



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD NIÑO LOMA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PUNGALÁ. PROPUESTAS DE MEJORA”

ANDRÉS HUMBERTO YÉPEZ HEREDIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2019**

**Certificado de APROBACIÓN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2018-10-24

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

YÉPEZ HEREDIA ANDRÉS HUMBERTO

Titulado:

**“MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO
HUMANO DE LA COMUNIDAD NIÑO LOMA, PERTENECIENTE A LA
PARROQUIA PUNGALÁ. PROPUESTAS DE MEJORA”**

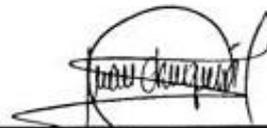
Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO MECÁNICO



Ing. Carlos José Santillán Mariño
**DÉCANO DE LA FAC. DE
MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Juan Pablo Chuquin Vasco
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Carlo Ramiro Cepeda Godoy
MIEMBRO DEL PROYECTO

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: YÉPEZ HEREDIA ANDRÉS HUMBERTO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD NIÑO LOMA, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA PUNGALÁ. PROPUESTAS DE MEJORA”

Fecha de Examinación: 2019-07-24

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Edwin Viteri Nuñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	/		
Ing. Juan Pablo Chuquin Vasco DIRECTOR DEL PROYECTO	✓		
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy MIEMBRO DEL PROYECTO	/		

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.



Ing. Edwin Viteri Nuñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Andrés Humberto Yépez Heredia

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Andrés Humberto Yépez Heredia, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.



Andrés Humberto Yépez Heredia

Cedula de Identidad: 060343665-0

DEDICATORIA

A mi familia que con tanto anhelo espero que terminara esta etapa de mi vida, a mis abuelitos, mi mamá, mis tí@s y mis prim@s que siempre supieron entenderme de alguna manera y confiar que el crecimiento moral es más importante que el académico. Muchas gracias por todo.

Andrés Humberto Yépez Heredia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre y a su grupo de trabajo del GAD Municipal de Riobamba, a los ingenieros Juan Pablo Chuquin, Nelson Chuquin y Ramiro Cepeda que me apoyaron en todo lo necesario para que este trabajo saliera de la mejor manera, gracias por su apoyo.

Andrés Humberto Yépez Heredia

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	3
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	4
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.5 Planteamiento de la hipótesis.....	6
1.5.1 <i>Determinación de variables</i>	6
1.5.2 <i>Operación metodológica</i>	6
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Descripción del área de estudio	7
2.2 Agua “potable” y red de “distribución” a nivel “mundial”	7
2.2.1 <i>Agua potable</i>	7
2.2.2 <i>Distribución del agua dulce</i>	8
2.2.3 <i>La crisis del agua</i>	10
2.2.4 <i>Aspectos a tomar en cuenta en un sistema de distribución de agua</i>	10
2.2.5 <i>Estudios preliminares para el diseño de obras</i>	10
2.3 Componentes de una red.....	10
2.3.1 <i>Tuberías</i>	11
2.3.2 <i>Válvulas</i>	11
2.3.3 <i>Tanques de distribución</i>	11
2.3.4 <i>Piezas especiales</i>	12
2.3.5 <i>Estaciones de bombeo</i>	12

2.3.6	<i>Red de distribución de agua</i>	13
2.3.7	<i>Esquemas Básicos</i>	13
2.4	Tipos de redes	14
2.4.1	<i>Sistema ramificado</i>	14
2.4.2	<i>Red en pisos</i>	15
2.4.3	<i>Red reticulada</i>	15
2.4.4	<i>Red mixta</i>	16
2.5	Capacidad de simulación hidráulica	16
2.6	Programas necesarios para realizar la simulación	17
2.6.1	<i>Software EPANET</i>	17
2.6.2	<i>Software AUTOCAD</i>	18
2.6.3	<i>Software QGIS</i>	19
2.6.4	<i>Software ArcView</i>	19
2.7	Mecánica de Fluidos	20
2.7.1	<i>Presión (P)</i>	20
2.7.2	<i>Velocidad (v)</i>	20
2.7.3	<i>Fluido</i>	21
2.7.4	<i>Diámetro (D)</i>	21
2.8	Ecuación de pérdidas de Bernoulli	21

CAPÍTULO III

3.	MÉTODO Y TÉCNICAS	23
3.1	Modelo de simulación de la red de distribución de agua potable	23
3.1.1	<i>Recopilación de Datos</i>	23
3.1.2	<i>Datos de la trayectoria de las vertientes al tanque de recolección</i>	23
3.1.3	<i>Datos de la trayectoria del tanque de recolección a los lugares de consumo.</i>	24
3.1.4	<i>Etapas del modelado</i>	26
3.1.4.1	<i>Obtención de un plano de Tubería en AutoCAD</i>	26
3.1.4.2	<i>Conversión del plano AutoCAD a QGIS</i>	27
3.1.4.3	<i>Creación del proyecto en ARCVIEW.</i>	28
3.1.4.4	<i>Simulación en Epanet</i>	29

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1	Evaluación de resultados para trayectoria de las vertientes al tanque de recolección .	30
4.1.1	<i>Estado Actual</i>	30
4.1.2	<i>Primera propuesta de rediseño</i>	30
4.1.3	<i>Segunda propuesta de rediseño</i>	32

4.1.4	<i>Tercera propuesta de rediseño</i>	34
4.2	Evaluación de resultados para la trayectoria del tanque a los lugares de consumo	37
4.2.1	<i>Estado actual de la red de distribución</i>	37
4.3	Resultados	38
CAPÍTULO V		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1	CONCLUSIONES	39
5.2	RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA		1
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1: Familias consumidoras de agua potable, coordenadas georeferenciadas.	24
Tabla 3-2: Detalles de la línea principal y sub líneas.....	25
Tabla 4-1: Primera propuesta de rediseño.....	31
Tabla 4-2: Detalles de materiales a utilizar en la primera propuesta de rediseño.	32
Tabla 4-3: Segunda propuesta de rediseño.	32
Tabla 4-4: Detalles de materiales a utilizar en la segunda propuesta de rediseño.	34
Tabla 4-5: Tercera propuesta de rediseño.	34
Tabla 4-6: Detalles de materiales a utilizar en la tercera propuesta de rediseño.....	36
Tabla 4-7: Estado actual de la red de distribución.	37
Tabla 4-8: Presiones máximas, diámetros y longitudes de la línea principal y sub líneas.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1: Simulación 1 de la línea de abastecimiento existente.....	30
Gráfico 4-2: Simulación 2 de la primera propuesta de rediseño, línea del camino.....	31
Gráfico 4-3: Simulación 3 de la primera propuesta de rediseño, línea de abastecimiento.....	31
Gráfico 4-4: Simulación 4 de la segunda propuesta de rediseño, línea de abastecimiento.	33
Gráfico 4-5: Simulación 5 de la segunda propuesta de rediseño, línea del camino.	33
Gráfico 4-6: Simulación 6 de la tercera propuesta de rediseño, punto de unión.....	35
Gráfico 4-7: Simulación 7 de la tercera propuesta de rediseño, punto de unión al tanque.	35
Gráfico 4-8: Modelo de instalación para una válvula reductora de presión.....	36
Gráfico 4-9: Simulación 8 del estado actual de la red de distribución.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Tuberías.	11
Figura 2-2: Distribución por gravedad.....	12
Figura 2-3: Piezas especiales.	12
Figura 2-4: Distribución mixta.	13
Figura 2-5: Red de distribución de agua.....	13
Figura 2-6: Modelo de la red importada a EPANET con fondo.	14
Figura 2-7: Sistema ramificado.....	15
Figura 2-8: Red en pisos.	15
Figura 2-9: Red reticulada.	16
Figura 2-10: Red mixta.	16
Figura 2-11: CAD de la trayectoria de tubería de distribución.....	18
Figura 3- 1: Tanques de recolección de agua.....	23
Figura 3- 2: Puntos georeferenciados de trayectoria de la tubería.	26
Figura 3- 3: Trayectoria de la tubería con cotas reales de funcionamiento.	27
Figura 3- 4: Conversión del plano AutoCAD a QGIS.	27
Figura 3- 5: Trazado del área abarcando los puntos de la trayectoria en QGIS.	28
Figura 3- 6: Creación del proyecto en ARCVIEW.....	28
Figura 3- 7: Detalles de un nodo en Epanet.....	29
Figura 3- 8: Simulación en Epanet con datos de presiones en los nodos.....	29

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño Asistido por Computadora
COOTAD	Código Orgánico de Ordenación Territorial, Autonomía y Descentralización
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
EEUU	Estados Unidos de América
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
LPS	Litros por segundo
ONG's	Organizaciones no gubernamentales
ONU	Organización de Naciones Unidas
QGIS	Software Libre Sistema de Información Geográfica
USEPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente

LISTA DE SIMBOLOGÍA

Símbolo	Magnitud	Unidad
<i>A</i>	Sección de flujo en la tubería.	m ²
<i>D</i>	Diámetro interior de la tubería.	mm
<i>e</i>	Espacio lineal.	m
<i>F</i>	Fuerza que actúa sobre el área de la sección de flujo.	N
<i>g</i>	Aceleración de la gravedad	m/s ²
<i>h</i>	Pérdidas de energía en altura.	mca
<i>P</i>	Presión manométrica.	MPa, mca
<i>t</i>	Tiempo de flujo.	s
<i>v</i>	Velocidad del fluido.	m/s
<i>z</i>	Carga de elevación con respecto a un punto de referencia.	m
π	Pi	
γ	Peso específico.	N/ m ³

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Caudales de diseño proporcionados por el GAD Municipal de Riobamba.**¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo B.** Puntos coordinados del sistema de distribución.
- Anexo C.** Detalles de la propuesta 1..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo D.** Detalles de la propuesta 2..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo E:** Detalles de la propuesta 3..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo F.** Tabla de especificación de tuberías marca Plastigama.**¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

Las simulaciones de redes de distribución de agua mediante el software libre EPANET, desde sus vertientes a un tanque de tratamiento que luego de ser potabilizada es distribuida a la Comunidad de Niño Loma perteneciente a la Parroquia de Pungalá del cantón Riobamba, en la Provincia de Chimborazo; este software permite visualizar puntos y tramos críticos en los cuales los trayectos de tuberías puedan presentar problemas y por lo cual la misma no sea eficiente, sin cumplir con las necesidades para la cual fue diseñada, este software al simular la totalidad de las trayectorias de tubería y en tiempo real con datos de rugosidad, diámetros, caudales, puntos georeferenciados con altitudes, longitudes de tramos de tuberías reales se pueden obtener datos de velocidades, presiones y pérdidas por longitud, identificando así el problema para modificar variables y de esa manera poder aplicar una solución ingenieril para solventar dicho problema siendo este software una herramienta para obtener datos más reales mejorando considerablemente la eficiencia de la conducción de agua para que sea aprovechada de mejor manera ya que es un líquido vital para los seres vivos y así minimizar su desperdicio. Al realizar un análisis de las redes de tubería se concluye que se debe asegurar que no existan acometidas ilegales en todo el sistema de distribución ya que reduciría la presión y debido a esto no permitirá que a lo largo de la trayectoria tenga un flujo constante de agua; recomendando así un mejor control de las acometidas ilegales que no están marcadas en el diseño de la red.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <EPANET (SOFTWARE)>, <QGIS (SOFTWARE)>, <ARCVIEW-GISRED (SOFTWARE)>, <PUNTOS GEOREFERENCIADOS>, <DEMANDA BASE>.

ABSTRACT

Simulations of water distribution networks using free software EPANET, from its slopes to a treatment tank that after being treated is distributed to the Community of Niño Loma belonging to the Pungalá Parish, Riobamba canton, Chimborazo Province; this software allows to visualize points and critical sections in which the pipe paths can present problems and for which reason it is not efficient, without fulfilling the needs for which it was designed, this software when simulating all the pipe trajectories and in real time with roughness data, diameters, flow rates, geo-referenced points with altitudes, lengths of sections of real pipes, measured by the team in charge of the technical project; speed data can be obtained, pressures and losses per length, thus identifying the problem to modify variables and thus be able to apply an engineering solution to solve this problem, this software being a tool to obtain more real data, considerably improving the efficiency of driving of water to be used in a better way since it is a vital liquid for living beings and thus minimize their waste. When carrying out an analysis of the pipe networks, it is concluded that it must be ensured that there are no illegal connections throughout the distribution system since it would reduce the pressure and, due to this, it will not allow a constant flow of water along the path. ; thus recommending better control of illegal connections that are not marked in the design of the network.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE>, <EPANET (SOFTWARE)>, <QGIS (SOFTWARE)>, <ARCVIEW-GISRED (SOFTWARE)>, <GEO-REFERENCED POINTS >, <DEMAND BASE>.

INTRODUCCIÓN

El agua es una parte fundamental del hombre, de su vida cotidiana y de sus valores más trascendentes. Sin ella, la supervivencia humana queda cuestionada. Siendo el agua un derecho fundamental, todas las personas deben tener la posibilidad de un suministro mínimo en condiciones gratuitas, con independencia de capacidad económica para pagar su tarifa. Esto incluye el derecho a disponer de agua potable para beber y satisfacer las necesidades de higiene y preparación de alimentos; así el consumo humano se considera como prioritario en otros usos.

Teniendo en cuenta los problemas que en la actualidad tienen los habitantes de las comunidades de la Parroquia Pungalá del Cantón Riobamba; se pretende dar una solución técnica a las afectaciones en los sistemas actuales de agua de consumo, ya sea con una rehabilitación o a su vez con la construcción de un nuevo sistema.

La solución presentada abarca, una evaluación de las estructuras existentes, pues este es el punto de partida para los futuros diseños, ya que mencionadas estructuras pueden o no ser reutilizadas.

Es de vital importancia conocer las características socioeconómicas de los beneficiarios, además de sus costumbres, para en base a esto garantizar que la propuesta presentada pueda generar beneficios a las comunidades en mención.

