera general esta bomba consta de:

- El motor eléctrico en la superficie sobre el cabezal de engranaje
- La columna, la cual, comprende el eje de transmisión con sus cojinetes y tubo de conducción.
- La bomba, o juego de tazones e impulsores.
- El tubo de succión y coladera.

Las partes principales de este equipo de bombeo son:

- El motor eléctrico generalmente es de eje vertical con flecha hueca, a través de la cual se realiza el acople con el eje de la bomba. Cuando se requiere para la bomba una velocidad diferente a la disponible por los motores eléctricos, es necesario un engranaje de ángulo recto para transmitir la potencia. En este caso el motor eléctrico es de eje horizontal.

- El cabezal forma la base de apoyo para la bomba y columna de bombeo. Descansa sobre un cimiento de concreto construido sobre el bloque de reacción del pozo. Por su parte superior se apoya el motor eléctrico o el cabezal de engranes, según el caso; en su parte inferior, lleva la conexión para el tubo de la columna (vertical), y a un extremo va acoplada la tubería de conducción (horizontal); en su parte central, posee un sello (estopero) entre el tubo protector y la flecha o eje.
- La columna lubricada por agua es la más frecuente en sistemas de bombeo, aunque existe también, la columna lubricada por aceite, describiremos la primera ya que las columnas lubricadas por aceite son propensas a contaminar el líquido donde se encuentran sumergidas. Está constituida por el tubo vertical por el cual se conduce el agua, en cuyo interior se encuentra alojado el eje de transmisión de potencia hacia la bomba. Este eje es mantenido en su centro por una serie de bujes de goma especial (arañas) instalados cada cierta distancia, los cuales son lubricados por el mismo fluido bombeado. Debido a la eventual presencia de arena en el agua, para disminuir el desgaste del eje en los puntos de contacto con los bujes se aplica un manguito de acero inoxidable muy duro.

Tipo de turbina vertical

Este tipo de bomba lleva el motor acoplado en su parte inferior y en consecuencia permanecen sumergidos juntos dentro del agua que se bombea, El uso de este tipo de bomba presenta inconvenientes con respecto al tamaño reducido que se tiene para montar conjuntamente a la bomba y al motor con el cable de alimentación de este último y a la necesidad de extremar las condiciones de protección por la permeabilidad al agua. No obstante este tipo de equipo tiene grandes ventajas con respecto a la bomba con motor en la superficie.

Los fundamentos descritos para la bomba centrífuga horizontal en cuanto a la succión, son también válidos para el caso de las bombas para pozo profundo; sin embargo, en estas últimas, la única variable con la que generalmente se puede

jugar para prevenir la cavitación o formación de vórtices (entrada de aire en la succión), es la altura estática de succión, es decir, la sumergencia de la bomba.

Una situación especial ocurre en el caso de las bombas con motor sumergible. Debido a que el enfriamiento del motor es realizado por el mismo flujo bombeado, en algunos casos es necesario colocarle al motor un tubo a manera de camisa, desde la parte superior de la coladera de succión de la bomba hasta la parte inferior del motor, con el objeto de asegurar que la totalidad del flujo succionado por la bomba, enfríe el cuerpo del motor.

La instalación de este tubo en la succión, en algunos casos deberá evaluarse como fricción adicional, pues, puede necesitar la bomba mayor sumergencia, para evitar efectos indeseables.

El fabricante debe proporcionar las curvas de sumergencia y de (NPSH) contra caudal, por etapa, a una velocidad de operación especificada.

Sarta de bombeo

La sarta de bombeo consiste principalmente en un conjunto de conexiones bridadas, válvulas, caudalímetro, manómetro y otros elementos suplementarios que permiten controlar la presión y la tasa de flujo de un pozo.

1.5.4. Línea de conducción

Línea de conducción por gravedad

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

Se deberán tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final de periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor 1.5 al consumo promedio diario. (Conagua, Conduccion, 2010).
- En los puntos críticos como cambios de dirección o uniones entre tubería y accesorios se deberá mantener una presión de al menos 5mca.
- La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizar, sin embargo es recomendable mantener una presión estática máxima de 70mca, incomparado en la línea tanquillas rompe presión o válvulas reguladoras de presión donde sea necesario.

Línea de conducción por Bombeo

Una línea de conducción por bombeo se presenta cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a menor altura con respecto al tanque de almacenamiento.

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. (Conagua, Conduccion, 2010)

Deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinan por el uso de la fórmula de Hazen-William u otra similar.
- Se dimensionara para la condición del consumo de máximo día al final del periodo de diseño.
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

Conducción por bombeo-gravedad

Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regularización, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en ese lugar. La instalación de dicho tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad o bien viceversa. (INAA, 1999).

Golpe de Ariete

Para cumplir con su objetivo las líneas de conducción se diseñan y operan para un régimen de flujo permanente, sin embargo en la operación son inevitables régimen de transición de un flujo permanente a otro. Al menos una vez en el inicio de su operación la línea de conducción necesita ser llenada de agua; en ocasiones tiene que ser vaciada y llenada de nuevo. Cada arranque o paro de bomba o cada apertura y cierre de válvula en la conducción genera un régimen que varía de forma importante los parámetros hidráulicos de la velocidad y a la presión en cada punto de la línea.

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos, se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica. La corriente líquida, al retornar a la bomba, encontrando la válvula de retención cerrada, ocasiona el choque y la compresión del fluido lo cual da origen a una onda de sobrepresión (Golpe de Ariete).

1.5.5. Almacenamiento

El almacenamiento es un elemento del sistema de distribución que desempeña una función importante para su suministro continuo, oportuno, satisfactorio y económico a la población, de este depende el buen funcionamiento de

abastecimiento de agua a la comunidad (Conagua, fenomenos transitorio en lineas de conduccion , 2010).

Tanque de almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua (INAA, 1999).

Tipos de tanques de almacenamiento

Los tipos de tanques que se han recomendado construir en el país son los siguientes:

Tanque sobre el suelo

Se recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

- Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción, como piedra bolón o cantera.
- En el diseño de los tanques sobre el suelo debe considerarse los siguiente: (INAA, 1999)

Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubican en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.

Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (by-pass), de tal manera que permita mantener el servicio mientras que se efectué el lavado o reparación del tanque.

La tubería de rebose descargara libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

Se instalarán válvulas de compuerta en toda la tubería, limpieza, entrada y salida, con excepción de la de reboce y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.

Se debe considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.

Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de tres metros, con un borde libre de 0.50m y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanque de acero sobre el suelo.

Tanques elevados

Los recipientes elevados generalmente son estructuras de regulación y/o almacenamiento, que se utilizan para dar carga o presión a los sistemas de distribución.

Al proponer la geometría de un recipiente elevado, se deberá considerar el aspecto estético, ya que por su altura generalmente es visible desde lugares distantes, por lo que es conveniente que su geometría sea armónica con el ambiente

Los recipientes elevados se componen de tres partes principales: el recipiente que se localiza en la parte superior, la estructura de soporte en la que se apoya el recipiente y la cimentación.

Los materiales más empleados en la construcción de los recipientes elevados, son el concreto y el acero estructural.

1.5.6. Red de distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, y comercial.

La red de distribución está formada por tuberías principales, llamadas circuitos troncales o maestras y por tuberías secundarias o de relleno. Las conducciones primarias o arterias principales forman el esqueleto del sistema de distribución, se sitúa de tal forma que transporta grandes cantidades de agua desde la estación elevada a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida. Las conducciones secundarias forman anillos más pequeños dentro de las arterias principales entre lasándolas entre sí, trasportando grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal.

Tipos de redes

Dependiendo de la topografía, de la viabilidad de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución. (INAA, 1999)

Tipos ramificadas

Son redes de distribución construidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden construir pequeñas mallas o ramales ciegos. Este tipo de red es usada cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales (INAA, 1999)

Tipos mallados

Son aquellas redes construidas por tuberías interconectadas formando mallas.

Este tipo de red es el más conveniente y tratara siempre de lograrse mediante interconexiones de tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente (INAA, 1999).

Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplica en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costo de operación, capacidad de pago de la población, y numero de usuario del servicio (INAA, 1999).

Conexiones domiciliar de patio

Reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliarias conectadas a una red pública. Esta puede estar ubicada fuera de la vivienda (un punto de agua a la exterior de la vivienda) (INAA, 1999).

Conexiones públicas o multifamiliares

Reciben el servicio a través del acceso de pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso exclusivo, o a partir de piletas publicas abastecidas por una red. Las familias deben transportar el agua hasta su domicilio.

Accesorios

Los accesorios son piezas especiales que se instalan en la tubería con fines de limpieza, separación y seguridad en la misma, estos se colocan como elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, se utilizan para efectuar intercepciones de conductos, variaciones de diámetro, cambios de dirección, conexiones con válvulas, etc.

Este tipo de elemento se debe inspeccionar frecuentemente, para verificar si no tienen fugas, si trabajan correctamente y no se encuentran obstruidos por elementos extraños o deterioro.

Válvulas y anclaje

- **Válvula de aire:** Las válvulas de aire permite el ingreso como la salida de este. El acceso de aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida de agua, como en el caso de una ruptura, de no contarse con una válvula de aire, pueden producirse presiones negativa dentro de la misma y se puede llegar a romper la tubería si es de PVC, o colapsarse si es de acero. El diámetro de las válvulas de aire y vacío se determinara en función del diámetro de la línea de conducción. Los fabricantes generalmente recomienda el uso de válvulas cuyo diámetro es $1\frac{1}{2}$ " por pie de diámetro de la línea de conducción normalmente es de $\frac{3}{4}$ "
- **Válvula de limpieza:** Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes; se debe instalar en los puntos más bajos de ellas. El diámetro y la cedula debe ser igual al de la tubería que sirve.
- **Válvula de Pase:** Deberá espaciarse de tal manera que permita aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegida mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales. (Agua C. N., Fenomenos transitorios en linea de conducción, 2010)
- **Válvulas de compuertas.** Pueden ser de hierro fundido, empleando principalmente para diámetro de 6". En adelante, de bronce que son más económicas que las de hierro fundido de 4" de diámetro o menos, o de plástico que se emplean en los equipos de dosificadores de solución de hipoclorito de calcio. Se ubicara al inicio y al final de la línea de conducción para regular o cortar el flujo cuando sea necesario
- **Anclaje:** Es obligado el uso de los anclajes de concreto en cada uno de los accesorios de la red. El diseño de los mismos será realizado para

soportar la fuerza interna reducida por la presión del agua dentro de la red. (Conagua, 2010).

1.5.7. Calidad de agua en fuentes subterráneas

El agua subterránea es un recurso vital para el suministro y económico de agua para consumo en los ambientes urbano y rural. Por ello, juega un papel fundamental el humano y de algunos ecosistemas acuáticos y terrestres (Conagua, 2010).

A nivel mundial, los acuíferos experimentan una creciente amenaza de contaminación ocasionada por la urbanización, desarrollo industrial, las actividades agrícolas y explotación minera (Conagua, 2010).

Tratamiento.

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua que debe estar exenta de organismo patógeno que producen brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario someter el agua a desinfección (incluyendo la de origen subterráneo) que es la extracción, desactivación o eliminación de lo microorganismo patógenos que existen en el agua garantizando una buena calidad y previniendo cualquier contaminación durante la distribución. (INAA, 1999)

Desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad norma NTON-09-001-99.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química más económica y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. (INAA, 1999).

1.5.8. Costo y presupuesto de obra.

El costo que debe pagar la “empresa” por la aplicación y uso de los factores de producción: mano de obra, materiales, equipos/herramientas y capital. Estos se diferenciam entre costos directos y costos indirectos, los cuales a su vez pueden ser fijos o variables.

- Costo directo: Es el constituido por los insumos necesarios para la realización de un rubro específico.
- Costo indirecto: constituye todo gasto que debe hacer la “empresa” simplemente por existir, para funcionar o para realizar un conjunto de rubros u obras.

Presupuesto de obra es aquel que por medio de mediciones y valoraciones nos da un costo de la obra a construir, la valoración económica de la obra, acerca a la realidad, aun que el costo final puede variar del presupuesto de obra inicial.

2. CAPITULO II: DIAGNOSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD

2.1. Límites, localización y acceso

2.1.1. Macro localización

El municipio de Camoapa, limita al norte con Boaco, Matiguás (Matagalpa) y Paiwas (RAAS), al sur con Cuapa y Comalapa, al este con los municipios de El Ayote (RAAS) y La Libertad Chontales, al oeste con los municipios de San Lorenzo y Boaco; tiene unapoblación urbana de 17,008 habitantes equivalente al 41.39% conformado legalmente por 11 barrios. La población rural es de 24,075 equivalente al 58.61% habitantes conformada por 52 comarcas.

Mapa 1 Macro localización de La Comunidad "La Calamidad".

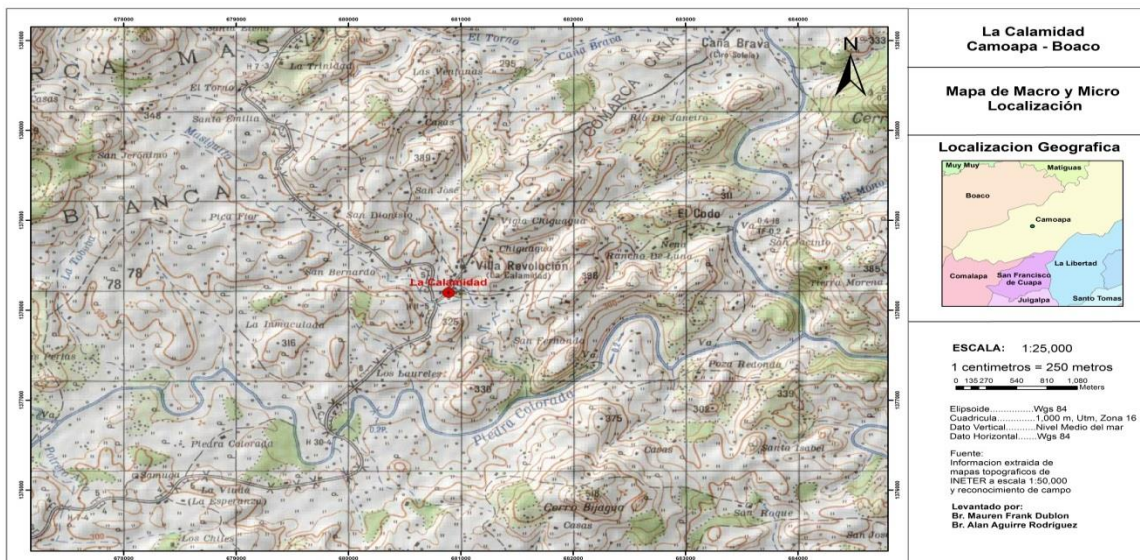


Fuente: Google Maps

2.1.2. Micro localización

La Comunidad La Calamidad, pertenece al Municipio de Camoapa, departamento de Boaco, se encuentran a 20 kilómetros (kms) de Camoapa. Colinda en el costado sur con la comunidad Vijawa. La Calamidad, está ubicada a 1378194 latitud norte y 680892 longitud oeste y limita al este con la comarca Caña Brava y El Mono (Chiguagua), al oeste con las comarcas La Calera y Peñas Blancas, al norte con la comarcas Masiguito y Tierra Blanca y al sur con la Comarca Arenitas (El codo).

