



**SEDE JULIO ANTONIO MELLA
FACULTAD DE CONSTRUCCIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

Trabajo de Diploma

Tesis en opción al título de Ingeniero Hidráulica

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LOS POBLADOS DEL VALLE DE CAUJERI

Autora: Yunia Sierra Romero

**Tutores: Dra.C. Ing. Mayelin González Trujillo
MsC. Ing. Yamiles Johnson Brizo
MSc. Ing. Marino Alberto Muñoz Aguilar**

Santiago de Cuba, 2021

DEDICATORIA

DEDICATORIA

- ❖ Dedico este trabajo a Dios padre todopoderoso por haberme dado la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa, así como me permitió llegar al final de una de mis metas, culminar mi carrera universitaria.
- ❖ Con mucho cariño a toda mi familia en general, por tantos años de comprensión e infinita paciencia, acompañándome en el largo trayecto de mi vida diaria.
- ❖ A mi madre, Elizabeth Romero Balvier, que me dio la vida y su compañía en todo momento, por darme esta carrera universitaria, por creer siempre en mí, por su absoluto apoyo en todos los momentos buenos y malos de mi vida.
- ❖ Así mismo, A mi abuela, Fermina Balvier Caboverde, mi segunda madre, que también estuvo siempre conmigo y dándome fuerzas para el futuro.
- ❖ A mis tres hermanos Yuniol Sierra Romero, Annia Sierra Romero y Yondel Sierra Romero que a pesar de siempre estar molestándonos unos con otros, siempre hemos sido cómplices en todo momento y siempre me brindaron su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Quiero agradecerle a todas las personas que de una forma u otra han sido parte de mi formación profesional en estos años de universidad:
- ❖ A mis padres, a mis abuelas Fermina y Xiomara, a mis hermanos, mis tías y mis primos.
- ❖ A una persona que es especial en mi vida Elier Gainza Tamayo por su inagotable paciencia, que ha estado a mi lado en momentos malos y buenos sin dejarme caer.
- ❖ A mis tutores Mayelin González Trujillo, Yamiles Johnson Briz y Marino Alberto Muñoz Aguilar, que siempre estuvieron ahí cuando los necesité y por la confianza que me dieron.
- ❖ A Lisandro Boleri Maren conjunto con su madre, padre hermanos y sobrinos que siempre estuvieron buscando y dándome las fuerzas que creía a veces no tener.
- ❖ A todos los profesores del departamento de Ingeniería Hidráulica que formaron parte de mi formación profesional.
- ❖ A mis amigos Yilian, Herodis, Sandra y Lisbeth, que me ofrecieron su amistad a pesar de todos mis defectos y siempre me ayudaron cuando los necesité.
- ❖ A mis compañeros de aula en estos años de complicidad y de lucha continua.
- ❖ A Orestes Venero, mi padrastro, que también me apoyó mucho y me dio muchas fuerzas

RESUMEN

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Valle de Caujeri, provincia Guantánamo. Tiene como objetivo diseñar una red de abastecimiento de agua a los poblados del Valle de Caujeri, a partir de las presas Los Asientos. Se utilizaron los métodos de inducción-deducción y análisis-síntesis, se utilizó el software Epanet para la simulación de la red. También se aplicó la norma cubana 973:2013 Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas, para el cálculo de las demandas diarias y horarias de cada poblado, obteniendo así una población total de 14 941 de Hab, con una demanda diaria total de 56,96 L/s y una demanda horaria de 93,95 L/s. Los poblados a los cuales se les garantiza el abasto de agua son: Guaibanó, El Manguito, El Mije, el Corojo, Cooperativa 17 de mayo, Reparto Flora. El sistema tiene como fuente de captación la presa Los Asientos, una estación de bombeo que impulsa el agua desde la presa hasta un tanque apoyado y la distribución se hace por una red ramifica.

ABSTRACT

ABSTRACT

The present work was carried out in the Caujeri Valley, Guantánamo province. Its objective is to design a water supply network to the towns of the Caujeri Valley, from the Los Asientos dams. Induction-deduction and analysis-synthesis methods were used; Epanet software was used to simulate the network. NC 973: 2013 Determination of the demand for drinking water in urban populations was also applied to calculate the daily and hourly demands of each town, thus obtaining a total population of 14 941 inhabitants, with a total daily demand of 56,96 L / s and an hourly demand of 93,95 L / s. The towns to which the water supply is guaranteed are: Guaibanó, El Manguito, El Mije, El Corojo, Cooperativa 17 de Mayo, Reparto Flora. The system's catchment source is the Los Asientos dam, a pumping station that drives the water from the dam to a supported tank and is distributed through a branch network.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 Importancia del abastecimiento de agua potable.....	4
1.2 Conceptos del abastecimiento de agua potable.....	5
1.3 Clasificación del abastecimiento de agua potable.....	6
1.4 Componentes del abastecimiento de agua potable.....	7
1.5 Clasificación de las redes de distribución.....	13
1.6 Requisitos que debe cumplir una red de distribución	15
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS.....	16
2.1 Metodología de investigación.....	16
2.2 Características de la zona.....	18
2.2.1 Ubicación.....	18
2.2.2 Geología.....	18
2.3 Trazado del sistema de abastecimiento de agua.....	22
2.3.1 Fuente de abasto. Presa los Asientos.....	23
2.3.2 Conductora 1.....	23
2.3.3 Estación de bombeo.....	23
2.3.4 Conductora 2.....	24
2.3.5 Tanque de distribución.....	24
2.3.6 Red de distribución.....	24
2.4 Levantamiento de los usuarios.....	26
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS....	27
3.1 Cálculo de la demanda.....	27
3.2 Diseño del sistema.....	28
3.2.1 Conductora 1.....	28
3.2.2 Estación de bombeo.....	28
3.2.3 Conductora 2.....	29
3.2.4 Tanque de distribución.....	29
3.2.5 Red de distribución.....	30
3.3 Modelación hidráulica de la red de distribución del agua.....	30

3.3.1 Simulación hidráulica de la conductora 1.....	30
3.3.2 Simulación hidráulica de la conductora 2.....	31
3.3.3 Simulación hidráulica de la red de distribución.....	31
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍAS	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, adquiriendo gran relevancia, ya que el agua es el elemento más importante para la vida y su disponibilidad disminuye cada vez más.

El agua potable es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente o usarse para lavar y/o preparar alimentos sin riesgo alguno para la salud. La misma se puede encontrar subterránea o superficial como la procedente de pozos, lagos, ríos, arroyos o embalses.

El agua, para ser llevada desde la fuente hasta los diferentes poblados, los cuales están compuestos por varias viviendas y centros de servicio a la población, se necesita de un sistema de tuberías que la lleve, en cantidad y calidad de forma segura y económica, a esto se le denomina Red de abasto de agua. (Jiménez 2008)

Cuba, está inmersa en la rehabilitación y construcción de los sistemas de abasto de agua potable, en el cual la provincia Guantánamo tiene varios proyectos en ejecución y en fase de diseño.

Uno de ellos es en el Valle de caujeri, un lugar del municipio de San Antonio del Sur de la provincia de Guantánamo. Este es un valle intramontañoso circular de origen tectónico, de 72 km², rodeado de montañas y con una extensa llanura en la parte interior, de tierras negras, muy fértiles y productivas, con una rica tradición en la historia de la localidad (INRH, Guantánamo,2017).

Esta parte del Sur del oriente cubano se caracteriza por ser una zona árida, a causa de las escasas precipitaciones que promedia durante el año y la cercanía al mar, de ahí que se le catalogue como semidesierto, aunque en el caso específico del Valle la situación es otra, se dice que tiene clima de sabana, por estar en la cuenca del río Sabanalamar, que con las escasas lluvias alimenta a sus afluentes, dando lugar así a condiciones ideales para la agricultura, ayudado por una ración de capricho de la naturaleza (INRH, Guantánamo,2017).

La zona es famosa por sus producciones de maíz, frutas, viandas, granos, tomate (que alcanza rendimientos de hasta 30 toneladas por hectárea) y otras plantaciones propias del trópico muy cotizadas por su calidad (INRH, Guantánamo, 2017).

Hoy el principal reto de este polo agropecuario redunda en luchar contra la escasez de agua que golpea a casi toda Cuba, debido a la sequía causada por las exiguas y erráticas precipitaciones, incluso fuera de las estaciones tradicionales. Para enfrentar esa situación, se ha pensado en diseñar un sistema de abastecimiento de agua garantizando el abasto de agua a los poblados del Valle (Guaibano, El Manguito, El Mije, el Corojo, Cooperativa 17 de Mayo, Reparto Flora y el poblado de San Antonio del Sur), a partir de la presa Los Asientos, la cual tiene un volumen a utilizar de 5 Hm³ de agua (Aprovechamiento Hidráulico Guantánamo, 2020).

Estos poblados presentan serias dificultades ya que la población está sujeta al sistema de abasto de agua de la agricultura por lo que cuando esta no necesita regar, la población se queda sin agua o la agricultura tiene que brindarle el servicio de agua, aunque no necesite regar los cultivos. Además, en tiempo de sequía si la presa Pozo Azul no tiene agua, la población no recibe agua por tubería y por lo tanto UEB de Acueductos y Alcantarillado de San Antonio del Sur le lleva el agua en pipas con el concerniente gasto de combustible que esto genera y el deterioro a la calidad de vida de los habitantes del Valle.

Es de aquí la necesidad de que esta población cuente con su propio sistema de abasto de agua potable, por lo que se plantea como **problema investigación**: Insuficiencias en el sistema de abasto de agua a los poblados de Valle Caujери.

Considerando como **objeto** de la investigación los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Objetivo general:

Diseñar una red de abastecimiento de agua a los poblados del Valle de Caujери, a partir de las presas Los Asientos

Campo de acción:

El diseño del sistema de abasto de agua potable de los poblados del Valle Caujери.

Objetivos específicos:

1. Sistematizar la información teórico-conceptual y metodológica de los sistemas de abasto de agua potable.
2. Caracterizar la zona de estudio y el trazado de la red de abasto de agua potable.
3. Diseñar los elementos que componen en sistema de abasto de agua potable.

Hipótesis:

Si se diseña un sistema de abasto de agua potable a la población del Valle de Caujeri, a partir de la presa Los Asientos, entonces estos poblados podrán abastecerse de agua y mejorar su calidad de vida.

Este trabajo se estructuró en: resumen, índice, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos.