Bajo esa perspectiva, se plantea la importancia de la administración adecuada de los sistemas de distribución de agua de consumo, por lo que a través del presente trabajo titulado Modelación y evaluación del sistema agua de consumo de la Comunidad Niño Loma, perteneciente a la Parroquia Pungalá, se enfoca en examinar, valorar e instaurar criterios técnicos que mejoren, incentiven al buen manejo y funcionamiento de la red de agua de consumo en la comunidad, a través de considera aspectos técnicos y teóricos del modelo de simulación a desarrollarse solucionando la carencia del sistema de agua de consumo, con la finalidad de facilitar y beneficiar a los habitantes de la comunidad.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

En virtud de lo indicado el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba; consciente de su responsabilidad emprende la gestión de estudios de factibilidad de sistemas de agua potable y alcantarillado con la finalidad de mejorar las condiciones de servicios básicos en las comunidades.

Por lo que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, requiere se proceda con una evaluación del Sistema de Agua de Consumo de la Comunidad Niño Loma pertenecientes de la Parroquia Pungalá.

Estudio que cuenta con el acompañamiento y apoyo obligatorio de la comunidad, con el propósito de alcanzar el mejoramiento del sistema de agua de consumo.

La Comunidad de Niño Loma de la Parroquia Pungalá, en la actualidad vive un grave problema social al carecer, tanto en la cantidad como en la calidad del abastecimiento de agua de consumo; con lo cual se han generado enfermedades que son vinculadas al recurso hídrico; y si a este antecedente se añade que los habitantes de la comunidad mencionada, no tienen recursos económicos para tratar dichas enfermedades, se tiene como resultado un grave problema social que debe ser atendido de forma urgente.

La realidad social de la comunidad beneficiaria es de mucha importancia; es ahí que este proyecto tiene como objetivo fundamental conocer las realidades sociales de quienes habitan en esta comunidad; para tal efecto se han desarrollado encuestas dirigidas a las familias de la comunidad, reuniones con los dirigentes, recorridos por la comunidad, entre otras actividades que permiten identificar la realidad social de las comunidades.

1.2 Planteamiento del problema

Los sistemas de agua de consumo humano son de vital importancia para el desarrollo de las actividades diarias de cualquier asentamiento humano, tanto para el consumo humano como para las actividades en las cuales se necesita de este líquido como la agricultura o la ganadería,

por lo tanto, los sistemas deben garantizar un correcto funcionamiento en toda su zona de distribución.

El consumo de agua potable ha venido creciendo rápidamente. En los últimos 50 años, la extracción de agua de los ríos y lagos ha aumentado en cuatro veces, teniendo en cuenta que solo el 0.01% del agua existen en la tierra es posible de usar directamente para las actividades humanas, ya que el resto se encuentra en los océanos (97%), y en forma de nieve o de hielo. (ONU, 2003)

Continúan no menos de 1000 millones de personas sin acceso al agua potable, aproximadamente un 20 % de la población total de la tierra no disponen de ella, o aquella de la que disponen no es sana, si a ello se suma que la población mundial aumenta a una velocidad de 200.000 personas al día, el problema tiende a empeorar (ONU, 2003).

Los problemas relacionados con el agua, en esta parte del mundo, se agrupan en cuatro parámetros:

- Cobertura: el servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- Cantidad: el recurso hídrico no es suficiente
- Continuidad: el servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- Calidad: el agua no siempre es apta para el consumo humano.

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación teórica*

Tener acceso al agua es un derecho indispensable de las y los ecuatorianos; este derecho se puede conseguir mediante la modelación y evaluación del sistema de agua de consumo humano donde el agua se distribuye en su totalidad con gran eficiencia.

Con este proyecto, se busca mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la Comunidad Niño Loma de la Parroquia Pungalá.

En el marco legal, a través de sus competencias exclusivas, establecidas en el COOTAD Art.-55 literal d). Se halla facultado el GADM-R, para prestar los servicios públicos de agua potable y alcantarillado. (Codigo Organico de Organización Territorial, 2018).

La infraestructura de agua de consumo humano y uso doméstico de los sistema de agua de consumo en la Parroquia Pungalá presenta daños: en captación: el 88,9%, en reservorios: 74,1%, tubería principal: 100%, distribución: 96,3%, regulación y medidores en el: 74% de comunidades. (Quitio, 2011)

Por ello un sistema de abastecimiento de agua para una población es el conjunto de obras, equipos y servicios destinados al suministro de agua para consumo doméstico, industrial, servicios públicos y otros usos, para esto es necesario realizar un estudio de campo, y compararlo con cálculos previos que garanticen el correcto dimensionamiento además de analizar las necesidades actuales de consumo y las futuras considerando incrementos en la población y en las actividades. (Quitio, 2011)

Para el diseño de un sistema de abastecimiento se debe conocer la cantidad de agua a suministrar, que determina la capacidad del sistema para luego evaluar si el mismo cumple con las necesidades de la población, y en caso de no hacerlo se debe considerar fuentes cercanas para la elección de una solución adecuada y futura preparación de presupuestos ajustados a la realidad.

A nivel de los usos del agua, los promedios mundiales son: el 73% para el uso agrícola, 20% para la industria y 7 % para el uso doméstico. Siendo el riego el uso más importante y tal vez el más reciente porque se pierde hasta el 70% del agua en el transporte. Es bien clara la necesidad de tener una mayor eficiencia en el uso agrícola, pero también lo es en los sistemas de agua doméstico ya que se presentan costos innecesarios y significativos; por ejemplo, una persona gasta 220 litros si se baña con bañera y 30 si se ducha, un grifo que gotea en casa son 35.000 litros de agua por año, una cisterna 145.000 litros por año. (Garduño, 2003)

1.3.2 *Justificación metodológica*

El desperdicio de agua por actividades manuales o por la falta de concientización de toda la comunidad Niño Loma es parte fundamental para poder mantener los niveles del vital líquido para el suministro de todas las actividades que se desarrollan. Es esta la razón para la cual se realiza el presente estudio, ya que, es un recurso que se utiliza diariamente y normalmente no se sabe aprovechar y tampoco el aguatero responsable del sistema está pendiente de la fluidez del líquido desde la captación hasta la distribución del agua a sus casas, entonces se quiere invitar a tomar conciencia de lo importante que es el agua en la vida diaria.

Al inicio del proyecto se elaboró un diagnóstico y revisión de literatura de la Parroquia Pungalá, que identificó los conflictos geográficos más importantes que existen o se prevé que existan con el propósito de que ellos fueran considerados por el equipo técnico para elaborar las propuestas de mejora en el proyecto. El conjunto de elementos aporta como escenario para la comunidad. De esta manera, las propuestas a recomendar fueron analizadas para configurar un proyecto que con el diagnóstico permite, en forma resumida, mejorar la eficiencia de los trayectos de tubería.

Adicionalmente, se realiza un análisis detallado de los efectos directos e indirectos de cada uno de los principales componentes de la propuesta, con el propósito de identificar su efecto futuro en el estado de competencias y conflictos por el uso del agua.

1.3.3 *Justificación práctica*

Se analizan todos los aspectos que componen la red de distribución para consumo de la Comunidad Niño Loma, realizando el detalle de todos los elementos constitutivos de la misma, se comparan los puntos, uniones y cotas de la red para compararlos con los planos topográficos actuales de la misma y de esa manera poder corroborar su correcto diseño. Se va a diagnosticar posibles fallas a lo largo de toda la red de distribución, es decir, elementos y componentes en mal estado o deteriorado por el uso o falta de mantenimiento, mismos que puedan generar pérdidas excesivas, fugas o permitan el ingreso de partículas contaminantes que puedan afectar la calidad de agua.

Se calculan los valores de diferentes variables que influyen en el sistema como presión, caudal, velocidad del flujo, esto se realiza con la ayuda de un software especializado en simulaciones hidráulicas y cuyos resultados se compararan con datos tomados directamente de la red en puntos específicos. Se genera una propuesta de mejora para el diseño de la red tanto en sus elementos constitutivos como en posibles ampliaciones o modificaciones para mejorar el servicio entregado por parte del sistema.

1.4 *Objetivos*

1.4.1 *Objetivo general*

Modelar y evaluar el sistema de agua de consumo humano de la comunidad Niño Loma, perteneciente a la Parroquia Pungalá. Propuestas de mejora.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- ◆ Modelar y evaluar el sistema de agua para consumo humano de la comunidad Niño Loma de la Parroquia Pungalá.
- ◆ Determinar las causas que provocan inconvenientes en el sistema de distribución actual.
- ◆ Plantear soluciones a los problemas existentes en la red de distribución.
- ◆ Fortalecer y capacitar a los miembros de la junta de agua de consumo de la comunidad Niño Loma de la Parroquia Pungalá.

1.5 Planteamiento de la hipótesis

1.5.1 *Determinación de variables*

Las variables a considerar con respecto a la tubería son: el diámetro interno y el material, de estas variables va a depender un correcto funcionamiento de la red de distribución evitando, grandes pérdidas por longitud de tubería que da como resultado presiones negativas, lo cual va a impedir un flujo constante.

1.5.2 *Operación metodológica*

La metodología a seguir para la verificación y en caso de ser necesario un rediseño del sistema de captación se basa en el diseño de redes de distribución de agua, el procedimiento general es el siguiente:

- ◆ Un primer paso es la interpretación y procesamiento de los datos topográficos con los que se determinan de manera exacta la posible cota correspondiente a cada uno de los nodos de las líneas.
- ◆ A continuación, empleando los datos de las líneas, se asignarán las dimensiones de tuberías, rugosidades y consumos para las condiciones actuales de funcionamiento.
- ◆ Con los datos fijados se procede con la simulación en el software Epanet, lo cual permite identificar posibles fallas en el sistema actual.
- ◆ Se analizan las posibles soluciones, simulando los efectos que tendrían en el sistema y se concluye la solución más factible que satisfaga las necesidades del sistema para funcionar adecuadamente.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción del área de estudio

La comunidad Niño Loma se encuentra dentro de la parroquia Pungalá; en la Provincia de Chimborazo, considerando que se ubica en una zona de producción agropecuaria especializada en cultivos de papa, maíz y ganadería de leche, con hombres y mujeres trabajadoras. (Quitio, 2011) (Molina, et al., 2016)

La parroquia Pungalá, se encuentra dentro del Cantón Riobamba, a 24.8 Km de distancia desde esta ciudad, tiene la forma de un polígono irregular con una extensión de 276.5 Km² de superficie que represente el 28.2 % del territorio cantonal, posee un relieve irregular, ocupa el declive interno de la Cordillera Oriental de los Andes. (Gallego, 2012)

Según el sistema integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 95.06 % de la población total de la parroquia, el aprovisionamiento de agua apta para el consumo humano contribuye a este alarmante indicador. (Molina, et al., 2016)

2.2 Agua potable y red de distribución a nivel mundial

2.2.1 Agua potable

La década de los 90 se ha orientado hacia el análisis de la problemática rural – urbana, ya que se estima que para el año 2030, la población urbana será de 5000 millones (50% de la población total), casi la población mundial actual. Alrededor del 40 % vivirá en los países en desarrollo, aunque en números absolutos esta población será más del doble de la población urbana de los países desarrollados. (ONU, 2003).

Latinoamérica tiene uno de los niveles más altos de urbanización: 76%. Se estima que alrededor de un 30 % de la población urbana vive en asentamientos marginales y el 80 % de las localidades nucleadas tiene menos de 10.000 habitantes. Sin embargo, el problema no es tanto el incremento de la población en sí mismo sino su calidad de vida, especialmente de las pequeñas poblaciones urbanas y asentamientos marginales de las ciudades. (IECA, 2011).

Se destaca los siguientes principios para orientar las acciones futuras relacionadas al agua de consumo:

- ◆ Manejo integrado de recursos hídricos y del sector, tomando como base la disponibilidad del agua y el principio de “quien contamina paga”.
- ◆ Los proyectos deben integrar abastecimiento de agua, saneamiento y educación.
- ◆ Desarrollo institucional y capacitación de actores, involucrados a la comunidad en la concepción, planeación, toma de decisiones, implementación, administración y ejecución; aprovechando estrategias de “aprender haciendo”. Hay necesidades de una mayor colaboración entre grupos de la comunidad, el sector privado, las ONGs y el Estado.
- ◆ Gestión de servicios a niveles más descentralizados, lo que permite un mejor aprovechamiento de recursos y un mejor control. Por ejemplo, miembros de la comunidad que vivan cerca de una micro cuenca abastecedora, pueden intervenir más rápido en caso de problemas o deterioros, que una agencia central, siempre y cuando tenga suficientes autoridades para tomar acciones.
- ◆ Movilización de los recursos económicos, ya que los recursos de las agencias internacionales invertidos en el sector permitieron un crecimiento en el periodo de 1982 hasta 2002. Pero el total de la ayuda internacional se redujo de 8.1 % a 5.1 %. En el mismo periodo, los gobiernos nacionales subieron su contribución de 0.3 % hasta 0,45% de su PIB en el tema del agua. Sin embargo, estos niveles no parecen suficientes para lograr una cobertura adecuada, entonces se debe considera una ampliación de la contribución nacional y sobretodo considerar una mayor contribución del usuario.
- ◆ Reorientación de la ayuda institucional hacia facilitar la creación de espacios en lo referente a la apropiación de tecnologías en armonía con el ambiente y la cultura de la comunidad, promoviendo el uso de la tecnología y la experiencia local.

En el año 2015, 3 millones de personas podrían carecer de los requerimientos básicos de agua vital, Asimismo, es previsible que el agua se convierta en uno de los principales temas de conflictos a lo largo de este siglo, es urgente dar respuesta a la meta 10 de los objetivos del milenio, la cual se refiere a resolver el problema de escasez del agua. (IECA, 2011)

2.2.2 *Distribución del agua dulce*

La calidad del agua es una característica de vital trascendencia en el consumo humano y uso doméstico, de ahí que su preservación y manejo debe ser una constante preocupación de usuarios y autoridades. Las aportaciones del ciclo hidrológico no ofrecen garantías a la humanidad, ya que únicamente dos tercios de la población mundial viven en zonas que reciben

una cuarta parte de las precipitaciones anuales del mundo. Por ejemplo, un 20% de la escorrentía media mundial por año corresponde a la cuenca amazónica, una vasta región con menos de 15 millones de habitantes, o sea, una minúscula fracción de la población mundial.