Mapa 2 Micro Localización de la comunidad La Calamidad.



Fuente: Ineter

2.2. Descripción de las características físicas y climatológicas de la zona en estudio

2.2.1. Relieve

Presenta una topografía irregular, ocupa la parte más abrupta del departamento, se encuentra ubicado en un suelo rocoso quebrado.

2.2.2. Clima

Durante el año se presentan dos períodos, el más fresco (Noviembre-Enero) y el más caluroso ocurre (Marzo-Junio), la temperatura media anual es de 24°C, con una oscilación de 3.6°C. En general, el comportamiento de la temperatura y precipitación sigue la tendencia de la región del pacífico de Nicaragua.

2.2.3. Pluviosidad

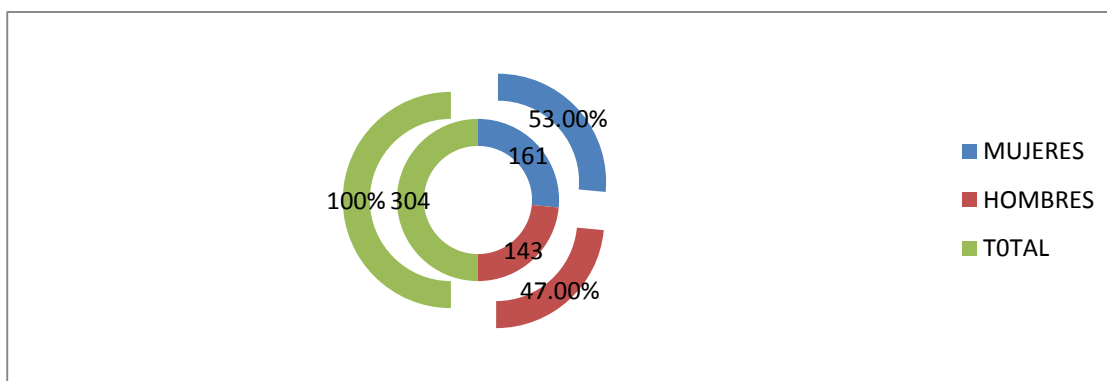
La precipitación de la comunidad que varía en función de la altitud entre 900 y 1300mm, para caracterizar la climatología se utilizó las estaciones climatológicas de Boaco y Juigalpa aplicando un factor de corrección de 0.7grados por cada 100m de elevación. (INETER, 1992-2012)

2.3. Características socio-económicas

Para tener una mejor visión de la calidad de vida y proyección de la población se aplicó un censo poblacional en la comunidad; de la cual se recopiló datos generales como género, edades, actividades socio económicas predominantes, ingreso económicos entre otros, a continuación se muestra los resultados obtenidos. (FISE, 2017).

Actualmente, la comunidad la Calamidad cuenta con una población total de 304 habitantes, de los cuales 143 son hombres que representa 47 % y 161 son mujeres el 53.00% de la población total.

Gráfico 1 Distribución de la población por sexo



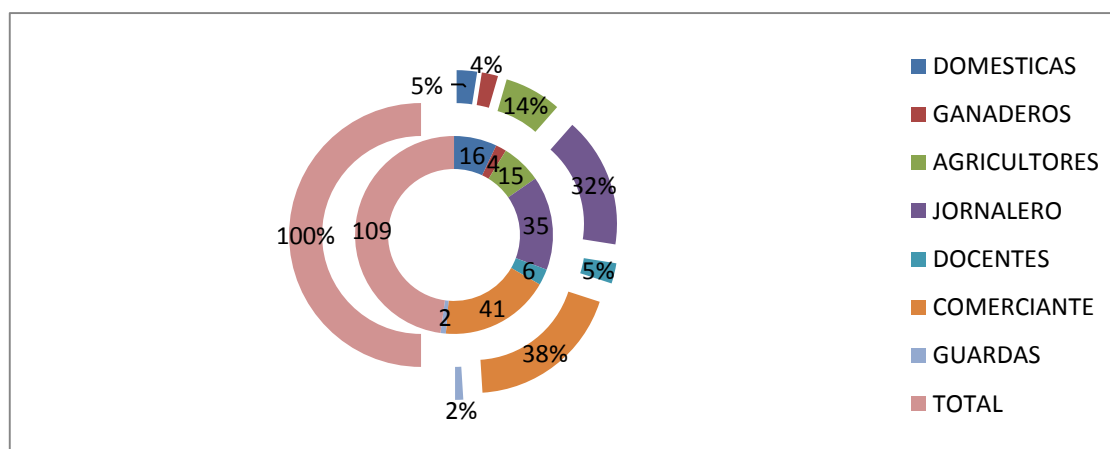
Fuente: Línea base 19829 La Calamidad

2.3.1. Actividades económicas

La economía y empleo de los miembros de las familias está basada mayoritariamente en la producción, cultivo, construcción, jornaleros y comercio.

El 5% de la población de la comunidad de La Calamidad trabaja en labores domésticas, 4% se dedica a la producción ganadera, 14% se dedica a la agricultura, 32% se dedica a labores jornaleras, 5% se dedica a la labor de la docencia, 38% se dedican al comercio y el 2% guardas de seguridad, 100% el total de las labores en la comunidad La calamidad.

Gráfico 2 Actividades económicas



Fuente: Línea Base 19829 La Calamidad

2.3.2. Equipamiento social

Educación

En la comunidad existen un centro de educación (escuela Alexis Argüello) administrado por el Ministerio de Educación (MINED), comprende desde el nivel preescolar en turno matutino, primaria en turno matutino y secundaria en turno vespertino y sabatino.

Salud

En la comunidad donde se ejecutará el proyecto de agua y saneamiento cuenta con un puesto de salud para atender a toda la población de la comunidad estudiada y comunidades vecinas

Las enfermedades que presenta la población son producto de diferentes factores, más que todo higiénico; Entre los cuales tenemos: tos, diarrea, parasitosis, dengue y los resfriados, que han sido los más comunes en esta comunidad. Estas enfermedades presentan sus incidencias por efecto de la escasez de agua y calidad de la misma.

Vías de acceso

La principal vía de acceso es la carretera. De Camoapa a Rancho rojo hay 3 Km de Asfalto y de Rancho Rojo a la Calamidad hay 20 KM de adoquinado.

2.3.3. Agua y saneamiento

La comunidad cuenta con cuatro pozos de los cuales uno es excavado a mano. Los otros tres perforados y equipados con bombas de mecate por proyectos el PORVENIR y ENACAL, de los cuales la producción está limitado de 3 a 5 baldes por vivienda al día. Los cuales están localizados en puestos públicos desde donde el agua es acarreada en baldes por las mujeres y niños:

2.3.4. Sistemas de saneamiento

En la comunidad no disponen de pozos de infiltración, ni sistema de alcantarillado por lo que tiene su impacto en la higiene ambiental de la comunidad. Los habitantes aseguran hacer un buen manejo con el agua servida ya que la riegan, pero lo observado contradice dicha posición, pues se pudo apreciar que en su gran mayoría la dejan correr.

2.3.5. Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

Para la determinación de la tasa de crecimiento poblacional se tomaron en cuenta los datos obtenidos del censo poblacional realizado en 2005 desarrollado por el Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE – VIII censo poblacional) y por información del censo realizado en la comunidad en el mes de abril – 2017 (Línea Base) Los datos de estas se resumen en la siguiente tablas:

Tabla 1 Estudio poblacional y tasa de crecimiento

Año	Población Total comunidad La Calamidad	Observaciones
2005	536	Datos Censo INIDES
2017	304	Datos Censo Línea Base

Fuente: Línea Base 19829 La Calamidad

Con los datos anteriores se trabajó la tasa de crecimiento haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$rg = \left(\left(\frac{Pf}{Po} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$$

Ecuación 1 Tasa de crecimiento poblacional

En donde:

$$rg = \left(\left(\frac{304}{230} \right)^{\frac{1}{2017-2005}} - 1 \right) * 100.$$

$$rg = 2.32\%$$

La tasa de crecimiento calculada, no cumple con la establecida en la Norma de abastecimiento rural INAA, por lo tanto se recomienda utilizar una tasa de 2,5%, para la determinación de la población de diseño; esto debido a que según norma del INAA las tasas de crecimiento deben variar entre los 2,5% como mínimo y 4% máximo, dado que el valor obtenido en la comunidad está por debajo del mínimo usaremos este para la proyección de población a servir. (INAA, 1999)

2.3.6. Proyección de la población

Según los datos anteriores y haciendo uso de la siguiente ecuación, la población demandante proyectada se calcula de la siguiente manera y se muestra en la tabla posterior:

$$Pn = Po(1 + r)^n$$

Ecuación 2 proyección poblacional

Pn = Población del año “n”

Po = Población al inicio del período de diseño

r = Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n = Número de años que comprende el período de diseño.

Dónde:

Pn = Población del año “n”

Po = Población al inicio del período de diseño

r = Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n = Número de años que comprende el período de diseño.

2.3.7. Calculo de la Proyección de la población.

n = 20 años

r =2.5 = 0.025 %

Proyección de la población.

$$P_{n0}= 304\text{hab } (1+0.025)^0= 304 \text{ hab}$$

$$P_{n5}= 304\text{hab } (1+0.025)^5=344 \text{ hab}$$

$$P_{n10}= 304\text{hab } (1+0.025)^{10}=389 \text{ hab}$$

$$P_{n15}= 304\text{hab } (1+0.025)^{15}=440 \text{ hab}$$

$$P_{n20}= 304\text{hab } (1+0.025)^{20}=498 \text{ hab}$$

Proyección Estudiantil

$$P_{n0}= 100(1+0.025)^0= 100\text{hab}$$

$$P_{n5}= 100(1+0.025)^5=112 \text{ hab}$$

$$P_{n10}=100(1+0.025)^{10}=126 \text{ hab}$$

$$P_{n15}= 100(1+0.025)^{15}=142 \text{ hab}$$

$$P_{n20}= 100(1+0.025)^{20}=159 \text{ hab}$$

Los resultados indican que, la población a servir al momento de ejecución del proyecto (2017) es de 304 hab. Este parámetro permite dimensionar los elementos del sistema de abastecimiento de agua. El cálculo de población futura, utiliza el método geométrico que requiere de investigación de la tasa de crecimiento histórico. Esta tasa sirve de base para efectuar proyecciones de población, oferta y demanda. La información de datos poblacionales se obtuvo de los datos censales de: Censo Nacionales de 1995 y 2005 y Censo Comunitario realizado previamente para este análisis en 2017.

Tabla 2 Población Proyectada.

Numero de año	Año	$pn=(1+r)^n$	población
0	2018	1.000	304
1	2019	1.025	312
2	2020	1.051	319
3	2021	1.077	327
4	2022	1.104	336
5	2023	1.131	344
6	2024	1.160	353
7	2025	1.189	361
8	2026	1.218	370
9	2027	1.249	380
10	2028	1.280	389
11	2029	1.312	399
12	2030	1.345	409
13	2031	1.379	419
14	2032	1.413	430
15	2033	1.448	440
16	2034	1.485	451
17	2035	1.522	463
18	2036	1.560	474
19	2037	1.599	486
20	2038	1.639	498

Fuente: Elaboración propia

3. CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA.

3.1. Cálculos para el diseño de abastecimiento de agua potable

3.1.1. Dotación y población a servir

Periodo de diseño

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

Tabla 3 periodo de diseño

Tipos de Componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro Lento	20 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: (INAA, 1999)

De acuerdo a lo anterior se establece un periodo de diseño de 20 años para este proyecto.

Consumo poblacional

Según las NORMAS “DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MEDIO RURAL” (NTON 09001-99), CAPITULO III: DOTACION Y POBLACION A SERVIR... “para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 litros por persona por día (lppd)”, por lo tanto se estima conveniente que se utilice una dotación de 60 lppd, utilizando el máximo criterio.

Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución. Teniendo una dotación de agua y población de diseño se realiza en cálculo para determinar estas variaciones haciendo uso de la siguiente ecuación

$$\text{Consumo Promedio Diario (CPD)} = \frac{\text{Dotacion} * \text{Poblacion de diseño}}{86400} (\text{lps})$$

Ecuación 3 Consumo Promedio Diario

Pérdidas en el sistema

Cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, 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%.

$$H_f = 20\% * CPD$$

Ecuación 4 Calculo de pérdidas en el sistema

$$\text{Consumo maximo dia (CMD)} = 1.5 * CPD(\text{consumo promedio diario}) + H_f$$

Ecuación 5 Consumo máximo día

$$\text{Consumo maximo hora (CMH)} = 2.5 * CPD(\text{consumo promedio diario}) + H_f$$

Ecuación 6 Consumo máximo hora

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.

