

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FC
Facultad de
Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: "Análisis de alternativas para el sistema de abasto y saneamiento de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero".

Autor: Leonel Francisco Díaz Machado.

Tutor: Ing. Patricio Rodríguez Guerra.

Exergo:

"... .. El hombre, desde los tiempos más antiguos, se ha visto forzado a vérselas con el agua. No ha sido un trato fácil. El habitante urbano que la observa a diario dócil a sus necesidades, bajar mansa de la llave, no tiene idea de su idiosincrasia... .. Por eso, el hidráulico, ha de ser ante todo, algo así como un psicólogo del agua, conocedor profundo de su naturaleza...."

ENZO LEVILATTES

Dedicatoria:

Dedico este Trabajo de diploma, especialmente a mis padres; Pedro Leonel Díaz Y Bárbara Machado, que con tanto amor y sacrificio han dado de sí para que pudiera ver terminado mi mayor anhelo; graduarme de Ingeniería Hidráulica en la universidad "Marta Abreu de las Villas".

A mi novia y su familia por haber estado presente durante todo el proyecto de mi trabajo de diploma y comprenderme en cada momento.

Hago extensiva ésta dedicatoria y llegue a toda mi familia, amigos y personas que de una forma u otra se sintieron comprometidas con mi formación profesional; las que están a mi lado día a día, y a otros que no se encuentran ya entre nosotros; gracias a los que me ayudaron, los que me apoyaron y en especial a los que confiaron en mí, sin ustedes no se hubiese podido construir este gran sueño.

Llegue esta dedicatoria hasta mi centro de estudio "Facultad de Construcción", donde existe un claustro de profesores capaces de educar y enseñar a las nuevas generaciones a todos ellos muchas gracias.

Agradecimientos:

A mi familia, a mis padres, mis abuelos, mis tías y primos quienes me han brindado su apoyo en todo momento.

A mis padres por su sacrificio a lo largo de la carrera.

A mi novia por apoyarme incondicionalmente en cada momento.

A mi tutor Patricio Rodríguez y en especial a mi tutora Daimy Triana Rodríguez por ayudarme en el desarrollo de este trabajo.

A todos trabajadores, por su atención en el trabajo realizado en la Empresa de Recursos Hidráulicos.

A todos los profesores, por su capacidad de comprensión y por permitirme adquirir los conocimientos necesarios para el futuro.

A mis amigos, por apoyarme en los momentos más difíciles y por los ratos de alegría vividos en el tránsito de estos cinco años.

A los que de una forma u otra han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

A todos MUCHAS GRACIAS.

Resumen:

En el presente trabajo de tesis se realiza un estudio para el mejoramiento de la operación y el servicio del sistema de abastecimiento de agua desde una misma fuente y a la vez el saneamiento de residuales de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero, pertenecientes al municipio de Yaguajay. Para el diseño de la red de abastecimiento se utilizó el software EPANET 2.0 como herramienta de trabajo fundamental para el cálculo y simulación hidráulica, donde se analizaron dos variantes de ejecución, tomando la más factible económicamente pero que a la vez facilite una buena operación del sistema y garantice un servicio de agua eficiente que satisfaga las necesidades de consumo a cada uno de los residentes en estos asentamientos.

Abstract:

Presently thesis work is carried out a study for the improvement of the operation and the service of the system of supply of water from oneself source and at the same time the reparation of residual of the populational establishments of Jarahueca, Itabo, Iguará, San José and Piñero, belonging to the municipality of Yaguajay. For the design of the net of supply the software EPANET was used 2.0 as tool of fundamental work for the calculation and hydraulic simulation, where two execution variants were analyzed, taking the most feasible economically but that at the same time it facilitates a good operation of the system and guarantee a service of efficient water that satisfies the consumption necessities to each one of the residents in these establishments.

Índice

Capítulo 1. Estado del arte.

1.1	Términos y definiciones generales del tema:	13
1.2	Tipos de Consumo de agua... ..	16
1.3	Coefficientes de irregularidad... ..	16
1.4	Valores de dotación (Dot) y coeficientes de irregularidad para el cálculo de la demanda de agua según el tamaño de la población... ..	17
1.5	Sistemas de abastecimiento de agua potable... ..	19
1.6	Tratamiento de aguas residuales... ..	25
1.7	Datos de la localidad a tener en consideración para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable... ..	25
1.8	Programas para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua... ..	27

Capítulo 2. Simulación de alternativas para el diseño de una red de distribución. Saneamiento de los asentamientos poblacionales.

2.1	Ubicación geográfica... ..	29
2.2	Parámetros técnicos... ..	30
2.3	Composición de la obra... ..	30
2.3.1	Análisis de la variante 1... ..	30
2.3.2	Análisis de la variante 2... ..	35

2.4 Redes de distribución de los asentamientos...	39
2.4.1 Composición red de jarahueca...	39
2.4.2 Composición red de itabo...	41
2.4.3 Composición red de iguará...	43
2.5 Saneamiento...	45
2.5.1 Sistema de tratamiento de residuales (str), Iguará-San José...	45
2.5.2 Sistema de tratamiento de residuales (str), Itabo...	46
2.5.3 Sistema de tratamiento de residuales (str), Jarahueca...	47
2.5.4 Sistema de tratamiento de residuales (str), Piñero...	48
 Capítulo 3. Análisis de los resultados.	
3.1 Índices técnico-económicos de las variantes 1 y 2...	49
3.2 Análisis de las ventajas y desventajas de cada variante...	50
Conclusiones...	52
Recomendaciones...	53
Bibliografía...	54
Anexos...	56

Introducción:

El abastecimiento de agua potable es una más de las actividades fundamentales dentro de los distintos tipos de servicios públicos que aportan calidad de vida a los ciudadanos. Presenta características peculiares frente a otros servicios y el funcionamiento de estos sistemas puede ser analizado desde orientaciones muy diversas. Como recurso, la cantidad de agua disponible para el consumo está cada vez más limitada y en ocasiones, su distribución es irregular en el tiempo y el espacio. (Cárdenas 2016)

Si se toma en cuenta la frase de que "El agua es vida", fácilmente se puede explicar por qué los asentamientos humanos se localizaban donde este elemento estaba disponible. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de este preciado líquido a las poblaciones que día a día lo solicitan en mayor cantidad y de mejor calidad, para sus necesidades.

El abastecimiento de agua a los conglomerados humanos, tiene como consecuencia el retiro de la mayor parte de ella, una vez que ha sido utilizada y por ende contaminada.

Para abastecer de agua a una población se requiere de instalaciones que permitan captar, purificar, conducir, almacenar y finalmente distribuir el agua en las poblaciones. Las instalaciones que se encargan de distribuir el agua a los usuarios son los sistemas de distribución de agua comúnmente llamados redes de distribución.

Las tuberías de conducción de agua (ya sea agua potable como agua residual) pueden sufrir un deterioro en su servicio, que haga que sus capacidades de transporte hidráulico disminuyan. En largos tiempos de servicio, diferentes factores pueden provocar potenciales fisuras en las tuberías que generan pérdidas volumétricas de agua irrecuperables, disminución en la capacidad de transporte, contaminación de las aguas, y como principal consecuencia, costos extraordinarios para la posterior reparación de la tubería. Es por ello necesario, en la gestión de las redes de conducción de agua, establecer una estrategia para su mantenimiento, que contrarreste el deterioro producido por el uso en el tiempo.

El servicio de acueducto es primordial en el desarrollo de la sociedad, por eso se hace necesario buscar herramientas que garanticen la buena prestación del servicio a los usuarios finales, reduciendo las posibilidades de falla.

Podemos afirmar que una red de distribución es un conjunto de elementos encargados del transporte del agua desde los puntos de producción y/o almacenamiento hasta los puntos de consumo: viviendas, comercios, industrias, hidrantes de riego e incendios, etc. La red está constituida básicamente por tuberías y elementos especiales: (Válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión, elementos de medición, etc.) Que deben ser dimensionados adecuadamente para suministrar los caudales demandados, para lo cual será necesario mantener en la red unas presiones mínimas como premisas de cálculo según establecen las normas correspondientes.

De la misma forma en que ha evolucionado el uso del agua a lo largo del tiempo, lo ha hecho el término "abastecimiento de agua", que en nuestros días conlleva el proveer a las localidades urbanas y rurales de un volumen suficiente de agua, con una calidad requerida y a una presión adecuada para abastecer los depósitos y evitar las sobrepresiones que dañan las instalaciones para su tratamiento y distribución. (Agua 1994.)

Es de resaltar que este tipo de sistema requiere cierto mantenimiento a lo largo de su vida útil, mínimo en la mayoría de las ocasiones. En países como el nuestro, el mantenimiento de esos sistemas no es algo que las instituciones cumplan rigurosamente, y como en la mayoría de países subdesarrollados la vida útil de las obras públicas siempre es irrespetada. Debido a esto, los sistemas dejan de prestar el adecuado servicio para el que fueron diseñados provocando que un sector de la población se vea afectado por las deficiencias de la red de abastecimiento. Se hace necesario entonces plantear soluciones a los problemas causados en las redes de abastecimiento de agua potable debido al paso del tiempo, asegurando así que los residentes de determinada zona cuenten con el preciado recurso para la satisfacción de sus necesidades. Cabe mencionar que los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero, del municipio de Yaguajay, cuentan con un sistema de abasto, pero debido a los años de explotación y al crecimiento poblacional estos servicios son insuficientes para garantizar la demanda mínima necesaria, agravándose este servicio en las etapas de sequía donde

las fuentes se agotan, casi totalmente, siendo necesario el abasto por medio de carros cisternas, con el consiguiente gasto de combustible fósil. En la mayoría de estos lugares se han realizado varias perforaciones con el objetivo de encontrar fuentes que garanticen el abasto, pero los resultados no han sido favorables, es por ello que se recomienda utilizar un pozo en la meseta de Meneses con capacidad suficiente para dotar de agua a todos estos poblados que se relacionan en estas ideas conceptuales.

Problema de investigación:

La red del sistema de abasto de agua de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero son deficientes para garantizar la demanda mínima necesaria, agravándose este servicio en época de sequía donde dichas fuentes se agotan parcialmente y en algunos casos de forma total.

Hipótesis:

Si se diseña un sistema de abastecimiento de agua, teniendo en cuenta las especificaciones para su diseño y empleando herramientas computacionales, a partir de una fuente de abasto con capacidad suficiente para dotar de agua a los poblados Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero entonces se podrá garantizar la demanda requerida.

Objetivos generales:

Diseñar un sistema de suministro de agua potable que brinde un mejor servicio a los asentamientos poblacionales Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero, proponiendo alternativas que posibiliten una valoración técnico económico para su ejecución y poder avalar la solución ingenieril propuesta.

Objetivos específicos:

1. Procesar la información existente sobre las redes y la operación del sistema de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero

2. Determinar los parámetros hidráulicos del sistema de abasto a las comunicadas objeto de este estudio en correspondencia con la normativa vigente y mediante la simulación hidráulica del sistema abasto, utilizando el software EPANET.

3. Analizar alternativas de solución, que respondan a la problemática del sistema de abasto y saneamiento.

Tareas de investigación:

Para dar cumplimiento a los objetivos antes planteados se realizarán las siguientes tareas de investigación:

1. Análisis de la bibliografía existente sobre la temática abordada.
2. Evaluar con un software profesional las redes de abasto de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero
3. Presentar alternativas para el sistema de abasto de los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero.

Aportes del Trabajo:

El principal aporte de este trabajo, se centra en el desarrollo de un sistema de abastecimiento que permitía obtener el diseño para su ejecución y demostrar la potencialidad de las herramientas computacionales empleadas con esta finalidad.

Estructura de la investigación:

Capítulo 1: Estado del arte.

Capítulo 2: Simulación de alternativas para el diseño de una red de distribución. Saneamiento de los asentamientos poblacionales.

Capítulo 3: Análisis de los resultados.

CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.

Introducción:

Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia.

Hoy en día, el sistema que se utiliza para abastecer de agua son las redes de distribución por tuberías las cuales transportan el líquido desde una fuente o almacenamiento hasta el lugar donde se utiliza tal recurso. Las características de este sistema varían dependiendo de las condiciones particulares de la región donde se utilice. Para la modelación de estas redes, las metodologías empleadas, con los años han evolucionado, gracias a la generalización del uso de software y herramientas informáticas modernas

Para poder arribar al entendimiento pleno de algunos aspectos que puedan resultar dudosos, se exponen varios conceptos y datos globales importantes relacionados en el trabajo.

1.1 Términos y definiciones generales del tema: (106/21)

TERMINOS	DEFINICIONES
Agua potable	Es el agua que por su calidad química, física y bacteriológica es apta y aceptable para el consumo humano y que cumple con las normas de calidad establecidas para el agua.

