

Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



Título: “Octave y Epanet: automatización del diseño de una red potable”

Kupervaser, Nicolás^a; Podestá, Juan M.^a

a Laboratorio de Mecánica Computacional, Facultad de Ingeniería, UNNE

E-mail: jmapodesta@gmail.com

Resumen

Hoy en día, la abundancia de herramientas tecnológicas computacionales vuelve prácticamente infaltable un análisis desde el punto de vista de la optimización en el diseño de un proyecto en el cual la ingeniería se vea involucrada, siendo que conseguir la mejor solución técnica al menor costo posible es una de las competencias más buscadas en los ingenieros del presente. La potencia que las computadoras personales poseen actualmente vuelven accesibles a este tipo de procesos, que hace no muchos años atrás requerían de gigantescas máquinas para ser llevados a cabo.

En este sentido, para el caso de redes de agua potable, se propone el uso combinado de dos poderosas herramientas computacionales: Epanet y Octave. El Epanet es un poderoso software gratuito cuyo objetivo es el de asistir al análisis y diseño de sistemas de distribución de agua potable. Desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, el principal aporte del software es la simplificación computacional de procedimientos y cálculos iterativos que realizados de forma manual serían muy trabajosos y propensos a errores.

Sin embargo, una capacidad poco explotada es la de ejecutar dicho software de forma automática desde “terminal” o “consola”. De esta forma, se puede utilizar un lenguaje de programación, por ejemplo, Octave, para automatizar la generación de archivos de entrada de datos y lectura de archivos de resultados. Así, dentro del mismo lenguaje, se puede aplicar un algoritmo de optimización al diseño, para lograr analizar un gran número de alternativas para el diseño, estudiando el comportamiento de la red en función de las distintas variables que la componen. Se presenta un código que en lenguaje Octave que automatiza el uso del software Epanet.

Palabras claves: Redes de agua potable, Epanet, Octave

Abstract

Nowadays, the abundance of computational technological tools makes an analysis practically inevitable from the point of view of optimization in the design of a project in which engineering is involved, since obtaining the best technical solution at the lowest possible cost is one of the most sought-after skills in today's engineers. The power that personal computers currently possess makes this type of process accessible, which not many years ago required gigantic machines to be carried out.

In this sense, for the case of drinking water networks, the combined use of two powerful computational tools is proposed: Epanet and Octave. Epanet is a powerful free software whose objective is to assist in the analysis and design of drinking water distribution systems. Developed by the United States Environmental Protection Agency, the main contribution of the software is the computational simplification of procedures and iterative calculations that would be very laborious and prone to errors if done manually.

However, a little exploited capacity is that of executing said software automatically from “terminal” or “console”. In this way, a programming language, for example Octave, can be used to automate the generation of data input files and the reading of results files. Thus, within the same language, an optimization algorithm can be applied to the design, in order to analyze a large number of alternatives for the design, studying the behavior of the network based on the different variables that comprise it. A code is presented in Octave language that automates the use of the Epanet software.

Key words: Water distribution systems, Epanet, Octave

INTRODUCCIÓN

Un sistema de agua potable, en toda ciudad, es sin duda indispensable para el correcto desarrollo de la vida diaria de cada habitante. Asimismo, desde el punto de vista ingenieril, surge el interrogante de cómo lograr la mejor distribución de la misma. En este aspecto entran en juego desde el material de los conductos hasta la ubicación de los distintos nodos de distribución, pasando también por el diámetro de los caños, colocación de bombas y válvulas, etc.

El desafío del presente trabajo recae en lograr una optimización del diseño del sistema, haciendo foco en distintos posibles parámetros y con la vista en distintos objetivos, como puede ser la reducción de costos, la uniformización de las presiones de salida, etc.

