



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS
MÉXICO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ-CÓRDOBA
CAMPUS MONTECILLO



**POSGRADO EN SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E
INFORMÁTICA
CÓMPUTO APLICADO (PSEI-COA)**

CURSO: COA-605 PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

PROFESOR: DR. JUAN MANUEL GONZÁLEZ CAMACHO

PROYECTO FINAL. DISEÑO DE REDES DE TUBERIAS USANDO PYTHON

ALUMNO: JUAN PABLO AMBROSIO AMBROSIO

A 5 DE ABRIL DE 2020

Tabla de contenido	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVO.....	3
DISEÑO DE TUBERÍAS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES	3
Método de la perdida de carga unitaria	4
Método de la velocidad permisible	4
Método del porcentaje	4
DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	4
EPANET.	6
EPANETTOOLS 1.0.0.....	6
ENTRADAS DE LA APLICACIÓN.....	6
DESARROLLO	6
SALIDAS	7
RESULTADOS	8
Librerías necesarias.....	8

Tabla de figuras

Figura 1. Archivo de entrada .INP	9
Figura 2. Datos almacenados en un archivo .INP.....	9
Figura 3. Ventana principal	9
Figura 4. Ventana que permite la apertura del archivo inp	10
Figura 5. Detalles de la red.....	10
Figura 6. Presión mínima requerida por el usuario.....	11
Figura 7. Tabla que detalla los resultados de la simulación.....	11
Figura 8. Graficas de diseño	12

PROYECTO FINAL

DISEÑO DE REDES DE TUBERIAS USANDO PYTHON

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En muchas de las situaciones el especialista en sistemas hidráulicos se enfrenta al problema de dimensionar de manera correcta una red de distribución de agua presurizada con el objetivo de satisfacer necesidades de presión, caudal y velocidad. EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. El procedimiento manual consiste en definir en primera instancia las características operativas de la red, por ejemplo: curva de la bomba, secciones de riego (o patrones de operatividad), fórmulas de cálculo de pérdida de carga, coeficiente de rugosidad, intervalo de simulación, etc. Posteriormente se propone un dimensionamiento de la red en función del gasto que conduce, finalmente se lleva a cabo la simulación y se analizan los valores de presión, velocidad y pérdida de carga. Este procedimiento se vuelve iterativo hasta obtener un dimensionamiento que satisface en todas las secciones de riego las necesidades en cuanto a presión y demanda base. Cuando se manejan redes grandes este proceso se vuelve complejo y la interpretación de los resultados requiere de mucho tiempo, es por ello que se propone un logaritmo que auxilie la interpretación de resultados en función de gráficas y tablas. Para agilizar el proceso se pretende integrar un algoritmo de selección de diámetros en función de una velocidad permisible dado.

OBJETIVO

Aprovechar y explotar las ventajas que ofrece el lenguaje de programación Python y la librería EPANETTOOLS 1.0.0 para crear un enlace con el software EPANET y resolver problemas de diseño, simulación y calibración de redes de tuberías.

DISEÑO DE TUBERÍAS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES

Estas dos tuberías son semejantes, ya que cumplen la misma función, la cual consiste en conducir el agua de riego desde el cabezal hasta la entrada a las subunidades de riego. El diseño consiste en seleccionar el diámetro más apropiado y se revisa por tramos, ya que en cada uno de ellos las condiciones de caudal, carga requerida y topografía son diferentes. Otra característica de estas tuberías es el hecho de que no tienen salidas de agua entre los tramos que se analizan. Para cada tramo se pueden seleccionar uno o varios diámetros de acuerdo al criterio que se utilice que puede depender de aspectos hidráulicos y/o económicos.

Métodos para seleccionar los diámetros de tuberías secundarias y principales.

Existen varios métodos, los cuales se basan en las pérdidas de carga permisible, límite de velocidad en las tuberías o bien en aspectos económicos. En base a lo anterior se presentan los siguientes que se pretenden incluir en el programa:

Método de la pérdida de carga unitaria. Consiste en seleccionar los diámetros de las tuberías, de manera que las pérdidas no excedan a 1 PSI/100' de tubería. Esto en unidades métricas equivale a que las pérdidas no rebasen 1 m/43.35 m de tubería.

Método de la velocidad permisible. La velocidad del agua en las tuberías tiene un valor límite, el cual fluctúa entre 5 y 10 pies/seg (1.52 a 3.0 m/s), siendo el más usual 7 pies/s (2.13 m/s).

El diámetro se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = A * V$$

Despejando queda:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Pero:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Sustituyendo y despejando se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * V}}$$

Donde:

- D=Diámetro de la tubería, en m.
- Q=Caudal que circula por la tubería, en m³/s.
- V= Velocidad permisible, propuesta, en m/s.
- A= Área de la tubería, en m².

Método del porcentaje. Este método consiste en seleccionar, de tal manera que las pérdidas de carga no sobrepasen del 10 al 20% de la presión a la entrada de la línea terciaria.