3.1.2. Cálculos de consumos

Dotación = 60 litro/hab/dia

Dotación estudiantil= 57 litro/hab/dia

Pob Base= 304 hab

Pob Estudiantil= 100 hab

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

Consumo Doméstico.

$$\text{CPD} = P_n * \text{Dotación}$$

$$\text{CPD}_0 = 304 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/dia} = 18,240 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_5 = 344 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/dia} = 20,640 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{10} = 389 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/dia} = 23,340 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{15} = 440 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/dia} = 26,400 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{20} = 498 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/dia} = 29,880 \text{ lts/dia}$$

Consumo Estudiantil.

$$\text{CPD} = \text{Pob}_{\text{estudiantil}} * \text{Dotación}_{\text{estudiantil}}$$

$$\text{CPD}_0 = 100 \text{ hab} * 57 \text{ lts/hab/dia} = 5,700 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_5 = 113 \text{ hab} * 57 \text{ lts/hab/dia} = 6,441 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{10} = 128 \text{ hab} * 57 \text{ lts/hab/dia} = 7,296 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{15} = 145 \text{ hab} * 57 \text{ lts/hab/dia} = 8,265 \text{ lts/dia}$$

$$\text{CPD}_{20} = 164 \text{ hab} * 57 \text{ lts/hab/dia} = 9,348 \text{ lts/dia}$$

Consumo promedio diario (CPD)

$$\text{CPD} = \text{CPD}_{\text{domiciliar}} + \text{CPD}_{\text{estudiantil}}$$

$$CPD_0 = 18,240 \text{ lts/dia} + 5,700 \text{ lts/dia} = 23,940 \text{ lts/dia}$$

$$CPD_5 = 20,640 \text{ lts/dia} + 6,441 \text{ lts/dia} = 27,081 \text{ lts/dia}$$

$$CPD_{10} = 23,340 \text{ lts/dia} + 7,296 \text{ lts/dia} = 30,636 \text{ lts/dia}$$

$$CPD_{15} = 26,400 \text{ lts/dia} + 8,265 \text{ lts/dia} = 34,665 \text{ lts/dia}$$

$$CPD_{20} = 29,880 \text{ lts/dia} + 9,348 \text{ lts/dia} = 39,228 \text{ lts/dia}$$

CPDT= CPD+20% Perdidas

$$CPDT_0 = 23,940 \text{ lts/dia} * 1.2 = 28,728 \text{ lts/dia}$$

$$CPDT_5 = 26,081 \text{ lts/dia} * 1.2 = 31,297 \text{ lts/dia}$$

$$CPDT_{10} = 30,636 \text{ lts/dia} * 1.2 = 36,763 \text{ lts/dia}$$

$$CPDT_{15} = 34,665 \text{ lts/dia} * 1.2 = 41,598 \text{ lts/dia}$$

$$CPDT_{20} = 39,228 \text{ lts/dia} * 1.2 = 47,073 \text{ lts/dia}$$

Calculo de Consumo Máximo Día.

CMD= 1.5 (CPDT)

$$CMD_0 = 1.5 * 28,728 \text{ lts/dia} = 43,092 \text{ lts/dia}$$

$$CMD_5 = 1.5 * 31,297 \text{ lts/dia} = 46,945 \text{ lts/dia}$$

$$CMD_{10} = 1.5 * 36,763 \text{ lts/dia} = 55,145 \text{ lts/dia}$$

$$CMD_{15} = 1.5 * 41,598 \text{ lts/dia} = 62,397 \text{ lts/dia}$$

$$CMD_{20} = 1.5 * 47,073 \text{ lts/dia} = 70,610 \text{ lts/dia}$$

Calculo de Consumo Máximo Hora.

CMH= 2.5 (CPDT)

$$CMH_0 = 2.5 * 28,728 \text{ lts/dia} = 71,820 \text{ lts/dia}$$

$$CMH_5 = 2.5 * 31,297 \text{ lts/dia} = 78,243 \text{ lts/dia}$$

$$CMH_{10} = 2.5 * 36,726 \text{ lts/dia} = 91,815 \text{ lts/dia}$$

$$CMH_{15} = 2.5 * 41,598 \text{ lts/dia} = 103,995 \text{ lts/dia}$$

$$CMH_{20} = 2.5 * 47,073 \text{ lts/dia} = 117,683 \text{ lts/dia}$$

Los resultados de las proyecciones de consumo, nos revelan que el número de personas a ser abastecidos por el MABE al final del periodo de diseño es de 498 habitantes, quienes con una dotación de 60 lts/hab/dia, demandan un consumo promedio total diario (CPDT) de 47,074 lpd ~0.54 lps, un consumo máximo diario (CMD) de 70,611 lpd ~ 0.82 lps y un consumo máximo hora (CMH) de 117,685 lpd ~ 1.36 lps. Estos consumo incluye~ 0.11 lps del consumo extra domiciliar aplicable al consumo domiciliar, los resultados de estos cálculos están en la Tabla número 4.

Tabla 4 Variación de consumo

Fuente: Elaboración Propia

Año	Pn	Dot	Consumo Diario			Promedio	CPDT=CPD+20% perdidas			CMD=1.5(CPDT)			CMH=2.5(CPDT)		
			lppd	lps	gpm		lpd	lps	gpm	lpd	lps	gpm	lpd	lps	gpm
0	1.000	60	0.28	4.39	23940	0.33	5	28728	0.50	8	43092	0.83	13	71820	
1	1.025	60	0.28	4.50	24539	0.34	5	29446	0.51	8	44169	0.85	14	73616	
2	1.051	60	0.29	4.61	25152	0.35	6	30182	0.52	8	45274	0.87	14	75456	
3	1.077	60	0.30	4.73	25781	0.36	6	30937	0.54	9	46405	0.90	14	77342	
4	1.104	60	0.31	4.85	26425	0.37	6	31710	0.55	9	47566	0.92	15	79276	
5	1.131	60	0.31	4.97	27086	0.38	6	32503	0.56	9	48755	0.94	15	81258	
6	1.160	60	0.32	5.09	27763	0.39	6	33316	0.58	9	49974	0.96	15	83289	
7	1.189	60	0.33	5.22	28457	0.40	6	34149	0.59	9	51223	0.99	16	85371	
8	1.218	60	0.34	5.35	29169	0.41	6	35002	0.61	10	52503	1.01	16	87506	
9	1.249	60	0.35	5.49	29898	0.42	7	35877	0.62	10	53816	1.04	16	89693	
10	1.280	60	0.35	5.62	30645	0.43	7	36774	0.64	10	55161	1.06	17	91936	
11	1.312	60	0.36	5.76	31411	0.44	7	37694	0.65	10	56540	1.09	17	94234	
12	1.345	60	0.37	5.91	32197	0.45	7	38636	0.67	11	57954	1.12	18	96590	
13	1.379	60	0.38	6.05	33002	0.46	7	39602	0.69	11	59403	1.15	18	99005	
14	1.413	60	0.39	6.21	33827	0.47	7	40592	0.70	11	60888	1.17	19	101480	
15	1.448	60	0.40	6.36	34672	0.48	8	41607	0.72	11	62410	1.20	19	104017	
16	1.485	60	0.41	6.52	35539	0.49	8	42647	0.74	12	63970	1.23	20	106617	

17	1.522	60	0.42	6.68	36428	0.51	8	43713	0.76	12	65570	1.26	20	109283
18	1.560	60	0.43	6.85	37338	0.52	8	44806	0.78	12	67209	1.30	21	112015
19	1.599	60	0.44	7.02	38272	0.53	8	45926	0.80	13	68889	1.33	21	114815
20	1.639	60	0.45	7.20	39228	0.54	9	47074	0.82	13	70611	1.36	22	117685

3.2. Fuentes de abastecimiento

Para abastecer la demanda del vital líquido a la comunidad se propuso analizar como fuente al pozo “P1” localizada en las coordenadas X: 680685; Y: 1378246 y a una elevación de 281 msnm y a una distancia de aproximadamente 3 km de la comunidad.

3.2.1. Aforo

La fuente fue aforada el 13 de Mayo del 2017 por medio del método a caudal constante y variable, determinándose un caudal de 15 galones por minuto (gpm) lo que sobre pasa la demanda de la población más pérdidas del periodo de diseño en el año veinte.

3.2.2. Calidad del agua

Para que el agua sea potable, es decir para que se pueda consumir, según INAA debe ser: limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas que la hagan turbia; además debe tener minerales, tales como sodio, yodo, cloro, en las cantidades adecuadas y cumplir con los siguientes parámetros que se muestran en la tabla número 5

Cloración

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

Existen varias sustancias químicas se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su

efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. En el caso de acueductos rurales se utiliza para desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación.

La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuara mediante el hipoclorador de carga constante o bien con una bomba dosificadora. Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

Volumen Dosificador

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de Cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer.

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

Ecuación 7 Cantidad de solución diluida

Donde:

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 período de diseño (CMD) en litros/minutos

C= Concentración de la solución (1 %)

Con los datos obtenidos para un volumen dosificador (ml/min) cualquiera, se puede calcular el volumen de almacenamiento para un día, mes o año. Como máximo se calculará para un mes, pero se deben preparar cada semana para evitar que el cloro piérdase capacidad desinfectante (se vence).

$$V_{\text{dia}} = \text{volumen dosificador} * \frac{1440}{\text{dia}} + \frac{1\text{lt}}{1000\text{ml}}$$

Ecuación 8 Volumen de cloro

La calidad del agua fue obtenida a partir de una muestra de la **Prueba de Bombeo** realizada en el Pozo **(P1)**. Se considera que por la cercanía que hay entre el punto de emplazamiento del Pozo Propuesto con el Pozo **(P1)** y por estar en el mismo acuífero la calidad del agua no varía.

A continuación se presenta cuadro comparativo de los resultados obtenidos del Análisis Físico – Químico, Bacteriológicos, Arsénico, Amonio, Cianuro y Mercurio realizado a una muestra del Pozo **(P1)** vrs la norma de INAA.

Tabla 5 parámetro físico-químicos

Parámetro	Unidad	Valor recomendada	Valor max admisible
temperatura	°c	18 a30	
lones hidrogeno	valor pH	6.5-8.5	
Cloro residual	mg/l	0.5-10	
cloruros	mg/l	25	250
conductividad	us/cm	400	
dureza	Caco	400	
Sulfato	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	Caco	100	
Cobre	mg/l	1	2
Magnesio	mg/l	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol Tol.Dis	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3

(INAA, 1999)

Tabla 6 parámetro bacteriológicos

Agua distribución por tuberías:				
Aguas sometidas a tratamiento que entra en el sistema de distribución				
Bacterias fecales	coliformes	NMP/ 100 ml	0	Tubería UTN para la desinfección con el cloro es preferible un PH igual a 0.8 con 0.2 a 0.5 mg/l Del cloro residual libre después del contacto durante 30 min(tiempo mínimo)
Bacterias coliformes		NMP/100 ml	0	
Agua no sometida a tratamiento que entra en el sistema de distribución				
Bacterias fecales	coliformes	NMP/100 ml	0	En el 98% de las muestras examinadas durante el año, cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras
Bacterias coliformes		NMP/100 ml	0	
Bacterias fecales	coliformes	NMP/100 ml	3	Ocasionalmente en alguna muestra, pero no en muestras consecutivas.

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 7 Parámetros organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máx. admisible
Color verdadero	mg/l (pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C
			3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C
			3 a 25 °C

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 8 Características Físicas, Químicas y Microbiológicas del Agua

Pozo (P1) Entrada Principal La Calamidad.

Parámetro	Valor de Concentración	Límite Máximo Admisible Categoría 1 A	Límite Máximo Admisible Categoría 1 B
Potencial de Hidrogeno (Ph)	7.59	mín. 6.0 y máx. 8.5	mín. 6.0 y máx. 8.5
Turbiedad	0.043	< 5 UNT	< 250 UNT
Color real	< 1.00	< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Hierro Total	0.015	0.30 mg/l	3 mg/l
Mercurio	< 0.001	0.001 mg/l	0.01 mg/l
Sulfatos	6.50	250 mg/l	400 mg/l
Cloruros	55.00	250 mg/l	600 mg/l
Organismos Colif. Totales	1.4×10^3	(**)	(***)
Cianuro Total	0.001	0.10 mg/l	
Dureza como CaCO_3	230.44	400 mg/l	
Manganeso	< 0.02	0.50 mg/l	
Nitritos (mg/L) + Nitratos	-	10.0 mg/l	
Sodio	13	200 mg/l	

Como se puede observar los Valores de Concentración obtenidos de la muestra del Pozo (P1) están por debajo de lo establecido en la Norma de INAA.

Por lo tanto conforme a la Clasificación de los Recursos Hídricos de acuerdo a su uso, se establece que el agua del Pozo (P1) pertenece al Tipo 1 (agua para el uso doméstico) y a la Categoría 1 - A (Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes).

Se concluye entonces que el agua proveniente del Pozo (P1) es sanitariamente segura y por lo tanto apta para el uso y consumo doméstico y puede ser propuesta como alternativa de solución para abastecer el sistema de agua potable de La Calamidad.

Los resultados de los análisis de calidad del agua del Pozo (P1), Físico – Químicos, Bacteriológicos y metales pesados indican que el acuífero es apto para la explotación de agua (VER ANEXO No. 3)

Tratamiento

Los resultados de los análisis físicos químicos y metales pesados y análisis bacteriológicos, obtenidos en la muestra tomada en Pozo (P1), indica que el recurso hídrico propuesto corresponde a la categoría **Tipo 1** (agua para el uso doméstico) y a la **Categoría 1 - A** (Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes).ver anexo 3 Análisis de calidad de agua.

Se concluye entonces que el agua proveniente del Pozo **(P1)** es sanitariamente segura y por lo tanto apta para el uso y consumo doméstico y puede ser propuesta como alternativa de solución para abastecer el sistema de agua potable de **La Calamidad**.