De manera similar, el río Congo y sus tributarios representan un 30% de la escorrentía anual del continente africano, pero esa cuenca hidrográfica contiene sólo 10% de la población de África. Más de la mitad de la escorrentía global tiene lugar en Asia y Sudamérica (31% y 25%, respectivamente). Pero si se considera la disponibilidad per cápita, Norteamérica tiene la mayor cantidad de agua dulce disponible, con más de 19000 metros cúbicos per cápita por año. En cambio, la cantidad per cápita es apenas superior a 4700 metros cúbicos (incluido el Medio Oriente) en Asia. (Auge, 2007)

En África y Medio Oriente, regiones del mundo que enfrentan escasez absoluta de agua, se caracterizan por su elevada tasa de crecimiento poblacional. En el África Subsahariana la población está creciendo a razón de 2.6% por año; en el Medio Oriente y África del Norte, a razón de 2.2%. Estas tasas de crecimiento demográfico tienen serias consecuencias para el suministro de agua per cápita. En el “IV Foro Mundial del Agua” celebrado en marzo de 2006 en la ciudad de México, se establecieron compromisos entre todos los países participantes para abastecer de agua en cantidad y calidad a todos los habitantes del planeta. Entre los retos del milenio, los más importantes se refieren a la autosuficiencia en agua, en alimentos y de fomento a la educación ambiental. (Auge, 2007)

La competencia por el suministro de agua dulce produce problemas sociales, económicos y políticos. Las cuencas fluviales y otras masas de agua no respetan las fronteras nacionales. Así, por ejemplo, la utilización del agua por un país situado aguas arriba suele ignorar el suministro disponible para los países situados aguas abajo. En los albores del siglo XXI se vislumbra el peligro creciente de conflictos armados por el acceso a suministros de agua dulce.

Es preocupante observar los costos del agua en diferentes partes del mundo, en Malasia un metro cúbico de agua cuesta \$20 USD, en cambio en los EE.UU. el costo es de \$0.10-0.15 USD lo cual indica que un país pobre paga hasta 200 veces más que un país rico. El agua embotellada ha alcanzado valores por litro mayores a los de la leche y la gasolina; por lo que puede considerarse que la creciente escasez del agua traerá catástrofes de nivel internacional como son: guerra, hambrunas, miseria y migración. (Clark, s.f.)

2.2.3 *La crisis del agua*

Hacia el año 2030, aproximadamente 48 países, más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Otros nueve países, inclusive China y Pakistán, estarán próximos a sufrir la falta de agua. Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, por lo que la demanda creciente de la población se ha triplicado de esa manera la extracción de agua se ha visto sobreexplotada. Además, el suministro de agua dulce del que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de una constante contaminación de los recursos hídricos; es preocupante y alarmante observar la descarga de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales y la infiltración de agroquímicos a acuíferos. Conforme se incrementa la población, aumenta la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, usos industriales y principalmente para usos domésticos; además, para generación de energía eléctrica, acuicultura, pesca, recreación, turismo, navegación, entre otros. (IECA, 2011)

2.2.4 *Aspectos a tomar en cuenta en un sistema de distribución de agua*

El enfoque de este tipo de sistemas debe ser integral, debe comprender en forma simultánea un conjunto de actividades relacionadas al consumo y posible ampliación de la necesidad de este recurso por ejemplo la ejecución de nuevas instalaciones o rehabilitación de sistemas existentes. Se debe basar en un diagnóstico integral que considere todos los componentes, obras, instalaciones y equipos del sistema. (Calvo, 2017)

2.2.5 *Estudios preliminares para el diseño de obras*

La recopilación de antecedentes y estudios de campo son elementos básicos, esta información debe provenir de fuentes oficiales y debe ser corroborada por un estudio actualizado pertinente.

Se toma en cuenta aspectos físicos como los topográficos, mapas, fotografías de áreas e imágenes satelitales, planos de la red actual y datos geométricos de las tuberías utilizadas, los edafológicos que son el déficit/exceso de agua en el suelo y la red de drenaje natural y artificial, y los geotécnicos que son la posición del nivel freático.

2.3 Componentes de una red

Generalmente una red de distribución consta de las siguientes partes:

2.3.1 Tuberías

Es el conjunto formado por tubos y su sistema de unión o ensamble, los puntos en los cuales se unen se llaman nodos o uniones. De acuerdo con la función que desempeñan dentro de la red puede ser esta primaria o secundaria, la primaria es la que en la mayoría de ocasiones conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia la distribución, además esta división dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías, las tuberías de menos tamaño son las más numerosas y son las que abarcan la localidad. (Salvador, 2005)

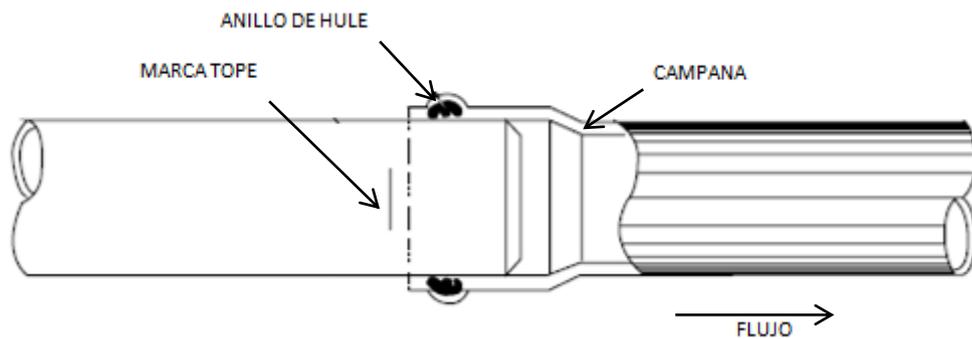


Figura 2-1: Tuberías.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

2.3.2 Válvulas

Son accesorios que sirven para regular el flujo en las tuberías, pueden ser de aislamiento o seccionamiento y de control, las primeras son utilizadas para separar el flujo del resto del sistema con el fin de dar mantenimiento a distintas secciones de la red, las segundas son utilizadas para regular el gasto o presión, facilitar la salida de aire y sedimentos atrapados en el interior de las tuberías (Salvador, 2005)

2.3.3 Tanques de distribución

Es un depósito cuyo objetivo es almacenar agua proveniente de la fuente o prevenir fallas por consumo alto en ciertas horas del día, se encuentran entre la captación y el sistema de distribución, además un sistema de distribución puede tener varios tanques a lo largo de la misma. (Salvador, 2005)

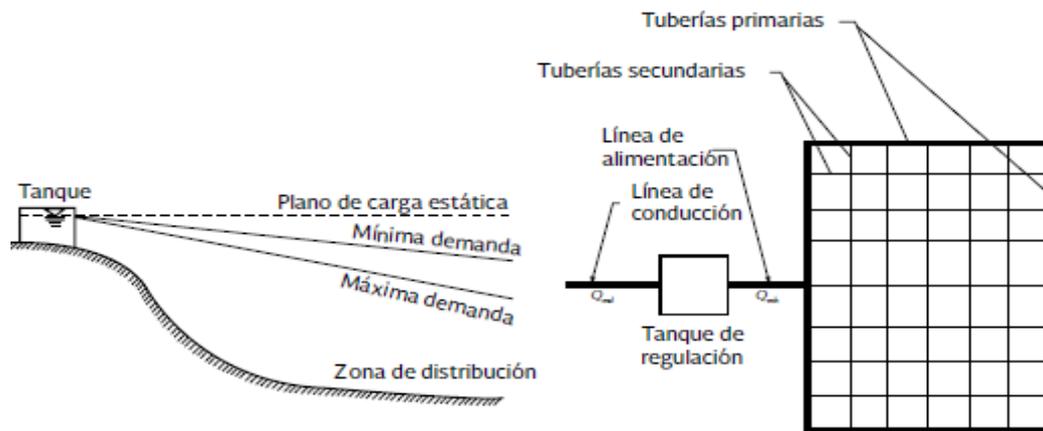


Figura 2-2: Distribución por gravedad.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

2.3.4 Piezas especiales

Son aquellos que sirven para las ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetros, válvulas reductoras de presión, uniones entre tuberías de diferente material, entre otros que suelen ser llamados accesorios. (Salvador, 2005)

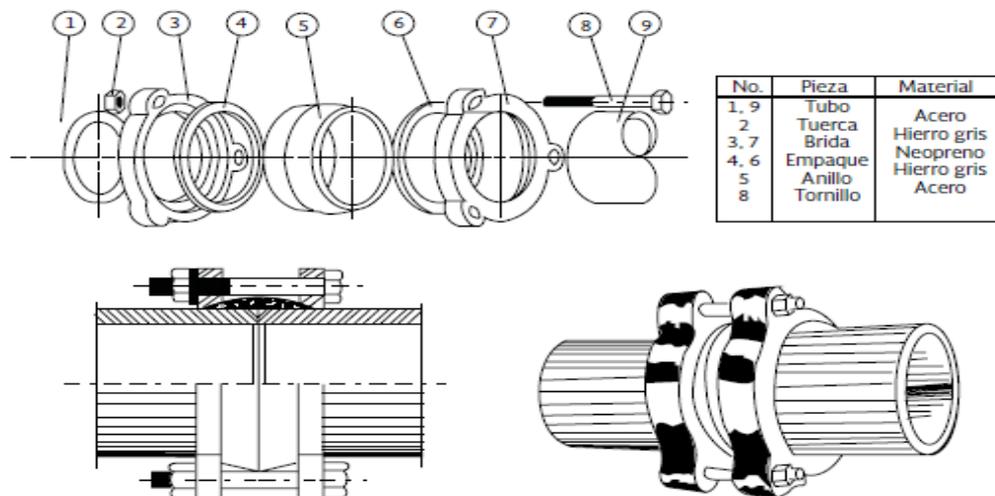


Figura 2-3: Piezas especiales.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

2.3.5 Estaciones de bombeo

Se ubican en puntos intermedios de la línea de distribución, su función es incrementar la carga hidráulica para mantener la circulación del agua dentro de la red, puede ser ubicada en partes bajas las cuales regulen el servicio para zonas más elevadas, o para incrementar la presión para una utilización específica o para algún requerimiento particular. (Salvador, 2005)

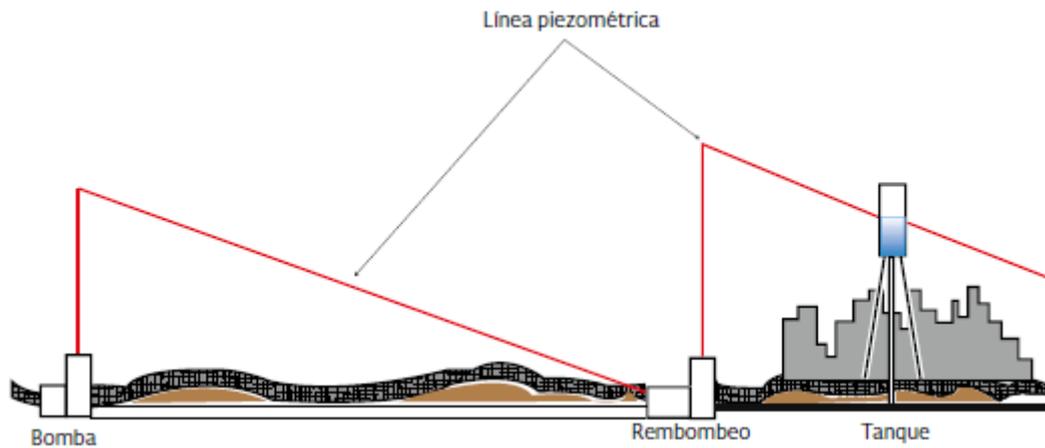


Figura 2-4: Distribución mixta.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

2.3.6 Red de distribución de agua

Una red de distribución es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos, la red debe proporcionar este servicio permanentemente, y los límites de calidad de la misma deben estar normados, la figura a continuación muestra la configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua. (Gallego, 2012)

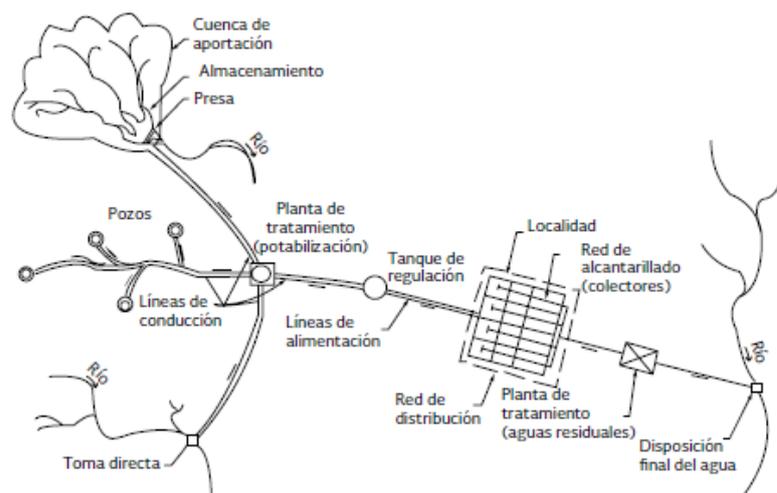


Figura 2-5: Red de distribución de agua.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

2.3.7 Esquemas Básicos

Los esquemas básicos son configuraciones o representaciones en las que se enlazan o se trazan los tubos de una red de distribución para abastecer agua, las mismas pueden ser cerradas, abiertas o combinadas. Cuando una red es cerrada o tiene forma de malla del punto desde donde parte el agua puede volver después de fluir por la tubería que lo compone, y su ventaja es que el agua puede tomar trayectorias alternas en caso de fallas, y su desventaja es que no se puede localizar fugas. Cuando la red es abierta o en forma de árbol no se forman circuitos debido a las dificultades topográficas que son las que obligan a seleccionar este tipo de red, es utilizada cuando el poblado es pequeño o muy disperso, una de sus desventajas es que en caso de existir daño en una sección de la misma se interrumpe el servicio en los puntos que están más allá del punto de reparación. (Gallego, 2012)

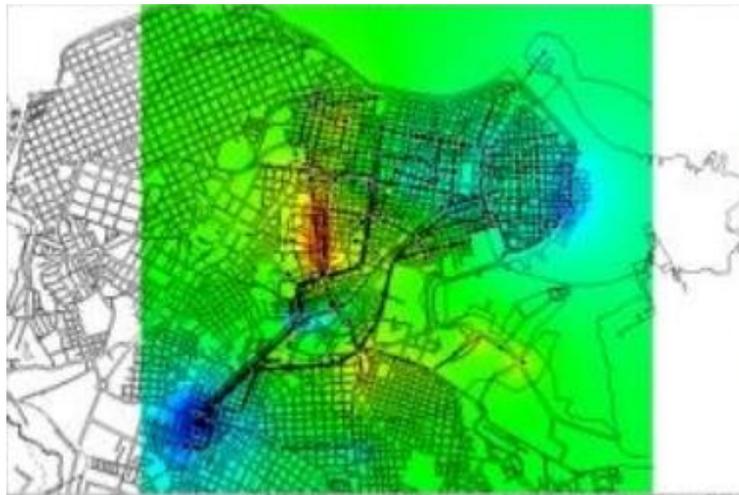


Figura 2-6: Modelo de la red importada a EPANET con fondo.