DISEÑO DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Para seleccionar una, es necesario disponer de las curvas características proporcionada por los fabricantes requiriéndose la siguiente información:

El caudal (Q), que deberá utilizar una unidad operacional (o el sistema si se quiere regar todo a la vez). Este caudal se puede obtener sumando los caudales de las

subunidades que se operarán simultáneamente, o bien se utiliza el caudal que se usó para diseñar la tubería principal que sale del cabezal.

La carga (H_B), que debe vencer la bomba para satisfacer las necesidades del sistema, la cual se obtiene sumando lo siguiente:

$$H_B = H_T + \sum H_f + \sum H_f + \sum H_f \pm \Delta E$$

Donde:

- H_T = Carga requerida en la entrada de la tubería terciaria, en m.
- H_{fs} = Suma de las pérdidas por fricción de todos los tramos de tubería secundaria, en m.
- H_{fp} = Suma de las pérdidas por fricción de todos los tramos de la tubería principal, en m.
- H_{fLoc} = Suma de todas las pérdidas localizadas, tanto en las tuberías secundaria y principal (cambios de dirección, reducciones, uniones, reguladores, válvulas, etc.), como en el cabezal (diferentes válvulas, tanque fertilizador, filtros, codos, uniones, etc.), en m.
- EL = $SL/100$, diferencia de cotas entre los extremos de la tubería, en m.

Con estos datos se entra a las curvas características que presenta el fabricante de bombas, seleccionando la que presenta mayor eficiencia (E_b).

La potencia requerida en la bomba (potencia al freno) se calcula así:

$$H_B = \frac{Q * H_B}{76 * E_b}$$

Donde:

- HP_B = Potencia requerida por la bomba, en HP.
- Q = Caudal de la bomba, en lps.
- H_B = Carga que debe vencer la bomba, en m.
- E_b = Eficiencia de la bomba, en decimal.

Para calcular la potencia del motor, es necesario considerar también la eficiencia del motor (E_m) incluyendo en esta todos los factores que influyen en el funcionamiento del motor, así como el tipo de transmisión del motor hacia la bomba.

$$H_m = \frac{Q * H_B}{76 * E_b * E_m}$$

Se recomienda aumentar de un 10 a 20% en la potencia de la bomba, lo cual repercute en un aumento en la potencia del motor, con el fin de compensar la disminución, que, en la bomba, motor y goteros, se aprecia con el tiempo de uso frecuente. Además, esta potencia extra es utilizada cuando se requiere el lavado de la red de distribución.

EPANET.

Un software libre que permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías respectivamente, así como el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente hasta los nodos del sistema.

EPANET es un software libre, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Está diseñado para el uso con sistemas de distribución de agua potable, aunque en general puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión.

Entre los elementos que puede simular el programa se encuentran fundamentalmente tuberías, nodos, depósitos, embalses y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas.

EPANETTOOLS 1.0.0.

Un paquete de Python que permite al usuario llamar a todas las funciones del kit de herramientas de programadores de EPANET dentro de los scripts de Python.

ENTRADAS DE LA APLICACIÓN

El archivo que se usará como entrada de la aplicación es de tipo “.inp”, este formato se usa en Epanet para guardar las características de una red. Entre los elementos fundamentales que debe almacenar destacan: nodos (coordenada x, coordenada y, elevación, demanda base, patrón de operación), tuberías (nodo inicial, nodo final, longitud, diámetro interno propuesto, coeficiente de rugosidad en función de la ecuación de pérdida de carga a emplear), embalse (altura del nivel dinámico de la fuente de agua), bomba (curva característica de la bomba Q-H), patrón de operación (o secciones de riego), opciones hidráulicas (ecuación de pérdida de carga, unidades de gasto, intervalo de simulación, tiempo total de simulación).

Existe dos formas más usuales de generar un archivo “.inp”. Se puede emplear EpaCAD para convertir redes trazadas desde AutoCAD en formato dxf, esta primera opción permite importar la geometría de la red es decir el archivo inp generado ya tendrá almacenado las coordenadas xyz de cada elemento de nodo y tubería.

La segunda opción consiste en dibujar directamente la red en Epanet, de esta manera se podrá importar una imagen que permita el dibujo de los elementos o considerar un dibujo a partir de coordenadas.

DESARROLLO

Las primeras funciones tendrán la finalidad de acceder a las características de la red desde archivo y comunicarlo con el usuario con la finalidad de validar datos y evitar que se esté ejecutando la simulación sobre otro archivo y por consecuencia una red completamente ajena. Entre las características fundamentales destacan:

número de nodos, número de tuberías, fórmula a usar para el cálculo de pérdida de carga, coeficiente de rugosidad, gasto disponible de la bomba, carga dinámica total de la bomba, ID de nodo, Elevación del nodo, Demanda base, y sección de operación o de riego.