Como se menciona en el resumen, una función muy poco explotada es la de la automatización de programas de modelización, en general, y del programa EPANET, en particular. La ejecución del mismo mediante consola, en combinación con la utilización de un código que permita introducir variables y parámetros, leer los resultados del modelo y aplicar una serie de algoritmos para optimizar al máximo las características de la red son procesos poco difundidos en el uso cotidiano del programa que permiten un importante ahorro de tiempo, así como también conducen a la elección del mejor diseño posible.

En este marco, el trabajo tiene como objetivo la realización de dichos códigos para hacer posible la automatización del programa, consiguiendo, en consecuencia, una mayor rapidez en la obtención de resultados más óptimos.

DESARROLLO

REDES DE DISTRIBUCIÓN

Una red de distribución abarca el conjunto de obras destinadas a abastecer de agua potable a la comunidad; agua que reúna las características de calidad física, química y bacteriológica, de manera que sea apta para el consumo humano. Consta el sistema de 5 procesos básicos: captación, conducción, potabilización, almacenamiento y distribución.

Es necesario, por lo tanto, contar con obras de captación, que dependerá de las características de la fuente de abastecimiento, que pueden ser de origen superficial (ríos, lagos, lagunas o manantial), meteóricas y subterráneas. La adopción de la fuente de abastecimiento se define por su calidad y cantidad para explotación.

Luego de dichas obras, se debe conducir y potabilizar el agua, dependiendo este tratamiento de las características que el agua a tratar presente.

A la vez, se debe poder almacenar el agua para poder asegurar el suministro en períodos de alta demanda. Por último, la entrega a los usuarios se realiza a través de

sistemas de redes de distribución, que tienen como finalidad conducir el agua tratada hasta los beneficiarios ubicados en una determinada área.

Tipos de redes

La red de distribución puede ser diseñada de dos maneras: abierta o cerrada.

La red abierta o ramificada comienza en el punto donde la cañería principal se bifurca en dos o más tuberías, las cuales a su vez vuelven a ramificarse y así sucesivamente. Lo típico de esta red y que la caracteriza, es que sólo es posible que el agua realice su recorrido en una dirección, desde la alimentación hasta llegar a cada usuario. Una particularidad de este tipo de redes es la gran cantidad de puntos terminales, a los que el agua llega sin posibilidad de circular, salvo por el consumo final de los usuarios en dichos lugares.

Por otro lado, las redes cerradas o malladas tienen cañerías conectadas entre sí de manera que el agua puede seguir varios caminos, lo que implica que la circulación está determinada por el estado de presiones en la red. [1]

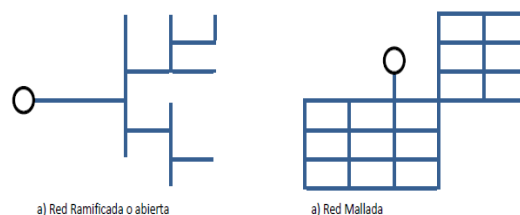


Figura 1. Tipos de redes

Tabla 1. Comparación entre redes abiertas y cerradas

Tipo de red	Ventajas	Desventajas
Abierta	Distribuye a los usuarios que necesitan conexiones sin extenderse de más. Mayor economía.	Existen puntos de aguas muertas. Por reparaciones, deja sin servicio a parte de la población
Cerrada	No presenta aguas muertas. Mayor flexibilidad. Solo se interrumpe el servicio en el tramo en reparación.	Mayor costo

Básicamente, podría decirse que una red, especialmente una de tipo mallada, está compuesta por:

1. Cañerías principales: de mayor diámetro, que abastecen a las secundarias y en algunos casos, directo a los domicilios. Forman las mallas.
2. Cañerías secundarias: son de menor diámetro y abastecen a las conexiones domiciliarias. Están comprendidas dentro de las mallas.
3. Cañerías subsidiarias: de diámetro similar a las secundarias, se colocan paralelas a las principales cuando sobre estas no se instalan conexiones domiciliarias.
4. Nudo: punto de la red donde se empalman cañerías.
5. Tramos: tubería que vincula dos nudos.