Como en el mercado Nicaragüense las soluciones de cloro se venden en presentaciones del 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución al 12% necesaria para preparar una solución al 1% de concentración que es la que nos permite calcular la dosificación del aparato clorinador. Se emplea la siguiente formula:

$$V_{12\%} * C_{12\%} = V_{1\%} * C_{1\%}$$

Ecuación 9 Volumen de la solución

Donde:

$V_{12\%}$ = Volumen de la solución al 12% (ml)

$V_{1\%}$ = Volumen de la solución al 1% (ml)

$C_{12\%}$ = Concentración de la solución al 12%

$C_{1\%}$ = Concentración de la solución al 1%

Despejando $V_{12\%}$ que el volumen requerido:

$$V_{12\%} = \frac{V_{1\%} * C_{1\%}}{C_{12\%}} = V_{1\%} \frac{1}{12}$$

Ecuación 10 Volumen de la solución al 12

Tabla 9 Dosificación del cloro

Año	Población Proyectada Pn	CMD lps	Dosis Diaria ml/min	Volumen Solución 1%	Cantidad de solución 1% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12 % por año (lts)
0	304	0.50	4.49	6.5	194	16.16	194
1	311	0.51	4.60	6.6	199	16.56	199
2	318	0.52	4.72	6.8	204	16.98	204
3	326	0.54	4.83	7.0	209	17.40	209
4	334	0.55	4.95	7.1	214	17.84	214
5	341	0.56	5.08	7.3	219	18.28	219
6	349	0.58	5.21	7.5	225	18.74	225
7	358	0.59	5.34	7.7	231	19.21	231
8	366	0.61	5.47	7.9	236	19.69	236
9	375	0.62	5.61	8.1	242	20.18	242
10	383	0.64	5.75	8.3	248	20.69	248
11	393	0.65	5.89	8.5	254	21.20	254
12	402	0.67	6.04	8.7	261	21.73	261
13	411	0.69	6.19	8.9	267	22.28	267
14	421	0.70	6.34	9.1	274	22.83	274
15	431	0.72	6.50	9.4	281	23.40	281
16	441	0.74	6.66	9.6	288	23.99	288
17	451	0.76	6.83	9.8	295	24.59	295
18	462	0.78	7.00	10.1	302	25.20	302
19	473	0.80	7.18	10.3	310	25.83	310
20	484	0.82	7.36	10.6	318	26.48	318

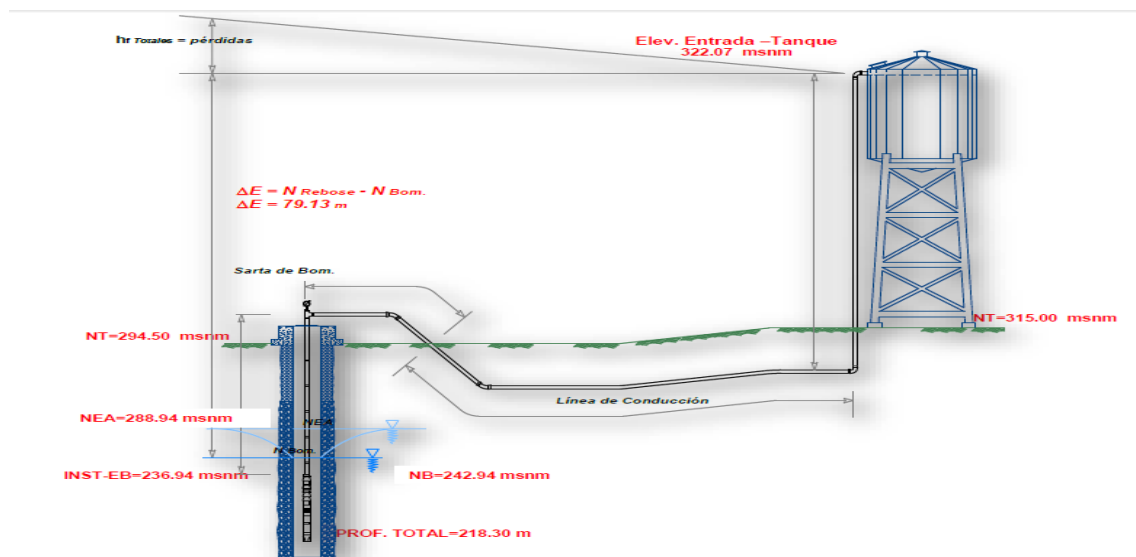
3.3. Diseño

3.3.1. Dimensionamiento de la línea de conducción

La línea de conducción inicia en la fuente de abastecimiento (**Pozo Propuesto**) y finaliza en el sitio donde se ubicaran los tanques de almacenamiento o distribución; tomando como referencia principal el levantamiento topográfico entre los dos elementos del sistema. Se adoptó como trazo principal lo indicado en los planos de diseño (Ver Plano N°8 Línea de conducción). La ubicación de la fuente con respecto los tanques de distribución, obliga el uso de una bomba del tipo sumergible para impulsar el líquido hasta los tanques de almacenamiento.

El diseño hidráulico de la línea de conducción comprenderá un tramo de 205.41m de longitud y una diferencia de altura entre el nivel dinámico del pozo y el nivel de rebose de los tanques de 79.13m, ya que ambos sitios se encuentran a una elevación de 294.50msnm y 315msnm respectivamente. Se utilizó el valor de consumo máximo día de 0.82lppd el cual es menor que 29gpm (caudal de aforo en época seca), según lo recomienda las normas técnicas nacionales para abastecimiento de agua en el medio rural.

Ilustración 1 Elevación entre fuente y obra de almacenamiento



Fuente: Elaboración Propia

Dado que el sistema considera un diseño del tipo **Fuente-Tanque-Red**, se realizó el análisis hidráulico del conducto a presión, tomando en cuenta las características del terreno (según imagen N°), este consiste en:

3.3.2. Calculo económico de la línea de conducción

Selección del diámetro económico

La expresión a utilizar es la expresión de Bresser, que se expresa como:

$$D = 0.9(Q^{0.45})$$

Ecuación 11 Diámetro económico

$$D = 0.9(0.00079m^3)^{0.45}$$

$$\underline{D = 2"=0.0005m}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos y con el propósito de obtener el diseño más económico, se procedió a efectuar un análisis técnico económico para la longitud de la línea de conducción que va desde el **Pozo Propuesto** hasta los tanques de almacenamiento que será de 15000litros (15m³), para los cual se determinaron los costos de inversión y costos de operación para las tuberías de 32mm, 40mm, 50mm y 60mm SDR26.

Costos de inversión y consto anual equivalente de inversión

A continuación se presentan los costos de inversión obtenidos para cada uno de los diámetros propuestos así como el costo anual equivalente de inversión.

Tabla 10 Calculo del costo de inversión (CI) y del costo anual equivalente de inversión (CAEI)

Diámetro	SDR	Cantidad de tubería	Costo Unitario C\$	Costo de Inversión C\$	Recuperación del capital C\$	C.A.E.I C\$
1 1/4"	26	34	432	14688	0.17698	76.46
1 1/2"	26	34	560	19040	0.17698	99.11
2"	26	34	874.32	29726.88	0.17698	154.74

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla N° 9 el diámetro de tubería con costo anual equivalente más bajo es la tubería de 1 ¼”, calculada con una tasa de interés del 12% para proyectos sociales a un periodo de recuperación de 10años.

Costos de operación

El costo de operación está representado por el consumo de energía eléctrica, el cual depende de la potencia al freno del equipo de bombeo. En la tabla N°... se presenta un resumen de la potencia del motor en función del diámetro de tubería y el consumo de energía de cada uno.

Tabla 11 Calculo de la potencia requerida vs diámetro de tubería

Diámetro			Caudal	Factor	Longitud	Perdida por fricción	CDT	BHP
m	mm	pulgadas	m3/s		m	m	m	hp
0.032	32	1 1/4	0.00082	150	205.41	7.50	86.63	1.24
0.04	40	1 1/2	0.00082	150	205.41	2.53	81.66	1.17
0.05	50	2	0.00082	150	205.41	0.85	79.98	1.15
0.06	60	2 1/2	0.00082	150	205.41	0.35	79.48	1.14

Fuente: Propia

Costo anual equivalente total (CAET) (Inversiones y operaciones)

Tabla 12 Calculo del consumo del costo anual de anergia

Diámetro			CDT	Eficiencia	Caudal	Potencia al freno		CAE
mm	SDR	Mts	Pie	%	lps	HP	KW	C\$
32	26	86.63	284.220	75	0.82	1.24	0.93	27.87
40	26	81.66	267.911	75	0.82	1.17	0.87	26.27
50	26	79.98	262.410	75	0.82	1.15	0.86	25.73
60	26	79.48	260.762	75	0.82	1.14	0.85	25.57
32	26	86.63	284.220	75	0.82	1.24	0.93	27.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13 Cálculo del costo anual equivalente total (inversión y mantenimiento)

Diámetro			CAEI	CAE	CAET
m	mm	pulgadas	C\$	C\$	C\$
0.032	32	1 1/4	76.46	27.87	104.32
0.04	40	1 1/2	99.11	26.27	125.38
0.05	50	2	154.74	25.73	180.47
0.06	60	2 1/2	231.85	25.57	257.41

Fuente: Elaboración Propia

De la comparación de los costos de inversión inicial de las diferentes alternativas se observa que la opción que considera el diseño de la tubería de conducción 50mm (2", SDR 26) de diámetro es la más viable económicamente.

3.4. Cálculo de pérdidas hidráulicas en la conducción

Para el análisis hidráulico de las pérdidas por fricción se utilizó la ecuación de Hazen-Williams, para el cálculo de las pérdidas a lo largo de todo el sistema. Utilizando un coeficiente de Hazen-Williams de **150** para ductos de pvc y de **100** para conductos de hierro galvanizado.

3.4.1. Pérdidas por fricción

Para calcular las pérdidas por fricción se utilizaron los siguientes coeficientes de pérdida.

Tabla 14 pérdidas por fricción en la columna de bombeo

Tubería	Diámetro	Longitud	Nivel Estático	Coeficiente de H.W	Nivel dinámico	Pérdidas por fricción
H.G	0.05m	57.96m	5.96m	100	51.96m	0.51m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 pérdidas por fricción en la tubería de conducción

Estación	Distancia	Nodo	Coeficiente H.W	CMD (lps)	Pérdidas por fricción (m)
De A	(m)	Pozo PI 1			0.04
Pozo (PI 1) Nodo 2	10.01	PI 2			0.24
PI 2 PI 3	57.96	PI 3			0.32
PI 3 PI 4	77.93	PI 4	150	0.82	0.08
PI 4 PI 6	20.17	Tanque			0.12
PI 6 Tanque	29.34	Pozo PI 1			0.04
Σ hf = 0.81	10.01	PI 2			0.24

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Cálculo de la velocidad de flujo

Teniendo en cuenta que el diámetro en la conducción permanece constante, la velocidad se conserva constante en toda la tubería, utilizando la siguiente expresión calcularemos la velocidad en tubería.

Realizando los cálculos correspondientes, obtenemos el siguiente resultado.

$$V = \frac{(0.00082m^3)}{\frac{\pi(0.05m)^2}{4}}$$

$$\underline{V = 0.41m/s}$$

Ecuación 12 velocidad de flujo

3.4.3. Cálculo de las pérdidas menores

Las pérdidas menores generadas en la tubería de conducción son correspondientes a tipo y cantidad de accesorios instalados entre la descarga de la bomba y la tubería de llenado de los tanques.

Considerando que la velocidad promedio en la conducción es de **0.41m/s** utilizaremos este valor para el cálculo de las pérdidas generadas por cada accesorio.

Tabla 16 perdidas de menores por cada accesorio

Columna de bombeo					
Accesorio		Diámetro	Cantidad	Valor de K	Perdida (m)
Válvula de retención		2"	1	0.5	0.0041
Sarta de descarga					
Accesorio		Diámetro	Cantidad	Valor de K	Perdida
Codo 90° GH		2"	1	0.9	0.0073
Tee de pase dierecto HG		2"	1	0.6	0.0049
Controlador de Causal HG		2"	1	2.5	0.0204
Valvula de compuerta HG		2"	1	0.2	0.0016
Codo 45° HG		2"	2	0.4	0.0033
Unió malable		2"	2	0.3	0.0024
Conducción					
Accesorio		Diámetro	Cantidad	Valor de k	Perdida (m)
Codo 45°PVC		2"	3	0.2	0.0016
Entrada al tanque					
Accesorio		Diámetro	Cantidad	Valor de K	Perdida (m)
Codo 90° HG		2"	2	0.9	0.0073
Valvula de compuerta HG		2"	1	0.2	0.0016
Tee de pase HG		2"	3	0.6	0.0049

Fuente: Elaboración Propia

Realizando la sumatoria de das las perdías generadas por cada accesorio, obtenemos que las pérdidas menores totales.

$$\underline{h_l = 0.08m}$$

Ecuación 13 sumatoria de las perdidas

3.5. Estación de bombeo

A fin de llevar el agua al reservorio y posteriormente a la red se hará uso de una bomba sumergible de eje vertical que impulsara el agua desde el pozo perforado hacia el tanque de almacenamiento ubicado en el punto más alto de la zona en estudio, recorriendo 205.41 m correspondiente al tramo como línea de conducción.