Fuente: (Alfonso Fleites, 2002)

2.4 Tipos de redes

Los tipos de redes se pueden clasificar en ramificadas, red en pisos, red reticulada, redes mixtas, dependiendo de su funcionamiento

2.4.1 Sistema ramificado

Este sistema está representado por una tubería principal que abastece de agua a sub redes que se desprenden de la misma. Este tipo de tubería no es muy aconsejable para zonas urbanas ya que depende una sola línea de abastecimiento y necesita garantías exigidas de buen estado de su línea principal, si se aconseja para zonas rurales donde las poblaciones son prácticamente lineales. (Organización Panamericana de la salud, 2005)

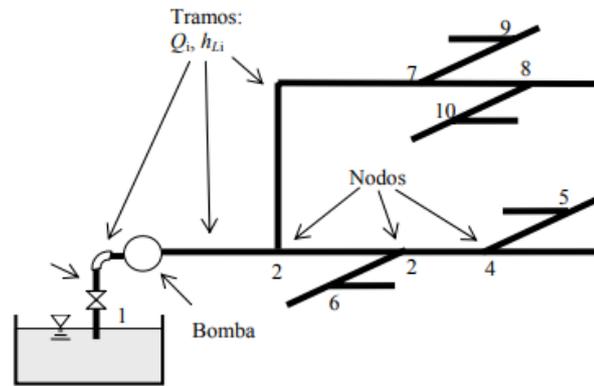


Figura 2-7: Sistema ramificado.

Fuente: (Francois , 2008)

2.4.2 Red en pisos

Este tipo de red se utiliza cuando no se puede tener un depósito único para abastecer a la red de distribución y el fluido llega de diferentes partes, por lo cual se tiene zonas escalonadas independientes con presiones diferentes. (Organización Panamericana de la salud, 2005)

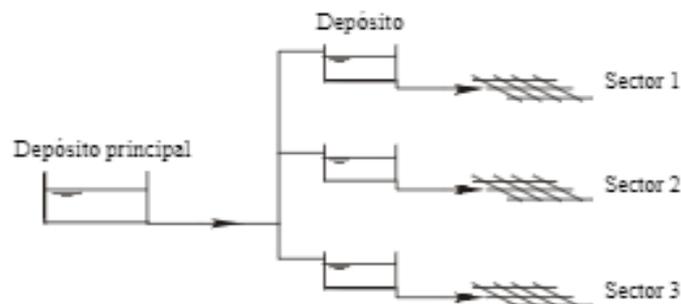


Figura 2-8: Red en pisos.

Fuente: (Cabrera Béjar & Gueorguiev Tzatchkov, 2012)

2.4.3 Red reticulada

En este tipo de red las sub tuberías forman una malla por lo cual el fluido puede llegar por varios caminos facilitando su mantenimiento sin detener el flujo, aislando el tramo de tuberías averiadas por válvulas. (Organización Panamericana de la salud, 2005)

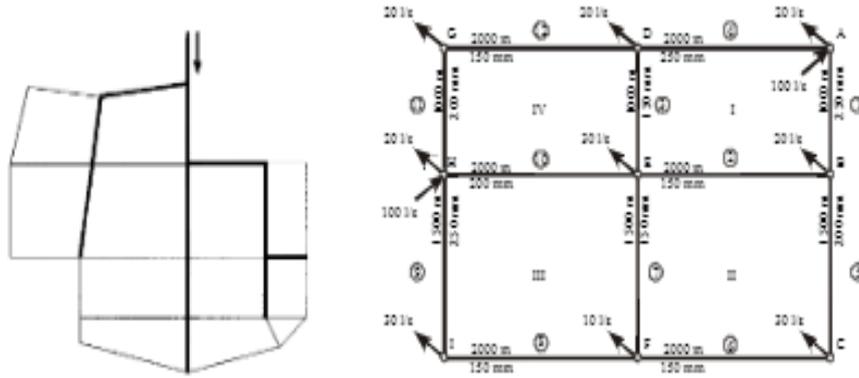


Figura 2-9: Red reticulada.

Fuente: (Cabrera Béjar & Gueorguiev Tzatchkov, 2012)

2.4.4 Red mixta

Esta red contiene una red reticulada con un sistema ramificado. (Organización Panamericana de la salud, 2005)

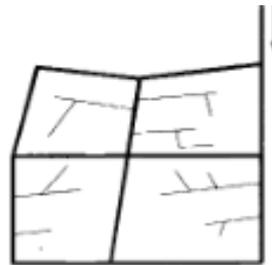


Figura 2-10: Red mixta.

Fuente: (Cabrera Béjar & Gueorguiev Tzatchkov, 2012)

2.5 Capacidad de simulación hidráulica

Factores como el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial influyen en la dinámica de crecimiento de la red de abastecimiento de una población. Las consecuencias de estas variaciones deben poder preverse con el objetivo de implantar las soluciones técnicas necesarias a tiempo a fin de que la demanda quede satisfecha. (Rossman, 2017)

La USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente), organización creada en 1970 en EEUU, y encargada de velar por los recursos naturales del país, ha desarrollado un potente software informático, EPANET que se enfoca al análisis hidráulico mediante las siguientes características:

- ◆ El tamaño de la red que va a ser analizado no tiene límites.
- ◆ Se trata de calcular las pérdidas por fricción y condiciones mediante las expresiones de Hazen – Williams , Darcy – Weisbach , o Chezy – Mannig .
- ◆ Se trata de las pérdidas menores de conexión acoplamientos, codos, etcétera
- ◆ Se enfoca en reducir el costo de bombeo de las estaciones y deduce energía consumida.
- ◆ Se trata de modelar las bombas de funcionamiento desde la perspectiva de velocidad de giro constante y de giro variable.
- ◆ Accede el almacenamiento de agua en tanque de cualquier modelo geométrico.
- ◆ Considera la posibilidad de establecer diversas categorías de consumo para que cada una de ellas vayan con su propia modulación.
- ◆ Se trata de determinar el funcionamiento del sistema para controlar el tiempo y el nivel de cada tanque.

QGIS convierte ficheros para un determinado número de conductores de la red, formado por varias capas, dado en un plano, que representa la tubería, QGIS genera la red de tuberías asociadas” (Graser, 2016).

2.6 Programas necesarios para realizar la simulación

Para realizar la modelación de un sistema de distribución de agua potable a más de conceptos teóricos de hidrodinámica se utiliza herramientas informáticas las cuales se detallan a continuación con sus principales características. La simulación es la técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas las cuales son necesarias para describir el comportamiento y sus estructuras.

2.6.1 Software EPANET

Es un software libre que permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas y dinámicas de los nudos para obtener la presión y los caudales, así como el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido. Por medio de simulaciones permite ver el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Está diseñado para el uso con sistemas de distribución y de la calidad del agua potable, aunque en general puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión. (Rossman, 2017)

El programa permite realizar cálculos hidráulicos de redes de tuberías, de elementos como tuberías, nodos, depósitos, embalses y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas, basados en la ecuación general de la energía que es una extensión de la ecuación de Bernulli que permite cuantificar las pérdidas o ganancias de energía.

EPANET ofrece la versión “matemática” de elementos físicos que se encuentran en los sistemas de distribución de agua potable tales como estanques, embalses, tuberías y bombas, entre otros, de forma que al insertar la información básica requerida de cada uno de ellos, se ensamble un modelo matemático que simulará las condiciones hidráulicas en dicho sistema, generando a su vez parámetros tales como presiones, niveles de agua y velocidad. (Rossman, 2017)

Con el uso de programas como EPANET el análisis y diseño de sistemas de distribución de agua potable se puede enfocar más en estudios del comportamiento de la red para distintas condiciones físicas y operativas (niveles de embalse o estanques, diámetros de tuberías, etc).

2.6.2 Software AUTOCAD

Es un programa para dibujar en 2D y modelar en 3D, su nombre está formado por dos palabras, Auto que hace referencia a la empresa de creación Autodesk y Cad que significa diseño asistido por computadora (por sus siglas en inglés Computer assisted desing). (Autodesk, 2004)

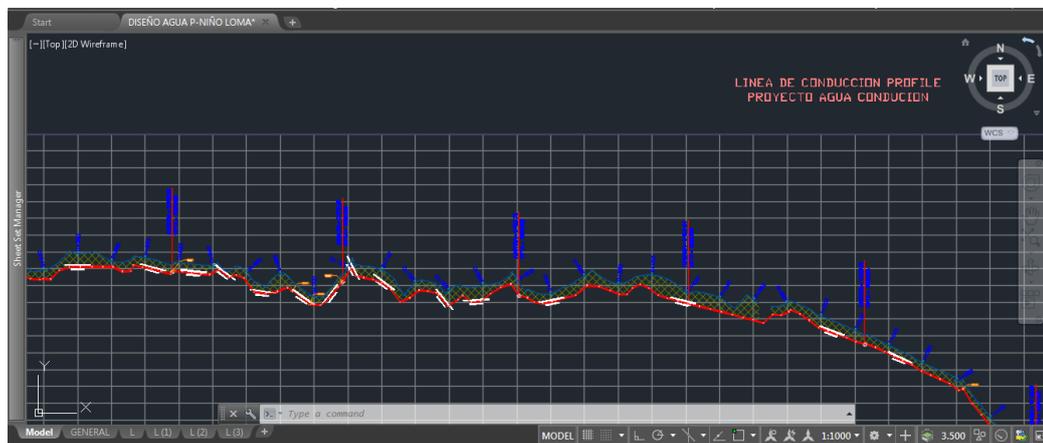


Figura 2-11: CAD de la trayectoria de tubería de distribución.

Fuente: GAD Municipal de Riobamba (2018)

El programa AutoCAD de Autodesk es un potente instrumento de ayudar al dibujo para manejarlo eficazmente no es necesario poseer conocimientos de informática.

Se pueden situar objetivos asociados en determinadas capas o agruparlos para que formen nuevos conjuntos con autonomía. AutoCAD memoriza emplazamientos, tamaños colores y nos permite continuamente arrepentirnos y modificar o volver atrás. (Autodesk, 2004)

AutoCAD pone a disposición una serie de entidades que sirven para construir el dibujo. Una entidad es un elemento de dibujo tal como línea, círculo, texto, etc; para indicarle al programa que entidades se quiere dibujar, introducimos órdenes tecleándolas o eligiéndolas en un menú. Una vez escogida la orden, se introducen los parámetros solicitados por los mensajes que aparecen en pantalla. (Autodesk, 2004)

2.6.3 *Software QGIS*

QGIS es un Sistema de Información Geográfica de código abierto. Este programa nació en mayo de 2002 y se estableció como un proyecto en Source Forge en junio del mismo año. El software SIG está al alcance y con acceso básico a un ordenador personal. (Graser, 2016)

QGIS proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos y diseñar mapas imprimibles, con una lista detallada de características que incluyen lo siguiente:

- a) Visualización y vector de superposición y de datos de trama en diferentes formatos y proyecciones, sin conversión a un formato interno o común.
- b) Creación de mapas y explorar interactivamente los datos espaciales con una interfaz gráfica de usuario.

2.6.4 *Software ArcView*

ArcView se trata de un sistema producido por ESRI (Environmental Systems Research Institute), compone una plataforma para solucionar numerosos problemas relacionados a diversos campos. Además, está diseñado de manera modular que tiene como objetivo incrementar las capacidades del (SIG), con el propósito de optimizar recursos, a través de su propio lenguaje de programación Avenue, de esta forma se orienta a objetos y eventos que permiten personalizar herramientas a todos los niveles desde el punto de vista básico hasta la programación más avanzada (Santiago, 2006).

ArcView fue un software Sistema de Información Geográfica del Inglés Geographic Information System producido por ESRI. ArcView se inició como un programa gráfico para datos espaciales y mapas realizados con otros productos de software de ESRI. Con el tiempo se incorporaron más funcionalidad al software y se convirtió en un programa de SIG real, capaz de realizar gestión de datos y análisis complejos. (Santiago, 2006). Es un programa diseñado de forma modular, permitiendo añadir, según las necesidades de análisis.

2.7 Mecánica de Fluidos

Es la parte de la mecánica que estudia las leyes del comportamiento de los fluidos (líquidos o gases), que se encuentren en reposo (estática de fluidos o hidrostática) o en movimiento (dinámica de fluidos o hidrodinámica) y su interacción con sólidos o con otros fluidos en las fronteras. (Mott, 2006) (Mataix, 1986).

2.7.1 Presión (*P*)

Es la razón entre la cantidad de fuerza (*F*) que se aplica sobre un fluido o sustancia por unidad de área (*A*). Se obtiene a través de la ecuación:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

En los fluidos existen dos principios fundamentales:

- ♦ La presión actúa uniformemente en todas las direcciones sobre un volumen pequeño de fluido.
- ♦ La presión actúa en dirección perpendicular a la pared en un fluido rodeado de fronteras sólidas. (Mott, 2006).

2.7.2 Velocidad (*v*)

Es la relación que existe entre el espacio lineal (*e*) que recorre un fluido por unidad de tiempo en que se efectuó (*t*). Se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$v = \frac{e}{t} \quad (2)$$

La velocidad del fluido disminuye con el aumento de la profundidad debido a la fricción entre las capas del mismo, llegando a cero en la placa inferior. Un fluido en movimiento se detiene

por completo en la superficie y obtiene una velocidad nula, debido a que existe una adherencia a la superficie por los efectos viscosos y no hay deslizamiento. (Cengel & Cimbala, 2012)

2.7.3 *Fluido*

Es una sustancia que se encuentra en estado líquido o gaseoso. La diferencia existente con un sólido se explica por la deformación continua que presenta la sustancia bajo la influencia del esfuerzo cortante (o tangencial), mientras que un sólido opone resistencia a la deformación.