<p>Consumo de agua</p>	<p>Cantidad de agua utilizada por una población para satisfacer sus necesidades en todos los usos.</p>
<p>Demanda de agua.</p>	<p>Es la estimación teórica de la cantidad de agua requerida por una población para satisfacer las necesidades de todos los tipos de consumo sobre la base de indicadores de consumo para el final del período del diseño. Debe suceder que el consumo real sea igual a la demanda calculada, si el consumo es superior a la demanda puede ser porque los índices son menores que los reales, ó el caso más frecuente, que los consumos están deformados por presencia de fugas o despilfarro del agua. Generalmente los valores del consumo son menores que la demanda y se van acercando a esta con el paso del tiempo.</p>
<p>Índices de consumo o dotación.</p>	<p>La dotación es el volumen medio probable de consumo de agua por una población, expresadas en litros por habitantes al día (l/ hab.d). El índice de consumo general o dotación total para una comunidad puede</p>

	<p>hallarse por el cociente del consumo total anual de todas las actividades entre la población servida, llevada a (l / hab.día). El valor así obtenido incluye los volúmenes de agua correspondientes a las pérdidas, que no son realmente utilizados por la comunidad.[1]</p> <p>Luego $dotación = \frac{consumo.anual}{365.Población}$ (litros / hab.día.)</p>
<p>Coeficientes de irregularidad.</p>	<p>El consumo de agua en una población no es un valor constante, sino que está variando de acuerdo con el nivel de desarrollo de la comunidad, hábitos de vida, educación, clima y otros factores.</p> <p>Las variaciones del consumo se manifiestan con las estaciones, siendo mayores los consumos en verano que en invierno; en distintas semanas dentro del año; y en varios horarios dentro de cualquier día.</p>

1.2 Tipos de Consumo de agua. (106/21)

El consumo medio resulta del cociente del consumo total anual entre 365 días y se estima como demanda media por el producto de la población servida por la dotación, mediante la expresión.

$$Q_{\text{media}} = \frac{\text{población x dotación}}{86400} \quad (\text{expresada en l/s})$$

El consumo máximo diario es el que corresponde al consumo que se produce en el día de mayor consumo del año. Se denota como $Q_{\text{max.d}}$ y se expresa en términos de caudal en litros por segundos (l/s).

Otro de los tipos de consumo es el máximo horario el cual es el consumo máximo que se presente en la hora de mayor consumo dentro del día de máxima demanda. Este se denota por $Q_{\text{max.H}}$ y se expresa en l/s.

1.3 Coeficientes de irregularidad. (106/21)

Se denomina coeficiente de irregularidad diaria a la relación entre el consumo máximo diario ($Q_{\text{max.d}}$) y el consumo medio, representándose por el término K_1 , tal que:

$$K_1 = Q_{\text{max.d}} / Q_{\text{medio}}$$

El coeficiente de irregularidad horaria corresponde a la relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio del día de máxima demanda de agua, señalándose por K_2 , tal que:

$$K_2 = Q_{\text{max.H.}} / \frac{Q_{\text{max.diario}}}{24} = Q_{\text{max.d}} / Q_{\text{medio}} \cdot K_1$$

El coeficiente del gasto máximo horario es el resultado de la relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio anual, señalándose por K_h , tal que:

$$K_h = Q_{\max.H} / Q_{\text{medio}} = K_1 \cdot K_2$$

1.4 Valores de dotación (Dot) y coeficientes de irregularidad para el cálculo de la demanda de agua según el tamaño de la población. (106/21)

Tabla 1- Dotación en litros por habitantes al día (l / hab. d):

Tamaño de la población en miles de personas	Según el uso				
	Doméstico	Comercial y público	Industrias locales	Propio del sistema	Total
Menos de 2,0	130	20	3	2	155
2,0 — 10,0	145	55	7	3	210
10,0 — 25,0	165	62	8	5	240
25,0 — 50,0	175	77	8	5	265
50,0 — 100,0	185	90	9	6	290
100 — 250,0	195	95	20	10	320
250 — 500,0	205	105	25	10	345
Mas — 500	210	110	30	10	360

Para asegurar la relación matemática se determinó la dotación total en función de la población servida mediante la correlación.

$$\text{Dotación (Dot.)} = 130 + 79,5 \log. (\text{Población}/1000)$$

Tabla 2 - Coeficientes de irregularidad:

Tamaño de la población en miles de personas	Coeficientes de irregularidad		
	Diario (K_1)	Horario (K_2)	Max..horario (K_h)
Menos de 2,0	1.65	1.90	3.14
2,0 — 10,0	1.60	1.80	2.88
10,0 — 25,0	1.55	1.69	2.63
25,0 — 50,0	1.50	1.63	2.45
50,0 — 100,0	1.45	1.58	2.30
100,0 — 250,0	1.35	1.58	2.13
250,0 — 500,0	1.30	1.57	2.04
Mas — 500.0	1.25	1.56	1.95

La diferencia ente K_1 , K_2 y K_h se debe a la aproximación a una cifra decimal.

Los valores de K_h se fijaron mediante la expresión

$K_h = 3.14$ para poblaciones menores de 2000 habitantes

$$K_h = \frac{10}{\log\left(Dot^{1/2} - 1.5\right)} - 6.1 \quad \text{para poblaciones mayores de 2000 habitantes}$$

O, lo que es lo mismo

$$K_h = \frac{10}{\log\left(\left(130 + 79.5 \log\left(\frac{Poblacion}{1000}\right)\right)^{1/2} - 1.5\right)} - 6.1$$

1.5 Sistemas de abastecimiento de agua potable:

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. (Agua 1994.)

✓ Componentes de un sistema de abastecimiento de agua: (CNA 2009)

- Fuente de abastecimiento.
- Captación.
- Conducción.
- Tratamiento.
- Regularización.
- Línea de alimentación.
- Red de Distribución.

Dentro de las fuentes de abastecimiento de agua la 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 infiltrado a través del suelo y se ha acumulado a lo largo de los años, esta se encuentra bajo presión y brota a la superficie en forma de manantial. Por estas razones las fuentes de abastecimiento se divide en dos grandes grupos como lo son:

Agua superficial: En esta área incluye arroyos, ríos, lagos y los manantiales que no estén confinados.

Agua subterránea: Es todo aquella que proviene de grietas del sub-suelo, que puede aflorar a la superficie o artificialmente a través de una bomba.

Un sistema de captación de agua potable es una obra de ingeniería destinada básicamente para asegurar la cantidad de agua necesaria en el suministro de una población. En donde la procedencia del agua puede ser superficial o subterránea. Para la elección y ubicación de una obra de captación, es necesaria la realización de un reconocimiento sanitario, conjuntamente de la recolección de los datos iniciales desde el punto de vista de ingeniería, cubriendo la explotación de la fuente dada y su capacidad para satisfacer las necesidades presentes y futuras. A continuación se mencionan los factores necesarios que se deben tener en cuenta en la elección de la fuente:

Abastecimiento con agua subterránea:

a) Características geológicas locales.

b) Naturaleza de los suelos y de los estratos porosos inferiores, ya sean arcilla, arena, grava, roca (especialmente calizas porosas); granulometrías de la arena y grava; espesor de los estratos que contienen agua; profundidad del nivel freático, localización y registro de pozos locales, ya sean que estén en uso o abandonados.

c) Nivel del manto freático determinada de la observación de pozos existentes o por la pendiente del terreno superficial.

d) Área de la superficie de escurrimientos que puede aportar agua para el abastecimiento.

e) Naturaleza, distancia y dirección de las fuentes de contaminación locales.

f) Características constructivas del pozo: materiales, diámetro, profundidad del ademe, profundidad de cedazos, longitud, protección superior y lateral del pozo.

g) Construcción de la caseta de bombeo (pisos, desagües, etc.); capacidad de las bombas; abatimiento cuando las bombas están en operación.

h) Desinfección de equipos y pruebas de control de laboratorio.

Abastecimiento con agua superficial:

- a) Naturaleza geológica de la superficie; características de los suelos y de las rocas.
- b) Características de la vegetación; bosques; tierra cultivada e Irrigación.
- c) Métodos para la disposición de las aguas residuales, ya sea por medio de su desviación de la cuenca o por tratamiento.
- d) Distancias de las fuentes de contaminación fecal en la toma de abastecimiento del agua.
- e) Proximidad, fuentes y características de los desechos Industriales; salmueras de campos petroleros y aguas ácidas de origen mineral.
- f) Para abastecimientos desde lagos o represas; datos de dirección y velocidad de los vientos, acarreo de polución; datos relativos a luz solar (algas).
- g) Características y calidad del agua cruda; organismos coliformes (NMP), algas, turbiedad, color, constituyentes minerales objetables.
- h) Periodo nominal de retención en la represa o en el depósito de almacenamiento. i) Tiempo mínimo probable que requiere el agua para escurrir desde las fuentes de contaminación hasta la represa y a través de la obra de toma en la represa.
- j) Medidas de protección en la cuenca colectora.
- k) Potabilización del agua.
- l) Instalaciones de bombeo; caseta de bombeo, capacidad de bombas y unidades de repuesto.
- m) Instalaciones para almacenamiento.

La denominada "línea de conducción" consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o

el sitio de consumo. Es necesario mencionar que debido al alejamiento cada vez mayor entre la captación y la zona de consumo, las dificultades que se presentan en estas obras, cada día son mayores.

El término tratamiento, se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para el consumo humano. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica.

Para caracterizar la regularización, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos "almacenamiento" y "regularización". La función principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

La línea de alimentación es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas.

Una red de distribución es un sistema de tuberías encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo.

✓ Tipos De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable. (Steel 1986.)

Los elementos descritos en las secciones anteriores 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. Por lo tanto, existen tres tipos de redes de abastecimiento que se describen a continuación:

Red Ramificada: Intuitivamente se puede reconocer por su forma estructural de árbol. Las propiedades topológicas de una red ramificada son:

- No posee mallas.
- Dos nudos cualesquiera sólo pueden estar conectados por un único trayecto.
- A cada nudo sólo le incide una línea, o lo que es lo mismo sólo le aporta caudal una línea.
- Se puede determinar el caudal y su sentido de circulación por la simple aplicación de la ecuación de continuidad.
- Sólo posee un punto o nudo de alimentación que se conoce como nudo de cabecera. Es decir, el agua sólo tiene un camino para llegar de un nudo a otro. Aguas arriba de cada nudo sólo existe una línea. Una vez conocidos todos los caudales circulantes, y conocida la altura piezométrica de un nudo de referencia, podemos hallar el resto de presiones.

La cual tiene como ventajas:

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

Por lo que se pueden tomar como desventajas:

- Los consumos situados aguas debajo de una conducción en la que se ha producido una rotura no pueden ser satisfechos.
- Las posibles ampliaciones o incrementos de consumo pueden dar lugar a presiones insuficientes si no se ha tenido en cuenta este hecho a la hora de diseñar el sistema.

- Los extremos de ramificaciones presentan el inconveniente de que el agua queda estancada, con lo que pueda originar problemas sanitarios después de un tiempo prolongado.

Red Mallada: Estas redes se caracterizan por la existencia de mallas básicas, y cualquier par de puntos de la red puede ser unido por al menos dos trayectorias distintas. Las consecuencias hidráulicas de esta clasificación serán: Los caudales circulantes no pueden ser definidos ni tan siquiera en su sentido por el uso exclusivo de la ecuación de continuidad, sino que habrá que añadir otras ecuaciones de la malla. El agua puede seguir distintos caminos para alimentar un mismo nudo.

En un sistema compuesto por L líneas, N nudos y M mallas se cumple siempre que:

$$M = L - N + 1$$

$L > N - 1$ En M y L están incluidas las mallas y líneas ficticias necesarias para resolver el problema.

La cual tiene las siguientes ventajas:

- Seguridad en el suministro en el caso de roturas o cortes del servicio, si han sido convenientemente dimensionadas para estas eventualidades.
- 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, por lo tanto altura piezométricas y presiones más equilibradas.

Por lo que se puede tomar como desventajas:

- Mayor costo de inversión inicial.
- El dimensionamiento de este tipo de red es más complejo.
- La regulación resulta más complicada.

Red Mixta: Se caracterizan por tener una parte del sistema mallado y otra parte del sistema ramificado. En la parte ramificada la obtención de los caudales que circulan por las conducciones será sencilla como ya se explicó. Para el cálculo de los tramos mallados será necesario formular alguna ecuación de equilibrio en la malla. Con frecuencia se opta por una distribución mallada al nivel de las arterias o conducciones principales del sistema y por una estructura ramificada en los ramales de menor importancia.

1.6 Tratamiento de aguas residuales.

Toda vez que el agua potable ha sido utilizada en una localidad, ésta presenta una contaminación, lo que genera que el uso del líquido sea restringido, a su vez esta agua contaminada se convierte en un elemento altamente peligroso para la salud humana, motivo por el cual es necesario tratar de regresarla a su forma original (hasta donde sea posible), con la finalidad de quitarle el peligro que representa y con ello poder volver a utilizarla una vez que mediante un proceso de tratamiento se le retiran los elementos que en mayor o menor grado la contaminaron. El reúso que se le dará al agua residual es un parámetro importante para definir el tipo y grado de tratamiento que es necesario efectuar para obtener la calidad del agua requerida; pero a su vez es muy importante saber cuales son los elementos contaminantes que es conveniente retirar de ella para lograr el objetivo buscado. Las aguas residuales de una localidad, están contaminadas con materia orgánica, pero si en la población existe alguna industria que descargue sus aguas al sistema de alcantarillado, la situación para el tratamiento se complica ya que aunada a la materia orgánica, se encontrarán elementos químicos.