Velocidades

El Ente Nacional de Obras Hidráulicas de Saneamiento (ENOHSA) establece una serie de valores límites dentro de los cuales se debe mantener la velocidad para cada determinado diámetro. Las velocidades mínimas se relacionan con evitar la sedimentación y/o decantación de las partículas; mientras que las máximas, se establecen porque, de ser superadas, potencian una serie de fenómenos que generan inconvenientes. Esta última no debe superar los 3m/s.

Tabla 2. Velocidades usuales en tuberías de la red de distribución.

DN de la tubería en mm	Velocidad en m/s
Menor o igual a 200	0,3 a 0,9
250 a 500	0,6 a 1,3
Mayor que 600	0,8 a 2

Diámetros

El diámetro a utilizar en las cañerías que forman las mallas debe surgir del respectivo cálculo, siendo el mínimo de 60mm. En conexiones domiciliarias, por otro lado, el diámetro no debe superar los 300mm. De presentarse dicha situación, deben proyectarse cañerías subsidiarias.

Presiones

La presión dinámica no debe ser menor a 12 m.c.a en los puntos más desfavorables de la red, más alejados del tanque o más altos. Se acepta que en determinados puntos aislados la presión llegue a 8 m.c.a, debiendo ser justificada.

Como presión máxima estática de servicio se establece 50 m.c.a. [2]

EPANET

EPANET es un programa gratuito de código abierto que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en

redes de distribución a presión. De manera básica, representa la red con tuberías, nudos, bombas, válvulas, depósitos y tanques de almacenamiento. Determina el caudal que circula por cada tubería, la presión en cada nudo, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos presentes en la red en distintos intervalos de tiempo.

EPANET incluye las siguientes características [3]:

- no existe límite en el tamaño de la red
- calcula las pérdidas por fricción mediante las expresiones de Williams - Hazen, Darcy - Weisbach o Chezy - Manning.
- Incluye pérdidas locales en elementos como codos, acoplamientos, etc.
- permite presentar cualquier geometría de tanques.
- considera distintas categorías de consumo en los nudos.
- Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como a velocidad de giro variables.
- Calcula la energía consumida y el costo de bombeo de las estaciones.
- Modela diferentes tipos de válvulas.

Componentes físicos

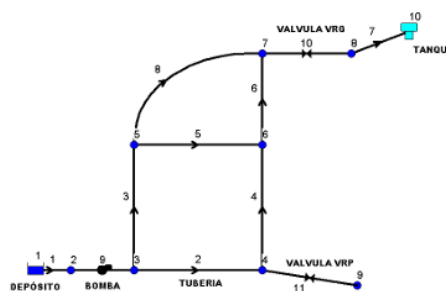
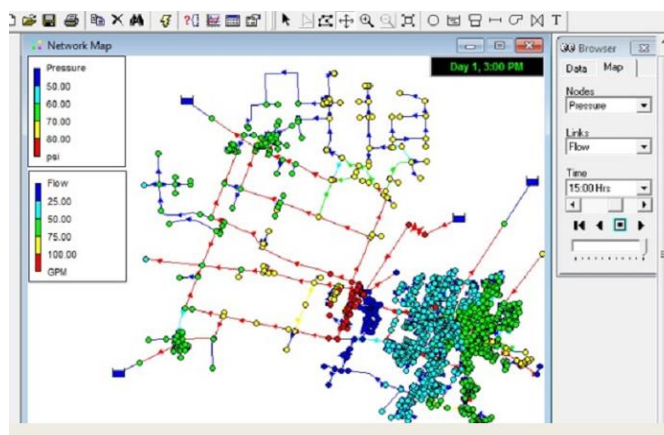


Figura 2. Componentes físicos de una red de distribución de agua

EPANET modela un sistema de distribución de agua como una serie de líneas conectadas a los nudos. Las líneas representan tuberías, bombas y válvulas de control. Los nudos representan conexiones, tanques y depósitos.