Un líquido adquiere la forma del recipiente que lo contiene debido a que sus moléculas se pueden mover en grandes cantidades en relación de unas con otras y el volumen permanece constante a causa de las fuerzas de cohesión existente entre ellas. Un gas se expande hasta llenar el espacio completo de un recipiente del que dispone debido a que sus moléculas están ampliamente espaciadas y las fuerzas de cohesión entre ellas son débiles. (Cengel & Cimbala, 2012)

2.7.4 *Diámetro (D)*

Diámetro es una línea recta que une dos puntos opuestos de la circunferencia pasando por su centro. En mecánica de fluidos se utiliza para calcular las áreas (A) de las secciones circulares de tubería (las más comunes) por donde circula una sustancia mediante la siguiente fórmula:

$$A_{sección\ circular} = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (3)$$

2.8 **Ecuación de pérdidas de Bernoulli**

Es una expresión que muestra el balance de energía mecánica y se puede definir como la sumatoria de las energías: cinética, potencial y la de flujo de una partícula a lo largo de una línea de corriente en el flujo estacionario, donde son despreciables los efectos de fricción y compresión.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

Dónde:

γ es el peso específico del fluido, que se obtiene dividiendo la densidad para la gravedad ($\gamma = \rho/g$)

P/γ es la carga de presión

z es la carga de elevación con respecto a un punto de referencia

$v^2/2g$ es la carga de velocidad

La ecuación general de energía es una extensión de la ecuación de Bernoulli, lo que permite resolver problemas donde existan pérdidas o ganancias de energía. La expresión de la ecuación es la siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (5)$$

Dónde:

- ◆ h_A es la energía que se añade al fluido con un dispositivo mecánico como por ejemplo una bomba.
- ◆ h_R es la energía que se sustrae al fluido con un dispositivo mecánico como por ejemplo una turbina.
- ◆ h_L son las pérdidas de energía que se presentan en el sistema debido a fricción en tuberías y pérdidas por válvulas y accesorios. (Mott, 2006)

CAPÍTULO III

3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.1 Modelo de simulación de la red de distribución de agua potable

El modelado de simulación de la red de distribución de agua potable para la cabecera cantonal de Comunidad Niño Loma de la Parroquia Pungalá consta de dos partes, la primera simulación que trata de la trayectoria de agua extraída de manantiales hacia un tanque de recolección en el cual se trata el agua para que sea apta para el consumo, y la segunda simulación del tanque de recolección a los lugares de consumo; esto se realiza a partir de datos proporcionados por el GAD Municipal de Riobamba.

3.1.1 *Recopilación de Datos*

De los archivos proporcionado por el GAD Municipal de Riobamba, se recopila planos topográficos de las trayectorias de las tuberías, de las vertientes al tanque de recolección y del tanque de recolección a los lugares de consumo, también datos como el número de habitantes a consumir el suministro de agua potable, las especificaciones de cada tramo de tubería como su diámetro y tipo de material y los puntos geo referenciados de la trayectoria de distribución de agua potable.

3.1.2 *Datos de la trayectoria de las vertientes al tanque de recolección*

El sistema está formado por dos líneas de captación, la primera que se denominará a lo largo de este documento como la “Línea del camino” que reúne el caudal de la fuente, la segunda conocida como “Línea de abastecimiento” que congrega los caudales provenientes de vertientes ubicadas al otro lado del río.



Figura 3- 1: Tanques de recolección de agua.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

La tubería existente dispone de un diámetro constante de manguera.

Datos de las líneas

Para la verificación del sistema actual se toman los siguientes datos basados en mediciones propias realizadas.

Línea del camino.

Diámetro Interno	2 pulgadas
Longitud total	4738.65 m
Caudal que se requiere transportar	1 LPS (Anexo A)
Caudal actual transportado	0 LPS

Línea de abastecimiento.

Diámetro	2 pulgadas
Longitud total	5596.14 m
Caudal que se requiere transportar	5 LPS (Anexo A)
Caudal actual transportado	1.7 LPS

3.1.3 Datos de la trayectoria del tanque de recolección a los lugares de consumo.

Tabla 3-1: Familias consumidoras de agua potable, coordenadas georeferenciadas.

CATASTRO DE CONSUMIDORES DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL MOSTE CHICO				
COMUNIDAD: NIÑO LOMA				
No.	NORTE	ESTE	COTA	CAUDAL LPS
01	9791330,283	772720,727	3689,307	0,14
02	9791290,110	772646,794	3655,518	0,14
03	9791220,462	772669,070	3629,279	0,14
04	9791433,797	772437,697	3680,057	0,14
05	9791425,857	772422,756	3671,251	0,14
06	9791506,849	772399,373	3672,086	0,14
07	9791550,035	772320,838	3643,922	0,14
08	9791571,435	772294,565	3631,047	0,14
09	9791899,778	772471,918	3686,242	0,14
10	9791899,719	772352,304	3630,926	0,14
11	9791964,686	772397,450	3686,664	0,14
12	9792118,373	772223,180	3661,102	0,14
13	9792142,198	772170,935	3659,257	0,14

CATASTRO DE CONSUMIDORES DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL MOSTE CHICO				
COMUNIDAD: NIÑO LOMA				
14	9792138,891	772135,392	3647,206	0,14
15	9792098,629	772149,705	3633,985	0,14
16	9792159,547	772035,599	3637,219	0,14
17	9792188,136	772011,002	3637,705	0,14
18	9792172,636	771990,287	3635,000	0,14
19	9792164,220	772009,596	3635,608	0,14
20	9792177,579	771964,158	3631,681	0,14
21	9792150,348	771978,651	3623,546	0,14
22	9792260,372	771896,927	3640,250	0,14
23	9792333,468	771838,798	3637,281	0,14
24	9792329,741	771809,389	3628,639	0,14
25	9792301,948	771745,078	3602,402	0,14
26	9792280,264	771764,370	3596,014	0,14
27	9792414,587	771700,170	3649,597	0,14
28	9792529,056	771521,680	3654,999	0,14
29	9792541,447	771467,895	3664,200	0,14
30	9792474,196	771455,847	3626,629	0,14
31	9792262,121	771421,744	3541,345	0,14

Fuente: GAD Municipal de Riobamba (2018)

Detalles de las tuberías ya instaladas en la distribución de agua potable, donde la Línea Red A es la línea principal de distribución y las líneas nombradas con letras minúsculas son sub líneas de distribución para casas alejadas de la Línea Red A.

Tabla 3-2: Detalles de la línea principal y sub líneas

	longitud(m)	longitud(km)	diámetro (mm)	Material
Línea Red A	2011,30	2,011	90	PVC
Línea a	23,91	0,024	20	PVC
Línea b	169,14	0,169	20	PVC
Línea c	84,89	0,085	20	PVC
Línea d	196,44	0,196	20	PVC
Línea e	115,59	0,116	20	PVC
Línea f	37,14	0,037	20	PVC
Línea f-1	50,11	0,050	20	PVC
Línea g	15,41	0,015	20	PVC
Línea h	67,98	0,068	20	PVC
Línea h-1	68,04	0,068	20	PVC
Línea i	52,80	0,053	20	PVC

	longitud(m)	longitud(km)	diámetro (mm)	Material
Línea i-1	23,58	0,024	20	PVC
Línea j	126,35	0,126	20	PVC
Línea j-1	28,84	0,029	20	PVC
Línea k	13,61	0,014	20	PVC
Línea L	25,13	0,025	20	PVC
Línea m	285,40	0,285	20	PVC
Línea m-1	25,90	0,026	20	PVC
Línea m-2	26,07	0,026	20	PVC
		1,436	20	

Fuente: GAD Municipal de Riobamba (2018)

3.1.4 Etapas del modelado

3.1.4.1 Obtención de un plano de Tubería en AutoCAD

Del plano en CAD proporcionado por el GAD del Cantón Riobamba se extrae la trayectoria de la tubería con cotas reales de funcionamiento, estas cotas con sus respectivas coordenadas y altitudes se extraen en documento .dxf el cual puede ser abierto por el programa QGis.

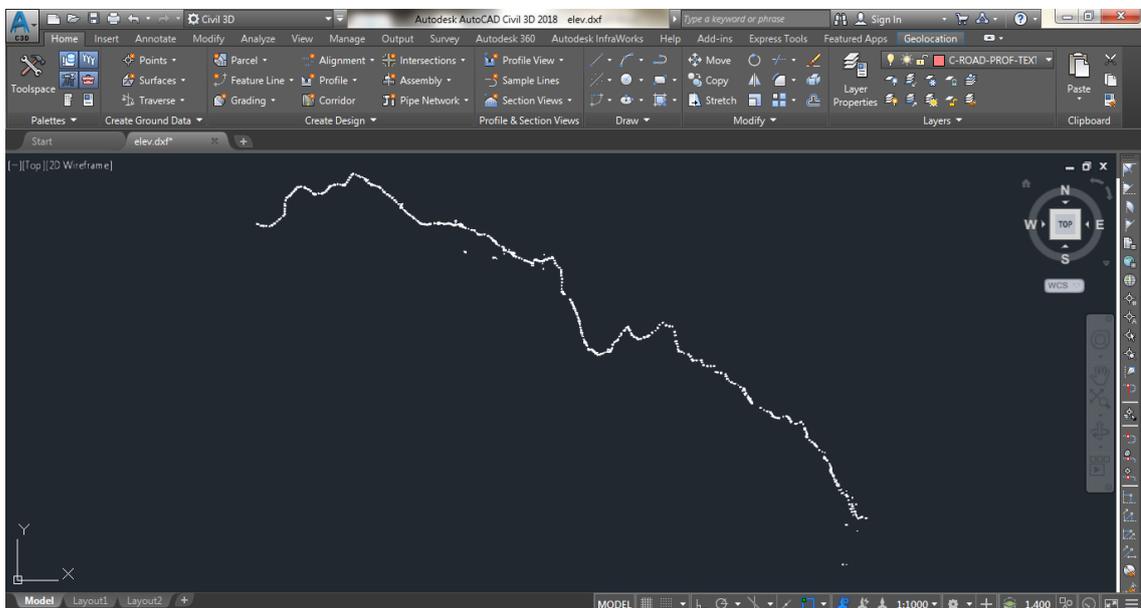


Figura 3- 2: Puntos georeferenciados de trayectoria de la tubería.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

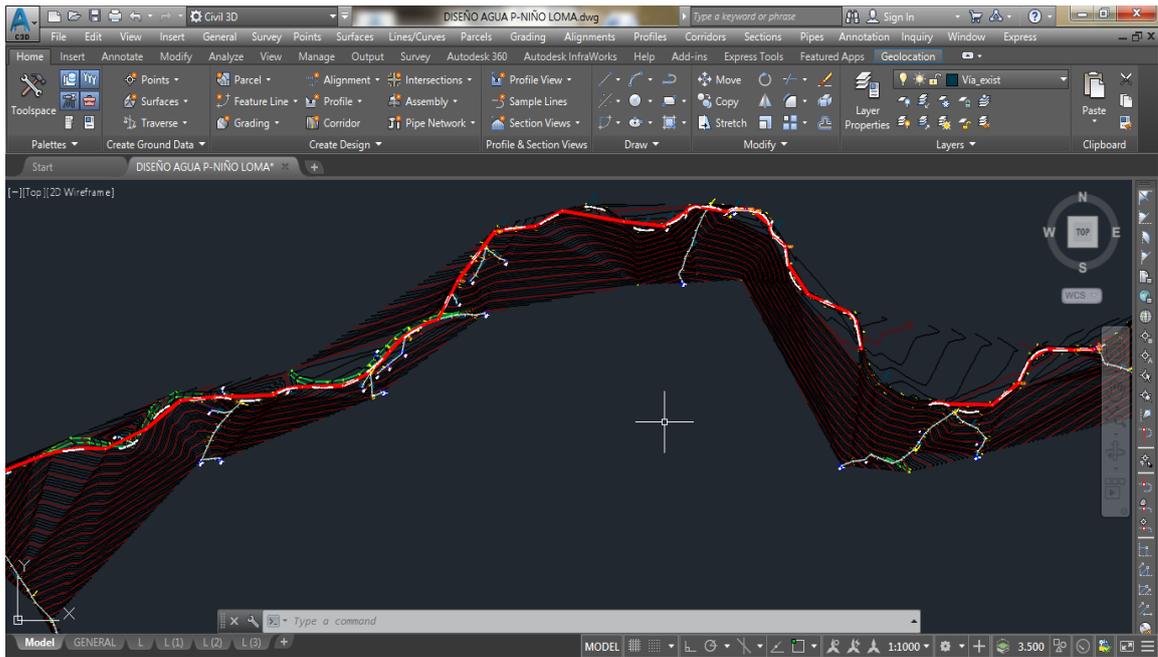


Figura 3- 3: Trayectoria de la tubería con cotas reales de funcionamiento.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

3.1.4.2 Conversión del plano AutoCAD a QGIS

En este programa se procede a crear dos archivos, uno que contiene capas que calcula las longitudes reales de cada tramo de tubería y otra que asigna diámetros a la misma; el otro archivo contiene un mallado el cual abarca toda la trayectoria de la tubería. Estos dos archivos se guardan en formato .shp el cual puede ser abierto en el programa, ArcView.