1.7 Datos de la localidad a tener en consideración para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable:

Geología:

Esta zona se caracteriza generalmente por estar enclavada sobre depósitos arcillosos con pastos. Una gran parte del norte y el centro se encuentran las alturas y valles cársicos con alturas cársicas residuales menores de 100 m sobre rocas calizas masivas de paredes

verticales con bosques y predominio de suelos ferralítico, pardo rojizo y algunos pardos sin carbonatos.

En el área se realizó un levantamiento geológico a pequeña escala (1: 1 000) con el fin de hacer una caracterización ingeniero - geológica de los suelos y primeros cortes rocosos hasta una profundidad de 3,0 m, para lo cual se describió el corte litológico de diferentes excavaciones existentes en el área, así como afloramientos de la roca in situ.

El comportamiento físico geológico del subsuelo es factible para las excavaciones por donde se construirán las conductoras, para lo cual planteamos que el 10 % del corte se clasifica como capa vegetal y malezas, el 30 % de roca de dureza media y la roca in situ, una caliza de dureza alta conformando un 60 % del corte geológico objeto de estudio, de acuerdo a la clasificación del PRECONS que se ajusta a los suelos y sistemas rocosos estudiados en el área, resumiendo, el 100 % del corte está constituido por materiales de dureza alta.

Hidrogeología:

Los niveles de las aguas subterráneas no afectan las excavaciones, aunque se recomienda hacer estos trabajos en período seco para evitar las posibles inundaciones en las excavaciones realizadas por parte de las precipitaciones atmosféricas.

Hidrología:

Desde el punto de vista hidrológico la zona que afecta la conductora en su trazado se encuentra atravesada por arroyos, cañadas y vaguadas de cursos intermitentes en períodos lluviosos, así como arroyos de cauces permanentes que tributan al río Caonao como la corriente pluvial más significativa de la zona.

Topografía:

Una pequeña franja al norte del Consejo Popular está ocupada por la llanura media (10 m a 60 m) con superficies ligeramente onduladas. Sobre depósitos arcillosos con pastos, ocupando gran parte del norte y el centro se encuentran las alturas y valles cársicos con alturas cársicas residuales menores de 100 m sobre rocas calizas masivas de paredes

verticales con bosques semidegradados, y suelos ferralítico, pardo rojizo y algunos pardos sin carbonatos.

Clima:

Es una zona con un clima tropical húmedo; aunque varía en algunos lugares tornándose más fría o cálida de acuerdo al relieve y la vegetación

La temperatura promedio anual del área es de 24 °C. Las temperaturas máximas ocurren en los meses de julio y agosto (27 °C y 26,9 °C), las mínimas en enero y febrero (19,3 °C y 21,8 °C).

Relieve:

Está compuesto por una llanura media (10 m a 60 m) con superficies ligeramente ondulada, no existen grandes elevaciones montañosas. La mayoría de estos poblados están dentro y en la periferia de la meseta de Meneses.

1.8 Programas para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua:

- ✓ EPANET 2.0 Software para el Análisis y Simulación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. (Rossman)

Es una aplicación que realiza simulaciones en período extendido (o casi estático) del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes y tuberías a presión; esto permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, la presión en los nudos de demanda, el nivel del agua en los depósitos y la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Este puede emplearse para muchas aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución, como son: el diseño de programas de muestreo, calibración de modelos hidráulicos, análisis de cloro residual y valoración del riesgo a que se encuentran sometidos los consumidores. Una de sus principales ventajas es un módulo de cálculo confiable y fácil para simular elementos de la red como son válvulas, bombas, tanques, etc. permitiendo que estos elementos trabajen siguiendo normas fijadas por el usuario y vinculadas al comportamiento de la red en cada momento, como puede ser el empleo de bombas que

arrancan y paran de acuerdo al nivel en un tanque, o válvulas que operan a horas predeterminadas. Este software además nos permite trabajar con el sistema de unidades internacionales o inglesas y está diseñado para utilizar cualquiera de las tres principales ecuaciones de cálculo (Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, y Chezy-Manning para tubería llena). También posibilita el intercambio de ficheros con aplicaciones GIS (Sistemas de Información Geográfica), estas aplicaciones vinculan información gráfica con bases de datos de los componentes de la red y los usuarios, así como otros parámetros importantes, que son utilizados para realizar análisis hidráulicos. (EPANET 2.0 Manual de usuarios).

CAPÍTULO 2: SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN. SANEAMIENTO DE LOS ASENTAMIENTOS POBLACIONALES.

El objetivo de un sistema de agua potable es proporcionar un servicio eficiente, considerando que el agua tenga calidad, cantidad y continuidad. Para elaborar un proyecto de este tipo, es necesario forjar varias alternativas, definiendo para cada una de ellas las obras que la integran, realizando un análisis, con el fin de seleccionar la más conveniente, considerando sus aspectos de eficiencia, constructivos, operativos, sociales y económicos. La infraestructura de abasto con que cuentan los asentamientos poblacionales de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero, con décadas de explotación se encuentran al límite de sus capacidades de diseño siendo en la actualidad insuficiente.

En este capítulo, partiendo de una base de estudios por La Empresa de Proyectos e Investigaciones Hidráulicas (IPH) de Sancti Spíritus y teniendo en cuenta la distancia en que se hayan ubicadas estas comunidades y valorando una abasto integrado compuesto por un sistema a partir de una fuente con capacidad para garantizar la demanda durante todo el año, se analizan dos variantes de ejecución, donde se tomará la más factible económicamente pero que a la vez facilite una buena operación del sistema y garantice un servicio de agua eficiente que satisfaga las necesidades de consumo a cada uno de los residentes en estos asentamientos.

El diseño de la red de distribución se realiza utilizando el programa para el análisis y simulación de sistemas de abastecimiento de agua (EPANET 2.0), las tuberías se consideraron de PEAD, la calidad del material será PE-100 con SDR 26, y la presión nominal de las mismas será PN-6 (0,6 MPa).

2.1 Ubicación geográfica.

Las localidades de Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero se encuentran ubicadas en el municipio de Yaguajay, el cual se encuentra en la costa norte de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. (Ver Fig. 1.)



Figura 1. Ubicación geográfica.

Yaguajay es uno de los municipios de mayor extensión en la provincia de Sancti Spiritus, su superficie es de 1032 Km² y está ubicado al Norte de la capital provincial a unos 60 Km aproximadamente. Sus límites territoriales con los demás municipios cubanos son: al norte, por mar, con Caibarién; al sur con Jatibonico, Cabaiguán y Taguasco; al este con Chambas y Florencia; al oeste con Caibarién y Remedios.

Su localización geográfica se encuentra entre las coordenadas: latitud Norte de 22°19' y 79°14' de longitud Oeste.

2.2 Parámetros técnicos:

Tabla 3 - Cálculos para el diseño del sistema de abasto.

Descripción	u/m	Iguará	San José	Jarahueca	Piñero	Itabo
Población actual	M hab	4 421	701	2 900	350	1 616
Población de diseño	M hab	5 370	851	3 552	425	1 963
Período para el diseño	Años	30	30	30	30	30
Dotación de diseño	l/hab/d	210	155	210	155	155
Coefficiente irregularidad diario (K-1)		1,60	1,65	1,60	1,65	1,65
Coefficiente irregularidad horario (K-2)		1,80	1,90	1,80	1,90	1,90
Gasto máximo diario actual	l/s	17,2	2,1	11,3	1,0	4,8
Gasto máximo horario actual	l/s	19,3	2,4	12,7	1,2	5,5
Gasto máximo diario actual	l/s	20,9	2,5	13,8	1,3	5,8
Gasto máximo horario actual	l/s	23,5	2,9	15,5	1,4	6,9

2.3 Composición de la obra:

2.3.1 Análisis de la variante 1.

Fuente:

Se propone como fuente de abasto dos pozos a perforar en la meseta de Meneses, uno para la explotación y el otro de reserva, ubicados en las coordenadas N= 677 300,000 E=268 230,000, que garanticen un gasto de 50 l/s cada uno para satisfacer la demanda de los cinco asentamientos.

De acuerdo a las características de la cuenca subterránea de la meseta, los pozos perforados y en explotación para el regadío de cultivos, tienen buena fertilidad capaz de satisfacer la demanda solicitada.

Estación de bombeo:

En el área de la fuente de abasto (pozos) se construirá una estación de bombeo con todas las condiciones necesarias para la estancia de los operadores, controles eléctricos de los equipos de bombeo y una estación de cloración, que en el caso de esta, se propone la aplicación de cloro gas dado al gasto a extraer y distribuir a los usuarios.

Características del equipo de cloración:

Caudal (GPM) * 0,12 * Dosis (PPM)

GPM = Flujo o Caudal en galones por minutos

PPM = Partes por millón

PPD = Libras al día

m^3/h (agua) * dosis (mg/l) = miligramos /hora (mg/h)

Caudal 720 gpm * 0,12 * 3 ppm = 25,9 PPD = 489 g/h.

50 PPD (1 000 g/h)

Se necesita un clorador modelo HYDRO 500 (un solo punto de aplicación).

Características técnicas de los equipos de bombeo:

Para el bombeo del agua desde la fuente hasta el tanque apoyado es necesario dos bombas sumergibles (una de reserva) con un gasto de 50 l/s y H=60 m.c.a.

Conductoras:

Descripción general de las conductoras.

1. Conduccion desde la estación de bombeo al tanque apoyado.
2. Conduccion desde tanque apoyado al nudo 5.
3. Conduccion desde el nudo 5 al punto de entrega de Jarahueca.
4. Conduccion desde el nudo 5 a punto de entrega de Itabo
5. Conduccion desde el nudo 5 al nudo 10.
6. Conduccion desde el nudo 10 a punto de entrega Iguará.
7. Conduccion desde el nudo 10 a punto de entrega San José.
8. Conduccion desde el nudo 2 al punto de entrega Piñero.

Conduccion desde la estación de bombeo al tanque apoyado:

Esta obra estará compuesta por una conduccion, que parte de la estación de bombeo hasta una elevación natural del terreno con cota topográfica 268,00, donde se ubicará el tanque apoyado, al oeste de la carretera Sancti Spíritus-Yaguajay, coordenadas

$N=675\,737,00$ $E=268\,378,00$. Este conducto de PEAD tendrá una longitud aproximada de $2\,000,00$ m y un diámetro de 250 mm, $Q=55,0$ l/s, $V=1,43$ m/s, $hf=7,25$ m, $P_n=0,6$ MPa.

Conductora desde tanque apoyado al nudo 5:

Esta conductora nace en el tanque apoyado, baja hasta llegar a la carretera Sancti Spiritus – Yaguajay, gira a la derecha para llegar al entronque de la carretera Jarahueca-Perea, punto que llamaremos NUDO 5. Esta conductora será de PEAD, $\varnothing=315$ mm long= $2\,500$ m, con un $Q=50$ l/s, $V=1,28$ l/s, $hf=5,91$ m y $P_n=0,6$ MPa.

Conductora desde el nudo 5 al punto de entrega de Jarahueca:

Esta conductora sale del Nudo 5 por la margen derecha de la carretera hasta llegar al punto de entrega de Jarahueca, la cual será de PEAD, $Q_{MD}=13,89$ l/s, con una longitud igual a $3\,900,00$ m, $\varnothing=160$ mm, $V=1,53$, $hf=13,89$ m y $P_n=0,6$ MPa.

Conductora desde el nudo 5 a punto de entrega de Itabo:

Comienza en el Nudo 1 y se extiende por la margen derecha de la carretera a Itabo hasta el punto de entrega o tanque elevado de esta comunidad. La misma tiene una longitud de $3\,400,00$ m, $\varnothing=110$ mm, $Q=8,82$ l/s, $V=1,09$ m/s, $hf=11,52$ m y $P_n=0,6$ MPa.

Conductora desde el nudo 5 al nudo 10:

Esta conductora comienza en el Nudo 5, con un recorrido por la margen izquierda de la carretera Jarahueca-Perea hasta el poblado de San José, (Nudo 10), tiene una extensión de $5\,850$ m, diseñada de PEAD, con un $\varnothing=250$ mm, $Q=24,7$ l/s. $V=0,64$ m/s, $hf=1,63$ m y $P_n=0,6$ MPa.

Conductora desde el nudo 10 a punto de entrega San José:

Esta conductora será diseñada desde el Nudo 2 hasta el punto de entrega de San José, con tubería de PEAD, $P_n=0,6$ MPa, long.= 150 m, $\varnothing=110$ mm, $Q=2,5$ l/s, $V=0,31$ m/s y $hf=1,12$ m.

Conductora desde el nudo 10 a punto de entrega Iguará:

Esta conductora comienza en el Nudo 10 hasta el punto de entrega de Iguará, tubería de PEAD, con una longitud de 1350 m, $Q = 20,9$ l/s, $\varnothing = 160$ mm, $P_n = 0,6$ MPa, $h_f = 11,42$ m, $V = 1,17$

Conductora desde el nudo 2 al punto de entrega Piñero:

La conductora de abasto Piñero comienza en el Nudo 2 y termina en el punto de entrega del poblado, la misma se diseña de PEAD, $P_n = 0,6$ MPa, $long = 2000$ m, $\varnothing = 110$ mm, $V = 0,16$ m/s y $h_f = 0,33$ m.