Figura 3. Disposición gráfica de la red en EPANET



➤ Conexiones

Son puntos en la red donde se unen las líneas o por donde entra o sale el agua de la red. La información que se requiere para las conexiones es: cota, demanda de agua y calidad inicial del agua. También pueden tener una demanda variable en el tiempo, diferentes categorías de demandas, demanda negativa (significa que entra agua a la red) o ser fuentes de calidad del agua por donde los constituyentes entran en la red.

Como resultado, se obtiene al final de la simulación la altura piezométrica, la presión y la calidad del agua.

➤ Depósito

Son utilizados para modelizar lagos, ríos y conexiones a otros sistemas. Sus principales características son su altura piezométrica y su calidad inicial para el análisis de la calidad del agua. El depósito es un punto frontera de la red, su altura y calidad del agua no pueden verse afectadas por lo que ocurra en el resto del sistema.

➤ Tanque

Son nudos con capacidad de almacenamiento, donde el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo a lo largo de la simulación. Las principales características de los tanques son: cota, diámetro, valores iniciales máximos y mínimos de agua y calidad del agua inicial. Los principales valores que se piden a lo largo del tiempo son: nivel de la superficie libre de agua y calidad del agua

Operan limitados por niveles máximos y mínimos. El programa detiene el aporte de caudal si el nivel de tanque está al mínimo y detiene el consumo si está al máximo.

➤ Tuberías

Son líneas que llevan el agua de un punto a otro de la red. EPANET asume que se encuentran completamente llenas en todo momento. Sus parámetros más importantes son: nudos de entrada y salida, diámetro, longitud, rugosidad y estado (abierta o cerrada).

Podemos obtener valores de: caudal, velocidad, pérdidas, variación de la velocidad y de la calidad.

Las líneas también representan bombas, que son elementos que aportan energía incrementando la altura piezométrica del fluido. Sus características más importantes son su entrada y salida y su curva característica. El caudal que atraviesa la bomba es unidireccional, pero si las condiciones del sistema requieren que la bomba trabaje fuera de sus posibilidades, EPANET intentará desconectarla.

Por otro lado, las válvulas son líneas que limitan la presión y el caudal en puntos específicos de la red.

Componentes no físicos

EPANET utiliza información de tres tipos: curvas, patrones y controles; que describen el comportamiento y los aspectos operacionales de un sistema de distribución.

Curvas: representan la relación existente entre pares de datos. EPANET utiliza los siguientes tipos de curvas: curva característica de una bomba, curva de rendimiento, curva de volumen y curva de pérdidas.

Curva característica: representa la relación entre la carga y el caudal que una bomba puede suministrar. La carga es la ganancia o altura que la bomba aporta al agua y se representa en el eje de ordenadas. El caudal se representa en el eje de abscisas en unidades de flujo. La curva puede ser de un solo punto o de tres puntos. La de un solo punto es una curva que se define por una sola combinación carga-flujo que representa el punto de funcionamiento deseado; EPANET luego agrega dos puntos más suponiendo que el valor de la carga de cierre a flujo cero es de 133% de la carga de diseño y un flujo máximo a carga cero es el doble del flujo de diseño. La curva de tres puntos, por otro lado, se define por tres puntos de funcionamiento: un punto de flujo mínimo, un punto de diseño de flujo y un punto de flujo máximo.

Patrones: es una colección de factores que pueden aplicarse a una cantidad para representar que varía a lo largo del tiempo. Pueden asociarse a demanda en los nudos, alturas de depósitos, programas de bombas y fuentes de calidad de agua. El intervalo de tiempo utilizado en todos los patrones es un valor fijo determinado con las opciones de tiempo del proyecto. Todos los patrones deben usar un mismo intervalo de

tiempo, pero cada uno puede tener un número diferente de períodos.