El capítulo 1, muestra los aspectos teóricos conceptuales relacionados con el abastecimiento de agua, abordando la importancia, conceptos de varios autores, que es una red y los métodos de cálculos, y normas que se utilizan.

El capítulo 2, comprende el diseño de una metodología estructurada en tres etapas para la evaluación del sistema de abastecimiento de agua donde en la primera etapa se establece la caracterización de la zona, análisis para el trazado del sistema y el levantamiento de los usuarios. En la segunda etapa, se realiza el diseño del sistema, y el cálculo de las demandas y en la tercera etapa se comprueba si los resultados obtenidos son correctos.

El capítulo 3, se obtienen los resultados como el cálculo de las demandas, el diseño del sistema y la modelación hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se abordan los aspectos teóricos conceptuales relacionados con el abastecimiento de agua, abordando la importancia, conceptos, que es una red y los métodos de cálculos, y normas que se utilizan.

1.1. Importancia del abastecimiento de agua

Desde los tiempos más remotos el agua ha constituido un factor fundamental en el desarrollo y la estructuración política, social y económica de los pueblos, considerando que el agua es uno de los elementos fundamentales para la vida, gracias a ella el hombre puede desarrollarse y transformarse, ya que utiliza grandes cantidades de agua para sus actividades cotidianas, pero mucho más para producir alimentos

El abastecimiento de agua potable tiene gran importancia ya que el agua es uno de los elementos que no debe faltar para el buen funcionamiento de las actividades que a diario el ser humano realiza, sea agua potable o en su forma cruda proveniente de fuentes superficiales o subterráneas. Sus usos pueden ser diversos, ya sea en una industria, en el mercado, en el trabajo y en cada uno de los hogares, es por ello que la falta total o parcial de este líquido, dificulta en distintos grados la realización de los deberes, según el uso que este tenga.

Por lo que un correcto diseño de este conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por esta razón un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto uso. Fair (2018).

Las fuentes de agua, deben de protegerse, ya que pueden fácilmente ser contaminadas, fundamentalmente por el vertido de aguas residuales de la actividad doméstica, agrícola e industrial. Como resultado, el agua puede presentar contaminación de dos tipo:

- Química. En las que hay sustancias químicas tales como las derivadas de productos antiplagas o fertilizantes, entre otros.
- Biológica. Si presenta microorganismos como, bacterias o parásitos.

Debido a estos elementos Fernández, (1995), plantea que el abastecimiento se inicia en una obra de toma o captación, después se necesita un embalse para su

almacenamiento y regulación, este servicio de abastecimiento de agua potable debe realizar las operaciones necesarias para su correcta prestación y conservación de la calidad del agua, tales como: gestión y explotación de las infraestructuras, mantenimiento y conservación, control de la calidad del agua potable, optimización de las infraestructuras y recursos, así como el servicio de un sistema de control y tele gestión de la eficiencia.

En la actualidad las Empresas de Acueducto y Alcantarillado en Cuba suministran agua potable a través de los sistemas de acueducto a 2 mil 480 asentamientos poblacionales, beneficiando a 8 millones habitantes, con una infraestructura tecnológica conformada por 2 767 estaciones de bombeo, 23 318.32 kilómetros de tuberías y 2 268 instalaciones de tratamiento de agua potable, de las cuales 73 son plantas potabilizadoras (INRH, Guantánamo, 2017).

El desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua potable requiere mantener continuamente niveles de eficiencia altos para que su operación, mantenimiento y administración sean rentables y sostenibles. Actualmente, se ha desarrollado la ingeniería de sectorización de redes de distribución de agua potable y la conformación de distritos hidrométricos con el fin de incrementar la eficiencia hidráulica del sistema y facilitar la reducción y control de fugas de agua. Son varios los países que han implementado esta técnica en sus redes, demostrando sus beneficios inmediatos (Fair., 2018)

1.2. Conceptos de sistema de abastecimiento de agua potable

Según (Suce, 2015), un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

Según (Emor, 2008) el sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas por una población y determinada con el fin de satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios.

Según Jaramillo, (2010), un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.

Atendiendo a los conceptos anteriores, se ha llegado a la conclusión que un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de elementos encargados del transporte del agua, desde los puntos de producción o almacenamiento, hasta los puntos de consumo entre los que se encuentra: Obra de captación, conductora, planta de tratamiento, depósito y red de distribución, teniendo estos como objetivo fundamental, distribuir de forma segura en calidad y cantidad suficiente las aguas desde las fuentes hasta los diferentes usuarios (ver figura 1.1).



Figura 1.1. Esquema de un sistema de abastecimiento de agua. Fuente: Fair, (2018)

1.3. Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua

Los sistemas de abastecimiento de agua potable según Jiménez, (2008) se pueden clasificar por la fuente del agua de la que se obtienen en:

- Agua de lluvia almacenada en aljibes.
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie.

- Agua subterránea, captada a través de pozos o galerías filtrantes.
- Agua superficial, proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales.
- Agua de mar.

También se clasifican según Jiménez (2008) dependiendo del tipo de usuario, en urbano o rural.

- Los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser sencillos y no cuentan en su mayoría con redes de distribución eficientes.
- Los sistemas de abastecimiento urbano son sistemas complejos que cuentan con una serie de componentes como los que citamos en el epígrafe siguiente.

1.4. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua

Según Suce, (2015) y García (2015), los componentes de un sistema de abastecimiento de agua son:

Fuente de Abasto: La fuente de agua más importante es la lluvia, ya que se recarga directamente en los embalses o en las cuencas de captación, dando vida a una red de ríos de una zona. El agua de la capa freática es agua de lluvia que se ha filtrado a través de capas de roca y se ha acumulado a lo largo de los años, esta se encuentra bajo presión y brota a la superficie en forma de manantial.

A modo de resumen se puede decir que la fuente de Abasto consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. Pueden ser de: aguas superficiales (tomas de presas, canal de derivación en ríos, toma en dique sobre ríos, etc.); de aguas subterráneas (pozos) y de aguas de lluvia (captación desde cubiertas).

Equipo de Bombeo: Es una maquina en la cual el fluido que las atraviesa absorbe la energía mecánica comunicada por el motor de arrastre (ver figura 1.2).

Se conocen tres tipos fundamentales:

- Bombas Horizontales.
- Bombas verticales de Pozo Profundo.
- Bombas verticales Sumergible.

A estos tres tipos de bomba se le miden los mismos parámetros.

Parámetros de las Bombas:

Gasto: Es la cantidad de agua que ellas pueden extraer.

Carga: Energía que se le comunica al fluido cuando este pasa por la bomba.

Potencia que Entrega: Es la potencia que le comunica la bomba al fluido. (Se calcula).

Potencia que Consume: Es la potencia que demanda la bomba del motor acoplado.

Eficiencia: Es el cociente entre la potencia que entrega la bomba y la que consume dada en % (se calcula).



Figura 1.2. Ejemplo de un sistema de bombeo. Fuente: Fair, (2018)

Conductora: Son las principales arterias de los sistemas de abastecimiento de agua (tubería de aducción y transporte), estas son la de diámetros mayores de 500 mm.

Pueden ser de diferentes materiales Hierro Fundido, Asbesto Cemento, Aceros y en la actualidad el Polietileno con gran aplicación en los sistemas de Acueductos por las ventajas que este ofrece.

Estas, son un conjunto de obras y medios destinados al transporte del agua desde su captación en las fuentes de abasto o almacenamiento hasta el sistema de distribución. Por ser un componente básico dentro del sistema de abasto de agua, su estudio, proyección, construcción y operación, se requiere de una atención técnica especial (ver figura 1.3).



Figura 1.3. Ejemplo de una conductora. Fuente: Fair, (2018)

Depósito: Tiene como finalidad el almacenamiento y entrega de agua en el momento de mayor demanda

Constituyen un elemento importante del sistema ya que permiten optimizar el caudal de los elementos del sistema que tenga aguas arriba, al independizarlos de la variabilidad del consumo en la red y además permiten asegurar el suministro en el caso de roturas en la conducción o un fallo eléctrico.

Clasificación:

Según su posición (ver figura 1.4) pueden ser:

- Elevado.
- Apoyado.
- Enterrado.
- Semienterrado.

Según su finalidad pueden ser:

- Depósito de distribución de cabecera.
- Depósito de compensación y de cola.

Parámetros que se miden o deben conocerse.

Volumen de almacenamiento: Es el volumen o capacidad de almacenamiento del depósito, las unidades de medida más utilizada es el m^3 .

Nivel del depósito: Es el nivel del agua en el depósito y este representa un volumen.

Cota de Solera: Es la cota de fondo del depósito.

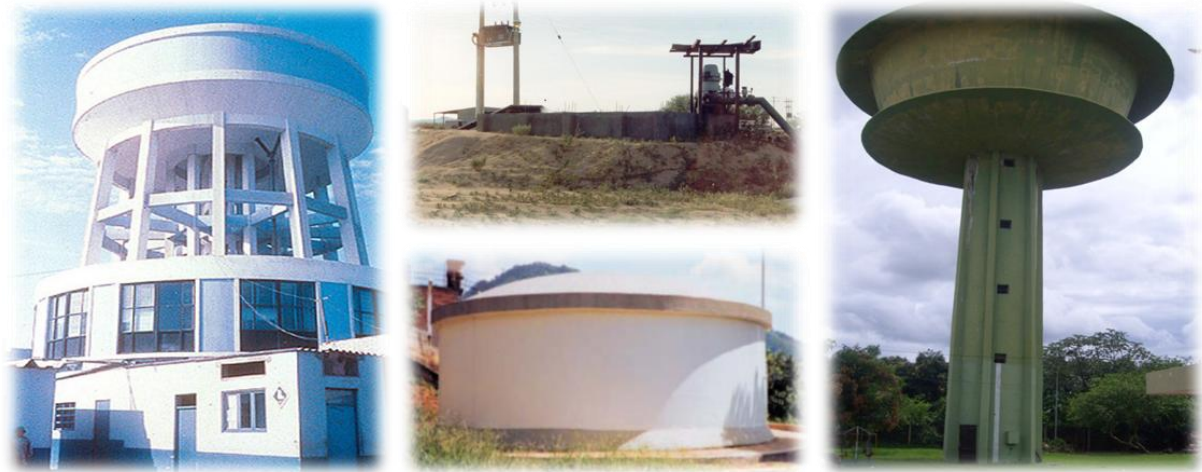


Figura 1.4. Tanques de almacenamiento (elevado, enterrado y apoyado). Fuente: Fair (2018).