Tanque apoyado:

El tanque fue calculado para un volumen de 2000 m³, que representa el 50 % del Consumo Máximo Diario y el mismo estará ubicado en una elevación natural, en la cota 268,00, la que tomaremos como cota de solera del depósito encargado de distribuir el agua a los cinco asentamientos objeto de estas ideas conceptuales.

Con el Software EPANET, se modeló el sistema para la entrega del CMD a los cinco poblados, que en total suman un gasto de 50 l/s, los cuales serán depositados en cada reservorio existente en las comunidades. En la descripción de las conductoras anteriores se muestran los resultados obtenidos del análisis de esta variante.

(Ver fig. 2 Esquema del sistema variante 1)

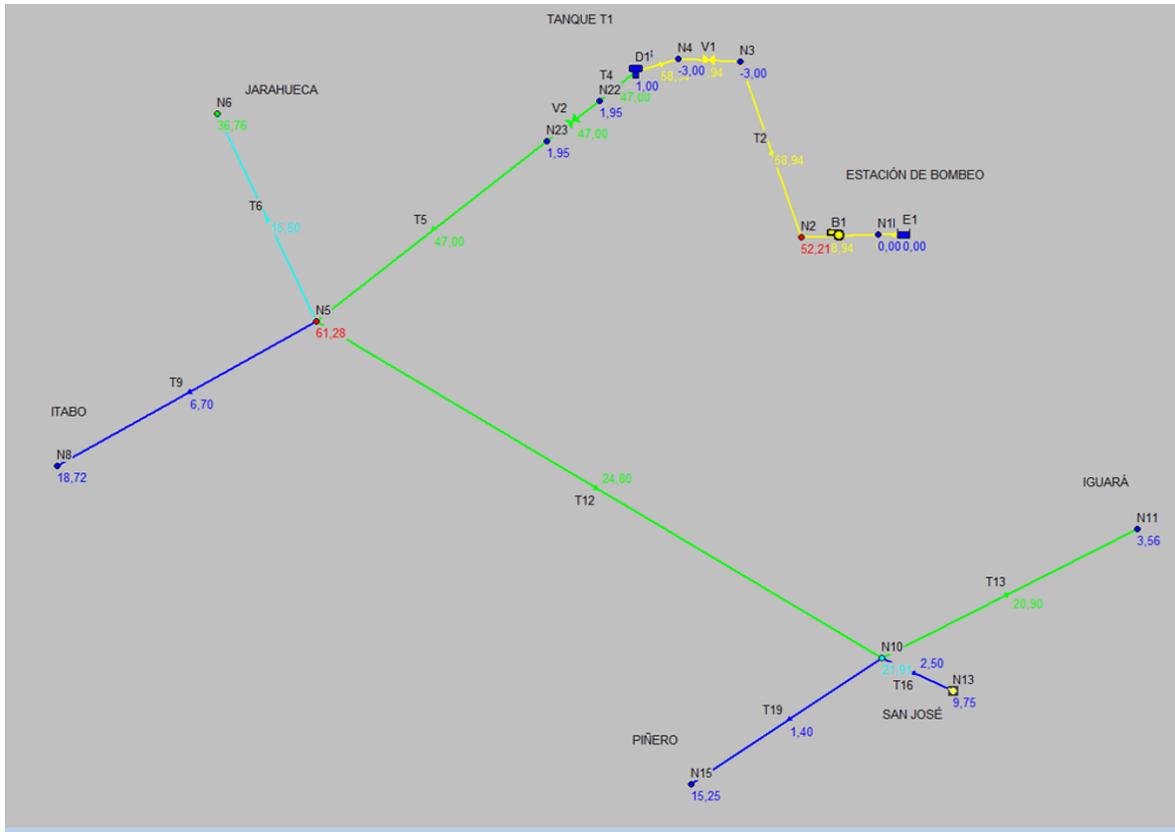


Fig. 2. Esquema del sistema variante 1

Tabla 4 - Estados de los nudos de la red

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Nudo N 1	231	0	231	0
Nudo N 2	231	0	283,21	52,21
Nudo N 3	272	0	269	-3
Nudo N 4	272	0	269	-3
Nudo N 5	196	0	257,28	61,28
Nudo N 6	200	15,5	236,76	36,76
Nudo N 8	215	6,7	233,72	18,72
Nudo N 10	227	0	248,91	21,91
Nudo N 11	233	20,9	236,56	3,56
Nudo N 13	239	2,5	248,75	9,75
Nudo N 15	233	1,4	248,25	15,25
Nudo N 22	267	0	268,95	1,95
Nudo N 23	267	0	268,95	1,95
Embalse E 1	231	Sin Valor	231	0
Depósito D 1	268	Sin Valor	269	1

Tabla 5 – Estado de las Líneas de la Red.

Estado de las Líneas de la Red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
ID Línea	m	m m	LPS	m /s	m /km
Tubería T1	0,001	1000	58,94	0,08	0
Tubería T2	2 000	230,6	58,94	1,41	7,1
Tubería T3	0,001	500	58,94	0,3	0
Tubería T4	10	230,6	47	1,13	4,67
Tubería T5	2 500	230,6	47	1,13	4,67
Tubería T6	3 900	147,6	15,5	0,91	5,26
Tubería T9	3 400	101,4	6,7	0,83	6,93
Tubería T12	5 850	230,6	24,8	0,59	1,43
Tubería T13	1 350	147,6	20,9	1,22	9,15
Tubería T16	150	101,4	2,5	0,31	1,12
Tubería T19	1 750	101,4	1,4	0,17	0,38
Bomba B1	Sin Valor	Sin Valor	58,94	0	-52,21
Válvula V1	Sin Valor	250	58,94	1,2	0
Válvula V2	Sin Valor	250	47	0,96	0

2.3.2 Análisis de la variante 2.

En análisis del sistema general de abasto de agua a los cinco asentamientos y teniendo en cuenta la ubicación de la fuente de abasto, proponemos, en esta variante, buscar mayor racionalidad en la ejecución de la obra y a la vez encontrar una mejor funcionalidad del sistema en general.

Para esta variante proponemos que la fuente, estación de bombeo y equipos de cloración y bombeo se mantengan con el mismo diseño de la variante 1, y cambiar los trazados de las conductoras, así como, la construcción de dos reservorios de distribución, uno de 1000 m³ (Tanque T-2) para Jarahueca e Itabo y otro de 500 m³ (Tanque T-1) para Iguará, San José y Piñero.

Para el cálculo de esta obra de la variante 2, se utilizó el programa de EPANET para modelar la funcionalidad del sistema el cual detallaremos a continuación.

Descripción general de las conductoras.

1. Conductora estación de bombeo a tanque Iguará, San José y Pinero, (T-1)
2. Conductora estación de bombeo a tanque Jarahueca e Itabo, (T-2)
3. Conductora T-2 a Nudo 5 (Entronque carretera Perea con carretera a Yaguajay)
4. Conductora Nudo 5 a punto entrega Jarahueca.
5. Conductora Nudo 5 a punto entrega Itabo.
6. Conductora T-1 a Nudo 24 (Entrada a punto entrega Iguará)
7. Conductora Nudo 24 a Nudo 10 (San José)
8. Conductora Nudo 10 a punto de entrega Piñero.

Conductora estación de bombeo a tanque Iguará, San José y Pinero, (T-1):

Esta conductora sale de la estación de bombeo por una guardarraya para después tomar la carretera de acceso a Iguará, y entrar al T-1, ubicado en una elevación al oeste de la fuente. Las características de la tubería son: PEAD, $\varnothing = 200 \text{ mm}$, $P_n = 0,6 \text{ MPa}$, $\text{long} = 3\ 300 \text{ m}$, $Q = 24,23 \text{ l/s}$, $V = 0,91 \text{ m/s}$ y $h_f = 4,05 \text{ m}$.

Conductora estación de bombeo a tanque Jarahueca e Itabo, (T-2):

Esta conductora comienza en la estación de bombeo y su trazado es por una guardarraya que sale a la carretera que va a Yaguajay para subir a una elevación natural del terreno con cota topográfica 268,00, donde se ubicará el tanque apoyado, (T-2), al oeste de la carretera, coordenadas $N = 675\ 737,00$ $E = 268\ 378,00$. Este conducto de PEAD tendrá una longitud aproximada de 2 000,00 m y un diámetro de 200 mm, $Q = 20,0 \text{ l/s}$, $V = 1,17 \text{ m/s}$, $h_f = 8,43$, $P_n = 0,6 \text{ MPa}$.

Conductora desde el T-2 a nudo 5:

Esta conductora nace en el tanque apoyado (T-2), baja hasta llegar a la carretera Sancti Spiritus – Yaguajay, gira a la derecha para llegar al entronque de la carretera Jarahueca - Perea, punto que llamaremos NUDO 5. Esta conductora será de PEAD, $\varnothing = 160 \text{ mm}$ $\text{long} = 2\ 500 \text{ m}$, con un $Q = 26,97 \text{ l/s}$, $V = 1,58 \text{ l/s}$, $h_f = 14,67 \text{ m}$ y $P_n = 0,6 \text{ MPa}$. Desde este NUDO 5 se distribuirá para Jarahueca e Itabo.

Conductora desde el Nudo 5 al punto de entrega de Jarahueca:

Esta conductora sale del Nudo 5 por la margen derecha de la carretera hasta llegar al punto de entrega de Jarahueca, la cual será de PEAD, con una longitud= 3 900,00 m , $\varnothing = 160 \text{ mm}$, $Q = 15,8 \text{ l/s}$, $V = 1,21$, $hf = 9,06 \text{ m}$ y $P_n = 0,6 \text{ MPa}$.

Conductora desde el nudo 5 a punto de entrega de Itabo:

Comienza en el Nudo 5 y se extiende por la margen derecha de la carretera a Itabo hasta el punto de entrega o tanque elevado de esta comunidad. La misma tiene una longitud de 3 400,00 m , $\varnothing = 110 \text{ mm}$, $Q = 6,19 \text{ l/s}$, $V = 0,77 \text{ m/s}$, $hf = 5,98 \text{ m}$ y $P_n = 0,6 \text{ MPa}$.

Conductora T-1 a Nudo 24 (Entrada a punto entrega Iguará):

Esta conductora comienza en el tanque apoyado T-2, cuyo trazado baja del tanque hasta una guardarraya para seguir hasta la carretera de Iguará y seguir por esta hasta llegar al punto de entrega (Nudo 24), para hacer entrega del gasto correspondiente al asentamiento poblacional Iguará, tiene una extensión de 2 900 m , diseñada de PEAD , con un $\varnothing = 200 \text{ mm}$, $Q = 26,97 \text{ l/s}$. $V = 1,58 \text{ m/s}$, $hf = 14,67 \text{ m}$ y $P_n = 0,6 \text{ MPa}$.

Conductora Nudo 24 a Nudo 10 (San José):

Esta conductora será diseñada desde el Nudo 24 hasta el Nudo-10, punto de entrega de San José, con tubería de PEAD, $P_n = 0,6 \text{ MPa}$, $long. = 1 300 \text{ m}$, $\varnothing = 110 \text{ mm}$, $Q = 4,54 \text{ l/s}$, $V = 0,56 \text{ m/s}$ y $hf = 3,37 \text{ m}$.

Conductora Nudo 10 a punto de entrega Piñero:

La conductora de abasto Piñero comienza en el Nudo 10 y termina en el punto de entrega del poblado, la misma se diseña de PEAD, $P_n = 0,6 \text{ MPa}$, $long = 2 000 \text{ m}$, $Q = 4,26 \text{ l/s}$, $\varnothing = 90 \text{ mm}$, $V = 0,56 \text{ m/s}$ y $hf = 3,00 \text{ m}$

Tanque Apoyado T-2:

Este depósito estará ubicado en el mismo emplazamiento del tanque de la Variante 1, pero con capacidad de 500 m³ que representa el 30 % de la demanda máxima diaria de los asentamientos de Jarahueca e Itabo.

Tabla 6 - Volúmenes de los tanques y tuberías por variantes.