Controles: son consignas que determinan cómo la red trabaja a lo largo del tiempo, en donde se especifica el comportamiento de las líneas seleccionadas como una función del tiempo, niveles de agua del tanque y presiones en determinados puntos del sistema.

Modelo de simulación hidráulica

El modelo calcula alturas en conexiones y caudales en líneas para un conjunto fijo de niveles de depósitos, niveles de tanques y demandas de agua a lo largo de una sucesión de instantes temporales. La solución de altura y caudal en un determinado punto a lo largo del tiempo supone el cálculo simultáneo de la conservación del caudal en cada conexión y la relación de pérdidas que supone su paso a través de los elementos de todo el sistema. Este proceso requiere métodos iterativos de resolución de ecuaciones no lineales. EPANET utiliza el “Algoritmo del Gradiente” con este propósito [4].

El modelo presenta una serie de hipótesis simplificadoras que parten de la base de considerar al sistema como permanente debido a las pequeñas variaciones de caudal y presión [5].

- Flujo unidimensional, invariabilidad temporal de las variables relacionadas al flujo y distribución uniforme de velocidad y presión en secciones transversales.
- Fluido incompresible, homogéneo y newtoniano
- Homogeneidad y constancia en el material, sección transversal y espesor de las conducciones.

EPANET por comando

Como se ha mencionado con anterioridad, el objetivo del trabajo recae en la ejecución del programa EPANET de forma automática desde “terminal”, para así automatizar la optimización al diseño, para lograr analizar un gran número de alternativas estudiando el comportamiento de la red en función de las distintas variables que la componen.

Con este fin, la “traducción” del formato gráfico del programa a su equivalente en formato de archivo de texto fue necesaria.

Figura 4. Archivo de texto de entrada a EPANET

```

6 (JUNCTIONS)
5 ID      Elev      Demand      Pattern
6 1      218      0      1
7 2      215      10      1
8 3      210      15      1
9 4      210      15      1
10 5      210      10      1
11 6      210      0      1
12

13 (RESERVOIRS)
14 ID      Head      Pattern
15 1      218      1

16 (TANKS)
17 ID      Overflow      Elevation      InitLevel      MinLevel      MaxLevel      Diameter      MinVol      VolCurve
18 1      1      210      1      1      6      20      0

19 (PIPES)
20 ID      Node1      Node2      Length      Diameter      Roughness      MinorLoss
21 1      2      3      1000      300      0.01      0
22 2      3      6      1500      200      0.01      0
23 3      6      7      1500      200      0.01      0
24 4      7      8      2000      200      0.01      0
25 5      8      9      1500      200      0.01      0
26 6      9      10      1500      200      0.01      0
27 7      10      4      2000      200      0.01      0
28

29 (PUMPS)
30 ID      Node1      Node2      Parameters
31 1      1      4      H=0.1
32

33 (VALVES)
34 ID      Node1      Node2      Diameter      Type      Setting      MinorLoss
35 1      1      4      300      254
36

```

Dicho archivo contiene todos aquellos datos previamente mencionados necesarios para indicar todas las características para que el programa pueda ser correctamente corrido.

Tanto los componentes físicos como los no físicos son ingresados como variables dentro de una serie de matrices, donde cada una de ellas engloba algún elemento del programa (“NODES”, “PIPES”, “TANKS”, etc.). Mediante el código, las mismas son dispuestas como se muestra en la Figura 3, para así poder ingresar la información a EPANET, simular el comportamiento de la red y obtener luego un archivo de salida en formato .txt, el cual será leído por el algoritmo para realizar los procesos de optimización correspondientes.