3.6. Cálculo de la carga total dinámica

El cálculo de la carga dinámica total comprende todas las pérdidas generadas en la tubería y accesorios más la diferencia de altura de **71.19m** entre el nivel dinámico del pozo y el nivel de rebose del tanque.

$$CDT = 0.81m + 0.51 + 0.08m + 79.13m$$

Ecuación 14 carga total dinámica

$$\underline{CDT = 80.53m = 264pies}$$

3.6.1. Potencia al freno

La potencia requerida por la bomba para elevar el fluido hasta el nivel de rebose del tanque debe contemplar las pérdidas generadas por el rozamiento de los elementos de la bomba y el motor, la eficiencia contemplada para bombas y motores sumergibles es de 75%.

$$BHP = 264.13 * 12.99/3960(0.75)$$

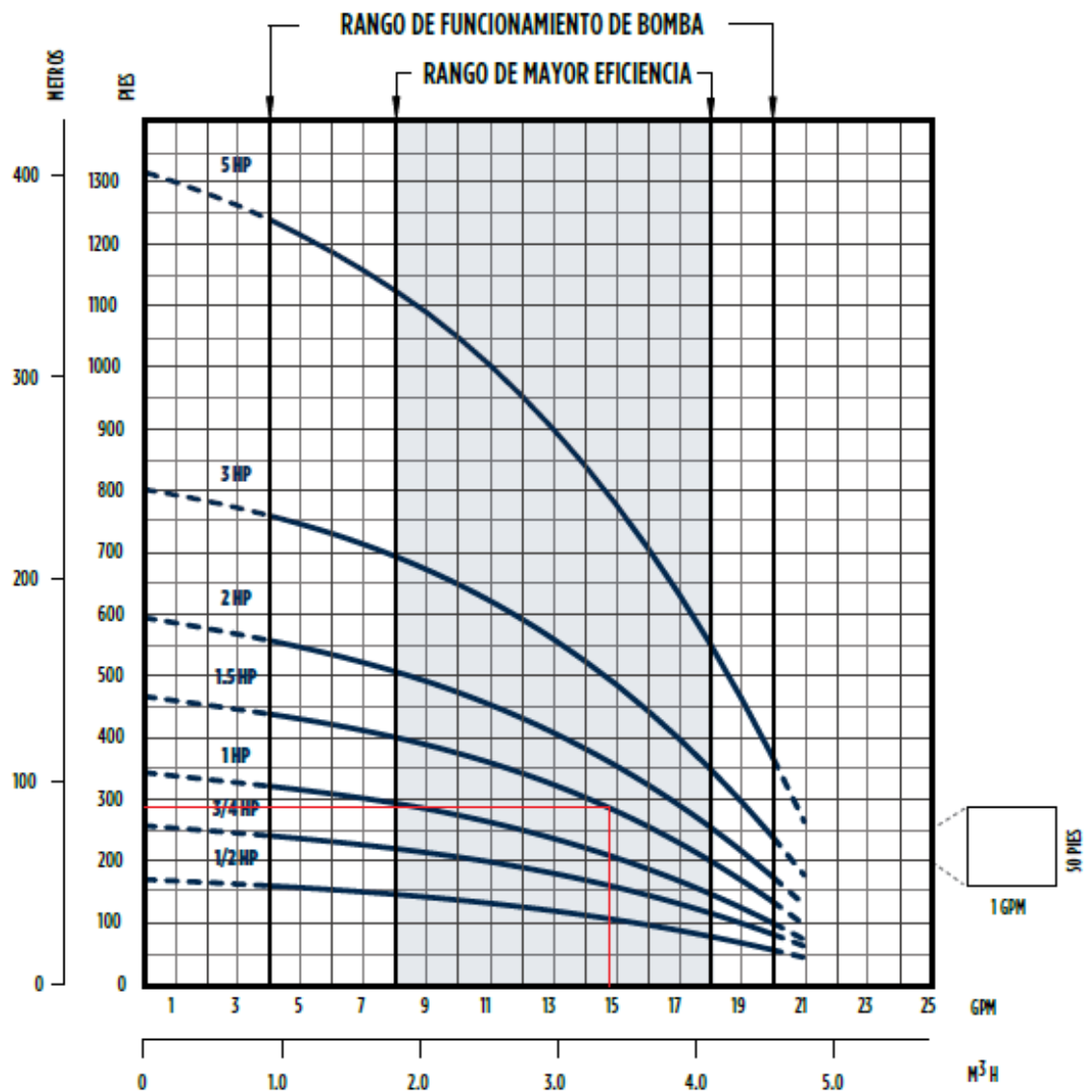
Ecuación 15 Potencia al freno

$$\underline{BHP = 1.15hp = 0.8575KW}$$

Debido que comercialmente no se encuentran motores monofásicos de **1.15hp**, se tomara el inmediato superior para la instalación del equipo de bombeo, el cual es **1.50hp/230volt/1fase**.

La bomba que puede cumplir con las condiciones de carga y caudal es la bomba sumergible marca Franklin Electric Mod: 15FA serie Trisell capas de erogar 13gpm@264pies de carga.

Ilustración 2 Curva de rendimiento hidráulico de bomba Mod:15 FA serie Trisell



Fuente: Brochure FPS 4400 Frankling Electric

3.6.2. Análisis de la tubería contra golpe de ariete

Se calculara la sobrepresión provocada por el golpe de ariete, ocasionado por el cierre rápido de la válvula de retención, debido a la interrupción brusca del bombeo.

- **Calculo de la velocidad o celeridad de la onda:**

$$C = \frac{9999}{\sqrt{48.3 + 20 \frac{0.005570m}{0.00231m}}}$$

Ecuación 16 Celeridad de la onda

$$\underline{C = 429.81m/s}$$

- **Calculo de la máxima onda de presión en la tubería**

$$ha = (4((0.00082m^3/s)(429.81m/s)/\pi(0.05570m)^2 (9.81m/s^2))$$

Ecuación 17 onda de presión en la tubería

$$\underline{ha = 14.12m}$$

- **Calculo de la sobrepresión o subpresión en las paredes de la tubería**

$$Sp1 = (322.07msnm - 242.94msnm) + 14.12 = 93.35m$$

Ecuación 18 presión en las paredes de la tubería

$$Sp2 = (322.07msnm - 242.94msnm) - 14.12 = 65.01m$$

- **Resistencia en la tubería**

$$P_t = 0.95 * 113$$

Ecuación 19 Resistencia en la tubería

$$\underline{P_t = 107.35}$$

3.6.3. Análisis de las condiciones

Según los cálculos realizados utilizando los niveles hidráulicos de bombeo (nivel mínimo de bombeo, altura de entrada al tanque), caudal erogado por la bomba, la sobrepresión que se da bajo las condiciones antes descritas es de 93.25m.

Las características propuestas para la tubería de conducción serán las siguientes:

Tabla 17 Especificaciones técnicas de tubería PVC 2"

Material	Diámetro	Longitud	Espesor de pared	Presión nominal de trabajo a 23°C	SDR 26
PVC	0.0005m	6m	26mm	107.35 mca	

Fuente: Catalogo de tuberías para agua potable, Durman Esquivel

La tubería propuesta (**2"**, **SDR 26**) presenta una resistencia de 107.35mca, que es mayor a la sobre presión que se genera de 93.25mca

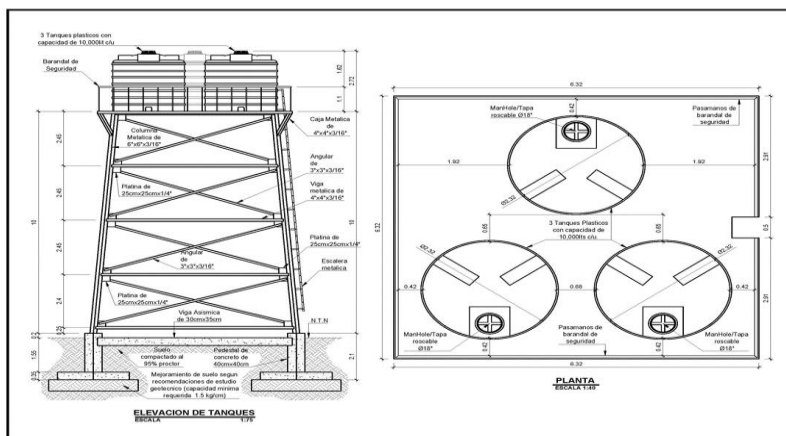
$$P_t > S_{p1}$$

$$\underline{107.35mca > 93.25mca}$$

3.6.4. Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento

De acuerdo a la proyección de la demanda al final del periodo de diseño, se propone la instalación de 3 tanques plásticos bicapa de **5,000 litros** cada uno, colocados sobre una torre metálica en la cota de **312msnm**, cada uno de los tanques dispondrá de su respectiva tubería de limpieza, llenado y válvulas de rebose.

Ilustración 3 Torre metálica y tanque de abastecimiento



Fuente: Elaboración Propia

3.4.6. Cálculo de los depósitos para agua potable

Los criterios de dimensionamiento son los que señalan las normas nacionales el cual el deposito debe tener un volumen compensador del **15% del CPD**, también un volumen de reserva equivalente al **20% del CPD**.

De acuerdo a la proyección de la demanda al final del periodo de diseño, se propone la instalación de **3 tanques plásticos de 5,000 litros** cada uno, colocados sobre una torre metálica en la cota **312 msnm**, cada uno de los tanques de almacenamiento dispondrá de su respectiva tubería de limpieza, rebose, válvulas de entrada.

Para el volumen de almacenamiento se tomó el **15% CPD** para compensar las variaciones horarias de consumo y el **20%** para el volumen de reserva según norma de tal manera que:

$$V_T = 35\% \text{CPD}$$

Ecuación 20 volumen de almacenamiento

$$V_T=35\%CPD$$

$$V_T= 0.35*(46,656 \text{ l/d})=16,329.6 \text{ litros}$$

Los tanques de almacenamiento se encontraran sobre una torre de 7 metros con respecto al tereno natural.

3.6.5. Diseño de red de distribución

Generalidades de los componentes de la red de distribución

En el diseño de la red de distribución de una localidad, se debe de considerar los siguientes aspectos fundamentales:

El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño.

Deberá de tratarse de servir directamente al mayor porcentaje de la población dentro de las viviendas, en forma continua, de calidad aceptable y cantidad suficiente.

La distribución de los gastos, debe hacerse mediante hipótesis que esté acorde con el consumo real de la localidad durante el período de diseño.

Las redes de distribución deberán dotarse de los accesorios y obras necesarias, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas y para facilitar su mantenimiento.

El sistema principal de distribución de agua puede ser de red abierta, de malla cerrada, o una combinación de ambas y se distribuirán las tuberías en la planimetría de la localidad, tratando de abarcar el mayor número de viviendas mediante conexiones domiciliarias.

- **Parámetros de diseños**

En estos se incluyen las dotaciones por persona, el período de diseño, la población futura y los factores específicos (velocidades permisibles,

presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías).

- **Velocidades permisibles**

Se permitirán velocidades de flujo de 0.4 m/s a 2.00 m/s.

Presiones mínimas y máximas

La presión mínima residual en la red principal será de 5 mts; la carga estática máxima será de 50 mts. Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70 mts., cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

- **Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (38 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 mts.

- **Cobertura sobre tuberías**

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud, y en calles peatonales esta cobertura mínima será 0.50 m.

3.6.6. Tipo de red

Se utilizará una red de distribución de agua potable abierta o ramificada: Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable.

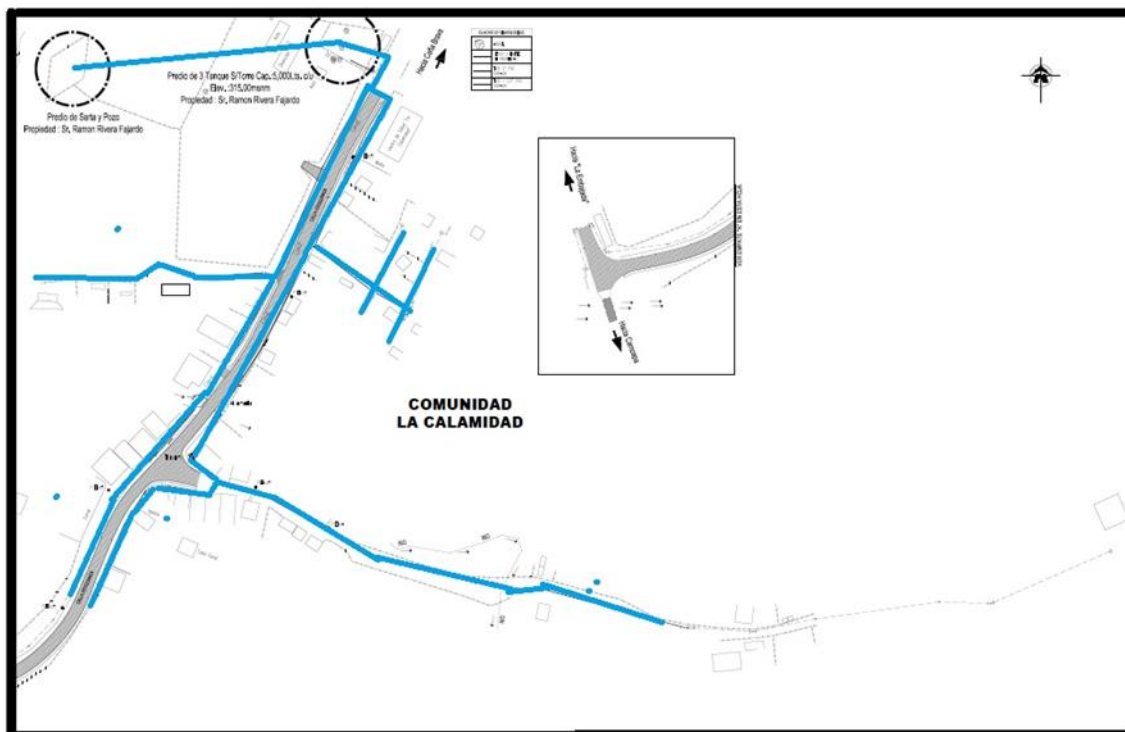
La red de distribución proyectada tiene cobertura del 100% de la población al final del periodo de diseño. Se ha previsto un sistema de red completamente nuevo.

El sistema de distribución de agua potable se diseña a fin de reducir problemas de operatividad, costos de construcción y mantenimiento. En base a esta premisa, el sistema se basa en la distribución de flujos a gravedad desde una estructura de almacenamiento con capacidad de 15 m³ ubicados, el cual es alimentado directamente desde la fuente u obra de captación a través de la línea de conducción anteriormente descrita

La red de distribución sale del tanque y el trazado de la misma se realizó de acuerdo a características topográficas y urbanísticas de la comunidad y tendrá la capacidad para abastecer adecuadamente la población hasta el año 20 del período de diseño.

Se instalarán en total 56 conexiones de patio (52 viviendas y 4 para edificios públicos). El diámetro será de ½" de tubería PVC SDR 13. 5 con medidores de 12.5 mm (½") de diámetro en cada vivienda al inicio del proyecto.