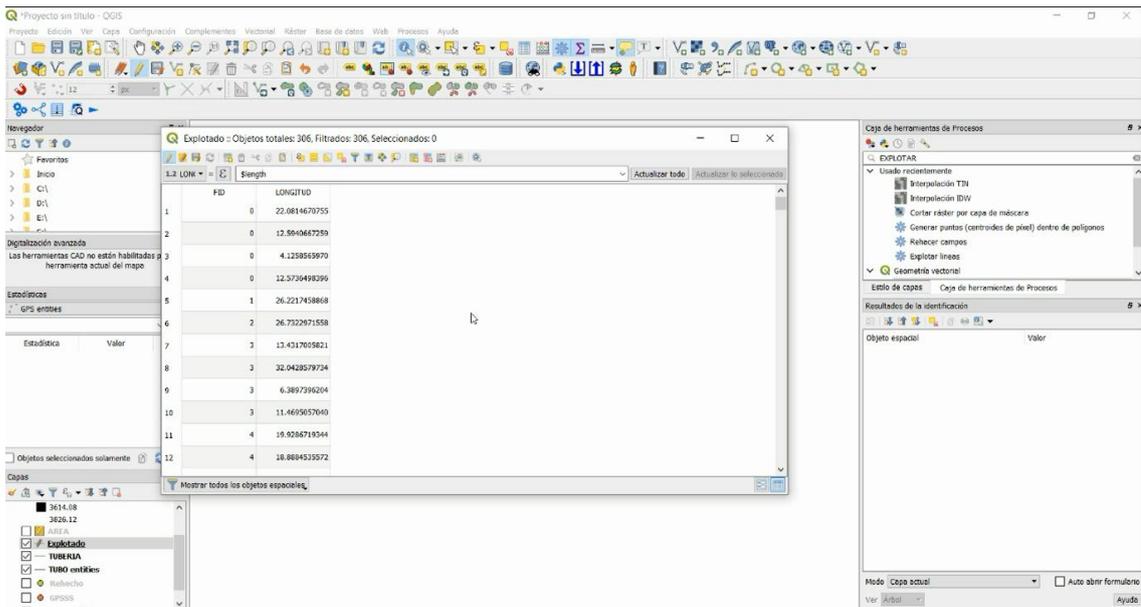


Figura 3- 4: Conversión del plano AutoCAD a QGIS.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

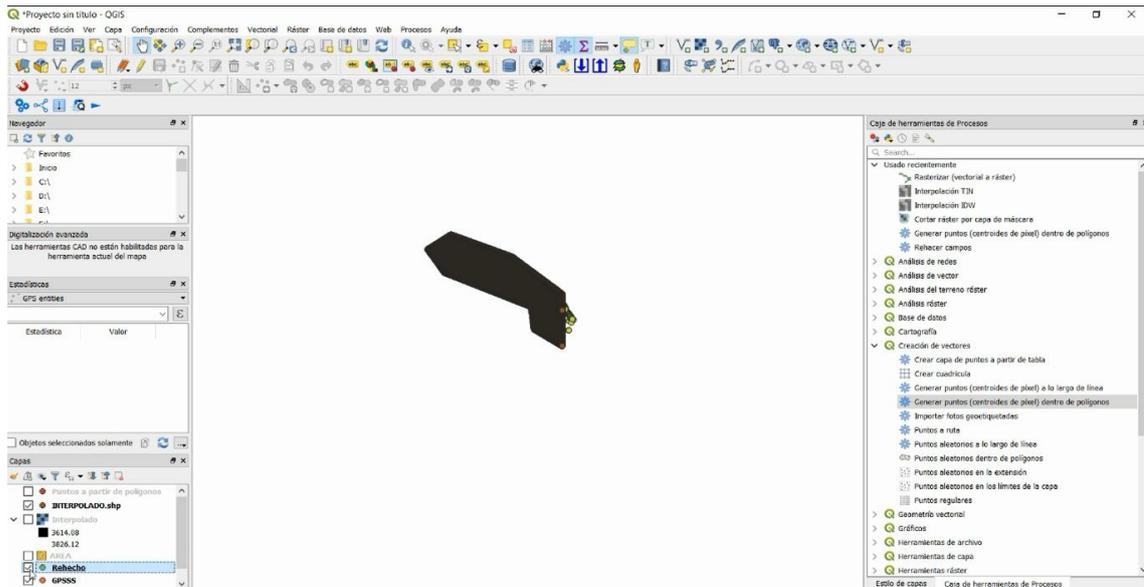


Figura 3- 5: Trazado del área abarcando los puntos de la trayectoria en QGIS.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

3.1.4.3 Creación del proyecto en ARCVIEW.

Este programa contiene un sub programa llamado GISRed v2.0 el cual mediante una herramienta Mode tolos/Connectivity nos permite verificar si existen posibles discontinuidades en la trayectoria de la tubería, por lo que el programa Epanet necesita una trayectoria continua para poder realizar la simulación. También, en los nodos de cada conexión de tubería se incorporan las propiedades de georeferencias a través de interpolar del mallado que se crea en el software QGis y la trayectoria de la tubería al finalizar se guarda en extencion .inp el cual se puede abrir en el software Epanet.

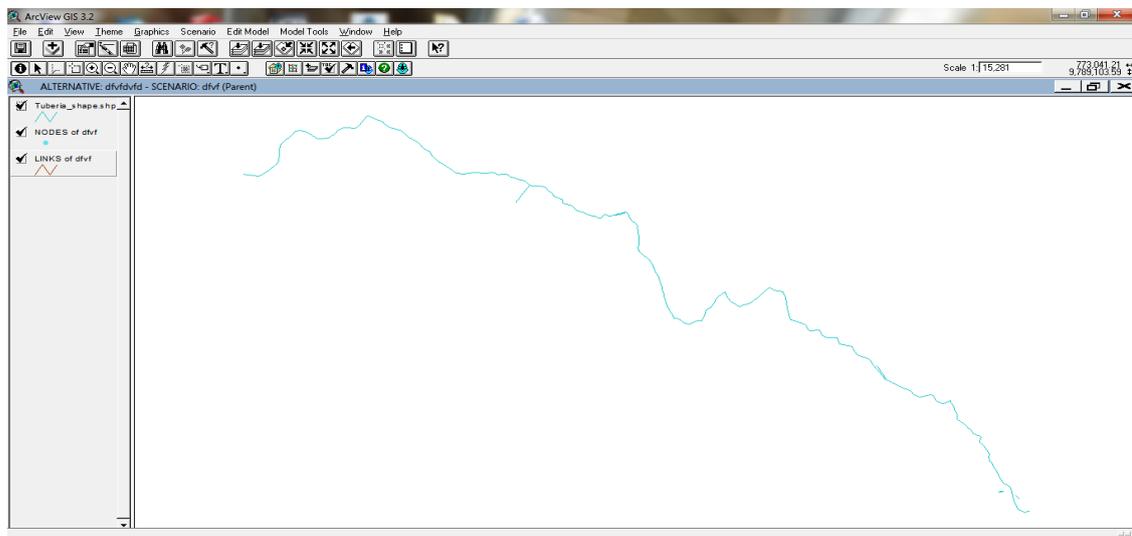


Figura 3- 6: Creación del proyecto en ARCVIEW.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

3.1.4.4 Simulación en Epanet

Para la simulación de la red con sus respectivas cotas se procede a modificar variables como, diámetros rugosidad de la tubería, puntos de consumo y en los puntos de inicio, se colocan por embalses a presión atmosférica. Con estos datos insertados el software nos permite obtener datos de presiones, velocidades, caudales, perdidas de presión por longitudes de tubería

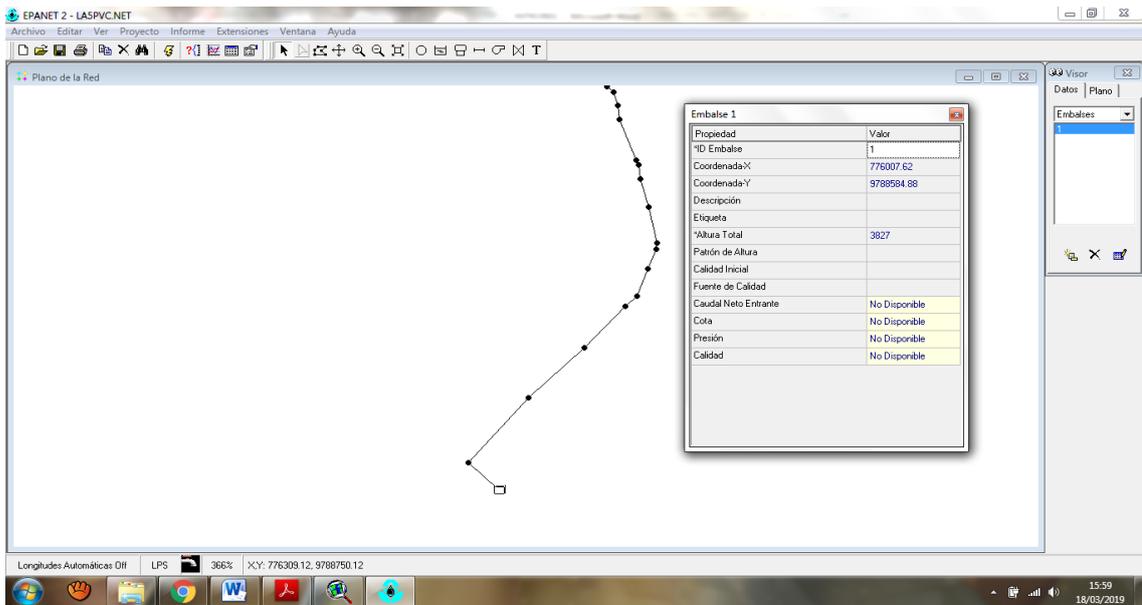


Figura 3- 7: Detalles de un nodo en Epanet.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

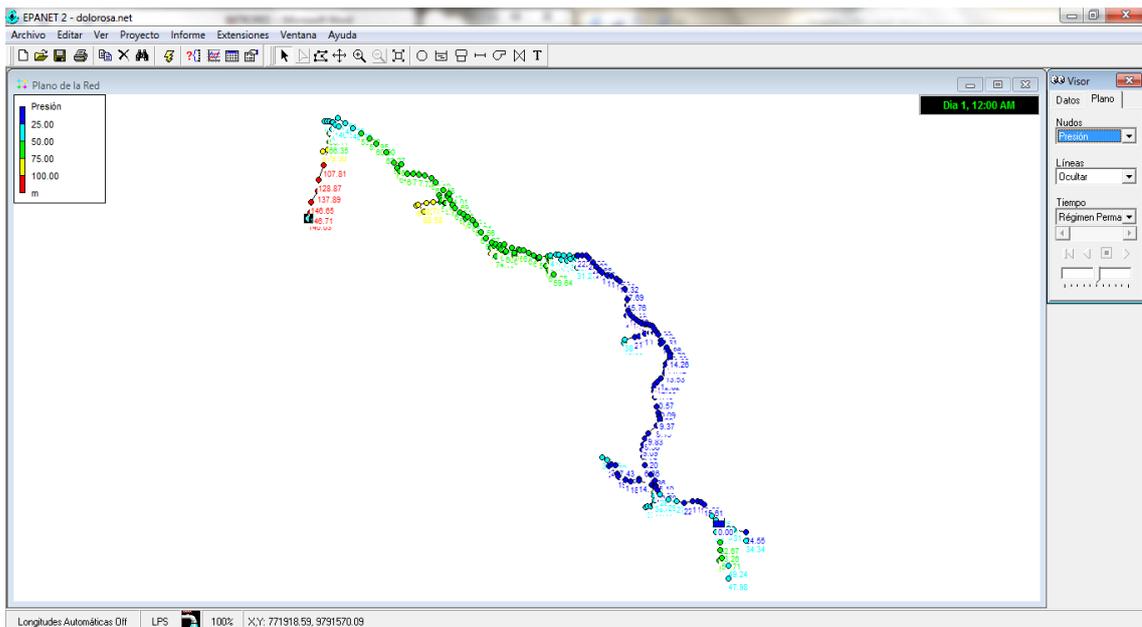


Figura 3- 8: Simulación en Epanet con datos de presiones en los nodos.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de resultados para trayectoria de las vertientes al tanque de recolección

4.1.1 Estado Actual

Según la simulación realizada de la línea de abastecimiento como se muestra en el gráfico 4-1, se confirma el flujo de caudal de 1,7 lps de agua sin ningún problema.

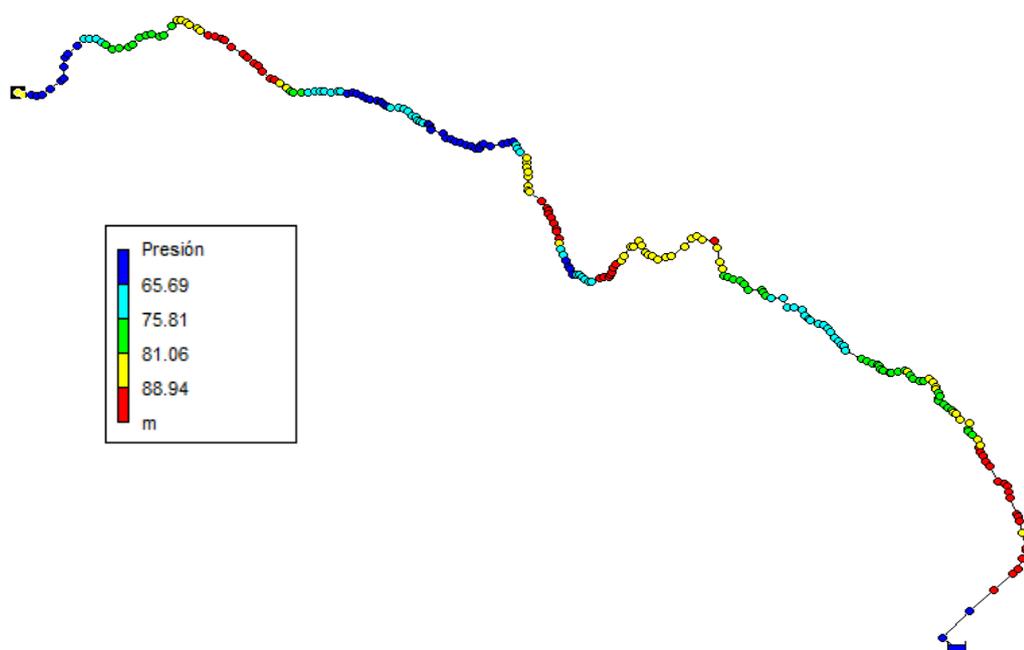


Gráfico 4-1: Simulación 1 de la línea de abastecimiento existente.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

4.1.2 Primera propuesta de rediseño

En esta propuesta se pretende transportar en líneas independientes, 1 lps de agua por la línea del camino y 5 lps de agua por la línea de abastecimiento hasta el tanque de distribución.

Con las simulaciones efectuadas en los gráficos 4-2 y 4-3, se llega a la conclusión que para que la propuesta sea factible es necesario los siguientes parámetros.

Tabla 4-1: Primera propuesta de rediseño.