Figura 5. Reporte de salida

Link - Node Table:				
Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
1	1	2	400	203.2
2	2	3	500	152.4
3	3	6	300	152.4
4	6	5	500	132.4
5	5	2	300	152.4
6	5	4	400	203.2
7	1	4	300	254
8	7	1	0.01	300

Node Results:				
Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Quality
1	0.00	80.00	80.00	0.00
2	30.00	72.97	72.97	0.00
3	20.00	64.06	64.06	0.00
4	50.00	76.60	76.60	0.00
5	40.00	72.46	72.46	0.00
6	40.00	62.90	62.90	0.00
7	-180.00	80.00	0.00	0.00 Reservoir

Link Results:				
Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Headloss m/km	Status
1	74.42	2.29	17.57	Open
2	34.98	1.92	17.83	Open
3	14.98	0.82	3.86	Open
4	-25.02	1.82	19.13	Open

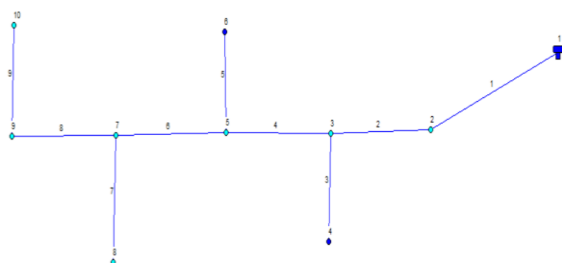
El reporte provee la información de Demanda, Altura piezométrica y presión en cada uno de los nudos y de Caudal, Velocidad y Pérdidas por cada 1000m en las tuberías, una vez finalizada la simulación. En función de los parámetros a modificar, es objeto del código conseguir, en base a los valores iniciales obtenidos, iterar hasta conseguir aquel diseño que provea el

sistema más eficiente, ya sea desde el punto de vista económico o desde los valores de presión en los nudos o velocidad en las tuberías.

Ejemplo de aplicación

A modo de ejemplo, se ha realizado el proceso de cálculo de una red en la cual son conocidos los caudales de demanda y las cotas en los nudos, y las longitudes en las tuberías. Se ha iniciado una primera iteración utilizando los mayores diámetros comercialmente disponibles, los cuales son excesivamente grandes para la red a distribuir.

Figura 6. Red de distribución planteada



La red estaba compuesta como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades de nudos y tuberías

Elemento	Cota (m.s.n.m)	Demanda (lts/seg)
Tanque	2000	-
Nudo 2	1981	0
Nudo 3	1981	0
Nudo 4	1987	0.8
Nudo 5	1981	0
Nudo 6	1987	1
Nudo 7	1980	0
Nudo 8	1980	1.5
Nudo 9	1980	0
Nudo 10	1980	1.2

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad
1	550	250	250
2	300	250	250
3	150	250	250
4	200	250	250
5	150	250	250
6	100	250	250
7	150	250	250
8	150	250	250
9	150	250	250

Dicho diseño arrojó los resultados mostrados en la tabla 4:

Tabla 4. Resultado de la primera iteración

Nudo	Altura piezométrica	Presión
Tanque	2010	10
Nudo 2	2009,98	28,98
Nudo 3	2009,98	28,98
Nudo 4	2009,98	22,98
Nudo 5	2009,97	28,97
Nudo 6	2009,97	22,97
Nudo 7	2009,97	29,97
Nudo 8	2009,97	29,97
Nudo 9	2009,97	29,97
Nudo 10	2009,97	29,97

Tubería	Caudal	Velocidad
Tubería 1	3,5	0,07
Tubería 2	3,5	0,07

Tubería 3	0,8	0,02
Tubería 4	2,7	0,06
Tubería 5	1	0,02
Tubería 6	1,7	0,03
Tubería 7	1,5	0,03
Tubería 8	0,2	0
Tubería 9	0,2	0

Se logra observar cómo los resultados de velocidad obtenidos son marcadamente menores a los valores recomendados para el rango de diámetro de tuberías, que se indica en la Tabla 2.

Si se modifican los diámetros de las tuberías, manteniendo en todas ellas una sección constante, los resultados son los siguientes.