Variantes	Tanques (u)	Volumen m ³	Tuberías (m) Diámetro (mm)						Total
			90	110	160	200	250	315	
1	1	2000		5300	3900		5800	2500	17550
2	2	1000/500	2000	8200	5400	6200			21800

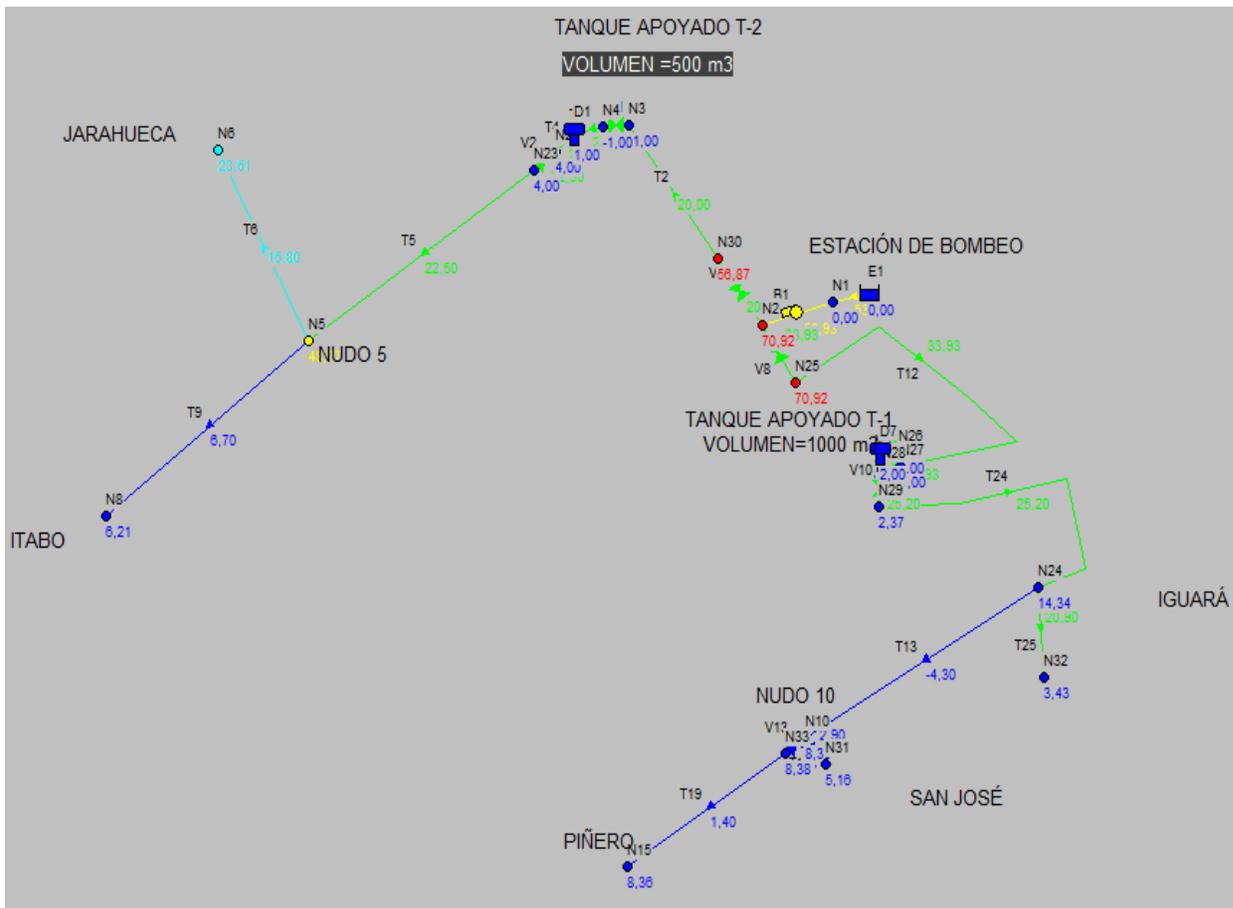


Fig. 3. Esquema del sistema variante

Tabla 7 – Estados de las Líneas de la Red.

Estado de las Líneas de la Red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida unitaria.
ID Línea	m	mm	l/s	m/s	m/km
Tubería T1	0,001	1000	53,93	0,07	0
Tubería T2	2 000	147,6	20	1,17	8,43
Tubería T3	0,001	500	20	0,1	0
Tubería T4	10	290,6	22,5	0,34	0,39
Tubería T5	2 500	147,6	22,5	1,31	10,49
Tubería T6	3 900	147,6	15,8	0,92	5,45
Tubería T9	3 400	101,4	6,7	0,83	6,93
Tubería T13	1 300	101,4	-4,3	0,53	3,05
Tubería T16	150	101,4	2,9	0,36	1,47
Tubería T19	2 000	83	1,4	0,26	1,01
Tubería T12	3 300	184,6	33,93	1,27	7,55
Tubería T22	0,001	1000	33,93	0,04	0
Tubería T23	10	147,6	25,2	1,47	12,94
Tubería T24	2 900	147,6	25,2	1,47	12,94
Tubería T25	100	147,6	20,9	1,22	9,15

2.4 Redes de distribución de los asentamientos.

Las redes de distribución existentes, excepto Piñero, están en mal estado por los años de explotación, no tienen un diseño técnico adecuado que satisfagan la demanda y presión apropiada para garantizar un servicio eficiente y no cubren toda el área habitada de cada comunidad.

2.4.1 Composición red de Jarahueca:

La red de distribución de Jarahueca está compuesta, en su mayoría, por tuberías de acero al carbono de múltiples diámetros recuperadas de los antiguos centrales azucareros del municipio Yaguajay, que por los años de explotación se encuentra en muy mal estado y no abarca a toda el área de la comunidad.

Teniendo en cuenta el estado de la red existente se propone el diseño y construcción de la red de distribución, como complemento del sistema de abasto propuesto en estas ideas conceptuales.

En el esquema que se mostrará a continuación se muestra la red de distribución modelada con el software EPANET, así como los resultados del comportamiento de la misma en las líneas y nodos del sistema de distribución.

Se puede apreciar en este análisis preliminar, que no es necesario la construcción o utilización de reservorios en los poblados ya que el tanque propuesto (T-1), garantiza la demanda máxima horaria y las presiones requeridas según la norma de diseño de acueducto en el punto crítico de 14 m ó 24 m ca.

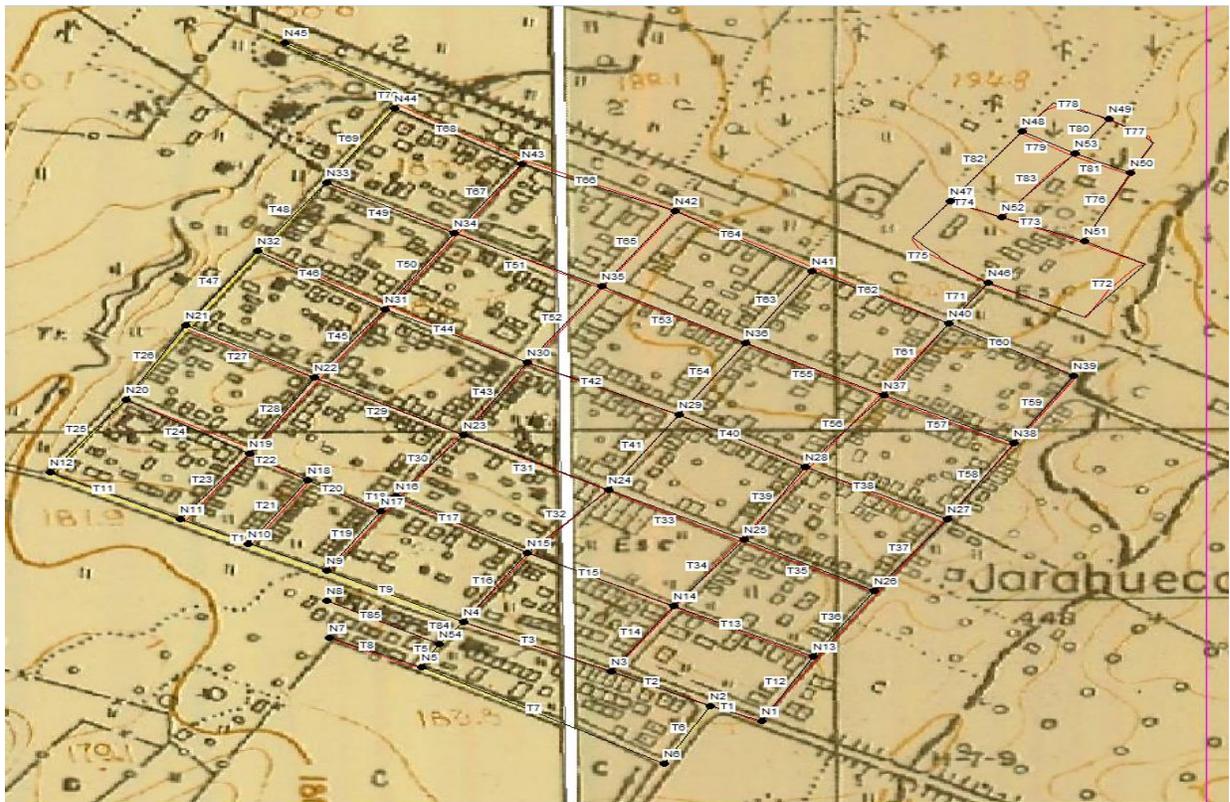


Fig. 4. Esquema de la red de Jarahuéca.

Tabla 8 - Resumen Estados de las Líneas de la Red de Jarahueca.

Tuberías	Longitud
Tubería PEAD Ø 110 mm (Tuberías principales)	1 063,21 m
Tubería PEAD Ø 90 mm (Tuberías relleno)	7 210,34 m .

Esta red tiene un valor estimado por índice de 900,00 MP.

En el PID, se pueden valorar las líneas donde las pérdidas son altas aumentando los diámetros del conducto en esos tramos.

2.4.2 Composición red de Itabo:

La red de distribución de Itabo está compuesta, en su mayoría, por tuberías de Asbesto Cemento diámetros 100 mm y en algunos tramos de HoFo, todo en la comunidad original, en las ampliaciones del poblado existen redes sin diseño técnico adecuado y en algunos lugares no existe.

Debido a esta situación se propone, que una vez, se haya llevado el agua hasta el pueblo, se diseñe y construya la red de distribución, rehabilitando la existente y ampliándola a toda la población de la periferia.

La red, una vez modelada en el software EPANET, dio los resultados que a continuación se muestran en la tabla.

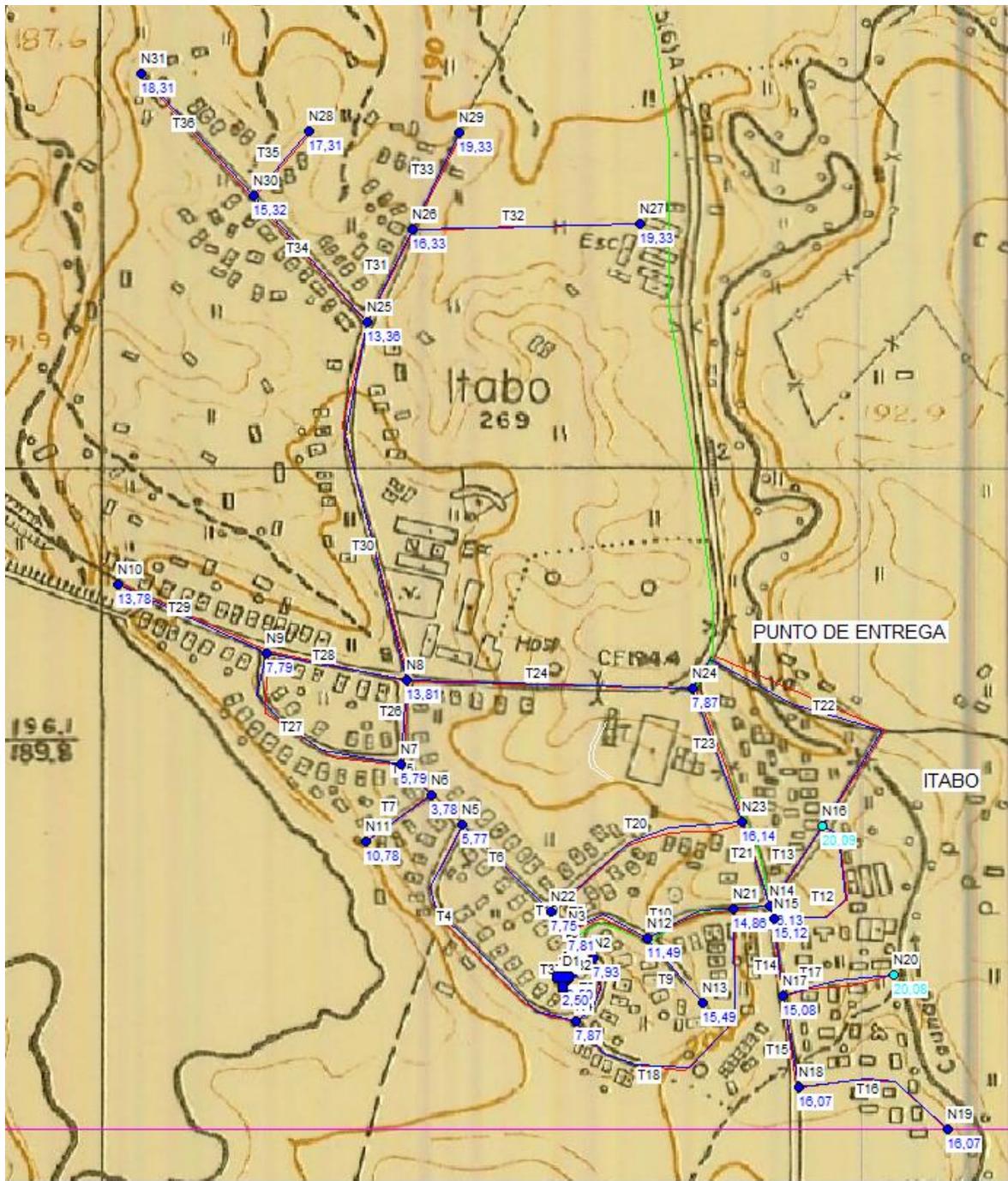


Fig. 5. Esquema de la red de Itabo.