Ilustración 4 ejemplo de red de distribución de agua potable abierta o ramificada

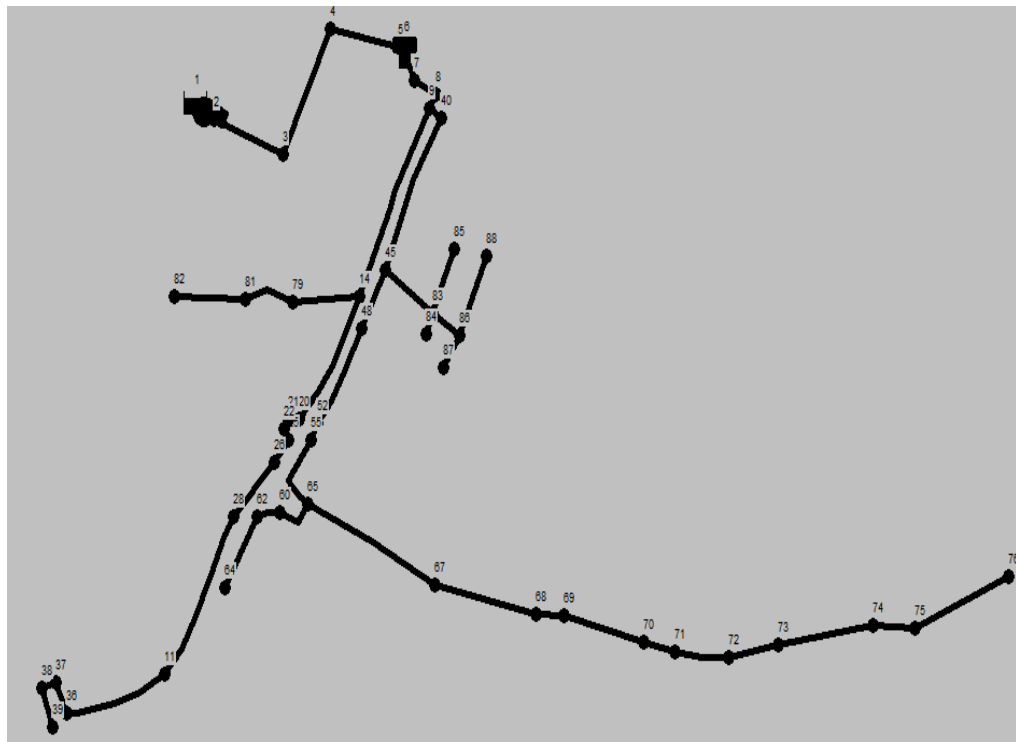


Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso del simulador por computadora EPANET v2 para analizar el comportamiento estático (Sin Consumo) y dinámico (Con Consumo Máxima Hora en la Red) del sistema con todas las conexiones domiciliarias instaladas.

La red de distribución se analizó con el caudal de Consumo de Máximo Hora (1.32 lps), en base a la proyección de consumo hasta el final del período de diseño de (20 años), el cual se distribuyó en todos los nodos de la red para concentrar el caudal, también se analizó la condición sin consumo en la red, para determinar las presiones máximas y cedulas de las tuberías.

Ilustración 5 Esquema Hidráulica, ubicación de nodo a utilizar para la simulación hidráulica



Fuente: Elaboración propia

3.6.7. Nivel de servicio

El suministro de agua potable a las viviendas será por medio de conexiones domiciliarias, las cuales se instalarán completamente con sus respectivos medidores y cajas de protección (304 Viviendas, 4 edificios públicos), para dar una cobertura del 100%.

Pérdidas por fricción

$$H = \left[\frac{SeQ_e - SfQ_f}{2.85(Q_e - Q_f)} \right] L$$

Ecuación 21 Pérdidas por fricción

En la cual:

H: Pérdidas por fricción en metros

Q_e: caudal entrante en el tramo en (gpm)

Q_f: caudal de salida al final del tramo (gpm)

Se: Pérdidas en el tramo correspondiente Q_e en decimales

Sf: Pérdidas en el tramo correspondiente Q_f en decimales

L: longitud del tramo en metros.

3.7. Datos para el modelaje de epanet v.2.0

Para la modelación en Epanet algunos elementos tales como los diámetros, el material de la tubería, se proponen en base lo recomendado en los criterios básicos de las normas de diseño de INAA. Otra información como elevaciones, longitudes de tramos de tuberías se obtienen del plano topográfico de la comunidad.

El caudal de la fuente, bomba y línea de conducción es correspondiente al consumo máxima día (CMD). Y para las redes de distribución es el consumo máxima hora (CMH), consumos que se originan al realizar los análisis de proyección de la demanda al periodo de diseño considerado.

Para este último caso, se solicita el caudal por nodo (demanda base). Este último puede obtenerse por varios métodos.

En nuestro caso particular los obtuvimos por metro lineal, esto es, dividiendo el consumo promedio diario total (CPDT) = **0.524 lps**, entre la longitud total de las redes de distribución, de manera que se obtiene un caudal metro lineal y el cual debe de multiplicarse por el tramo en estudio y se le asigna al nodo final del tramo en estudio.

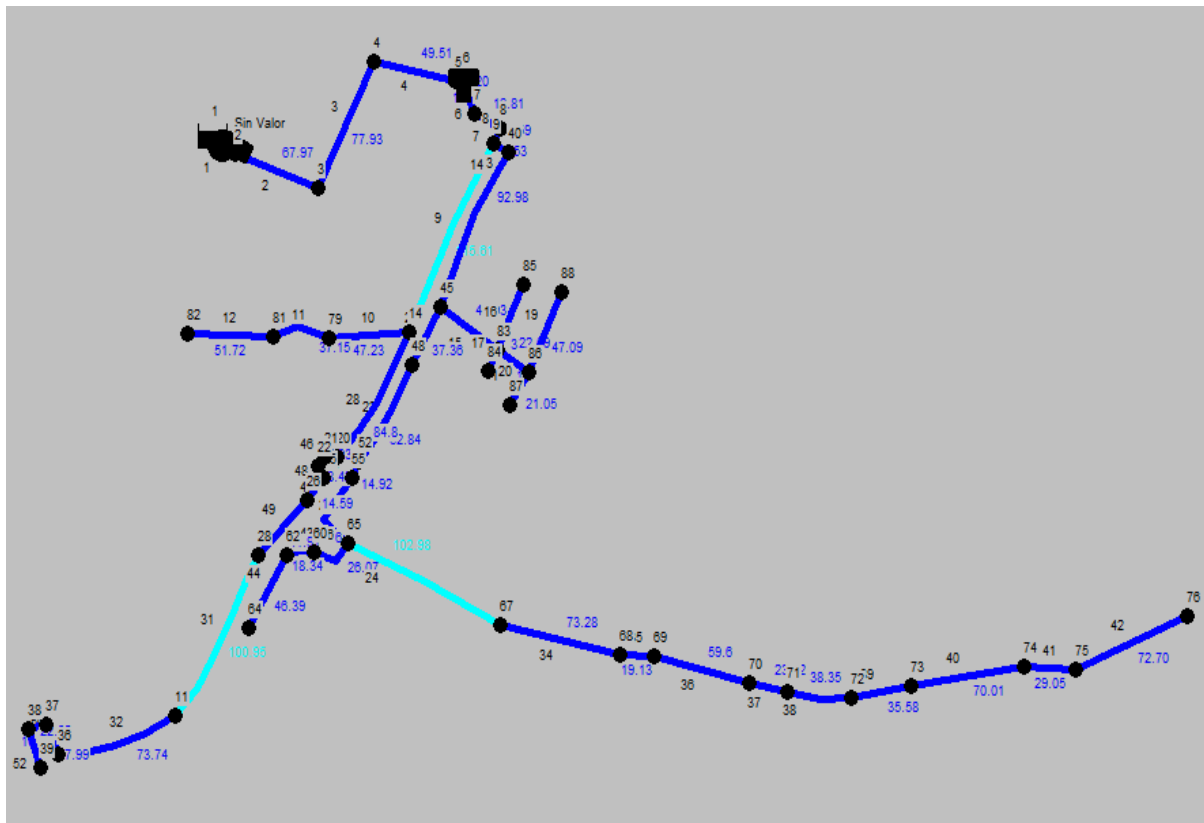
Tabla 18 Distribución de consumo

CALCULOS DE DEMANDA							
NODOS		Longitud	COEF.DE CONSUMO	Qd	CMD	CMH	Cota
DE	A	m	(lps/ml)	lps	1.5	2.5	
Tanque	7	18.41	0.0003	0.006	0.009	0.014	311.21
8							
7							
9	8	12.67	0.0003	0.004	0.006	0.010	307.5
8							
10							
25	9	66.84	0.0003	0.021	0.031	0.051	306.33
9							
11							
14	10	123.62	0.0003	0.038	0.057	0.095	292.4
10							
12							
11	11	42.19	0.0003	0.013	0.019	0.032	297.8
12							
11							
13	12	44.44	0.0003	0.014	0.021	0.034	291.37
12							
12							
10	13	25.86	0.0003	0.008	0.012	0.020	291.41
15							
14							
16	14	46.30	0.0003	0.014	0.021	0.036	282.67
15							
14							
16	15	8.31	0.0003	0.003	0.004	0.006	282.4
15							
17							
16	16	8.18	0.0003	0.003	0.004	0.006	282.43
17							
16							
18	17	11.26	0.0003	0.003	0.005	0.009	283.43
17							
19							
18	18	28.25	0.0003	0.009	0.013	0.022	283.9
20							
19							
20	19	71.43	0.0003	0.022	0.033	0.055	285.89
19							
21							
20	20	87.35	0.0003	0.027	0.040	0.067	284.36
22							
21							
22	21	45.87	0.0003	0.014	0.021	0.035	283.4
22							
22							

CALCULOS DE DEMANDA							
NODOS		Longitud	COEF.DE CONSUMO	Qd	CMD	CMH	Cota
DE	A	m	(lps/ml)	lps	1.5	2.5	
21	22	14.36	0.0003	0.004	0.007	0.011	284.1
23							
22	23	16.68	0.0003	0.005	0.008	0.013	283.94
24							
23	24	11.31	0.0003	0.003	0.005	0.009	283.38
9	25	51.26	0.0003	0.016	0.024	0.039	306.82
26							
25	26	86.64	0.0003	0.027	0.040	0.067	295.81
27							
33							
26	27	57.98	0.0003	0.018	0.027	0.045	298.75
28							
29							
30							
27	28	19.92	0.0003	0.006	0.009	0.015	307.74
27	29	5.55	0.0003	0.002	0.0026	0.004	295.89
27	30	45.12	0.0003	0.014	0.021	0.035	302.23
31							
32							
30	31	23.55	0.0003	0.007	0.011	0.018	308.68
30	32	10.53	0.0003	0.003	0.005	0.008	296.5
26	33	50.10	0.0003	0.015	0.023	0.039	290.24
34							
33	34	38.88	0.0003	0.012	0.018	0.030	282.09
35							
34	35	31.59	0.0003	0.010	0.015	0.024	281.34
36							
35							
37	36	88.66	0.0003	0.027	0.041	0.068	284.12
40							
36							
38	37	22.21	0.0003	0.007	0.010	0.017	284.79
37							
39	38	32.37	0.0003	0.010	0.015	0.025	285.47
38							
38	39	23.20	0.0003	0.007	0.011	0.018	285.44
36	40	88.13	0.0003	0.027	0.041	0.068	279.06
41							

METODO DE ARIA TRIBUTARIA							
NODOS		Longitud acomulada	COEF.DE CONSUMO	Qd	CMD	CMH	Cota
DE	A	m	(lps/ml)	lps	1.5	2.5	
40	41	46.21	0.0003	0.014	0.021	0.036	276.41
42							
41	42	39.37	0.0003	0.012	0.018	0.030	278.34
43							
42	43	41.41	0.0003	0.013	0.019	0.032	288.91
44							
43	44	30.89	0.0003	0.010	0.014	0.024	293.82
45							
44	45	37.07	0.0003	0.011	0.017	0.029	299.45
46							
45	46	52.80	0.0003	0.016	0.024	0.041	297.41
47							
46	47	49.53	0.0003	0.015	0.023	0.038	286.89
48							
47	48	50.88	0.0003	0.016	0.023	0.039	283.62
49							
48	49	36.35	0.0003	0.011	0.017	0.028	283.53
		1753.65		0.54	0.82	1.36	

Ilustración 8 Longitudes de la red



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Longitud y diámetro de la red

Tuberia	Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Diámetro (mm)
T 6	Tanque	7	20	50
T 7	7	8	16.81	50
T 8	8	9	8.53	50
T 9	9	10	115.61	50
T 10	10	11	47.23	50
T11	11	12	37.15	50
T 12	12	13	51.72	38
T 28	10	14	84.4	50
T 45	14	15	8.2	50
T 46	15	16	8.42	50
T 47	16	17	7.93	50
T 48	17	18	14.59	50
T49	18	19	41.91	50
T 31	19	20	100.95	50
T 32	20	21	73.74	50
T 50	21	22	17.99	38
T 51	22	23	10.73	38
T 52	23	24	22.62	38
T 13	9	25	9.59	50
T 14	25	26	92.98	50
T 15	26	27	42.93	50
T 16	27	28	39.83	38
T 17	27	29	11.1	38
T 18	27	30	22.09	50
T 19	30	31	47.09	38
T 20	30	32	21.05	38
T 21	26	33	37.36	50
T 22	33	34	62.84	50
T 55	34	35	14.92	50
T 23	35	36	48.26	50
T26	36	37	26.07	50
T 43	37	38	18.34	50
T 44	38	39	46.39	50
T 24	36	40	102.98	50
T 34	40	41	73.28	50
T 35	41	42	19.13	50
T 36	42	43	59.6	50
T 37	43	44	23.22	50
T 38	44	45	38.35	50
T 39	45	46	35.68	50
T 40	46	47	70.01	38
T 41	47	48	29.05	38
T42	48	49	72.7	38

Fuente: EPANET

3.7.1. Condición de consumo máxima hora (CMH)

Esta condición de análisis simula la red de distribución trabajando con los caudales máximos de diseño esperados en la red, con el fin de calcular las presiones más bajas que se presentaran en la red y de esta manera garantizar la presión mínima de servicio requerida.