Planta de tratamiento: Un sistema de abastecimiento de agua debe de proveer a la población una buena calidad de agua bajo el punto de vista físico, químico, biológico y bacteriológico. En función de las características cualitativas del agua que proveniente de los manantiales, se procede a la depuración del agua en instalaciones denominadas “Estaciones de depuración”. Los análisis químicos, físicos y bacteriológicos del agua de las fuentes abastecedoras son los que determinan o no la necesidad de someter esa agua a procesos correctivos a fin de garantizar una buena calidad de la misma. Los procesos son determinados en función de los patrones de potabilidad internacionalmente aceptados para el agua de abastecimiento público. Con base a inspecciones sanitarias junto con resultados representativos de exámenes y análisis que cubren un período razonable de tiempo.

Las aguas de los manantiales varían sensiblemente en el transcurso del año, sobre todo las aguas provenientes de manantiales superficiales. Dichos procesos tienen como objetivo diferentes finalidades entre los cuales se describen a continuación:

- Finalidades higiénicas: remoción de bacterias; eliminación o reducción de sustancias tóxicas o nocivas; reducción del exceso de impurezas; reducción de porcentajes elevados de compuestos orgánicos, alga, protozoarios y otros microorganismos.

- Finalidades estéticas: corrección del color, turbiedad, olor y sabor.
- Finalidades físico químicas: reducción de la corrosividad, dureza, turbiedad, hierro, manganeso, olor y sabor.

Los principales procesos utilizados en las plantas de tratamiento son la aireación, floculación, decantación, filtración y desinfección, siendo este último el tratamiento por contacto. A continuación, se describen cada uno de los procesos que se aplican en la potabilización del agua para consumo humano.

- Aireación: La aireación de las aguas es realizada para remover los gases disueltos en exceso en las aguas (CO_2 , H_2S), remoción de sustancias volátiles y la introducción de oxígeno (inclusive para la oxidación de hierro).
- Coagulación o floculación: La coagulación o floculación es un proceso que aglomera las impurezas que se encuentran en forma de suspensión y en estado coloidal, en partículas sólidas que puedan ser removidas por decantación o filtración. Las partículas se agrupan constituyendo formaciones gelatinosas inconsistentes, denominados flóculos. Los flóculos iniciales son formados rápidamente y a ellos se adhieren las impurezas. Los reactivos normalmente empleados son los coagulantes y los Álcalis.
- Decantación: La decantación o sedimentación es un proceso dinámico de separación de partículas sólidas suspendidas en el agua, donde las partículas más pesadas caen al fondo. Disminuyendo la velocidad de flujo de las aguas y reduciendo los efectos de turbulencia se provoca el asentamiento de las partículas. Esto es posible en tanques donde se trata de evitar al máximo la turbulencia, denominándose recipientes de sedimentación.
- Filtración: En un sistema de tratamiento de agua la filtración consiste en pasar el agua en capas porosas capaces de retener impurezas. El material poroso comúnmente empleado como medio filtrante es la arena, en la que se puede utilizar materiales como carbón (antracita) y el granate.
- Desinfección: La desinfección del agua es una medida con carácter correctivo o preventivo para garantizar la calidad del agua desde el punto de vista de la salud pública. Los productos normalmente utilizados para la desinfección de agua del abastecimiento público son:

- a) Cloro (cloro gas o cloro líquido).
- b) Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{Cl O})$.
- c) Hipoclorito de sodio $\text{Na}(\text{Cl O})$.
- d) Cal clorada (Ca O Cl).

Las aguas que llegan a una planta de tratamiento contienen agentes reductores (compuestos orgánicos e inorgánicos como nitritos, iones de hierro, plomo y sulfuros), así como microorganismos y bacterias.

Entonces como definición de planta de tratamiento (ver figura 1.5) se puede decir que es un conjunto de procesos y operaciones unitarias de tipo químico, físico o biológico mediante el cual las sustancias objetables que contiene el agua son removidas o transformadas en sustancias inocuas.



Figura 1.5. Ejemplo de una planta de tratamiento. Fuente: Fair, (2018).

Red de distribución: Son un conjunto de elementos (tuberías, válvulas, accesorios, etc), encargados de transportar y distribuir el agua desde los puntos de producción o almacenamiento hasta los puntos de consumo: viviendas, comercios, industrias, etc.

Los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable descritos, pueden ser conjugados de diferentes formas, atendiendo a las características propias de la fuente a explotar y de las necesidades de la localidad a la que se abastecerá. La red está

constituida básicamente por tuberías y elementos especiales que deben ser dimensionados adecuadamente para suministrar los caudales demandados.

Los sistemas de distribución son muy variados ya que las condiciones locales tienen una gran influencia en la solución que se adopte teniendo en cuenta la distribución en el terreno de los usuarios, la topografía y las condiciones socio económicas de la ciudad o poblado, entre otra. El resto de los componentes del sistema de distribución (depósitos, estaciones de bombeo, forma de regulación, etc.) condicionaran su diseño y cálculo, por lo que en general no se puede tratar la red como un elemento aislado.

1.5. Clasificación de las redes de distribución

Las redes de distribución de agua pueden ser clasificadas, según Jiménez (2008) atendiendo a un gran número de criterios. Entre ellos se pueden destacar:

1-Según el uso a que vaya destinada el agua:

- *Redes generales de suministro de agua en zonas urbanas:* en estos casos es la misma red la encargada del suministro doméstico; industrial, riego, limpieza de calles, extinción de incendios, etc.
- *Redes de abastecimiento para zonas residenciales:* una red de uso exclusivo para el agua potable y otra para el resto de usos (limpieza de calles, riego, incendios, etc.) con agua de menor calidad.
- Redes de servicio en polígonos industriales.
- Redes exclusivas de riego: cultivos y/o jardines
- Redes para uso exclusivo en la extinción de incendios.

2-Según la topología del sistema:

- Sistema abierto o ramificado
- Sistema cerrado o en malla
- Sistema mixto

Un sistema abierto o ramificado, es aquel que, para una situación definida de consumos en los nudos, pueden calcularse los caudales circulantes por las tuberías sin más que aplicar la ecuación de continuidad; es decir, el caudal circulante por una determinada tubería será igual a la suma de los consumos en los nudos situados aguas abajo de la misma Fair (2018). El mismo presenta las siguientes ventajas:

- Es más simple su diseño y su regulación posterior, por estar definidos los caudales circulantes por las conducciones.
- Su costo de implantación es menor.

Y los siguientes inconvenientes:

- Los consumos situados aguas abajo de una conducción en la que se ha producido un "corte" no pueden ser satisfechos.
- Las posibles ampliaciones o incrementos de consumo pueden dar lugar a presiones insuficientes si esto no se ha tenido en cuenta en el diseño del sistema.
- Los extremos de las ramificaciones presentan el inconveniente de que el agua queda estancada, lo que puede originar problemas sanitarios si el tiempo de permanencia del agua en la red se prolonga excesivamente y no se realizan purgas periódicas.

En las redes malladas, los caudales circulantes por las conducciones, no quedan definidos aplicando la ecuación de continuidad, sino que además es necesario aplicar las ecuaciones de equilibrio de malla, con las siguientes ventajas:

- Seguridad en el suministro en caso de roturas o cortes del servicio.
- Se reducen los problemas sanitarios pues no se producen estancamientos de larga duración al circular el agua, en mayor o menor medida, por todas las tuberías.
- Menores pérdidas de carga en el sistema, lo que se traduce en alturas piezométricas y consecuentemente, presiones más equilibradas.

Y los siguientes inconvenientes:

- Un mayor costo de implantación.
- El dimensionado de este tipo de sistemas resulta más complejo si bien, con los programas de simulación existentes, este inconveniente queda notablemente reducido.
- La regulación resulta más complicada. El control de los caudales que se envían desde las fuentes hacia los diferentes sectores implica disponer de un complejo sistema de valvulería que controle el trasvase de agua entre las diferentes zonas.

La red mixta, es una combinación de ramificada con mallada, se podrán calcular de forma inmediata los caudales circulantes en las redes mixtas, en las arterias ramificadas, pero no en las mallas.

1.6. Requisitos que debe cumplir una red de distribución

En un sistema de distribución de agua potable uno de los problemas más graves es el relacionado con las fugas, debido a los asentamientos o hundimientos del terreno natural por causa de la sobreexplotación de los acuíferos y a tuberías con un tiempo de servicio de más de 30 años. La falta de mantenimiento acelera el deterioro de la infraestructura, ocasionando el incremento de fugas, por esto se deben cumplir varios requisitos (Fair, 2018).

- Garantizar el caudal demandado en todo momento con la presión y calidad requerida.
- Garantizar la operación continua.
- Cumplir las condiciones económicas en cuanto a diámetros teniendo en cuenta la energía disponible, las velocidades permisibles, pérdidas de energía en la conducción.
- Trazado adecuado teniendo en cuenta lo establecido por las normas vigentes.
- Ser lo más homogénea posible en la variedad de diámetros.
- Garantizar la estanqueidad de las uniones para evitar los salideros.

Cuba cuenta con suficientes recursos hídricos superficiales y subterráneos para dar respuesta a las necesidades de suministro de agua. También con sistemas de abasto y desinfección de tecnología de punta en casi todo el país y en donde no hay se están realizando inversiones por parte del gobierno para su instalación.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS

En este capítulo se muestran los elementos relacionados con la metodología de trabajo la cual servirá de guía en la elaboración y comprensión de los resultados.

2.1. Metodología de Trabajo

Esta metodología se compone de tres etapas de trabajo. La primera etapa consiste en recopilación de información y datos para la caracterización de la zona, donde se tiene en cuenta su ubicación, la topografía y la geología, otro aspecto importante es el análisis para el trazado del sistema, el levantamiento de los usuarios.

En una segunda etapa, se realiza el diseño del sistema, y el cálculo de las demandas, para posteriormente realizar la modelación hidráulica a través de software EPANET.

En la obtención de la demanda se contó con los datos de la población actual de cada poblado brindados por la ONEI, (2017) y la dotación y los coeficientes de irregularidad brindados por la Norma Cubana para la Determinación de la Demanda de Agua Potable en Poblaciones Urbanas NC 973: 2013

Tabla 2.1. Dotación y coeficientes de irregularidad. Fuente: NC 973: 2013.