	Qdiseño	Diámetro	Presión	Qmax
Línea del Camino	1 lps	63 mm	1 MPa	1,6 lps
Línea de Abastecimiento	5 lps	90 mm	1,25 MPa	6,5 lps

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

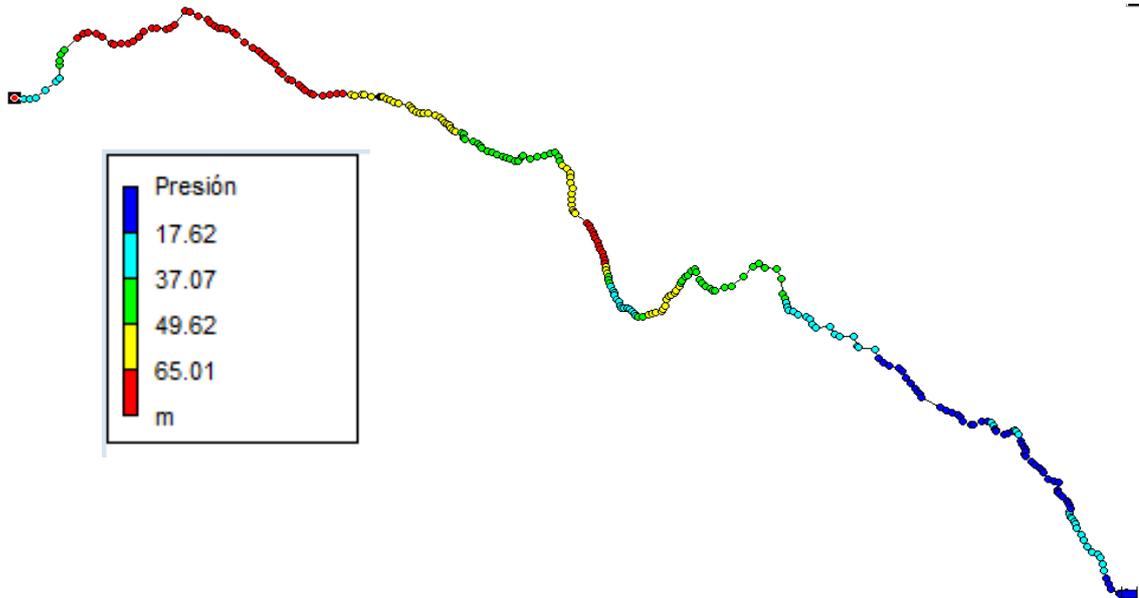


Gráfico 4-2: Simulación 2 de la primera propuesta de rediseño, línea del camino.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

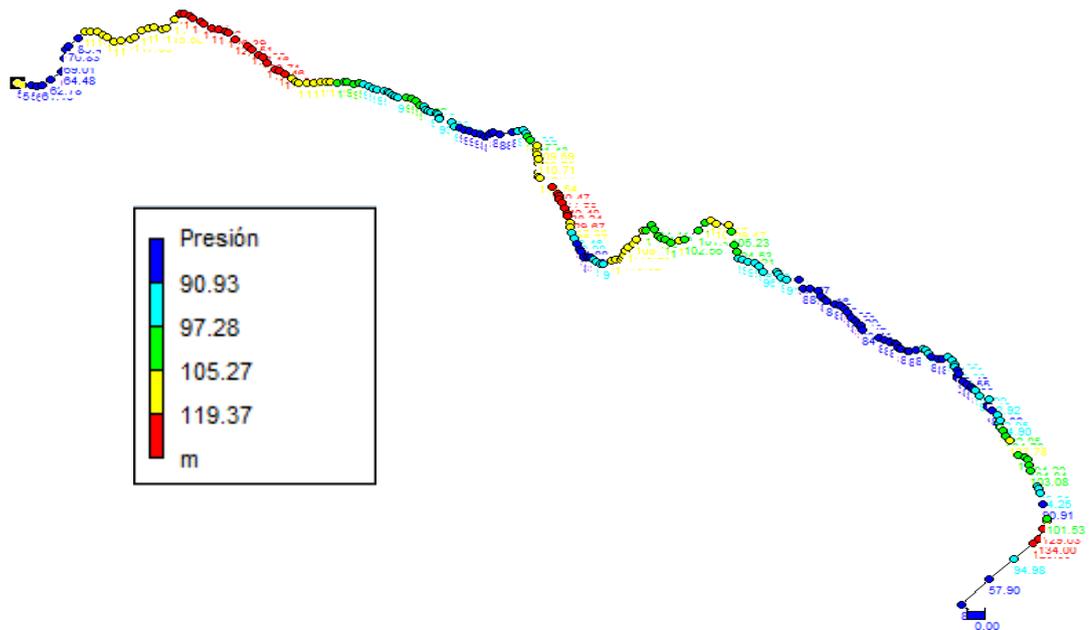


Gráfico 4-3: Simulación 3 de la primera propuesta de rediseño, línea de abastecimiento.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

Tabla 4-2: Detalles de materiales a utilizar en la primera propuesta de rediseño.

MATERIALES					
	Longitud	Diámetro	Válvulas	Filtros	Observaciones
Línea de Camino	4738,65 m	63 mm	2 válvulas de globo	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.
Línea de Abastecimiento	5596,13 m	90 mm	2 válvulas de globo	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

4.1.3 Segunda propuesta de rediseño

En esta propuesta de rediseño se pretende transportar 5 lps de agua por la línea de abastecimiento, esta línea alimentará al tanque de recolección de las vertientes de la línea del camino (tanque de partida de la misma); y que esta a su vez transportará 6 lps (5lps de agua por la línea de abastecimiento y 6 lps por la línea de camino) de agua al tanque de recolección, de esa manera se ahorrara de manera considerable tramos de tubería.

Con las simulaciones efectuadas en los gráficos 4-4 y 4-5, se llega a la conclusión que para que la propuesta sea factible es necesario los siguientes parámetros.

Tabla 4-3: Segunda propuesta de rediseño.

	Qdiseño	Diámetro	Presión	Qmax
Línea del Camino	6 lps	110 mm	1,25 MPa	7 lps
Línea de Abastecimiento	5 lps	63 mm	1,25 MPa	6 lps

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

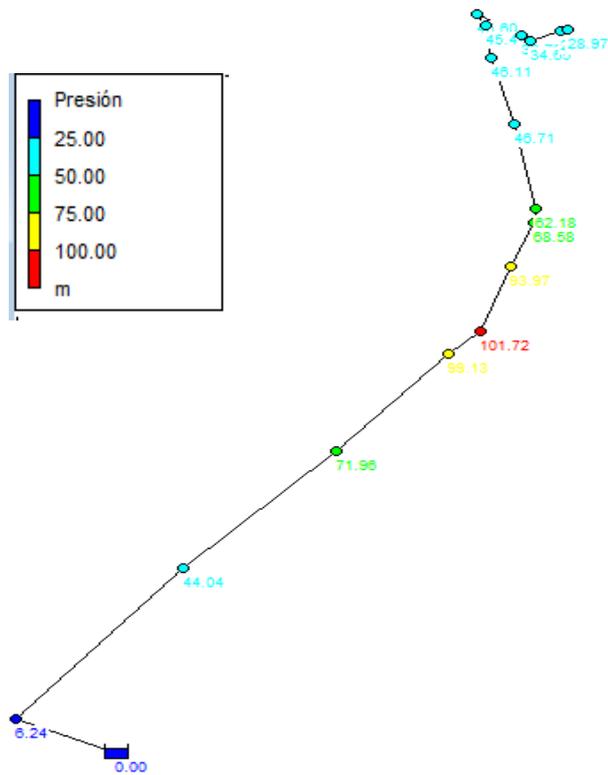


Gráfico 4-4: Simulación 4 de la segunda propuesta de rediseño, línea de abastecimiento.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

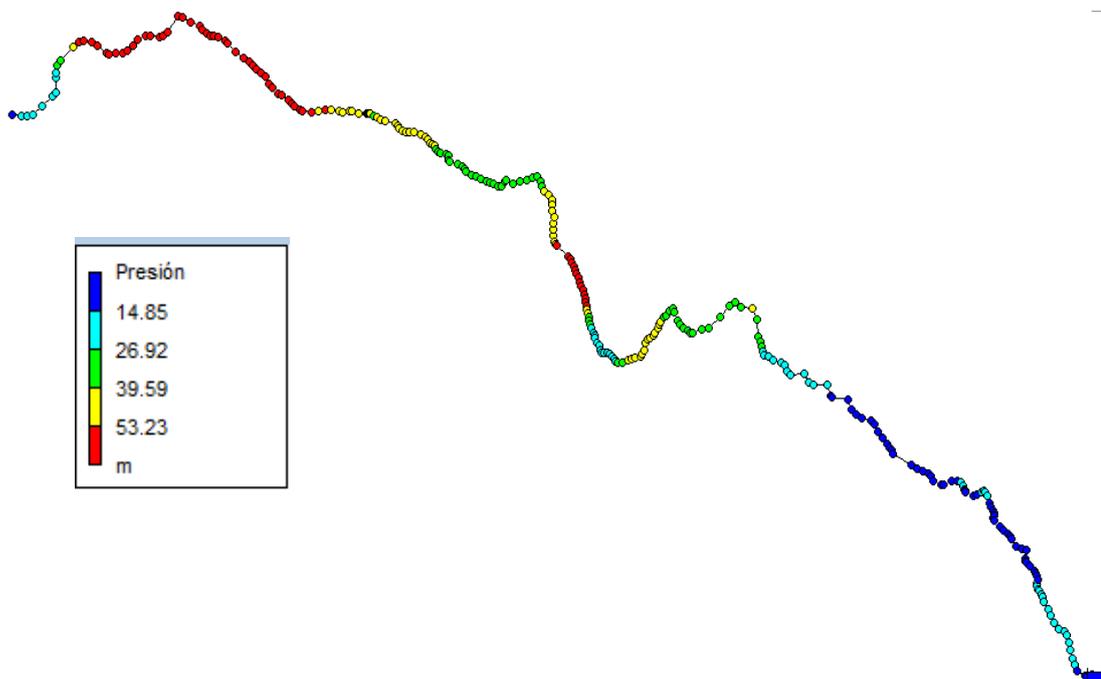


Gráfico 4-5: Simulación 5 de la segunda propuesta de rediseño, línea del camino.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

Tabla 4-4: Detalles de materiales a utilizar en la segunda propuesta de rediseño.

	MATERIALES				
	Longitud	Diámetro	Válvulas	Filtros	Observaciones
Línea de Camino	4738,65 m	110 mm	2 válvulas de globo	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.
Línea de Abastecimiento	607,70m	63 mm	2 válvulas de globo	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

4.1.4 Tercera propuesta de rediseño

En esta propuesta de rediseño se pretende transportar 1 lps de agua por la línea del camino y 5 lps de agua por la línea de abastecimiento hasta un punto de unión como se muestra en la figura 6 en la cual para la simulación en dicho punto de unión se coloca un tanque con la presión con la cual debe partir de ahí en adelante una sola línea que transportaría los 6 litros el tanque, al realizar este análisis se debe tomar en cuenta que a más de elegir un diámetro adecuado para su funcionamiento también se debe verificar la resistencia de la tubería a la máxima presión que se encontraría en el análisis. Con las simulaciones efectuadas en los gráficos 4-6 y 4-7 se parte con una presión de 13,57 mca se llega a la conclusión que para que la propuesta sea factible es necesario los siguientes parámetros.

Tabla 4-5: Tercera propuesta de rediseño.

	Qdiseño	Diámetro	Pmax	Qmax
Línea 1	1 lps	32 mm	0.8 MPa	1,4 lps
Línea 2	5 lps	63 mm	1,25 MPa	6,6 lps
Línea Unida	6 lps	110 mm	1 MPa	7,4 lps

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

También es necesario dos válvulas reguladoras de presión antes del punto de unión una para cada línea se una a una presión de 13,57 mca.

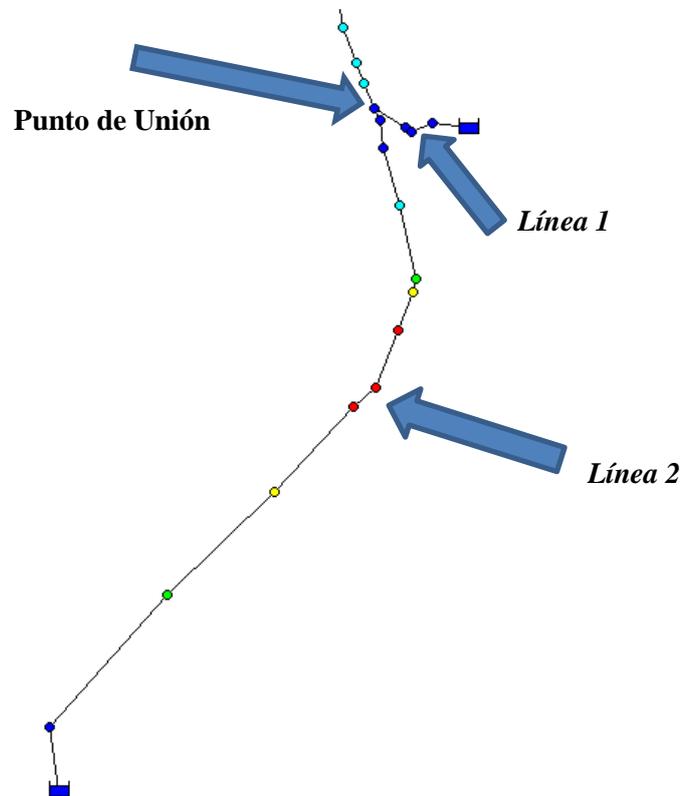


Gráfico 4-6: Simulación 6 de la tercera propuesta de rediseño, punto de unión.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019.