Tabla 5. Resultados obtenidos en una segunda iteración

Nudo	Altura piezométrica	Presión
Tanque	2010	10
Nudo 2	2009,15	28,15
Nudo 3	2008.68	27.68
Nudo 4	2009,66	21.66
Nudo 5	2008.49	27.49
Nudo 6	2008.46	21.46
Nudo 7	2008.44	28.44
Nudo 8	2008.39	28.39
Nudo 9	2008.44	28.44
Nudo 10	2008.44	28.44

Tubería	Caudal	Velocidad
Tubería 1	3,5	0,37
Tubería 2	3,5	0,37
Tubería 3	0,8	0,08

Tubería 4	2,7	0,28
Tubería 5	1	0,11
Tubería 6	1,7	0,18
Tubería 7	1,5	0,16
Tubería 8	0,2	0,01
Tubería 9	0,2	0,01

Se aprecia en este último caso como, al disminuir el diámetro de las cañerías las presiones en los nudos no sufren de una gran variación, mientras que las velocidades en los distintos tramos se encuentran dentro de los límites recomendables, salvo en algunos casos.

Este es un ejemplo guía, elaborado “manualmente”, de cómo el algoritmo de optimización deberá funcionar, con un número mucho mayor de iteraciones, combinando distintos diámetros o materiales en las tuberías, para así alcanzar en cada una de ellas las velocidades necesarias, y llevando también al diseño menos costoso que cumpla con la función para la cual se lo plantea.

OCTAVE

Octave o GNU Octave es un programa libre para realizar cálculos numéricos. Apoyado en una amplia comunidad de desarrolladores y usuarios, Octave cuenta con herramientas para la resolución de problemas de cálculo numérico lineales y no lineales: álgebra lineal, aproximación de raíces de ecuaciones, integración numérica, integración de ecuaciones diferenciales, etc., así como para la representación de gráficos en dos y tres dimensiones. Puede utilizar tanto su propio lenguaje como también módulos escritos en C++, C, Fortran u otros lenguajes.[7]

Es un lenguaje similar y prácticamente compatible con MatLab, con la ventaja de que es gratuito. Pero, por otro lado, no cuenta con un entorno gráfico.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, se puede mencionar que, siendo un trabajo de pregrado con un tiempo de avance de 4 meses, aún queda mucho por delante, faltando realizar, por caso, el algoritmo de optimización que automatice la solución del problema. Por lo tanto, a esta altura, el trabajo está enfocado en la comprensión y el manejo de EPANET y de la programación mediante Octave. Sin embargo, lo ya realizado demuestra que la automatización en la optimización del proceso de cálculo de tuberías es necesario tanto por un tema de costos económicos como así también de tiempo.

Asimismo, a pesar del incipiente avance que el trabajo lleva debido a los pocos meses de iniciada la beca, se ha logrado observar que, mediante el ingreso de datos y la operación de Epanet por consola, el tiempo que conlleva obtener resultados (es decir, valores de presiones, velocidad, caudal, etc.) se reduce enormemente en comparación con la utilización gráfica de dicho programa; y es aún mayor si lo comparamos con los procesos de cálculo manuales tradicionales.

REFERENCIAS

[1] Ing. Gómez, M.; Mg Ing. Méndez, G. (2019). Redes de distribución de agua potable. Apuntes de la cátedra Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

[2] Ente Nacional de Obras Hidráulicas de Saneamiento (ENOHSA). Capítulos XII y XIII. Redes de distribución.

[3] Bartolín, Hugo J. (2013). Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un SIG y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de Valencia.

[4] Manual del usuario de EPANET 2.2. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/epanet_users_manual_2.2.0-1.pdf

[5] Anconetani, M. (). Modelación y análisis de la red de agua potable de la ciudad de Salsipuedes. Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

[6] Manual básico de Octave y QTOctave. <https://personal.us.es/pmr/images/pdfs/manual-octave.pdf>