Tamaño de la población en miles de personas	Dotación y coeficientes de irregularidad			
	Dotación (lppd)	Diario (K1)	Horario (K2)	Max. Horario (Kh)
Menos de 2.0	155	1.65	1.90	3.19
2.0-10.0	210	1.60	1.80	2.88
10.0-25.0	240	1.55	1.69	2.63
25.0-50.0	265	1.50	1.63	2.45
50.0-100,0	290	1.45	1.58	2.30
100.0-250.0	320	1.35	1.58	2,13
250.0-500.0	345	1.30	1.57	2.04
Mas -500.0	360	1.25	1.56	1.95

Para ello se emplearon las siguientes expresiones:

$$Q_{mh} = (Pob \times K1 \times K2 \times Dot)/86400$$

$$Q_{md} = (Pob \times K1 \times Dot) / 86400$$

Donde:

Q_{mh} -consumo o gasto máximo horario (L/s)

Q_{md} -consumo o gasto máximo diario (L/s)

Pob -población (habitantes)

Dot -dotación (L/habitantes x día)

$K1$ - coeficiente de gasto diario

$K2$ -coeficiente de gasto horario

En la modelación hidráulica se empleó el software Epanet 2.0 para el cálculo de los parámetros hidráulicos. Este software profesional es un programa de ordenador que permite realizar simulaciones en períodos prolongados de tiempo, del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de tuberías de suministro del agua a presión. También efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos, los niveles en los depósitos. Dispone un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes ventajas:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams; Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en accesorios y singularidades.
- Puede calcular el consumo energético y sus costos.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como de corte; de retención, reguladoras de presión o de caudal, etc.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nodos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (por ejemplo, aspersores, hidrantes de redes contra incendios).

En una tercera etapa se comprueba si los resultados obtenidos son correctos y finalizará el trabajo con las conclusiones y recomendaciones. El esquema de la metodología se puede observar en la figura 2.2.

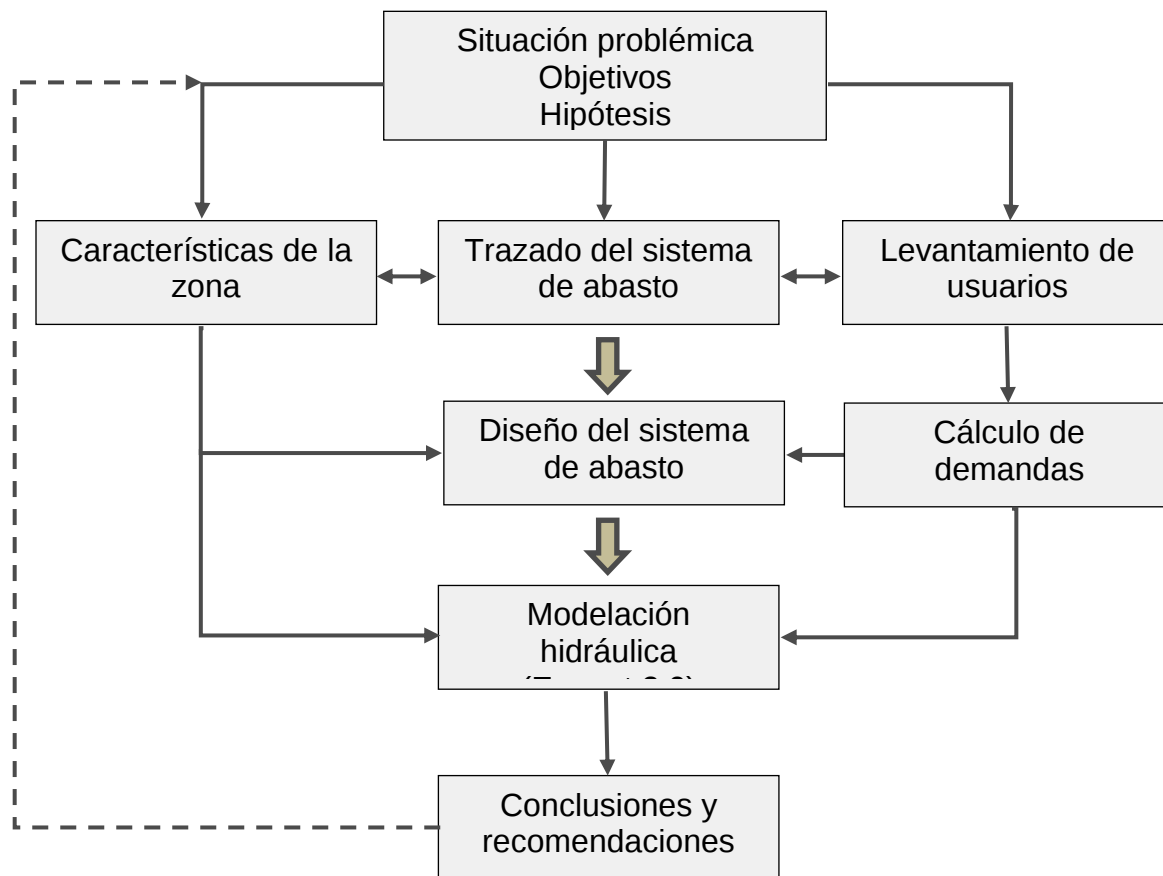


Figura 2.2. Esquema de la metodología de trabajo. Fuente: Elaboración propia, (2021).

2.2. Caracterización de la zona

2.2.1. Ubicación

El área de objeto de estudio se ubica en el municipio San Antonio del Sur, específicamente en el Valle de Caujeri; cartográficamente se ubica en la hoja Baitiquirí: 5276 – III, a escala 1: 50 000.

2.2.2. Geología

Según UEB de Proyectos e Investigaciones Hidráulicos de Guantánamo, (2020), en la zona donde se realizarán los trabajos se localizan las siguientes formaciones geológicas:

- Sedimentos aluviales (aQIV río).
- Formación Cauto (Ca).
- Formación San Luis (Sl).
- Formación Centeno (Cen).
- Formación Maquey (Mq).
- Formación San Ignacio (Si)
- Formación Farola (Far)
- Formación Sagua (Sag)
- Miembro Cilindro (Ci)

Sedimentos Aluviales (aQIV río): Desarrollada fundamentalmente en las terrazas de los ríos y en las laderas de los restos montañosos existentes en la zona de los trabajos, la misma está formada por arcilla de color pardo a pardo rojizo en ocasiones claro y oscuro, con fragmentos de roca redondeados y subredondeados de diferentes diámetros producto de la meteorización de las rocas base.

Formación Cauto (Q₁ Ca): Esta formación está constituida por arenas arcillosas y arenas cascajos, con intercalaciones de limos, gravas y conglomerados. Las capas son de color gris, gris parduzco y amarillo grisáceo, las arenas son de granos finos hasta granos gruesos.

Formación San Luis (Pg₂³ Sl): Está representada por una gran variedad de roca clástica, terrígena carbonatadas de granulometría variada desde las arcillas hasta los conglomerados, además contiene calizas laminares, margas, areniscas, lutitas y conglomerados. Esta formación se caracteriza por el predominio de areniscas de granos finos y aleurolitas carbonatadas.

También se describen las propiedades de la capa del suelo para esta formación, donde se identifican:

Margas

Peso Específico	2.73 g/cm ³
Peso Volumétrico húmedo	2.09 g/cm ³
Peso volumétrico seco.	1.74 g/cm ³
Porosidad	33 %.
Resistencia a Compresión Seca	72 kg/cm ² .
Resistencia a Compresión Saturada.	7.5 kg/cm ² .
Ángulo de fricción interna	15°
Cohesión	0.7

Areniscas

Peso Específico	2.73 g/cm ³
Peso Volumétrico húmedo	2.39 g/cm ³
Porosidad	11.7 %.
Resistencia a Compresión Seca	236 kg/cm ² .
Resistencia a Compresión Saturada.	126 kg/cm ² .

Lutitas

Peso Específico	2.74-2.77 g/cm ³
Peso Volumétrico húmedo	2.79-2.40 g/cm ³
Porosidad	16 %.
Resistencia a Compresión Seca	8.5-200 kg/cm ² .

Calizas

Peso Específico	2.74 g/cm ³
Peso Volumétrico húmedo	2.20 g/cm ³
Peso volumétrico seco.	1.95 g/cm ³
Resistencia a Compresión Seca	58.8 kg/cm ² .
Resistencia a Compresión Saturada.	29.3 kg/cm ² .

Formación Maquey (Pg₃¹⁻² Mq): Está constituida por potentes alternancias de areniscas, margas y aleurolitas polimícticas de cemento calcáreo, a veces arcillosas, friables, de granos finos, de colores gris y castaño, también tiene intercalaciones de calizas arenáceas de granulometría mediana de color amarillento o castaño, arcillas calcáreas.

Propiedades de capa del suelo

Margas

Peso específico 2.73 g/cm³

Peso volumétrico seco 1.97 g/cm³

Porosidad 28 %

Resistencia seca 110 Kg/cm²

Resistencia saturada 75 Kg /cm²

Calizas

Peso volumétrico 2,30 g/cm³

Peso volumétrico seco 1,97 g/cm³

Resistencia seca 109 - 160 Kg/cm²

Resistencia saturada 81 - 134 Kg/cm²

Formación Centeno (Pg₂³Cen): La formación Centeno está constituida de gravas arenáceas, arenas y aleurolitas gravosas (material poco transportados de las formaciones San Luis, Cilindro y Maquey). También contiene capas gruesas que están formadas por fragmentos angulosos y subangulosos de calizas que provienen de la Formación Yateras.

Formación San Ignacio (P₂² Si): Brechas polimícticas con fragmentos de esquistos verdes, filitas y serpentinitas.

Formación Farola (K-K₂ Far): Conglomerados y conglobrechas polimícticas

Propiedades de esta capa son las siguientes:

Peso Volumétrico	2.69 g/cm ³
Peso Especifico	2.80 g/cm ³
Porosidad.	3.93 %

Formación Sagua (P₂²-P₂³ Sag): Marga con intercalaciones de calizas arcillosas, areniscas polimícticas, conglomerados polimícticos, limolitas y tobas

Miembro Cilindro ($P_3-N_1^1$ Ci): Conglomerados polimícticos con lentes de areniscas que contienen lignito.

Propiedades de esta capa

Peso Volumétrico	2.41 g/cm ³
Peso Específico	2.68 g/cm ³
Porosidad.	16 %
Resistencia a Compresión Seca	10 kg/cm ² .