Tabla 9 – Resumen Estados de las Líneas de la Red de Itabo.

Tuberías	Longitud
Tubería PEAD Ø 90 m m	4 408,60 m
Tubería PEAD Ø 110 m m	457,70 m
Tubería PEAD Ø 160 m m	34,34 m

Esta red tiene un valor estimado por índice de 500,00 M P.

2.4.3 Composición red de Iguará:

El asentamiento poblacional de Iguará tiene un sistema de distribución de agua compuesto por la fuente, (insuficiente para garantizar la demanda), red de distribución y un tanque elevado de compensación de 90 m³ de capacidad, actualmente no funciona debido a que el agua extraída de la fuente no satisface las necesidades de la población actual. En el proyecto ejecutivo se debe tener en cuenta elaborar un proyecto para la reparación de este reservorio en caso de ser necesario ya que con el tanque T1, propuesto en la parte alta de la meseta es suficiente para garantizar las presiones y gasto requeridos en Iguará.

Consideramos que por el tiempo de explotación de la red, la que se encuentra en mal estado técnico además de no cubrir a toda la población, esta debe ser rehabilitada totalmente y rediseñada de acuerdo a la tecnología vigente.

Se analizó, conjuntamente con la red de Iguará, la red de San José como una extensión de la primera obteniéndose resultados satisfactorios en todos los elementos de cálculos, como son gasto, velocidad, presión, etc.

Teniendo en consideración la población de diseño, se moduló en el software EPANET la red de distribución alcanzando los resultados que se muestran en las siguientes tablas.

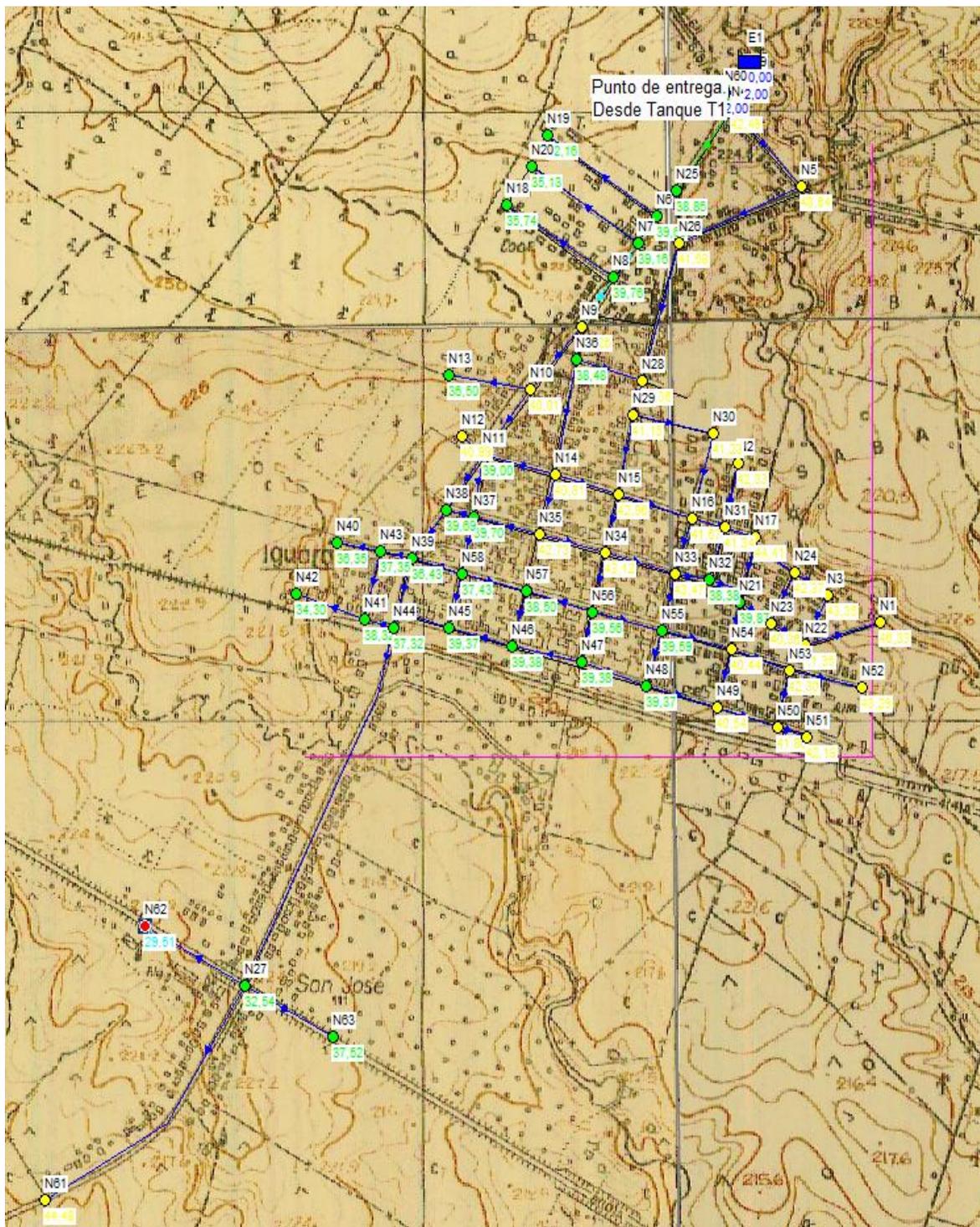


Fig. 3 Esquema de la red Iguará.

Tabla 10 - Resumen Estados de las Líneas de la Red de Iguará:

Tuberías	Longitud
Tubería PEAD Ø 90 m m	7 248,00 m
Tubería PEAD Ø 110 m m	2 524,00 m
Tubería PEAD Ø 160 m m	677,00 m .

La red tiene un valor estimado por índice de 1 600,00 MP.

El presupuesto de las Ideas Conceptuales, se calcularon por partes gruesas utilizando índices de consumos.

2.5 Saneamiento.

2.5.1 Sistema de tratamiento de residuales (str), Iguará -San José:

La solución de la evacuación, conducción y tratamiento de los residuales que producen los asentamientos de línea de referencia estará compuesta por una red colectora, un colector principal y una laguna de oxidación.

Datos generales de STR.

Red colectora: longitud= 8 000 m , tubería PEBD Dn= 200 m m .

Colector principal: Longitud= 750 m , PEBD Dn= 250 m m .

Entronques: Longitud: 9 375 m , PEAD , Dn= 160 m m .

Tabla 11- Cálculo y Diseño de una Laguna de Estabilización Facultativa.

(Método de GLOYNA) Asentamientos de Iguará y San José.

Datos Generales			Cálculos		
Denominación	Cant	Um	Denominación	Cant	Um
Población	6 250	hab	Caudal del influente (Q infl)	1 050	m ³ /d
Dotación	210	l/hab/d	Carga orgánica (i)	313	kg/d
Aporte sanitario (APSA)	168	l/hab/d	DBO5 del influente (Yi)	298	mg/l
Aporte per cápita de DBO5	50	g/hab/d	DBO5 última (Yu)	347	mg/l
Temp. media del agua (TH2O)	20	°C	Volumen de la laguna (V)	43 354	m ³
Precipitación promedio (LL)	1 149	mm/a	Adoptando una prof. (h)	2,5	m
Evaporación promedio (Ev)	1 897	mm/a	Área de la laguna.	17 342	m ²
Permeabilidad del terreno (P)	1E-10	m/s	Área de la laguna.	1,7	ha
Espesor del sello arcilla (Lb)	0,4	m	Tasa de trabajo (i)	184	kg/ha/d
Altura desde el NA a la Inv sello (hb)	2,4	m	Tiempo de retención (R.)	41	d
Profundidad del NF (La)	12,0	m	Ancho de la base	108	m

El valor total por índice de este STR es de: \$ 2 480,00 MP.

2.5.2 Sistema de Tratamiento de Residuales (str), Itabo.

Esta comunidad cuenta con un sistema de redes colectoras que recolectan los residuales de la comunidad inaugural, y carecen de este servicio las ampliaciones que se han ejecutado posteriormente. El sistema de tratamiento residual (STR) está constituido por un tanque decantador que luego distribuye a dos tanques, cuya disposición final es un arroyo afluente de la micropresa Itabo. Este STR, ya no funciona por la falta de operación y mantenimiento. El colector desde el poblado al STR está en mal estado técnico deteriorado totalmente por estar construido con tuberías de barro y algunas de fibro cemento con más de 50 años de explotación y sin el debido mantenimiento.

Este sistema debe ser rehabilitado en su totalidad incluyendo las ampliaciones que ha tenido la comunidad después de su inauguración.

La laguna cumple con los indicadores establecidos en la NC 27:2012, Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado- Especificaciones

Tabla 12- Cálculo y diseño de una laguna de estabilización facultativa.

(Método de GLOYNA) Comunidad Itabo

Datos Generales			Cálculos		
Denominación	Cant	Um	Denominación	Cant	Um
Población	1 616	hab	Caudal del influente (Q infl)	200	m ³ /d
Dotación	155	l/hab/d	Carga orgánica (i)	81	kg/d
Aporte sanitario (APSA)	124	l/hab/d	DBO5 del influente (Yi)	403	mg/l
Aporte per cápita de DBO5	50	g/hab/d	DBO5 última (Yu)	470	mg/l
Temp. med del agua (TH2O)	20	°C	Volumen de la laguna (V)	1 1207	m ³
Precipitación prom (LL)	1 149	mm/a	Adoptando una prof. (h)	1,5	m
Evaporación promedio (Ev)	1 897	mm/a	Área de la laguna.	7 471	m ²
Permeabilidad del terreno (P)	1E-10	m/s	Área de la laguna.	0,7	ha
Espesor del sello arcilla (Lb)	0,4	m	Tasa de trabajo (i)	115	kg/ha/d
Altura desde el N.A. a la inv. sello (hb)	1,5	m	Tiempo de retención (R.)	56	d
Profundidad del NF (La)	12,0	m	Ancho de la base	71	m

El valor total por índice de este STR es de: \$ 790,00 MP.

2.5.3 Sistema de tratamiento de residuales (str), Jarahueca.

La comunidad de Jarahueca no cuenta con servicio de alcantarillado, por lo que la totalidad de su población tiene servicio de fosas individuales por vivienda. Por esta razón se propone dotarla de un sistema de tratamiento compuesto por una laguna, colector y las redes colectoras con entronques domiciliarios.

El colector principal se propone de tubería de PEBD corrugada la que tendrá una longitud de 500 m con diámetro 250 mm, para conducir un volumen de 23,24 l/s, las redes colectoras tendrá el mismo tipo de tuberías que el colector, cuya longitud total asciende a 8500 m, diámetro 200 mm.

La laguna se propone que sea facultativa, cuyas características y métodos de cálculos se exponen en las tablas que a continuación se relacionan.

Tabla 13 - Cálculo y diseño de una laguna de estabilización facultativa. (Método de GLOYNA) Jarahueca.

Datos generales			Cálculos		
Denominación	Cant	um	Denominación	Cant	um
Población	3 552	hab	Caudal del influente (q infl)	634	m ³ /d
Dotación	210	l/hab/d	Carga orgánica (i)	149	kg/d
Aporte sanitario (APSA)	178,5	l/hab/d	Dbo5 del influente (yi)	235	mg/l
Aporte per cápita de dbo5	42	g/hab/d	Dbo5 última (yu)	274	mg/l
Temp. media del agua (th2o)	20	°C	Volumen de la laguna (v)	20 672	m ³
Precipitación promedio (ll)	1 364	mm/a	Adoptando una profundidad. (h)	2,5	m
Evaporación promedio (ev)	440	mm/a	Área de la laguna.	8 269	m ²
Permeabilidad del terreno (p)	1E-10	m/s	Área de la laguna.	0,8	ha
Espesor del sello arcilla (Lb)	0,4	m	Tasa de trabajo (i)	187	kg/ha/d
Altura desde el NA a la Invertida sello (hb)	2,9	m	Tiempo de retención (r.)	33	d
Profundidad del NF (La)	5,0	m	Ancho de la base	74	m

El valor total por índice de este STR es de: \$ 1 470,00 MP.

2.5.4 Sistema de tratamiento de residuales (str), Piñero.

La población futura de este asentamiento es de 425 habitantes, que aportarán un volumen de residual de 52,7 m³/d. Para su tratamiento se necesita la construcción de dos tanques sépticos de 35 m³ cada uno, con zanja de nitrificación para ambos. Estos tanques trabajarán con una eficiencia del 65 % y a la salida de la zanja de nitrificación alcanzarán una eficiencia del 82 %, para ser vertido al cuerpo receptor categoría clase C, índice que se corresponde con la norma NC 27:2012, Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado- Especificaciones.