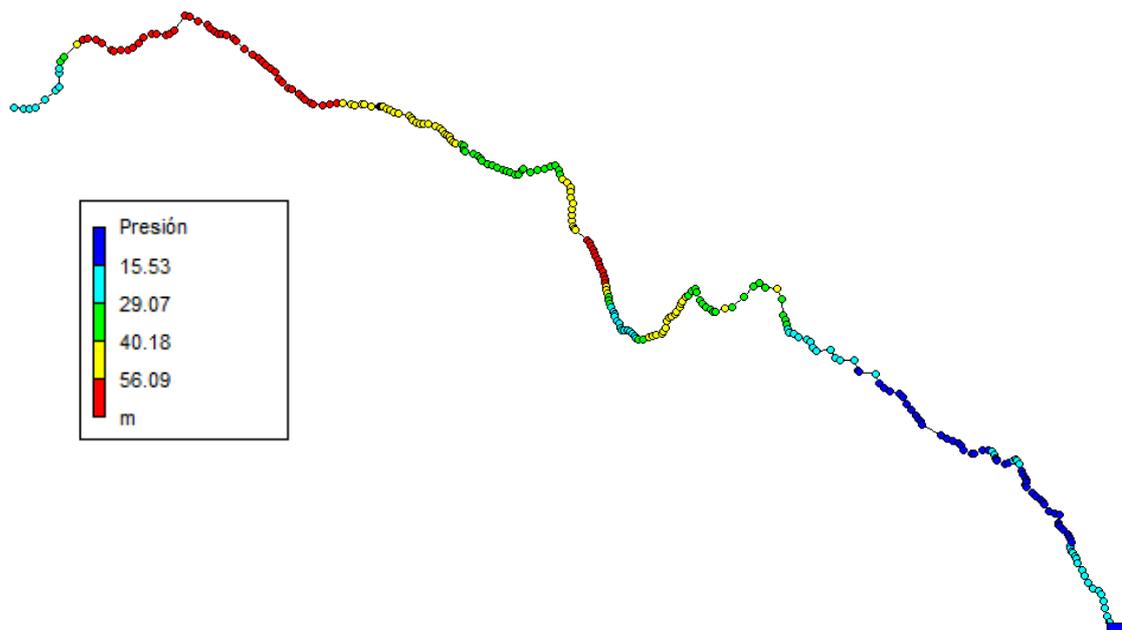


Gráfico 4-7: Simulación 7 de la tercera propuesta de rediseño, punto de unión al tanque.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019.

Tabla 4-6: Detalles de materiales a utilizar en la tercera propuesta de rediseño.

MATERIALES					
	Longitud	Diámetro	Válvulas	Filtros	Observaciones
Línea 1	62,21 m	32 mm	2 válvulas de globo 1 válvula reguladora de presión	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.
Línea 2	576,51 m	63 mm	2 válvulas de globo 1 válvula reguladora de presión	1 filtro	<ul style="list-style-type: none"> Las Válvulas de globo, colocar una al principio y una al final de la línea de tubería El filtro colocarlo en el tanque de inicio, donde empieza la succión.
Línea Unida	4707,46 m	110 mm	1 válvulas de globo		<ul style="list-style-type: none"> La Válvula de globo se colocara una al final de la línea de tubería

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

Para la instalación de las válvulas reguladoras de presión de cada línea realizarlas según la siguiente ilustración.

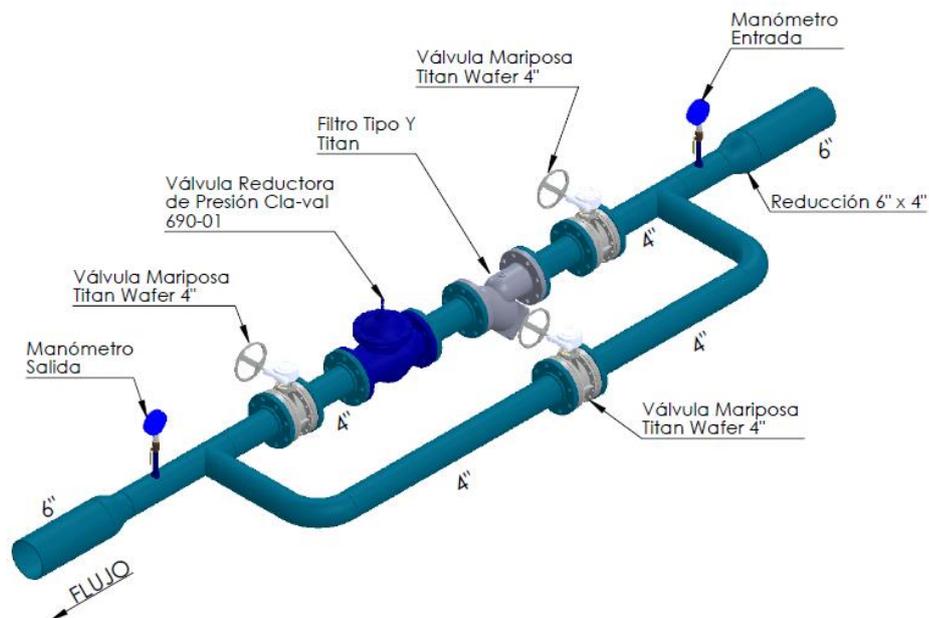


Gráfico 4-8: Modelo de instalación para una válvula reductora de presión.

Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2011)

4.2 Evaluación de resultados para la trayectoria del tanque de recolección a los lugares de consumo

Con esta simulación se pretende que la línea principal transporte un caudal de agua de 4,34 lps y que las 31 subredes puedan transportar 0,14 lps.

4.2.1 Estado actual de la red de distribución

Al realizar la simulación se parte de igual manera de datos proporcionados.

Tabla 4-7: Estado actual de la red de distribución.

	Diámetro (mm)	Diámetro Interior (mm)	Material	Presión max. (Mpa)
Línea principal	90	84.2	PVC	0.80
Sub Líneas	20	17.8	PVC	1.25

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

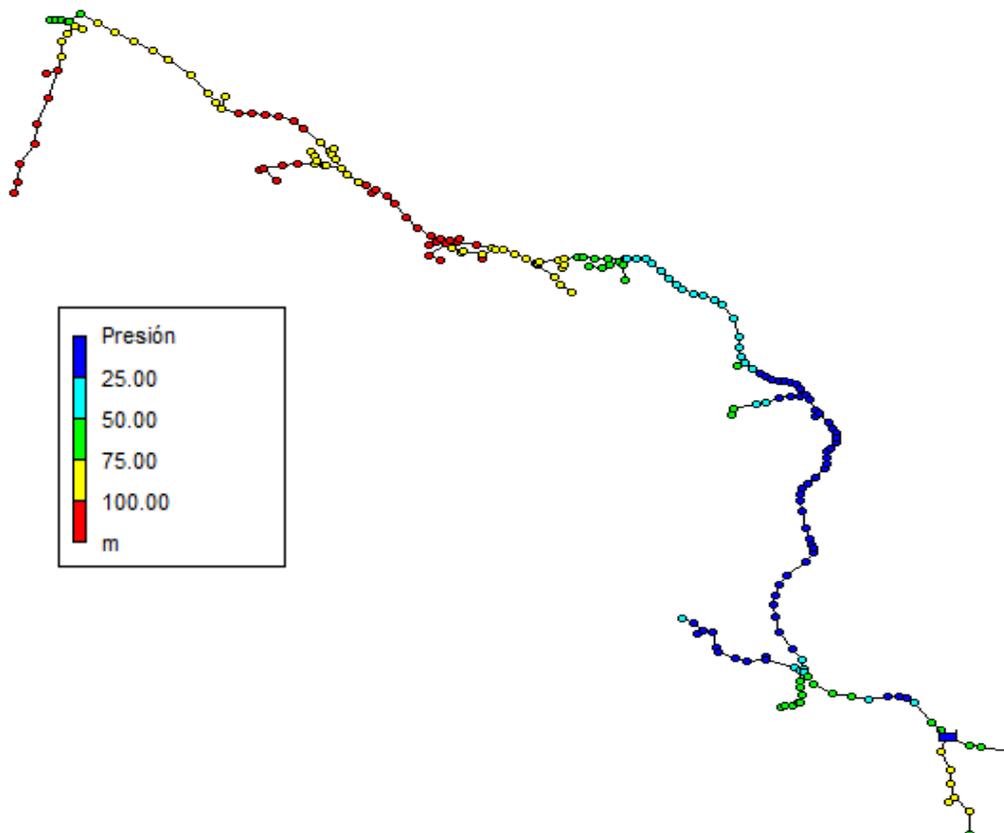


Gráfico 4-9: Simulación 8 del estado actual de la red de distribución.

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

Al realizar la simulación se tiene un flujo continuo en toda la red de distribución con un consumo en cada punto de 0,14 lps.

4.3 Resultados

Las presiones máximas a las que se encuentran sometida la línea principal y sub líneas no supera la presión de diseño por el fabricante por lo cual el diámetro y resistencia es el adecuado para su funcionamiento.

Tabla 4-8: Presiones máximas, diámetros y longitudes de la línea principal y sub líneas.

	Presiones máximas (MPa)	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Línea principal	0.69	90	1993,96
Sub Líneas	1.25	20	1579,71
			3573,67

Realizado por: Andrés Yépez Heredia, 2019

Para la instalación de ventosas y válvulas de desagüe en todas las trayectorias y propuestas realizadas se sugiere según lo especificado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

- ◆ Identificar los puntos de mayor altura, es decir, puntos donde la pendiente cambia de manera sensible de una mayor a otra menor o negativa, ya que ahí es donde se necesita admitir o expulsar el aire. Identificar también tramos planos o de pendiente uniforme en la conducción, para este caso se debe considerar colocar las válvulas a distancias entre 500 y 1000 m.
- ◆ Identificar los puntos más bajos de la línea de conducción, en ellos se colocarán las válvulas de desagüe. En tramos largos de pendiente uniforme pueden ubicarse también en puntos intermedios, con el objeto de reducir el tiempo de vaciado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ◆ El sistema actual del tramo de las fuentes al tanque de recolección no está aprovechando la totalidad por una mala selección de diámetro de tubería de agua proveniente de las vertientes, la diferencia de presiones producida por un diámetro no adecuado impide que el fluido pueda llegar a su destino.
- ◆ Para poder mejorar la eficiencia del sistema de distribución a más de la correcta selección del diámetro de tubería es necesario también la instalación de ventosas, estas minimizan una presión en contra del flujo producido por aire atrapado en el caso de que el flujo de agua se haya detenido.
- ◆ Colocar válvulas de desagüe en los puntos más bajos de la trayectoria de la tubería, que sirven para limpiar la acumulación de sedimentos o a su vez reducir el tiempo de vaciado en la misma.
- ◆ Es necesario la colocación de filtros en cada tanque de captación que servirán para evitar un taponamiento en la tubería.
- ◆ Las presiones máximas en cada línea no superan las presiones máximas de diseño según el catálogo utilizado (Plastigama).
- ◆ La segunda propuesta de mejora es la más adecuada ya que en esta se minimiza considerablemente tramos innecesarios de tubería y la colocación de válvulas reductoras de presión, abaratando costos.

5.2 RECOMENDACIONES

- ◆ Asegurarse que no existan acometidas ilegales en todo el sistema de distribución ya que reduciría la presión y debido a esto no permitirá que a lo largo de la trayectoria tenga un flujo constante de agua.
- ◆ En caso de ser necesario un consumo entre los tanques de las fuentes hacia el tanque de distribución, realizar esta distribución desde el tanque de distribución (tanque final); para evitar pérdidas de presiones.
- ◆ Poner especial atención en el momento de la instalación de la tubería que debe seguir la misma trayectoria trazada en el plano ya que si varía la trayectoria, variaría las cotas y sus presiones.
- ◆ Para el soterramiento de la tubería realizarlo a mínimo 0,75 metros de profundidad y que este valor sea constante, este valor se recomienda según lo especificado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- ◆ Se recomienda una correcta recolección del agua, provenientes de las fuentes evitando desperdicios y acumulación de escombros los cuales pueden provocar taponamientos en la tubería.
- ◆ Manipular las válvulas del cierre del sistema con precaución, y en caso de ser necesario, hacerlo muy lentamente para evitar la depresión en las tuberías y por tanto tener problemas importantes en el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- FLITES, Alfonso.** *Programa para el Diseño y Simulación de Redes Hidráulicas*. 2ª ed. España. 2002, pp. 10-13.
- AUGE, Miguel.** *Agua fuente de vida*. Buenos Aires. 2007, pp. 8-25.
- Manual de usuario de Autodesk.** Madrid-España. 2010, pp. 100-120.
- CABRERA BÉJAR, José Antonio.** *Tecnología y ciencias del agua*. 3ª ed. México. 2012, pp. 5-25.
- Calvo, Raúl.** *Proyecto de instalación de redes de abastecimiento y distribución de agua y saneamiento*. Argentina. 2017, pp. 33-38.
- CENGEL, Y. A.; & CIMBALA, J. M.** *Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones*. 2ª ed. México: Mc Graw Hill, 2017, pp. 50-56.
- CLARK, E.** *Ecología práctica terra*. Barcelona-España, 2007. Disponible en: <http://www.terra.org/categorias/articulos/el-precio-del-agua-esta-aumentando-en-todo-el-mundo>
- Código Orgánico de Organización Territorial**, Quito. 2018.
- FRANCOIS, Jean.** *Flujo en Sistemas de Tuberías*. Venezuela, 2008. Disponible en: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/MF7_Flujo_en_sistemas_de_tuberias.pdf
- FUENTES; & RODRÍGUEZ.** *Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos*. 12ª ed. México. 2011, pp. 22-29.
- GALLEGO, José.** *Replanteo de redes de distribución de agua y saneamiento*. España, 2012, pp. 5-20.
- GARDUÑO, Héctor.** *Administración de derechos de agua*. Roma, 2003, pp 98-118.
- GRASER, Anita.** *Aprendiendo QGIs*. 3ª ed. Austria, 2016, pp 74-103.
- El futuro de la población*. España: IECA, 2011.
- MATAIX, C.** *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. 2ª ed. Madrid: Ediciones del Castillo S.A., 1986, pp. 33-45.
- MOLINA, Andrea; et al.** *Reporte de pobreza por consumo*, Quito, 2016, pp. 2-12.
- MOTT, R. L.** *Mecánica de Fluidos*. 6ª ed. México: Pearson Educación, 2006, pp. 41-54.
- Agua para todos, agua para la vida*. Nueva York-Estados Unidos, 2003.
- Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima-Perú, 2005.
- QUITIO, Rafael.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pungalá*. Riobamba-Ecuador, 2011.
- LEWIS, Rossman.** *Epanet 2.0 en Español*. Valencia-España, 2017. ISBN: 978-84-697-2429-3, pp. 72-135.

SALVADOR, Ignasi. *Abastecimiento de agua y saneamiento*. España: Agustí Pérez-Foguet, 2005. ISBN: 84-689-1937-3.

SANTIAGO, Iván. *Fundamentos de Arcgis*. 2^a ed. Puerto Rico, 2006, pp. 37-98.