2.3. Trazado del sistema de abastecimiento

Se describe la composición del sistema de abastecimiento de agua en el Valle de Caujari para abastecer a sus poblados, así como al poblado de San Antonio del Sur (ver figura 2.3); éste procede de la presa Los Asientos, presa que tiene 5 hm³ de agua, los cuales no pueden ser aprovechados por la mini hidroeléctrica para generar electricidad (Aprovechamiento hidráulico Guantánamo, 2020).

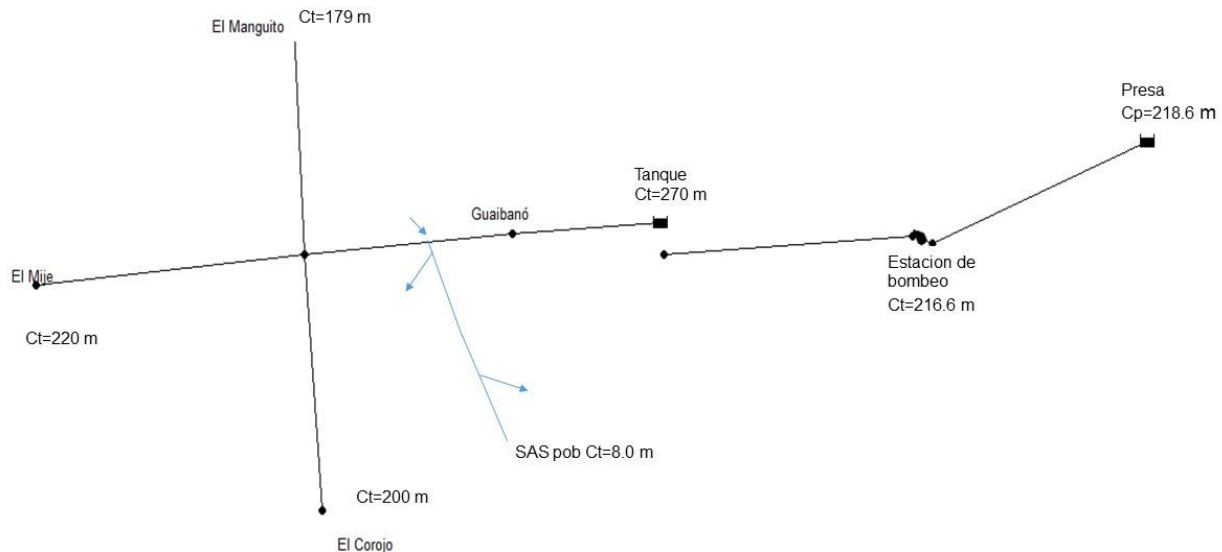


Figura 2.3. Esquema del sistema de abasto. Fuente: (Elaboración propia)

2.3.1. Fuente de abasto. Presa Los Asientos

La presa Los Asientos se localiza en el municipio San Antonio del Sur, se encuentra enclavada en la Cuenca de Interés Provincial Sabanalamar. Su construcción finalizó en el año 1991.



Figura 2.4. Presa Los Asientos. Fuente: DPRH Gtmo (2021).

2.3.2. Conductora 1

Esta conductora es por gravedad irá soterrada, desde la presa Los Asientos hasta la estación de bombeo, la misma va por el camino, y tiene un cruce con un aliviadero.

2.3.3. Estación de bombeo

Se diseña una estación de bombeo que toma el agua de un estanque regulador, en el cual deposita el agua la tubería 1 proveniente de la presa Los Asientos y la bombea hasta el tanque de distribución.

2.3.4. Conductora 2

Esta conductora es por bombeo, irá soterrada en toda su longitud, saldrá de la estación de bombeo hasta llegar al tanque elevado, la misma va por el camino, y tiene un cruce con un arroyo (donde está la obra de fábrica).

2.3.5. Tanque de distribución

El tanque es apoyado y será de 1800 m³ de capacidad, a partir del cual se conectarán las tuberías principales, se encuentra ubicado en la cota 270 m.

2.3.6. Red de distribución

La red de distribución es ramificada y cuenta con tuberías principales (TP) y tuberías secundarias (TS), que distribuye el agua hasta la entrada de los poblados. Las tuberías principales en cada poblado llegaran hasta conectarse con lo existente y las tuberías secundarias.

Las tuberías irán soterradas en una zanja de ± 1.0 m de profundidad y el ancho estará en dependencia del diámetro de cada tubería, asentada en un colchón de arena de 0.10 m de espesor, el recubrimiento manual será de 0.30 m sobre la corona y el resto mecanizado.

Además, las mismas están diseñadas a partir del tanque de distribución y comprobadas para recibir al agua directo de la estación de bombeo, en caso que sea necesario.

En la tabla 3.2 se muestra tipo, la cantidad y diámetro de las válvulas a colocar en el sistema de redes.

Tabla 3.2. Datos de las válvulas. Fuente: Elaboración propia, (2021).

Diámetro (Ø mm) de la tubería donde se colocará la válvula	Cierre	Ventosas		Desagüe	
	Cantidad	(Ø mm)	Cantidad	(Ø mm)	Cantidad
400	4	50	4	150	2
315	3	50	2		
315		25	1		
160	2	50	6	50	2

160		25	3		
110	2	25	1	50	1
90	13	25	15	50	3
75	6			50	1
63	1	16	1		
50	20	16	4	25	1
25	9				

Los registros pitométricos se colocarán (4) en la entrada de los poblados El Mije, El Manguito, El Corojo y Guaibanó (Ver anexos 1 y 2).

El cruce de las tuberías en vaguadas y arroyos se hará excavando en el cauce y colocando la tubería en el mismo.

Las válvulas tanto las ventosas, desagües, cierre se colocarán en registros tipo bonete, para lo cual se utilizarán tuberías de 1 m de diámetro.

Los registros de desagüe permitirán evacuar la conductora 1 hacia el río y el de la conductora 2 hacia el arroyo debajo de la obra de fábrica.

Todos los registros se ubicarán en el camino y las tuberías se entierran entre 0.615 m hasta 1.40 m profundidad con respecto al nivel de terreno, por lo cual, los mismos se han diseñado de sección cuadrada con muros de bloques de 150 mm de espesor, cerramientos en la parte superior de los muros, una losa para la tapa de hormigón armado y una losa de fondo de hormigón masivo.

En caso del registro para válvula de desagüe, la tubería que sale del mismo se deberá encauzar hacia una vaguada o terreno con pendiente, de manera que el agua sea conducida fuera del área. De acuerdo al diámetro de la tubería es la sección transversal del registro, de manera que el operador pueda maniobrar la válvula con facilidad. En caso de existir agua en el terreno a la profundidad de los registros, éstos se impermeabilizarán por dentro (muros y losa de fondo) con estuque y pintura impermeabilizante a dos manos.

2.4. Levantamiento de usuarios

Los poblados a los que se le abastecerá el agua cuentan con la siguiente información poblacional según datos de (ONEI, 2017).

Tabla 2.2. Información de la cantidad de habitantes por poblados. Fuente: (ONEI, 2017).

Poblados	Población actual	Población futura
Guaibano	3 575	4 585
El Manguito	845	1 083
El Mije	1 103	1 415
El Corojo	693	889
Cooperativa 17 de Mayo	654	850
Reparto Flora	1 110	1300

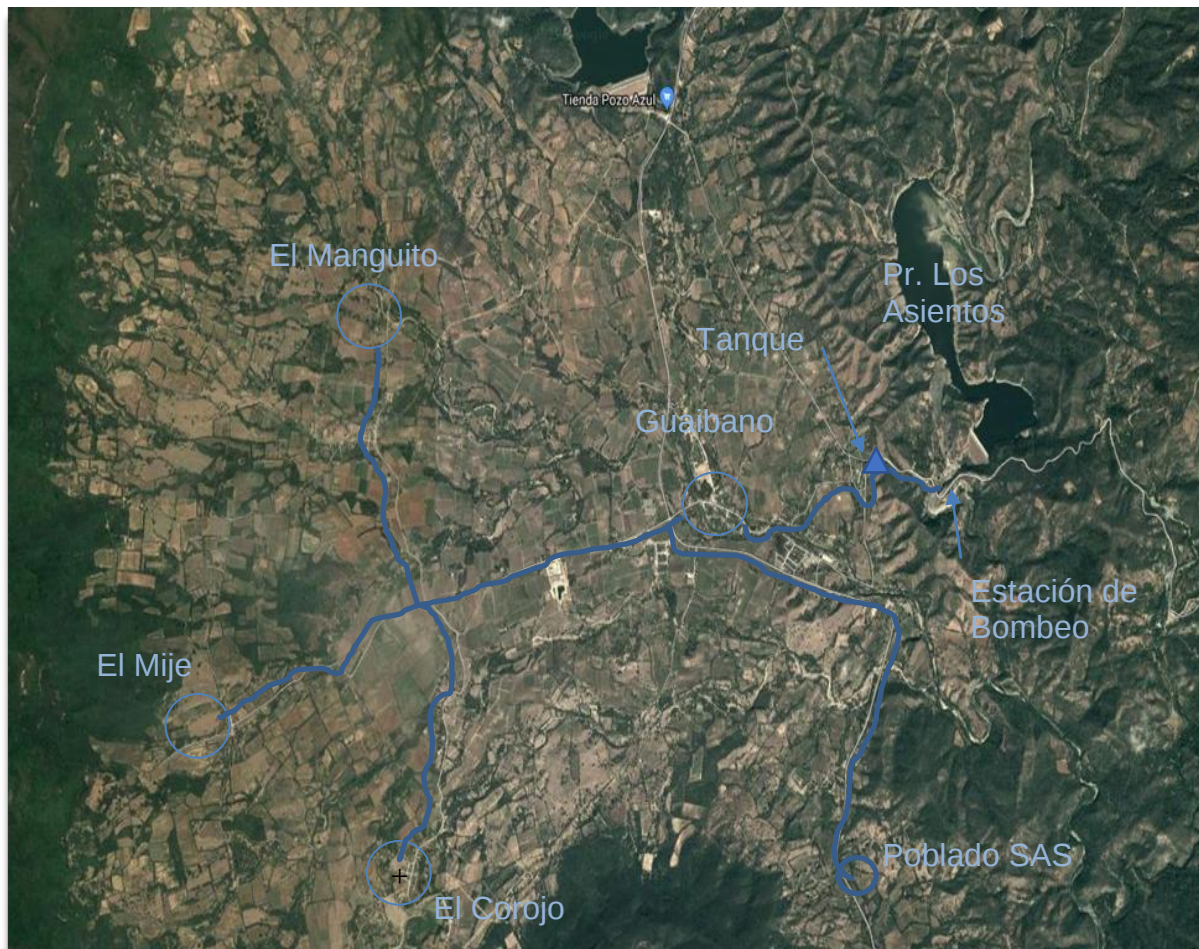


Figura2.5 Ubicación de los poblados del Valle de Caujari. Fuente: Elaboración propia, (2021).