El costo estimado de esta obra está valorado en: \$ 260,0 MP.

Valor total del sistema de saneamiento: \$ 5 000,00 MP.

Capítulo 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El correcto manejo y control de las redes de abastecimiento, la distribución de agua en condiciones adecuadas de presión y caudal, junto con la necesidad de hacer eficientes y económicamente viables las grandes inversiones necesarias para la construcción y el mantenimiento de estas redes, son los grandes retos que persiguen desde hace años las empresas de distribución de agua potable. En el presente capítulo se analizarán los resultados obtenidos a partir de la simulación, mediante el software Epanet, de las redes de abasto de los asentamientos poblacionales Jarahueca, Itabo, Iguará, San José y Piñero.

3.1 Índices técnico-económicos de las Variantes 1 y 2.

Los índices técnicos – económicos, basados en el sistema presupuestario del PRECONS II, a modo comparativo se muestran al final de las tablas con los resultados de los cálculos de los distintos objetos de obra que comprende el sistema analizado en cada una de las variantes para la conducción del agua hasta los puntos de entrega de los cinco asentamientos poblacionales comprendidos en estas ideas conceptuales.

Tabla 14 - Resumen de los índices técnico económicos de las variantes 1 y 2.

Indicadores	u/m	Variante 1	Variante 2
Habitantes	habitantes	12 161	12 161
Agua a bombear	m ³ /d	4 320	4 320
Costo de la inversión /habitantes	\$/hab	257,28	247,31
Costo de operación y mantenimiento /habitantes		7,10	5,69
Costo anual total/habitantes		289,20	276,13
Costo anual total/m ³ agua producido	\$/m ³	39,73	31,41
Potencia empleada/ caudal bombeado	kW h/m ³	0,01	0,01
Costo de la inversión	pesos	3 128 787,17	3 016 389,85
Costos Anuales Totales		171 629,27	135 813,26
Costo Anualizado Total		3 516 955,57	3 367 466,92
Total de tubería	m	20 800,00	21 100,00

Al analizar los índices técnico económico de las variantes 1 y 2, (tabla 3.2.8), se propone para el PIB la variante 2, representa el 3,9 % menos del costo de la inversión (\$ 121 209,20), con respecto a la variante 1, además, tendrá mejor funcionamiento y comportamiento hidráulico del sistema según las modelaciones que se hicieron con el software EPANET.

3.2 Análisis de las ventajas y desventajas de cada variante.

Ventajas de la Variante 1:

- ✓ Posibilita la inspección de la conductora por el personal encargado y la información de averías por los transeúntes del vial.
- ✓ Facilita las labores de mantenimientos a los dispositivos instalados en el conducto.
- ✓ Las afectaciones en su ejecución serán normales para este tipo de obra.
- ✓ Limita las posibles conexiones ilegales a lo largo del trazado
- ✓ Facilita la construcción de la conductora siempre paralela a las vías existentes.
- ✓ La longitud total del sistema es menor que el de la variante 2.
- ✓ Se requiere solo de la construcción de un tanque de distribución para el abasto de las cinco comunidades.

Desventajas de la Variante 1:

- ✓ Se requieren tuberías de mayor diámetro para garantizar las presiones necesarias en cada punto de entrega.
- ✓ El costo de construcción del tanque, de acuerdo al volumen necesario para la distribución, es mayor que el costo de los dos tanques que requiere la variante dos.
- ✓ Los costos de construcción y sostenibilidad del sistema son mayores que el de la variante dos.
- ✓ El sistema de operación es más complicado, por la distancia a que se encuentran las válvulas de operación y control.

Ventajas de la Variante 2:

- ✓ Posibilita la inspección de la conductora por el personal encargado y la información de averías por los transeúntes del vial.
- ✓ Facilita las labores de mantenimientos a los dispositivos instalados en el conducto.
- ✓ Las afectaciones en su ejecución serán normales para este tipo de obra.
- ✓ Limita las posibles conexiones ilegales a lo largo del trazado
- ✓ Facilita la construcción de la conductora siempre paralela a las vías existentes.
- ✓ Los costos de construcción son menores que el de la variante 1.
- ✓ El volumen total del tanque es menor al igual que el valor total de construcción.
- ✓ Garantiza adecuadamente las presiones en todos los puntos de entrega.
- ✓ Los diámetros de las conductoras de nudo a nudo son menores que los que se utilizan en la variante 1.
- ✓ La operación y sostenibilidad del sistema es más sencillo.

Desventajas de la Variante 2:

- ✓ La longitud de conductoras a colocar es mayor que el de la variante dos, pero se compensa por usarse diámetros menores que en la variante 1.
- ✓ Es necesario la construcción de dos tanques en posiciones diferentes, pero se disminuye la capacidad de almacenamiento en 500 m³ con relación al depósito de la variante 1. El valor de construcción de estos dos tanques es menor.

Conclusiones:

Con la obtención de los resultados del Trabajo de Diploma su autor ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Según la búsqueda bibliográfica y documental, se definieron los aspectos teóricos actuales empleados para el cálculo de sistemas de redes de abastecimiento, logrando así que la ejecución de esta obra en los asentamientos poblacionales Jarahuca, Itabo, Iguará, San José y Piñero tendrán grandes beneficios para una población que sobrepasa los 12 000 habitantes, mejorando así las condiciones de vida.
2. Se realizaron simulaciones mediante el programa de EPANET, demostrando su utilidad como una herramienta para estudiar la operación de dicho sistema.
3. Se analizaron 2 variantes de operación para el mejor funcionamiento del sistema donde la variante 2, resultó más funcional técnicamente y tener menor costo en su ejecución, con diámetros óptimos que no pasan de los 250 mm de diámetro.

Recomendaciones:

1. Se recomienda la rehabilitación prevista de las redes de distribución de los asentamientos en estudio, eliminando todos los salideros y usos indebidos y cambiar algunos tramos de tuberías que son insuficientes.
2. Conjuntamente al abasto de agua ejecutar los sistemas de saneamiento, para garantizar una buena salud ambiental y evitar la contaminación del medio.
3. Construir en la primera etapa las conductoras hasta los puntos de entrega de cada poblado para a través de las maltrechas redes existentes darle valor de uso al sistema para mitigar las afectaciones que cada año se producen por los efectos de la sequía.

Bibliografía

"Catálogo de bombas ABS."

"Índices técnico-económicos para la evaluación de inversiones de las obras hidráulicas."

"Instructivo técnico de tubería PEAD Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos 3ra versión."

11/106, N. (2012). Especificaciones para el diseño y construcción de alcantarillados con tuberías de Polietileno

27, N. (2012). Vertimiento de aguas Residuales al Alcantarillado.

106/21, N.-. Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas.

207-PRO-01 Procedimiento para la confección de presupuestos. Revisión 1.

971-3, N. (2013). Requisitos de alcance y contenido de los servicios técnicos para las inversiones de acueducto-Parte 3: Requisitos de las Ideas Conceptuales.

973, N. (2013). Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas.

14001, N.-I. (2004). "Sistema de Gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso."

Agua, C. (1994.). Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Lineamientos Técnicos para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.

Cárdenas, J. P. (2016). Análisis y Simulación de Alternativas para el Diseño de un Sistema de Acueducto Urbano. .

CNA (2009). Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos.

González, E. M. (2010). Estudio de las condiciones actuales del acueducto de San Antonio de los Baños y propuestas de funcionamiento del sistema una vez rehabilitada la red.

RC-8004 (2007). Indicaciones generales durante las investigaciones ingeniero geológicas.

Rossm an, L. A. EPANET 2 M ANUAL DE USUARIO ..

Steel, E. W . (1986.). Abastecim iento de Agua y Alcantarillado.

Anexos:

Tabla 1. Estados de las líneas de la Red de distribución de Jarahueca.

Estado de las líneas de la red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida unitarias
ID Línea	m	mm	l/s	m/s	m/km
Tubería T1	42,06	101,4	11,43	1,42	18,64
Tubería T2	83,23	101,4	7,77	0,96	9,12
Tubería T3	124,37	101,4	4,88	0,6	3,85
Tubería T5	30,09	83	-2,02	0,37	2
Tubería T6	74,02	83	3,25	0,6	4,82
Tubería T7	212,59	83	2,84	0,53	3,75
Tubería T8	76,63	83	0,41	0,08	0,1
Tubería T9	118,9	101,4	3,96	0,49	2,61
Tubería T10	124,39	101,4	2,29	0,28	0,95
Tubería T11	110,42	101,4	1,04	0,13	0,22
Tubería T12	84,09	101,4	10,3	1,28	15,36
Tubería T13	119,64	83	3,04	0,56	4,26
Tubería T14	88,33	83	2,48	0,46	2,92
Tubería T15	125,35	83	2,45	0,45	2,85
Tubería T16	92,19	83	1,72	0,32	1,47
Tubería T17	117,32	83	2,03	0,38	2,01
Tubería T18	20,37	83	0,63	0,12	0,23
Tubería T19	79,72	83	-1,26	0,23	0,83
Tubería T20	65,19	83	1,48	0,27	1,12
Tubería T21	84,8	83	0,41	0,08	0,1
Tubería T22	52,73	83	0,66	0,12	0,25
Tubería T23	90,59	83	-0,83	0,15	0,39
Tubería T24	110,77	83	-0,44	0,08	0,12
Tubería T25	100,76	83	-0,63	0,12	0,23
Tubería T26	95,91	83	0,66	0,12	0,25
Tubería T27	113,86	83	-0,44	0,08	0,12
Tubería T28	100,09	83	-0,64	0,12	0,24
Tubería T29	129,47	83	-0,98	0,18	0,53
Tubería T30	86,96	83	-0,99	0,18	0,53
Tubería T31	124,61	83	-1,5	0,28	1,14
Tubería T32	94,53	83	-1,72	0,32	1,48
Tubería T33	116,6	83	-1,79	0,33	1,6
Tubería T34	92,89	83	-2,67	0,49	3,34

Tubería T35	114,19	83	-1,8	0,33	1,61
Tubería T36	88,33	101,4	-6,84	0,85	7,2
Tubería T37	98,31	101,4	4,63	0,57	3,5
Tubería T38	121,45	83	1,07	0,2	0,61
Tubería T39	95,1	83	-2,26	0,42	2,46
Tubería T40	112,2	83	1,2	0,22	0,76
Tubería T41	101,1	83	-1,61	0,3	1,31
Tubería T42	128,33	83	1,01	0,19	0,55
Tubería T43	95,58	83	-1,09	0,2	0,64
Tubería T44	122,79	83	0,74	0,14	0,31
Tubería T45	93,96	83	-0,77	0,14	0,33
Tubería T46	115,99	83	0,38	0,07	0,09
Tubería T47	100,78	83	-0,7	0,13	0,28
Tubería T48	93,96	83	0,67	0,12	0,26
Tubería T49	111,17	83	-0,26	0,05	0,05
Tubería T50	101,43	83	-0,72	0,13	0,29
Tubería T51	126,2	83	-0,46	0,09	0,13
Tubería T52	103,49	83	-0,95	0,18	0,5
Tubería T53	125,61	83	-0,61	0,11	0,22
Tubería T54	96,22	83	-1,39	0,26	0,99
Tubería T55	119,75	83	-0,66	0,12	0,25
Tubería T56	101,08	83	-1,72	0,32	1,49
Tubería T57	111,37	83	-0,92	0,17	0,47
Tubería T58	100,44	101,4	-3,16	0,39	1,72
Tubería T59	88,67	101,4	1,83	0,23	0,62
Tubería T60	111,9	83	1,42	0,26	1,03
Tubería T61	95,22	83	-1,57	0,29	1,25
Tubería T62	118,06	83	-0,7	0,13	0,28
Tubería T63	96,22	83	-1,03	0,19	0,58
Tubería T64	123,56	83	-0,08	0,01	0,01
Tubería T65	102,13	83	-0,69	0,13	0,27
Tubería T66	126,59	83	0,2	0,04	0,03
Tubería T67	94,25	83	-0,51	0,09	0,16
Tubería T68	114,33	83	0,3	0,05	0,06
Tubería T69	99,24	83	-0,52	0,1	0,16
Tubería T70	125,58	83	0,41	0,08	0,1
Tubería T71	54,6	83	3,28	0,61	4,89
Tubería T72	211,6	83	1,25	0,23	0,82
Tubería T73	67,5	83	0,28	0,05	0,05
Tubería T74	43,36	83	-0,6	0,11	0,21
Tubería T75	127,1	83	-1,62	0,3	1,32

Tubería T76	85,5	83	0,56	0,1	0,18
Tubería T77	82,2	83	0,12	0,02	0,01
Tubería T78	86,41	83	-0,13	0,02	0,01
Tubería T79	47,54	83	0,07	0,01	0
Tubería T80	47,54	83	0,16	0,03	0,02
Tubería T81	46,42	83	-0,03	0	0
Tubería T82	95,87	83	-0,61	0,11	0,22
Tubería T83	90,87	83	-0,47	0,09	0,13
Tubería T84	31,25	83	1,2	0,22	0,76
Tubería T85	97,74	83	0,41	0,08	0,1
Tubería T4	3900	144,6	22,14	1,35	11,25

Tabla 2. Estados de las líneas de la Red de distribución de Itabo.