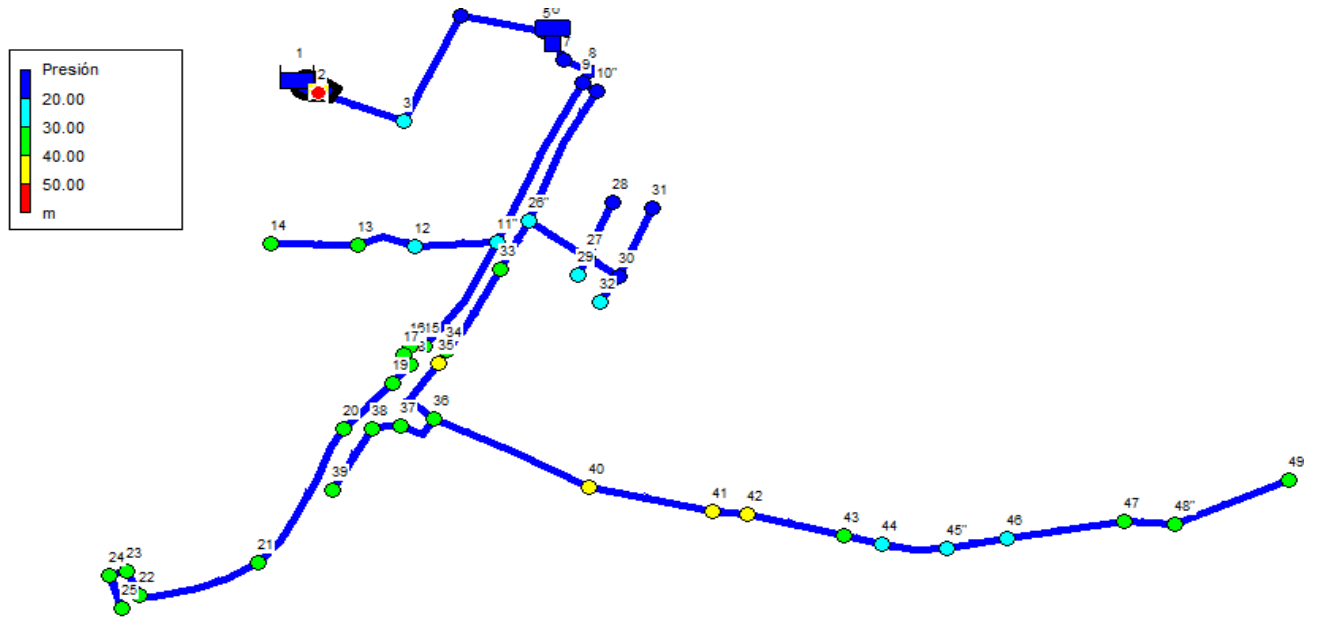
La condición de consumo de máxima hora es la condición más crítica de trabajo a la cual se verá expuesta la red de distribución, por lo tanto, las tuberías de la red de distribución deberán de estar construidas con materiales y diámetros que garanticen el correcto funcionamiento de la misma.

La presión más baja se dará en el Nodo No. 5 (7.27 m), el cual está ubicado en la línea de aducción con una cota 315.07 msnm y que está representado por la presión que suministra el equipo de bombeo.

La presión más alta se dará en el Nodo No.41 (43.25 m), el cual está ubicado en la cota 276.41 y corresponde a la zona más baja de la comunidad, el resultado indica que está por debajo de la máxima normada (50 mts).

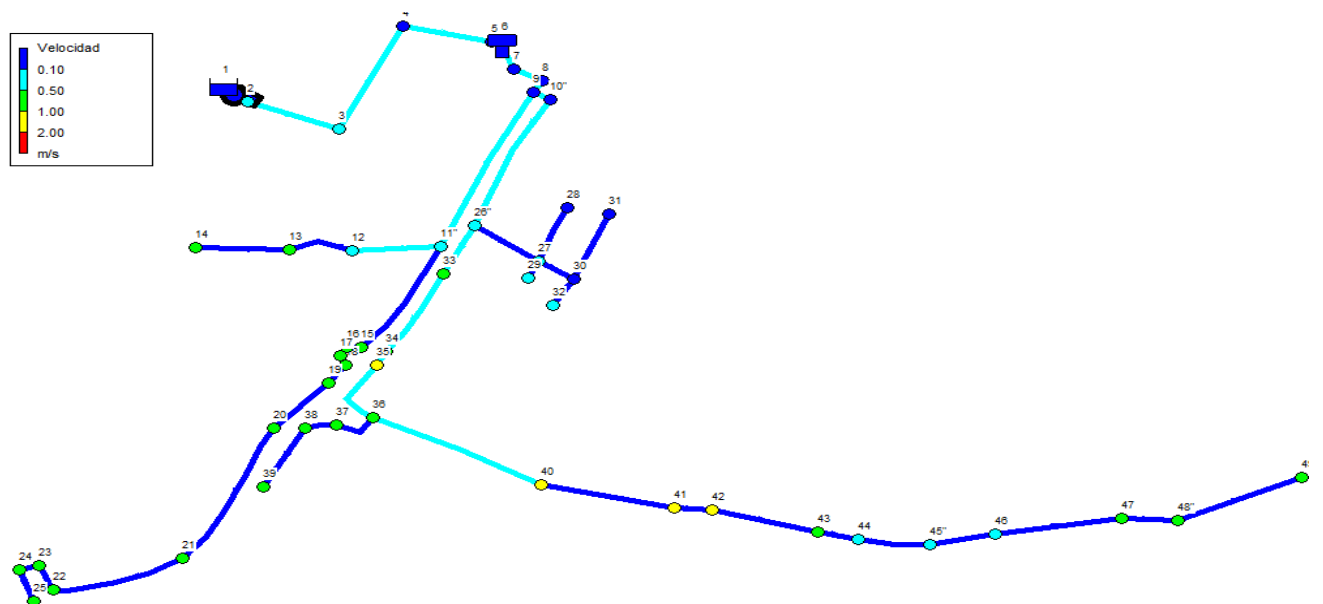
En cuanto a las velocidades en las tuberías, se presentan varios tramos en donde la velocidad está por debajo de lo normado, sin embargo, este comportamiento no afectará la eficiencia del sistema ya que las aguas que proviene del pozo, son aguas que no ocasionan sedimentos que podría reducir el diámetro efectivo de la tubería.

Ilustración 9 Presiones en el sistema con consumo máximo horario



Fuente: epanet

Ilustración 10 Velocidades en el sistema con consumo máximo horario



Fuente: epanet

Tabla 20 Características de trabajo durante consumo máximo horario de las tuberías en la red

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
Tubería 2	67.97	50	0.61	0.31	2.73
Tubería 3	77.93	50	0.61	0.31	2.73
Tubería 4	49.51	50	0.61	0.31	2.73
Tubería 5	10	50	0.61	0.31	2.73
Tubería 6	20	50	0.94	0.48	6.08
Tubería 7	16.81	50	0.93	0.47	5.97
Tubería 8	8.53	50	0.92	0.47	5.89
Tubería 9	115.61	50	0.45	0.23	1.54
Tubería 10	47.23	50	0.21	0.11	0.37
Tubería 11	37.15	50	0.19	0.10	0.31
Tubería 12	51.72	38	0.02	0.02	0.02
Tubería 13	9.59	50	0.47	0.24	1.70
Tubería 26"	92.98	50	0.47	0.24	1.68
Tubería 15	42.93	50	0.08	0.04	0.06
Tubería 16	39.83	38	0.02	0.02	0.02
Tubería 17	11.10	38	0.00	0.00	0.00
Tubería 18	22.09	50	0.04	0.02	0.02
Tubería 19	47.09	38	0.02	0.02	0.02
Tubería 20	21.05	38	0.01	0.01	0.01
Tubería 21	37.36	50	0.35	0.18	0.97
Tubería 22	62.84	50	0.33	0.17	0.88
Tubería 55	14.92	50	0.30	0.16	0.76
Tubería 23	48.26	50	0.30	0.15	0.73
Tubería 26	26.07	50	0.04	0.02	0.02

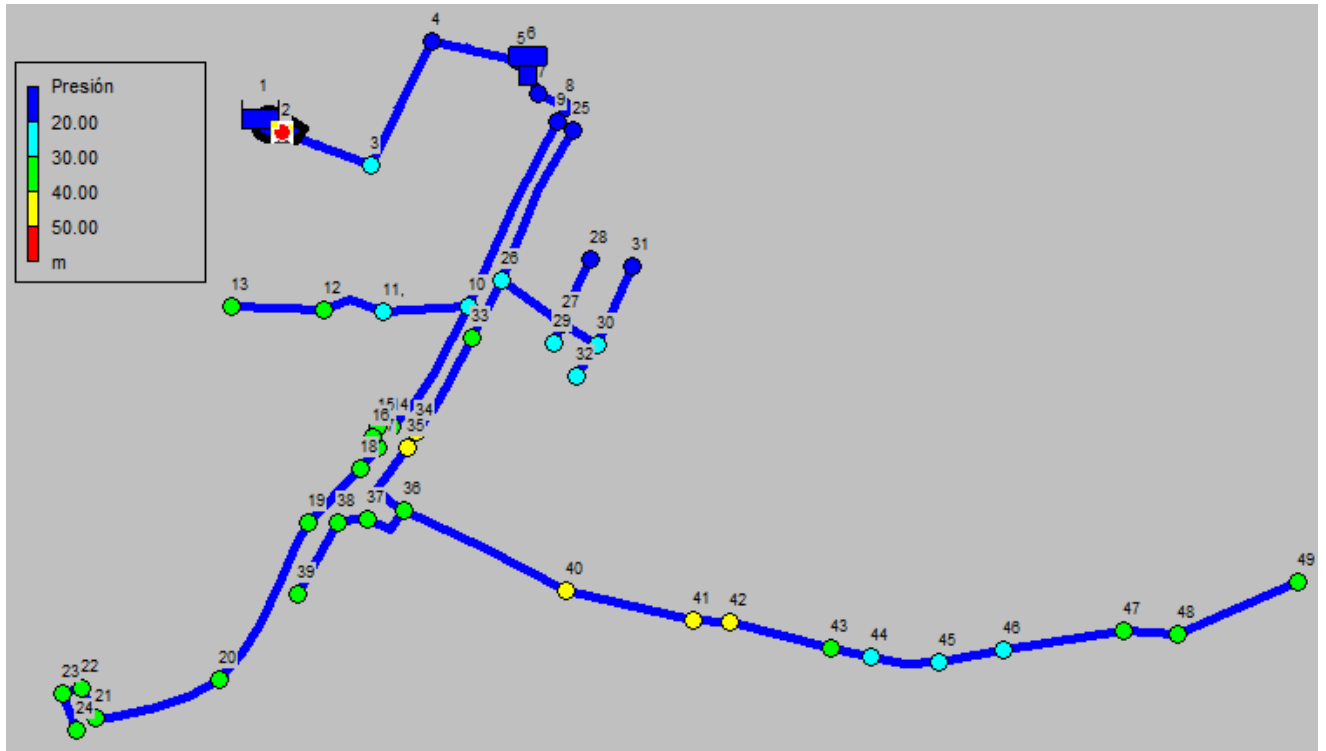
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Características de trabajo durante consumo máximo horario de las tuberías en la red

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
Tubería 28	84.8	50	0.19	0.10	0.31
Tubería 31	100.95	38	0.10	0.09	0.37
Tubería 32	73.74	38	0.06	0.05	0.12
Tubería 24	102.98	50	0.24	0.12	0.48
Tubería 34	73.28	50	0.19	0.10	0.32
Tubería 35	19.13	50	0.16	0.08	0.22
Tubería 36	59.6	50	0.15	0.08	0.20
Tubería 37	23.22	50	0.12	0.06	0.14
Tubería 38	38.35	50	0.11	0.06	0.12
Tubería 39	35.58	50	0.09	0.05	0.09
Tubería 40	70.01	38	0.08	0.07	0.23
Tubería 41	29.05	38	0.05	0.04	0.09
Tubería 42	72.70	38	0.03	0.03	0.09
Tubería 43	18.34	50	0.03	0.01	0.01
Tubería 44	46.39	50	0.02	0.01	0.01
Tubería 45	8.2	50	0.15	0.08	0.20
Tubería 46	8.42	50	0.15	0.07	0.20
Tubería 47	7.93	50	0.14	0.07	0.19
Tubería 48	14.59	50	0.13	0.06	0.15
Tubería 49	41.91	50	0.12	0.06	0.14
Tubería 50	17.99	38	0.02	0.02	0.02
Tubería 51	10.71	38	0.01	0.01	0.01
Tubería 52	22.62	38	0.01	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11 presiones en el sistema sin consumo en la red



Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Resumen de EPANET, en ambos casos (con consumo y sin consumo)

Prueba con consumo maximo horario					prueba sin consumo		
ID Nudo	Cota (m)	Demanda lps	Altura (m)	presion m	Demanda lps	Altura (m)	presion m
Nudo 2	295.6	0	322.8	27.2	0	322.86	27.26
Nudo 3	297.87	0	322.63	24.76	0	322.68	24.81
Nudo 4	307.22	0	322.44	15.22	0	322.46	15.24
Nudo 5	315.07	0	322.32	7.25	0	322.33	7.26
Nudo 7	311.21	0.02	321.88	10.67	0	322.3	11.09
Nudo 8	307.5	0.01	321.54	14.04	0	322.3	14.8
Nudo 9	306.33	0.08	321.36	15.03	0	322.3	15.97
Nudo 10	292.4	0.14	321.04	28.64	0	322.3	29.9
Nudo 11	297.8	0.05	321.04	23.24	0	322.3	24.5
Nudo 12	291.37	0.05	321.04	29.67	0	322.3	30.93
Nudo 13	291.41	0.03	321.04	29.62	0	322.3	30.89
Nudo 25.	306.76	0.06	321.28	14.52	0	322.3	15.54
Nudo 26	295.81	0.1	320.58	24.77	0	322.3	26.49
Nudo 27	298.75	0.06	320.57	21.82	0	322.3	23.55
Nudo 28	307.74	0.02	320.56	12.82	0	322.3	14.56
Nudo 30	302.23	0.05	320.56	18.33	0	322.3	20.07
Nudo 36	284.12	0.1	319.95	35.83	0	322.3	38.18
Nudo 29	295.89	0.01	320.57	24.68	0	322.3	26.41
Nudo 31	308.68	0.03	320.56	11.88	0	322.3	13.62
Nudo 32	296.5	0.01	320.56	24.06	0	322.3	25.8
Nudo 33	290.24	0.06	320.41	30.17	0	322.3	32.06
Nudo 34	282.09	0.04	320.16	38.07	0	322.3	40.21
Nudo 35	281.34	0.04	320.11	38.77	0	322.3	40.96
Nudo 41	276.41	0.05	319.66	43.25	0	322.3	45.89
Nudo 49	283.53	0.04	319.49	35.96	0	322.3	38.77
Nudo 37	284.79	0.03	319.95	35.16	0	322.3	37.51
Nudo 39	285.44	0.03	319.95	34.51	0	322.3	36.86
Nudo 14	282.67	0.05	320.95	38.28	0	322.3	39.63
Nudo 17	283.43	0.01	320.94	37.51	0	322.3	38.87
Nudo 19	285.89	0.08	320.9	35.01	0	322.3	36.41
Nudo 20	284.36	0.1	320.79	36.43	0	322.3	37.94
Nudo 21	282.4	0.05	320.77	38.37	0	322.3	39.9
Nudo 24	283.38	0.01	320.76	37.38	0	322.3	38.92
Nudo 40	279.06	0.1	319.76	40.7	0	322.3	43.24
Nudo 42	278.34	0.04	319.64	41.3	0	322.3	43.96
Nudo 43	288.91	0.05	319.6	30.69	0	322.3	33.39
Nudo 44	293.82	0.03	319.58	25.76	0	322.3	28.48
Nudo 45	299.45	0.04	319.56	20.11	0	322.3	22.85
Nudo 46	297.41	0.06	319.55	22.14	0	322.3	24.89
Nudo 47	286.89	0.06	319.5	32.61	0	322.3	35.41
Nudo 48	283.62	0.06	319.49	35.87	0	322.3	38.68
Nudo 38	285.45	0.04	319.95	34.5	0	322.3	36.85
Nudo 15	282.4	0.01	320.95	38.55	0	322.3	39.9
Nudo 16	282.43	0.01	320.94	38.51	0	322.3	39.87
Nudo 18	283.9	0.03	320.93	37.03	0	322.3	38.4
Nudo 22	284.1	0.02	320.76	36.66	0	322.3	38.2
Nudo 23	283.94	0.02	320.76	36.82	0	322.3	38.36

Fuente: elaboración propia (resultado extraídos de la simulaciones hecha en epanet)

3.8. Aspectos legales y de funcionamiento

Todo proyecto requiere de una conformación legal, siendo este el caso en que los componentes que requieren legalidad a favor de la comunidad son el terreno de la fuente de captación y el tanque de almacenamiento.