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se hace el cálculo de las demandas, el diseño del sistema y la modelación hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable.

3.1. Cálculo de la demanda

El cálculo de las demandas máxima horaria y máxima diaria se obtuvo como resultado por poblados los siguientes valores (ver tabla 3.1).

Tabla 3.1. Valores de demandas máxima horaria y máxima diaria por poblados. Fuente: Elaboración propia, (2021).

Poblados	Población actual	Población futura	K₁	K₂	Dot (L/hab.Día)	Q_{MH} (L/s)	Q_{MD} (L/s)
Guaibanó	3 575	4 585	1.6	1.8	210	32.1	17.83
El Manguito	845	1 083	1.65	1.9	155	6.1	3.2
El Mije	1 103	1 415	1.65	1.9	155	7.96	4.19
El Corojo	693	889	1.65	1.9	155	5.0	2.63
Cooperativa 17 de Mayo	654	850	1.65	1.9	155	4.78	2.52
Reparto Flora	1 110	1300	1.65	1.9	155	7.31	3.85
San Antonio del Sur	3758	4819	1,6	1,8	210	33,7	18,74

Con la cantidad de usuarios se trabajó el cálculo de la demanda poblacional urbana, con una dotación de 210 L/hab*d para el poblado de Guaibanó y una dotación de 155 L/hab*d para el resto de los poblados, los cuales arrojaron una demanda diaria total de 34.22 L/s y una demanda horaria total de 63,25L/s. Es necesario aclarar, que a esta demanda se le debe incluir, para el análisis hidráulico del sistema de distribución la demanda del municipio de San Antonio del Sur ya que se abastecerá en un futuro de este mismo sistema y su red se diseñará en otro estudio, este tiene una demanda diaria

de 18,74 L/S y una demanda horaria de 33,7 L/S, lo que suman una demanda a extraer del sistema de 56,96L/S para la diaria y 96,95 L/S para la horaria.

3.2. Diseño del sistema

El agua se tomará de la presa Los Asientos, la cual tiene un volumen a utilizar de 5 Hm³ de agua (Este dato fue brindado por la empresa de Aprovechamiento hidráulico Guantánamo, 2020).

En la tubería AoSo que sale de la presa y va hacia la minihidroeléctrica se perforará y se colocará la conductora de PEAD PN 4 Atm, por gravedad desde la presa Los Asientos hasta la estación de bombeo, aquí se propone hacer una estación de bombeo, con 3 equipos de bombeo (de ellos uno de reserva) y desde este punto bombear a través de la conductora de PEAD PN 12.5 Atm, se propone que el bombeo se realice directo a la red, mientras se construya el tanque de distribución de agua, ubicado en la cota 270 m. Y desde el tanque de distribución de agua potable partirán las tuberías principales, que conformarán unidas a las secundarias, terciarias y acometidas las redes.

3.2.1 Conductora 1

Es una tubería principal de PEAD, con diámetro igual a 315 mm, tiene una longitud de 385 m y una velocidad de 0,91m/s

3.2.2 Estación de bombeo

La estación de bombeo estará compuesta por tres (3) bombas en paralelo, dos (2) trabajando y una (1) de reserva y serán iguales con $Q = 50 \text{ L/s}$, $H = 100 \text{ m}$, y tendrá un punto de operación de 114, 74L/S con $P=53,35\text{m}$.

La bomba será la Omega 080-270 A GB P F de la marca Ks.

La estructura de la estación de bombeo está compuesta por un sistema reticulado de vigas y columnas, las columnas son de perfiles metálicos, con vigas de hormigón y cubierta ligera. La estructura es existente por lo que se desconoce cómo está conformada la cimentación, así como su profundidad de desplante y tipo de cimentación.

Las bases para las bombas tendrán dimensiones en planta de 1040x1600 mm y 500 mm de espesor estas dimensiones son las reales pues estas bases fueron diseñadas tomando en cuenta los datos brindados por el fabricante. Los bloques de apoyo para los diferentes accesorios de la instalación hidráulica serán de hormigón simple de 25 MPa y serán dimensionados en base a los diferentes elementos del montaje de las bombas.

La estructura está conformada por paredes de 150 mm de espesor, con una altura total de 4,47 m con sus vigas de cierre a 3.10 m de altura dicha viga de cierre tiene dimensiones de 250x200 mm de, las columnas son metálicas de perfiles laminados en caliente tipo I-200. La cubierta está en buen estado la misma es a un agua conformada con tejas de fibrocemento, la estructura de cubierta es existente pero la cubierta como tal está incompleta por lo que en el proyecto se tuvo en cuenta el cambio de cubierta de fibrocemento a tejas de zinc galvanizado. En las columnas se colocarán unas ménsulas para la instalación la grúa que se utilizará en la estación estas ménsulas se hará con planchas de acero de 15 mm de espesor. Dentro de la estación se erigirá una pared para dividir la estructura como se especifica en los planos.

3.2.3 Conductora 2

Tiene un diámetro de 250 mm, una longitud de 565m y una velocidad de 1,44 m/s, la cual entra en el rango de velocidad (0,9-1,5 m/s).

3.2.4 Tanque de distribución

El tanque es apoyado y será de 1800 m³ de capacidad, a partir del cual se conectarán la tubería principal TP1 y TP8, aunque el sistema de redes se puede conectar a la conductora que llega a este punto, o sea, el lugar donde se construirá el tanque hasta tanto se construya el mismo.

Debido a las condicionales existentes en el lugar donde se va a construir el tanque, fundamentalmente la distancia existente con la planta de elaboración de hormigón, se decidió optar por un tanque con elementos prefabricados, ya que de esta forma disminuye el volumen de hormigón a fundir in situ y además se facilita la construcción del tanque, disminuyendo de esta forma el tiempo de ejecución del mismo.

La cota de explanación donde se ubica el tanque es igual a la cota de fondo del mismo. Ellas se conectarán las acometidas que llevarán el preciado líquido a cada una de las viviendas.

3.2.5 Red de distribución

La red de distribución es ramificada de tuberías de PEAD, los diámetros son variables que oscilan entre 90mm y 315mm, las velocidades entran en el rango (0,3-1,5m/s) y tiene una longitud total 26530 mca.

3.3 Modelación hidráulica de la red de distribución del agua

El sistema se simuló hidráulicamente utilizando el software Epanet 2.0, se muestra el comportamiento de la piezométrica, presión en cada punto, velocidad, gasto de circulación y pérdidas de energía por conducción, calculadas con la ayuda de la utilización de la fórmula de Hazen Williams. El diámetro de ventosa y desagüe se obtienen del programa de computación **DISPER**.

3.3.1 Simulación hidráulica de la conductora 1

En la simulación hidráulica de la conductora 1 con entrega del caudal máximo diario de 55 L/s, se puede observar con una presión de 2,23 mca, una velocidad de 0,83 m/s que se encuentran por encima del valor mínimo establecido 0,4m/s y con una longitud de 534 m (Ver figura 3.1).

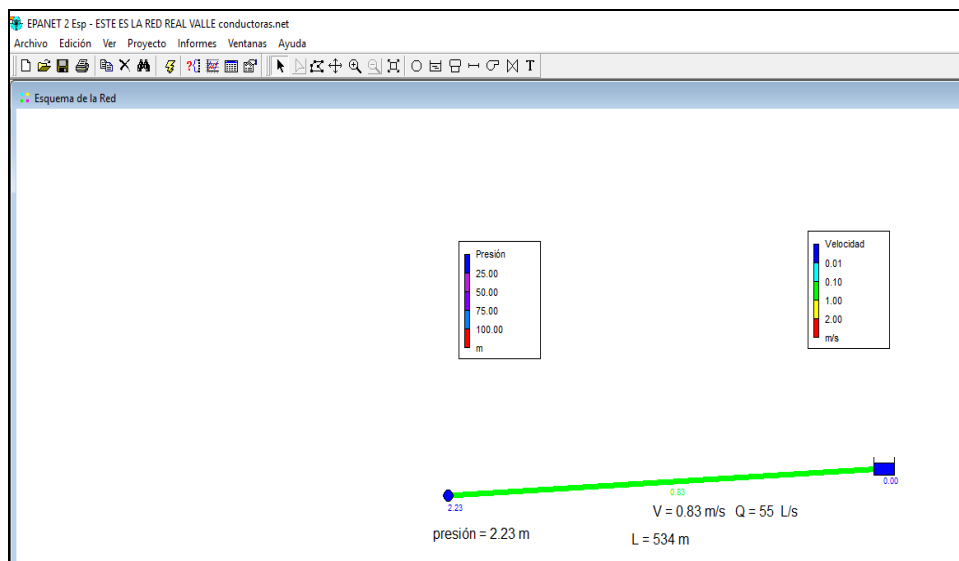


Figura 3.1. Esquema de la simulación hidráulica de la conductora 1. Fuente: Elaboración propia, (2021).

3.3.2 Simulación hidráulica de la conductora 2

En la simulación hidráulica de la conductora 2 que entrega el caudal máximo horario de 114,7 L/s, se puede observar con una presión de 53,35 mca, una velocidad de 1,02m/s que se encuentran dentro del rango de velocidad establecido (0,9 m/s-1,5 m/s) (Ver figura 3.2).