Estado de las líneas de la red					
ID Línea	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	m m	l/s	m /s	m /km
Tubería T1	31,17	147,6	6,69	0,39	1,11
Tubería T2	35,99	101,4	2,53	0,31	1,14
Tubería T3	72,07	101,4	1,41	0,17	0,39
Tubería T4	270,64	83	0,97	0,18	0,51
Tubería T5	35,99	101,4	2,53	0,31	1,14
Tubería T7	77,61	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T8	83,43	83	1,61	0,3	1,32
Tubería T9	83,97	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T10	125,19	83	1,17	0,22	0,72
Tubería T11	12,44	83	1,05	0,19	0,59
Tubería T12	158,46	83	-0,07	0,01	0
Tubería T13	94,27	83	0,34	0,06	0,07
Tubería T14	76,63	83	0,89	0,16	0,44
Tubería T15	91,16	83	0,45	0,08	0,12
Tubería T16	161	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T17	106,84	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T18	298,54	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T20	212,12	83	1,13	0,21	0,68
Tubería T6	120,81	101,4	1,87	0,23	0,65

Tubería T19	25,91	101,4	3,22	0,4	1,78
Tubería T21	88,14	83	-0,44	0,08	0,12
Tubería T22	322,59	83	0,05	0,01	0
Tubería T23	139,35	83	0,46	0,09	0,13
Tubería T24	273,13	83	0,29	0,05	0,05
Tubería T25	42,75	101,4	1,36	0,17	0,36
Tubería T26	83,33	101,4	1,43	0,18	0,39
Tubería T27	201,99	83	0,52	0,1	0,16
Tubería T28	135,63	83	-0,07	0,01	0
Tubería T29	156,61	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T30	361,79	83	1,56	0,29	1,24
Tubería T31	101,56	83	0,67	0,12	0,26
Tubería T32	217,24	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T33	105,55	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T34	166,05	83	0,67	0,12	0,26
Tubería T35	82,5	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T36	161,42	83	0,22	0,04	0,03
Tubería T37	3,17	147,6	6,69	0,38	1,03
Tubería T39	42,75	83	0,8	0,15	0,36
Tubería T40	40,85	101,4	2,61	0,32	1,21
Válvula V1	Sin Valor	150	6,69	0,38	0

Tabla 3. Estados de las líneas de la Red de distribución de Iguará.

Estado de las líneas de la red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdidas unitarias
ID Línea	m	mm	l/s	m/s	m/km
Tubería T1	177,62	101,4	5,42	0,67	4,68
Tubería T2	233,48	101,4	5	0,62	4,03
Tubería T3	165,43	144,6	20,72	1,26	9,95
Tubería T4	85,26	101,4	2,9	0,36	1,47
Tubería T5	54,33	144,6	17,4	1,06	7,20
Tubería T6	232,58	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T7	53,69	144,6	16,56	1,01	6,57
Tubería T8	224,96	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T9	71,9	144,6	15,72	0,96	5,97
Tubería T10	221,06	83	0,42	0,08	0,11

Tubería T11	99,68	144,6	14,88	0,91	5,39
Tubería T12	134,96	144,6	8,71	0,53	2,00
Tubería T13	146,39	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T14	135,7	101,4	7,87	0,98	9,35
Tubería T15	47,12	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T16	191,06	83	3,87	0,71	6,64
Tubería T17	132,31	83	0,24	0,05	0,04
Tubería T18	114,6	83	1,26	0,23	0,83
Tubería T19	136,59	101,4	3,54	0,44	2,12
Tubería T20	115,19	101,4	3,52	0,44	2,10
Tubería T21	98,83	83	0,83	0,15	0,39
Tubería T22	69,65	83	0,73	0,13	0,30
Tubería T23	89,07	83	0,31	0,06	0,06
Tubería T24	137,59	83	-0,42	0,08	0,11
Tubería T25	69,11	83	-0,53	0,1	0,17
Tubería T26	95,53	83	-0,5	0,09	0,15
Tubería T27	64,45	83	-0,45	0,08	0,12
Tubería T28	234,33	101,4	7,48	0,93	8,50
Tubería T29	120,54	83	-1,46	0,27	1,09
Tubería T30	58,48	101,4	8,52	1,05	10,81
Tubería T31	144,65	83	2,77	0,51	3,57
Tubería T32	141,78	83	2,35	0,43	2,64
Tubería T33	132,46	101,4	5,33	0,66	4,54
Tubería T34	105,37	83	-0,42	0,08	0,11
Tubería T35	52,67	101,4	5,74	0,71	5,21
Tubería T36	109,72	101,4	4,21	0,52	2,94
Tubería T37	102,05	83	2,58	0,48	3,13
Tubería T38	102,3	83	2,43	0,45	2,82
Tubería T39	96,61	83	2,63	0,49	3,25
Tubería T40	95,84	83	1,94	0,36	1,86
Tubería T41	89,03	83	-0,84	0,16	0,39
Tubería T42	110,26	101,4	1,45	0,18	0,41
Tubería T43	101,75	83	0,82	0,15	0,37
Tubería T44	50,41	83	-0,29	0,05	0,05
Tubería T45	117,61	83	-0,61	0,11	0,22
Tubería T46	119,01	83	1,4	0,26	1,01
Tubería T47	128,86	83	1,53	0,28	1,19
Tubería T48	61,23	83	1,78	0,33	1,58
Tubería T49	79,02	83	0,52	0,1	0,16
Tubería T50	99,88	101,4	4,08	0,51	2,77

Tubería T51	57,46	83	1,58	0,29	1,27
Tubería T52	76,42	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T53	114,46	83	0,74	0,14	0,31
Tubería T54	126,89	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T55	53,56	83	-0,1	0,02	0,01
Tubería T56	116,97	101,4	2,27	0,28	0,93
Tubería T57	117,13	83	-0,87	0,16	0,42
Tubería T58	90	83	-0,19	0,03	0,02
Tubería T59	95,21	83	2,48	0,46	2,91
Tubería T60	92,06	83	1,12	0,21	0,67
Tubería T61	117,61	83	0,75	0,14	0,32
Tubería T62	93,18	83	0,64	0,12	0,24
Tubería T63	113,42	83	-0,17	0,03	0,02
Tubería T64	126,81	83	0,05	0,01	0
Tubería T65	120,54	83	-0,31	0,06	0,06
Tubería T66	82,66	83	0,8	0,15	0,36
Tubería T67	100,82	83	-2,08	0,38	2,11
Tubería T68	127,77	83	0,56	0,1	0,18
Tubería T69	120,49	83	0,43	0,08	0,11
Tubería T70	93,59	83	0,6	0,11	0,21
Tubería T71	124,96	83	0,81	0,15	0,37
Tubería T72	96,97	144,6	0,64	0,04	0,02
Tubería T73	128,86	83	0,61	0,11	0,22
Tubería T74	107,71	83	0,85	0,16	0,40
Tubería T75	94,87	83	0,01	0	0
Tubería T76	110,04	83	0,83	0,15	0,38
Tubería T77	54,77	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T78	130,24	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T79	96,61	83	1,28	0,24	0,85
Tubería T80	79,54	101,4	1,1	0,14	0,24
Tubería T81	2 900	184,6	26,14	0,98	4,66
Tubería T82	26,96	1 000	304,56	0,39	0,12
Tubería T84	642,77	101,4	2,62	0,32	1,22
Tubería T85	511,68	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T86	200,2	83	0,42	0,08	0,11
Tubería T87	177,14	83	0,42	0,08	0,11
Válvula V1	Sin Valor	200	26,56	0,85	0

Tabla 4. Volúmenes trabajos preliminares laguna estabilización facultativa de las comunidades de Iguará y San José. Población = 6 250 habitantes.

Datos generales		
1	2	3
Denominación	UM	Cantidad
Altura Agua (h)	m	2,5
Bordo libre	m	1
Pend. Talud int (m 1)	-	3
Pend. Talud ext (m 2)	-	3
Altura Total (h)	m	2,5
Ancho del fondo (a)	m	120
Largo del fondo (l)	m	180
Ancho al nivel de agua (a)	m	131
Largo al nivel de agua (l)	m	191
Área base (ab)	m ²	21 600
Área espejo agua (ab)		25 149,96
Área del terreno (at)		34 444
Espesor capa vegetal	m	0,30
Dique		
Altura dique (x)	m	1
Ancho del dique (t1)	m	3,5
Ancho base dique (t2)	m	9,5
Área secc transv dique (ast)	m ²	6,5
Long del dique (l)	m	676,6
Cálculos		
Desbroce de vegetación	100 m ²	344,4
Remoción capa vegetal.	m ³	10 333,2
Reposición capa vegetal.		1 033,3
Excavación en explanación		44 370
Dique de material seleccionado (compactado)		4 397,9
Acarreo material sobrante (esponjado)		67 801,3
Acarreo arcilla de préstamo (impermeable)		9 072,0
Siembra de panes silvestres	m ²	2 160,0

Cerca alambre de púa (5 hilos)	m	3 780
Postes de cerca madre	u	80
Postes de cerca sencillos	u	331
Excavación adicional	m ³	32,9
Hormigón m -150		15,84
Registros de bloque (h=1,25 m)	u	6
Tubería PVC de 300 mm	m	197,1

Tabla 5. Volúmenes trabajos preliminares laguna estabilización facultativa comunidad de Itabo. Población = 1 916 habitantes.

Datos generales		
Laguna		
1	2	3
Denominación	U m	Cantidad
Altura agua (h)	m	1,5
Bordo libre	m	1
Pendiente talud int (m 1)	-	3
Pendiente talud ext (m 2)	-	3
Altura total (h)	m	1,5
Ancho del fondo (a)	m	56
Largo del fondo (l)	m	84
ANCHO AL nivel de agua (A)	m	68
1	2	3
LARGO AL nivel de agua (L)	m	96
Área base (ab)	m ²	4 704
Área espejo agua (ab)		6 28
Área del terreno (at)		10 208
Espesor capa vegetal	m	0,30
Dique		
Altura dique (x)	m	1

Ancho del dique (t1)	m	3,5
Ancho base dique (t2)	m	9,5
Área sección transversal del dique (ast)	m ²	6,5
Long del dique (l)	m	359
Cálculos		
Desbroce de vegetación	100 m ²	102,1
Remoción capa vegetal.	m ³	3062,4
Reposición capa vegetal.		306,2
Excavación en explanación		11182
Dique de material seleccionado (compactado)		2333,5
Acarreo material sobrante (esponjado)		15187,6
Acarreo arcilla de préstamo (impermeable)		1975,7
Siembra de panes silvestres	m ²	470,4
Cerca alambre de púa (5 hilos)	m	2060
Postes de cerca madre	u	46
Postes de cerca sencillos	u	193
LARGO AL nivel de agua (L)	m	96
Excavación adicional	m ³	19,1
Hormigón m-150	m ³	8,96
Registros de bloque (h=1,25m)	u	6
Tubería PVC de 300 mm	m	102

Tabla 6. Cálculo y diseño de una laguna de estabilización facultativa. (Método de GLOYNA) asentamiento Jarahueca.

LAGUNA		
Denominación	u/m	Cantidad
1	2	3
Altura del agua (h)	m	2,5
Bordo libre	m	1
Pendiente talud interior (m ₁)	-	3
Pendiente talud exterior (m ₂)	-	3
Altura total (H)	m	3,5
Ancho del fondo (a)	m	99
Largo del fondo (l)	m	297
Ancho al NA (A)	m	114
Largo al NA (L)	m	312

Área base (A_b)	m^2	29 403
Área espejo agua (A_B)	m^2	35 568
Área del terreno (A_T)	m^2	45 424
Espesor capa vegetal €	m	0,30
DIQUE		
Altura dique (x)	m	1
Ancho del dique (t_1)	m	2
Ancho base dique (t_2)	m	8
Área sección transversal dique (A_{st})	m^2	5
Long del dique (L)	m	884
CÁLCULOS		
Desbroce de vegetación	$100 m^2$	454,2
Remoción capa vegetal.	m^3	13 627,2
Excavación en explanación		81 092
Dique de material seleccionado (compact)		4 420
Acarreo material sobrante (esponjado)		133 559,3
Acarreo arcilla de préstamo (impermeable)		12 349,3
Siembra de panes silvestres	m^2	2 940,3
Cerca alambre de púa (5 hilos)	m	4 920
Postes de cerca madre	u	103
Postes de cerca sencillos	u	422
Excavación adicional	m^3	42,0
Hormigón m -150	m^3	20,40
Registros de bloque (h=1,25m)	u	12
Tubería PEAD de 315 mm	m	500

106/21, N.-. Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas.

Agua, C. (1994.). Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Lineamientos Técnicos para el Diseño de Sistemas de Agua.Potable y Alcantarillado.

Cárdenas, J. P. (2016). Análisis y Simulación de Alternativas para el Diseño de un Sistema de Acueducto Urbano. .

CNA (2009). Comisión Nacional del Agua. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos.

Rossm an, L. A. EPANET 2 M ANUAL DE USUARIO ..

Steel, E. W . (1986.). Abastecim iento de Agua y Alcantarillado.