Se cuenta con escrituras de legalidad a favor de la municipalidad de La Calamidad tanto para el predio de la fuente como para el predio del tanque de almacenamiento, por tanto, la inversión en terrenos es cero.

En dependencia de la modalidad del proyecto se realizarán capacitaciones a la junta directiva del CAPS(Comité de Agua Potable y Saneamiento), en los temas sobre administración, operación y mantenimiento del sistema de agua del tipo mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE). Por la complejidad del tipo de obra, el ingeniero, residente del proyecto, será el responsable de dirigir el evento de capacitación sobre la operación y mantenimiento de su sistema, para brindar conocimientos sobre la operación del sistema.

En el ámbito social, se brindarán conocimientos sobre la administración del sistema de agua como son el montaje de libros contables (libro diario, libro mayor, libro de actas) recibos de entradas y salidas, facturas; control de materiales, planillas de pago, lectura de medidores, rendiciones de cuentas, auditorías sociales cada 2 meses y otros. Para la lectura de medidores se capacitarán especialmente a 2 miembros de la directiva o del CAPS para que sean estos los que realicen la actividad de lectura de estos, en cada hogar.

En estos temas se tratará que los miembros de la junta directiva y en especial el presidente y tesorero del CAPS dominen los conocimientos básicos contables para llevar la contabilidad del sistema y la buena administración de su proyecto. Para cada tema de capacitación se utilizarán las cartillas orientadas por Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), sobre la administración del sistema de agua potable.

Actualmente en la comunidad La Calamidad el CAPS se encuentra conformado de la siguiente manera:

Tabla 23 Organización del CAPS en la comunidad La Calamidad

cargo	Nombres y apellidos	Numero de cedula de identificación	Numero de contacto
Presidente/a	Eliborlo Ortega	362-230761-0000K	83707997
Secretario/a	María Ortega Sandigo	362-100961-0003Y	75597660
Tesorero/a	Miguel Rodríguez	362-290972-0003R	81035540
Fiscal	Marvin Fernández	362-160174-0002M	No tiene
Vocal 1	Hugo Días Pérez	362-190170-0006H	89535323
Vocal 2	Hellen Flores	362-240186-0001N	78907973
Vocal 3	Juditza Picado	362-260498-1000H	76711091

Fuente: Elaboración propia

3.8.1. Participación comunitaria

La participación comunitaria organizada se ha previsto en la etapa de la formulación del proyecto, La población de la comunidad ha participado en asambleas informativas y de concertación, donde se ha identificado, discutido y seleccionado el tipo de sistema de agua a diseñar.

El CAPS será el encargado de organizar y dirigir las actividades para la ejecución del proyecto, garantizarán el cuidado y buen uso de los materiales. A través de las asambleas la comunidad asumirá el compromiso de aportar la mano de obra para la construcción del sistema, materiales locales (arena, piedra, agua), así como conformar su respectivo comité de seguimiento.

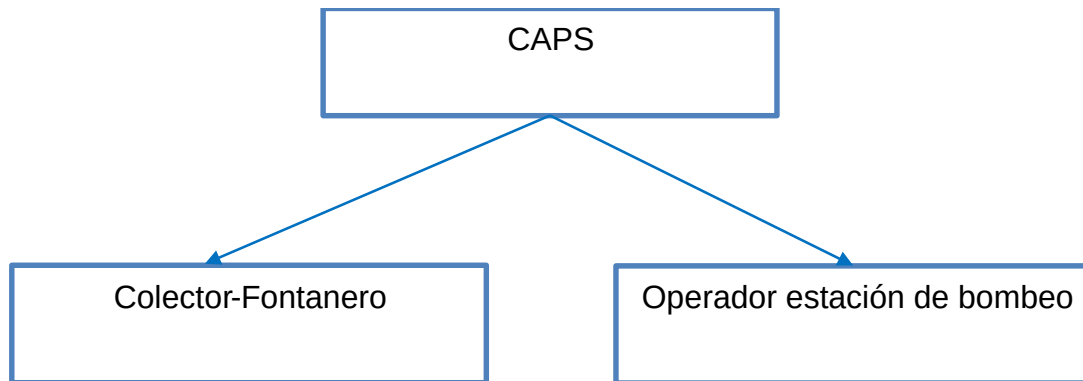
La comunidad aportará el costo de los medidores que se instalarán en cada conexión domiciliar y los puestos públicos.

Al finalizar el proyecto las familias beneficiarias, serán los responsables del cuidado y mantenimiento de las obras construidas, el CAPS apoyará en los trabajos de operación y mantenimiento que se requieran y el grado de organización para esta actividad.

3.8.2. Organigrama

Para que el sistema funcione es necesario contar con una persona que se encargue de darle el mantenimiento necesario al sistema, el cual incluye la operación del equipo de bombeo, cloración y operación de válvulas durante dicho mantenimiento. La persona que el CAPS designe recibirá un salario mínimo por el tiempo dedicado a esta actividad.

Ilustración 12 Organigrama



Fuente: Elaboración propia

4. CAPITULO IV: COSTOS Y PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

4.1. Costo de obras y tarifa

4.1.1. Presupuesto de la obra

El costo aproximado para la ejecución del proyecto “Agua y Saneamiento comunidad La Calamidad” municipio de Boaco, asciende a un monto en moneda nacional de **C\$4,543,538.46** (Cuatro millones quinientos cuarenta y tres mil quinientos treinta y ocho con 46/100), y su equivalente en dólares es de **\$149,367.11** (Ciento cuarenta y nueve mil trescientos sesenta y siete con 11/100 centavos) según la tasa de cambio del banco central con fecha del 1 de octubre del años 2017. En el anexo N°... Estimación de costos, se muestra el detalle del presupuesto calculado para la ejecución de las etapas y sub-etapas de la construcción del sistema de abastecimiento.

En la tabla N°10 Desglose de presupuesto por concepto se resume el presupuesto general del proyecto.

Tabla 24Desglose de presupuesto por concepto

Descripción	Costo Total C\$
Preliminares	136,351.57
Línea de aducción	67,104.43
Línea de distribución	836,286.57
Tanques de almacenamiento	156,906.78
Fuente y obra de toma	787,689.42
Estación de bombeo	1,039,693.67
Conexiones	91,981.20
Planta purificadora	7,276.59
Limpieza final y entrega	14,248.23
Gran Total	4,543,538.4

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Estimación de la tarifa

Para determinar la cuota del costo por cada metro cubico de agua que consumirá la población por vivienda a través del nuevo sistema de agua potable, se efectuó

según el costo total anual de operación y mantenimiento del sistema para el año 2017 igual a **C\$ 144,508.53** (Ciento cuarenta y cuatro mil quinientos ocho con 53/100 de córdoba)

Desacuerdo a la dotación establecida, cada familia cuenta con **5 personas** en promedio por vivienda, se calculó que estas consumen un total de **10 m³** como mínimo al mes, esto implica un tarifa mínimo de **150C\$/vivienda**

La cantidad de metros cúbicos consumidos adicionalmente en el mes, se deberá pagar en función del consto unitario por cada metro cubico, el cual corresponde a un valor unitario de **14.14C\$/m³**. De esta forma se evitara el mal funcionamiento del sistema que puede ser afectado por el derroche de agua debido a una tarifa fija y no por consumo.

5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez concluido el estudio de perfil, se puede concluir lo siguiente

- La realización del Proyecto de Abastecimiento de Agua Potable para las comunidad de La Calamidad beneficiaría con su implementación a un total de 304 habitantes y después de 20 años que es el periodo de diseño propuesto, se espera beneficiar aproximadamente un total de 484 habitantes, mejorando así la calidad y condiciones de vida.
- Se diagnosticó la situación actual de la zona, identificando y constatando la problemática de la comunidad la cual consistía en un déficit de abastecimiento de agua para 52 viviendas.
- Durante el estudio se determinó la fuente de abastecimiento para la construcción del MABE de dos opciones probables, seleccionando la fuente de mayor aforo, la cual según los aforos realizados cumple con la demanda para 20 años.
- Se estableció la dotación para una población estimada y proyectada para 20 años.
- La fuente propuesta tiene capacidad suficiente para satisfacer la demanda del final del período de diseño.
- La línea de conducción estará conformada por 205.41 m de tubería pvc-sdr- 26 de Ø 2" de diámetro.
- Se propone la instalación de los tanques de almacenamiento de 15,000 litros, para satisfacer la demanda al final del período de diseño de 20 años, en la cota de terreno 315 msnm.

5.2. Recomendaciones

- Capacitar efectivamente al comité de Agua potable y Saneamiento para que manejen todos los por menores de las actividades que requiere la operación y mantenimiento del sistema.
- Es necesario implementar un sistema de recolección de basura, en la comunidad y designar lugares apropiados para el depósito de desechos sólidos.
- Una vez perforado el pozo propuesto, realizar pruebas de bombeo que confirmen la producción que brinda la fuente.
- Realizar estudios de suelo, en el predio propuesto para tanque de almacenamiento para confirmar la capacidad soporte del mismo.
- Clorar el agua con hipoclorito de calcio, y con frecuencia verificar en la red de distribución el cloro residual, principalmente en los puntos más lejanos de la red de distribución.
- Se recomienda la construcción de la red de distribución con diámetros y materiales presentados en diseño.
- Realizar las pruebas de presión hidrostática a la tubería instalada, antes de ser soterrada con el objetivo de identificar posibles fugas en las tuberías.
- Evitar rupturas en las tuberías a fin de evitar re contaminación del agua y acumulación de aire.

- Se recomienda la construcción de 1,753.65 metros de tuberías de red de distribución.
- Se instalarán en total 56 conexiones de patio (52 viviendas y 4 para edificios públicos). El diámetro será de ½" de tubería PVC SDR 13.5 con medidores de 12.5 mm (½") de diámetro en cada vivienda al inicio del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

(FISE)., A. y. (s.f.).

Agua, C. N. (2007). *Captaciones en pozos profundos*. Mexico: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Agua, C. N. (2007). *Conducciones*. Mexico: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Agua, C. N. (2010). *Fenomenos transitorios en linea de conducción*. Mexico: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Agua, C. N. (2010). *Rehabilitación de pozos*. Mexico: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Altamirano, M. (1998). *Administracion, operacion y mantenimiento.curso de formulacion de proyecto de agua potable*. 1.

ANSI/AWWA A 100-97. (1997). USA: American Standar Inttitute.

calamidad, .. I. (s.f.).

CALAMIDAD, I. D. (s.f.). *LINEA BASE 19829 LA CALAMIDAD*. Managua.

Calamidad, L. B. (s.f.).

Cigeo-Cira/Managua. (2017). *Diseño, Realización y evaluación de pruebas de bombeo*.

Company, A. (2010). *Soluciones para captaciones profundas*. Managua: Durman Esquivel.

Conagua. (2010). *Conduccion*. Mexico .

Conagua. (2010). *Diseño de redes de distribución de agua potable*. Mexico.

Conagua. (2010). *fenomenos transitorio en lineas de conduccion* . Mexico.

- Diseño de redes de distribución de agua potable.* (2010). Managua: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
- Diseño, realización y evaluación de pruebas de bombeo. (2017). *Curso*. Managua: CIGEO Y CIRA.
- emergencia, F. d. (2017). *Proyecto 19829 – Agua y Saneamiento Comunidad la Calamidad*. Juigalpa.
- Fise, E. N. (2018). *Línea Base 19829 La Calamidad*. Managua.
- INAA. (1999). *Guía para la Administración, Operación y Mantenimiento de Acueductos Rurales*.
- INAA. (1999). *Normas técnicas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua en el medio rural- NTON-09-001-09*. Managua.
- INAA. (1999). *Normas Técnicas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural -NTON-09-001-09*. Managua: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.
- Inc, E. E. (1975). *El agua subterránea y los pozos*. St. Paul, MN : Johnson Division, UOP Inc.
- INETER. (1992-2012). *Precipitación*. Boaco.
- Normas técnicas para la perforación de pozos*. (2009). San Salvador: Asociación Nacional de Acueductos.
- Ortega Zelada, V. A. (2005). *Diseño y selección de equipos de bombeo para agua, accionados por motores eléctricos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- SALUD, O. P. (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción en impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima: COSUDE.

salud, O. P. (2005). *Guía para la construcción de estaciones de bombeo*. Lima: COSUDE.

Salvador, A. N. (2009). *Normas técnicas para la perforación de pozos*.

Tecnología de bombeo II. (2017). *Bombas sumergibles, diseño y aplicación*. Managua: Universidad del Agua .

ANEXOS