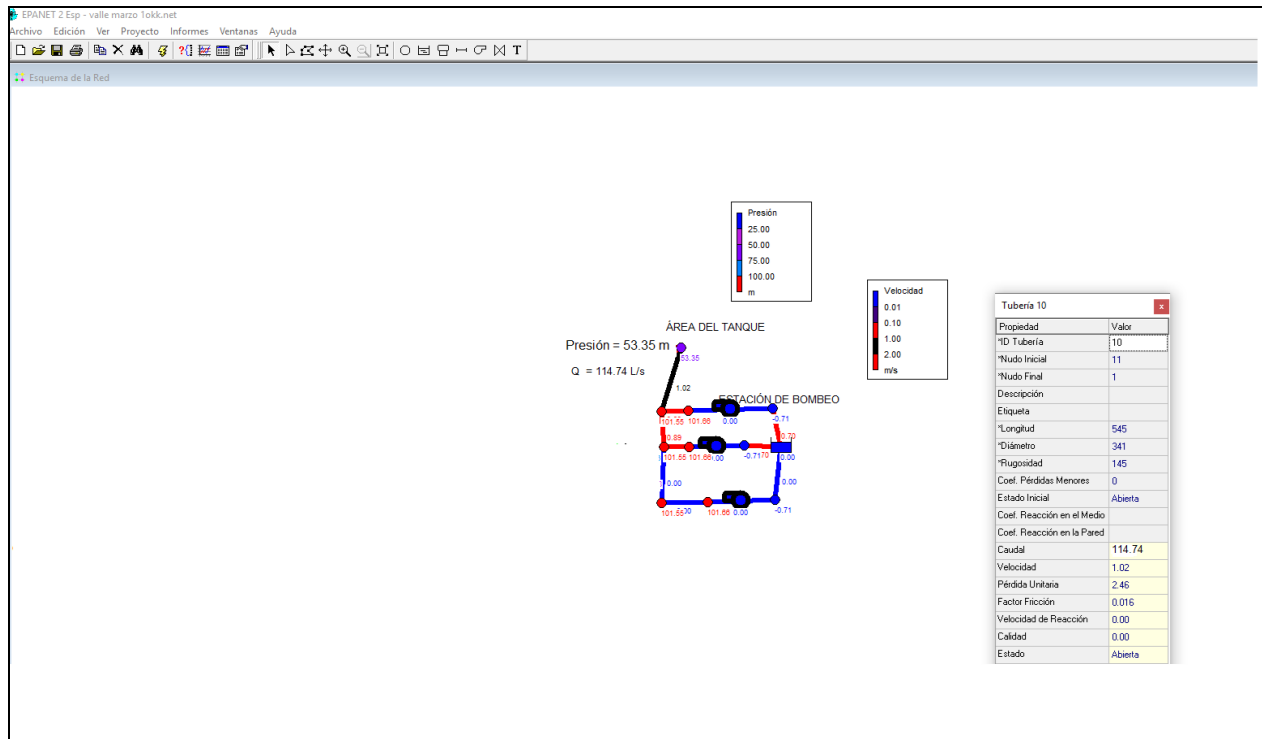


Figura 3.2. Resultados de la simulación del software profesional Epanet de la conductora 2. Fuente: Elaboración propia, (2021).

3.3.3. Simulación hidráulica de la red de distribución

Al hacer el diseño hidráulico de la red de distribución se obtuvo como resultado el siguiente esquema y las tablas:

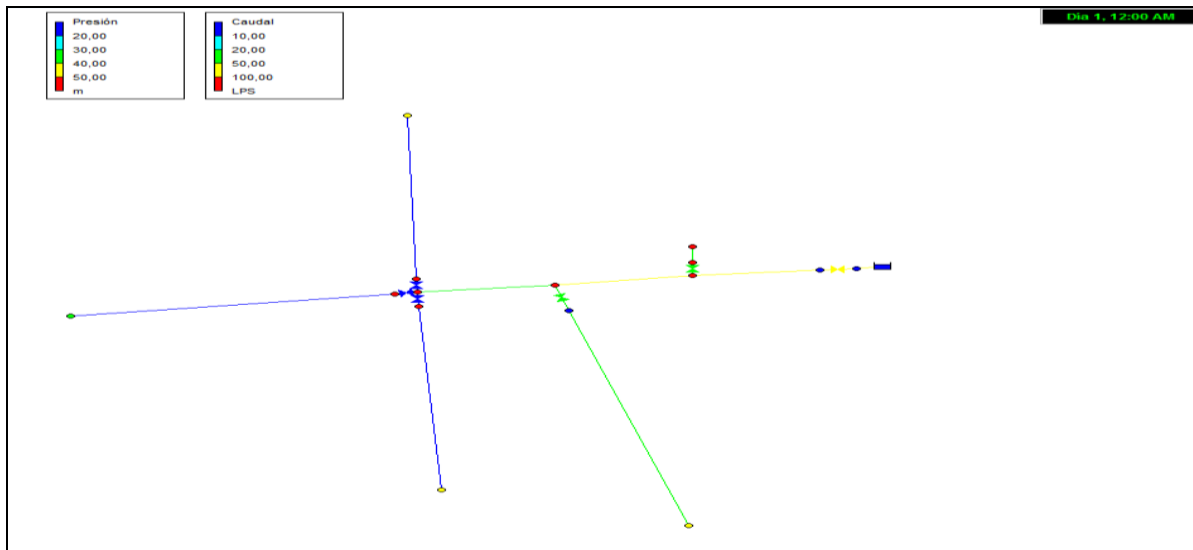


Figura 3.3. Resultados de la simulación de la red de distribución. Fuente: Elaboración propia, (2021).

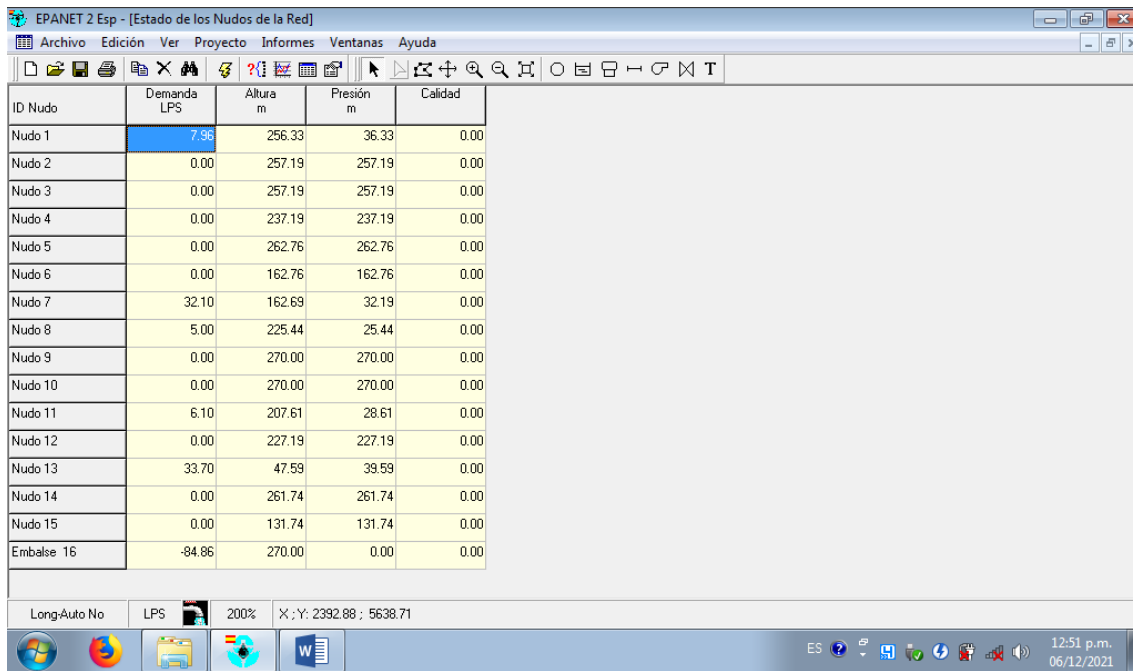
Tabla 3.2. Tuberías por tramos de la red de distribución. Fuente: Elaboración propia, (2021).

ID Línea	Caudal LPS	Velo m Consultar	Pérdida Unit. m/km	Factor Fricción	Veloc. Reacción mg/l/día	Calidad	Estado
Tubería 1	84.86	0.03	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierta
Tubería 2	32.10	0.65	1.64	0.019	0.00	0.00	Abierta
Tubería 3	52.76	1.07	4.22	0.018	0.00	0.00	Abierta
Tubería 4	19.06	0.61	1.87	0.020	0.00	0.00	Abierta
Tubería 5	6.10	0.96	12.01	0.023	0.00	0.00	Abierta
Tubería 6	5.00	0.64	4.85	0.024	0.00	0.00	Abierta
Tubería 7	7.96	0.25	0.37	0.023	0.00	0.00	Abierta
Tubería 8	33.70	1.07	5.53	0.019	0.00	0.00	Abierta
Tubería 15	84.86	1.09	3.26	0.017	0.00	0.00	Abierta
Válvula 9	84.86	2.70	0.00	0.000	0.00	0.00	Activa
Válvula 10	32.10	1.02	100.00	0.000	0.00	0.00	Activa
Válvula 11	33.70	1.07	130.00	0.000	0.00	0.00	Activa
Válvula 12	6.10	0.19	30.00	0.000	0.00	0.00	Activa
Válvula 13	5.00	0.16	20.00	0.000	0.00	0.00	Activa
Válvula 14	7.96	0.25	0.00	0.000	0.00	0.00	Activa

Como resultado (ver tabla 3.2) se puede apreciar la tubería de la red por tramo, con sus datos de longitud, diámetros, velocidad y pérdidas por km de tuberías, así como las válvulas con sus correspondientes consignas para garantizar las presiones en los nodos de consumo.

Sistema de abastecimiento de agua potable a los poblados del Valle de Caujari

Tabla 3.3. Nodos de la red de distribución. Elaboración propia, (2021).



ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Nudo 1	7.96	256.33	36.33	0.00
Nudo 2	0.00	257.19	257.19	0.00
Nudo 3	0.00	257.19	257.19	0.00
Nudo 4	0.00	237.19	237.19	0.00
Nudo 5	0.00	262.76	262.76	0.00
Nudo 6	0.00	162.76	162.76	0.00
Nudo 7	32.10	162.69	32.19	0.00
Nudo 8	5.00	225.44	25.44	0.00
Nudo 9	0.00	270.00	270.00	0.00
Nudo 10	0.00	270.00	270.00	0.00
Nudo 11	6.10	207.61	28.61	0.00
Nudo 12	0.00	227.19	227.19	0.00
Nudo 13	33.70	47.59	39.59	0.00
Nudo 14	0.00	261.74	261.74	0.00
Nudo 15	0.00	131.74	131.74	0.00
Embalse 16	-84.86	270.00	0.00	0.00

En la tabla 3.3 aparecen los nodos con sus respectivas demandas, cotas y presión, garantizando que la presión en los nodos de consumo esté dentro del rango permisible (14-50 mca).

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. Se realizó el levantamiento de usuarios de los poblados del Valle de Caujari, determinándose un total de 6 poblados, con un total de 14 941 hab, los cuales establecen una demanda diaria total de 56,96 L/s y 96,95 L/s de demanda horaria.
2. La estación de bombeo estará compuesta por tres (3) bombas en paralelo, dos (2) trabajando y una (1) de reserva y serán iguales con $Q = 50 \text{ L/s}$, $H = 100 \text{ m}$, y tendrá un punto de operación de 114, 74 L/s con $P=53,35 \text{ m}$.
3. Con el diseño de esta conductora se garantiza la cantidad de agua que se requiere distribuir para los usuarios en esta zona.
4. Las redes de tuberías serán de PEAD de diámetro variable, que oscilan entre 90 mm y 315 mm y tiene una longitud total de 27 430 m.
5. Se colocarán 4 registros pitométricos y 6 hidrantes, así como 4 válvulas de regulación y 2 reductora.
6. El análisis hidráulico realizado arrojó que las presiones se garantizan en todos los puntos de la red.
7. Las condiciones geológicas e Ingeniero geológicas del trazado son factibles para la construcción de la obra.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Realizar las pruebas de fugas correspondientes antes de rehinchar completamente las tuberías.
2. Dar mantenimiento periódico a las válvulas instaladas.
3. Una vez realizada la excavación se debe fundir inmediatamente con la finalidad de que no se altere el estrato de cimentación ni los taludes de la excavación por la acción de la intemperie.
4. Cualquier duda consultar al proyectista.
5. Cuando el sistema esté en explotación llevar a cabo la calibración del mismo.
6. Durante la ejecución de la explanación se deberán realizar terraplenes de pruebas al material proveniente de la cantera, los cuales deben ser contratado a la Empresa de Investigaciones Aplicadas, organismo éste acreditado para la certificación de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Empresa de Acueducto y Alcantarillado y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), de la provincia de Guantánamo. “Herramientas de ayuda para la información acerca de la provincia de Guantánamo”.

Fair.Geyer. Okun “Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales” (I,II):<http://www.hidro.cu>.

Jiménez (2008) “Herramientas de ayuda para la importancia de redes de agua potable

Jiménez Terran, José Manuel (2008) “Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario”. Universidad de Veracruz. México.

Ley 124 de las aguas terrestres.

NC 207-2: 2020. Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón. Parte 2: Bases de diseño. Capítulos del 13 al 20. (Obligatoria).

NC 969:2013, Tubería presurizadas de polietileno, especificaciones para el cálculo, diseño, transportación, manipulación, almacenamiento y colocación.

NC-53-121/84 que plantea que las presiones deben estar en un rango de 14-50mca

NC971-5:2013. Requisitos de alcance y contenido de los servicios técnicos para inversiones de acueductos. Parte 5- Requisitos del proyecto Ingeniería de detalle o Ejecutivo

Norma cubana NC 973: 2013 “Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas”. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba.

Resolución 287/2015. (2015) “Índices de consumo de agua para producciones y servicios”. Instituto Nacional de Recursos Hidráulico. La Habana, Cuba.

Sánchez Henarejos, Iván (2017). Modelo de simulación de la red de suministro de agua potable para el núcleo urbano de canyelles (Barcelona). Tesis de grado. Universidad Politécnica de Catalunya.

Software Profesional Epanet 2.0. Manual de Ayuda.

Suce M. (2015). "Propuesta de diseño de un Sistema de Abastecimiento de agua potable por bombeo eléctrico para el asentamiento 23 de octubre de la comunidad Limón #1 del municipio de Tola". Tesis en opción al título de Ingeniero Civil. Universidad de Managua, Managua, Nicaragua

Villegas, G. (2017). Metodología computarizada de dimensionamiento de redes de agua potable. Tesis de grado. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

ANEXOS

Anexos

Anexo#1

Se colocarán cuatro (4) registros pitométricos en la entrada de El Mije, El Manguito, El Corojo y Guaibano.

No.	Registros pitométricos	U/M	Cantidad
1	Registro pitométrico	u	4
2	Manómetro 1"	u	4
3	Serpentin 1"	u	4
4	Abrazadera salida rosca 1"	u	4
5	Válvula de bola 1"	u	4
6	Flujómetro 1"	u	4
7	Abrazadera salida rosca 1"	u	4

Anexo#2

Se colocarán seis (6) hidrantes en: El Mije, El Manguito, El Corojo, Guaibano, Reparto Flora y en la cooperativa 17 de mayo.

No.	Hidrantes	U/M	Cant
1	Hidrantes	u	6
2	Excavación en registro (manual)	m ³	0,06
	Registro tipo bonete TIPO BONETE		
3	Registro tipo bonete TIPO BONETE	u	98
4	Excavación en registro (manual)	m ³	0,98
5	Mortero. Hormigón f'c= 15 Mpa	m ³	0,98

Sistema de abastecimiento de agua potable a los poblados del Valle de Caujéri

ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS			
No.	DENOMINACIÓN	U/M	CANT.
1	Niple de PEAD de Ø 90 mm	u	13
1A	Tubería de PEAD Ø 400 mm (Conductora)		
1B	Codo de PEAD de 90° Ø 400 mm	u	1
2	Niple de PEAD de Ø 400 mm	u	6
2A	Tee normal de PEAD de Ø 400 mm	u	1
3	Abrazadera salida brida de PEAD de Ø 400 mm x 400 mm x 50 mm	u	2
3A	Tee reducida de PEAD de Ø 400 mm x 400 mm x 90 mm	u	1
4	Niple de PEAD de Ø 50 mm	u	40
5	Tee normal de PEAD de Ø 50 mm	u	11
6	Tubería de PEAD Ø 400 mm		
7	Brida y portabrida de PEAD Ø 50 mm	u	54
8	Válvula de bola Ø 50 mm	u	27
9	Tubería de PEAD Ø 50 mm		
10	Abrazadera salida brida PEAD Ø 400 mm x 400 mm x 90 mm	u	1
11	Cruceta reducida PEAD liso Ø 90 mm x 90 mm x 50 mm	u	2
12	Brida y portabrida Ø 90 mm	u	26
13	Válvula de compuerta Ø 80 mm	u	13
14	Tubería PEAD de Ø 90 mm		
15	Brida y portabrida Ø 400 mm	u	12
16	Válvula de compuerta Ø 400 mm	u	6
17	Abrazadera salida brida PEAD Ø 400 mm x 400 mm x 110 mm	u	1
18	Niple de PEAD de Ø 110 mm	u	2
19	Brida y portabrida de PEAD Ø 110 mm	u	6
20	Válvula de compuerta Ø 100 mm	u	3
21	Tubería de AoGo Ø 4"		
22	Cruceta normal de PEAD de Ø 315 mm	u	3
23	Niple de PEAD de Ø 315 mm	u	10
24	Brida y portabrida de PEAD Ø 315 mm	u	6
25	Válvula de compuerta Ø 300 mm	u	3
26	Tubería de PEAD Ø 315 mm		
27	Reducido de PEAD de Ø 400 mm x 315 mm	u	2
28	Reducido de PEAD de Ø 315 mm x 90 mm	u	1
29	Collarín de PEAD de Ø 315 mm x 3"	u	1

Sistema de abastecimiento de agua potable a los poblados del Valle de Caujéri

30	Niple de PEAD de Ø 75 mm	u	9
31	Brida y portabrida de PEAD Ø 75 mm	u	12
32	Válvula de compuerta Ø 3 "	u	6
33	Codo de PEAD de 90° Ø 75 mm	u	1
34	Tubería de PEAD Ø 75 mm		
35	Reducido de PEAD de Ø 315 mm x 250 mm	u	1
36	Tubería de PEAD Ø 250 mm		
37	Reducido de PEAD de Ø 315 mm x 160 mm	u	1
38	Niple de PEAD de Ø 160 mm	u	4
39	Brida y portabrida de PEAD Ø 160 mm	u	4
40	Válvula de compuerta Ø 150 mm	u	2
41	Tubería de PEAD Ø 160 mm		
42	Tee normal de PEAD de Ø 250 mm	u	1
43	Niple de PEAD de Ø 250 mm	u	2
44	Reducido de PEAD de Ø 250 mm x 110 mm	u	1
45	Tubería de PEAD Ø 110 mm		
46	Reducido de PEAD de Ø 250 mm x 160 mm	u	1
47	Tee de PEAD Ø 160 mm	u	4
48	Collarín de PEAD de Ø 160 mm x 1 "	u	3
49	Niple de PEAD de Ø 25 mm	u	12
50	Brida y portabrida de PEAD Ø 25 mm	u	18
51	Válvula de bola Ø 25 mm	u	9
52	Tapón de PEAD de Ø 160 mm	u	2
53	Codo de PEAD de 90° Ø 25 mm	u	3
54	Tee reducida de PEAD de Ø 90 mm x 90 mm x 63 mm	u	1
55	Niple de PEAD de Ø 63 mm	u	1
56	Tubería de PEAD Ø 63 mm		
57	Brida y portabrida de PEAD Ø 63 mm	u	2
58	Válvula de bola Ø 63 mm	u	1
59	Tapón de PEAD de Ø 63 mm	u	1
60	Tee reducida de PEAD de Ø 90 mm x 90 mm x 50 mm	u	10
61	Tapón de PEAD de Ø 50 mm	u	2
62	Tee reducida de PEAD de Ø 315 mm x 315 mm x 90 mm	u	4
63	Tapón de PEAD de Ø 90 mm	u	2

64	Collarín de PEAD de Ø 315 mm x 2"	u	1
65	Tee normal de PEAD de Ø 90 mm	u	2
66	Collarín de PEAD de Ø 90 mm x 2"	u	1
67	Tee normal de PEAD de Ø 75 mm	u	2
68	Reducido de PEAD de Ø 90 mm x 75 mm	u	1
69	Tapón de PEAD de Ø 75 mm	u	2
70	Tee reducida de PEAD de Ø 315 mm x 315 mm x 50 mm	u	1
71	Tee reducida de PEAD de Ø 315 mm x 315 mm x 75 mm	u	3
72	Tee reducida de PEAD de Ø 160 mm x 160 mm x 50 mm	u	1
73	Abrazadera salida brida PEAD Ø 315 mm x 315 mm x 50 mm	u	2
74	Codo de PEAD de 90° Ø 50 mm	u	4
75	Cruceta normal de PEAD de Ø 90 mm	u	1
76	Collarín de PEAD de Ø 90 mm x 1"	u	2
77	Collarín de PEAD de Ø 50 mm x 1"	u	4