La función fundamental de la aplicación es aquella que ejecuta una selección de diámetros internos. Los diámetros se almacenarán en un diccionario con clave a nombre del proveedor, como datos auxiliares se almacenarán diámetros nominales o comerciales y precio aproximado por metro lineal. La función calculará la velocidad que se presenta si se usará cada uno de las tuberías disponibles y va retornar aquella que sea más cercano a la velocidad permisible que se está simulando (será un parámetro de la función). De manera complementaria se puede adicionar la característica de redefinir los diámetros disponibles, es decir el usuario podrá definir las tuberías que tiene disponible.

Unas de las funciones que puede considerarse también elemental para la parte grafica son aquellas que permite acceder a los resultados de la simulación como lo son la velocidad y la presión. Como complemento debe almacenar esa información en listas de manera adecuada para ejecutar la gráfica de dispersión correspondiente.

De funciones auxiliares, puede existir varias en función del grado de parametrización se desee en la aplicación, entre ellas se puede destacar aquella función que establece a todas las tuberías de red una característica propia, es decir cambiar por lote el coeficiente de rugosidad, diámetro interno o alguna característica específica que es necesario. Otra función auxiliar es aquella que va permitir calcular el costo de la simulación, dicha función debe ser capaz de recuperar diámetros y su respectivo costo por metro lineal. Posteriormente debe acceder a la longitud de las tuberías y calcular la longitud ajustada debido al traslape que existe entre la unión de dos tramos de tuberías.

Una de las funciones auxiliares que juegan un gran papel son aquellas que nos permiten interactuar la interfaz grafica de la aplicación con los procedimientos numéricos, están van desde llamar una venta, llenar datos de salida en tablas hasta mostrar gráficas de barras o de dispersión.

SALIDAS

Como salida se producen tablas que resumen las características de la red y tablas que resumen los detalles de cada simulación. De igual forma se pretende producir graficas de barras y de dispersión que permiten visualizar el comportamiento de la presión y de la velocidad en la ruta crítica.

La tabla principal que resume los detalles de la simulación presenta la sección crítica (la sección de riego que presenta la presión mínima global), velocidad promedio de la simulación en m/s (velocidad propuesto con la que se ejecutó la selección de tuberías), presión máxima y mínima en la ruta crítica, presión requerida (en función

al objetivo de la red), la diferencia de presión (nos permite visualizar cuanto es el déficit del equipo de bombeo simulado, por ende considerar un cambio y por consecuencia un aumento de costos), la pérdida de carga en ruta crítica (tomar en cuenta que esta pérdida de carga es la ocasionado por el flujo de un caudal Q en una tubería de diámetro D con una velocidad de V , no considera perdidas localizadas y tampoco el desnivel topográfico, dichas perdidas se adicionan a la hora de simular las diferentes presiones en los nodos), costo (el costo que se maneja es la proporcionada por un proveedor base en pesos por metro lineal de tubería, considerar que la longitud es la ajustada y adaptada para tramos completos de seis metros, puede ver variación en función de la zona comercial, marca y distribuidor del material), longitud ajustada de las tuberías misma que se tomó en cuenta para calcular el costo.

Otra de las salidas interesantes de la aplicación son las gráficas, se pretende mostrar graficas de presión y velocidad para una determinada velocidad propuesto permisible. Una gráfica de barras que permite ver la existencia de presiones negativas y los nodos que presentan dicha situación. Una gráfica de dispersión que permite ver las presiones en la red y su comportamiento respecto a la presión requerida por el usuario. Por último, se incorpora una gráfica de velocidades en las tuberías de la red para mostrar su comportamiento con los limites mínimos y máximos permisibles.

RESULTADOS

Librerías necesarias

Las librerías principales que se deben instalar son:

- Epanettools
- PyQt5
- Matplotlib
- Math
- Presurizado_vperm (personalizada)
- RPRESION_VELOCIDAD (personalizada)
- Mplwidget (personalizada)

A continuación, se detalla en una secuencia de imágenes los datos de entrada y las salidas obtenidas con la aplicación.

En la figura 1 se puede observar el tipo de archivo que admite la aplicación “.inp”, el origen de dicho archivo ya se comentó anteriormente.

original	19/04/2020 01:06 a. m.	Documento de te...	2 KB
original_1	19/04/2020 01:43 a. m.	Documento de te...	1 KB
PPAL_JESUS	06/05/2020 03:33 a. m.	Archivo INP	6 KB
PPAL_JESUS.net	06/05/2020 01:46 a. m.	Archivo NET	5 KB

Figura 1. Archivo de entrada .INP

En la figura 2 se puede visualizar los principales datos de nodos y tuberías almacenados en un archivo de entrada “.inp”.

PPAL_JESUS: Bloc de notes

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

[TÍTULO]

prueba

[JUNCTIONS]

JID	Elev	Demand	Potential
n1	245.8449428510073	0	1
n2	248.78651117448114	0	1
n3	230.8096012740905	0	1
n4	237.6776115571721	0	1
n5	238.1666157931606	0	1
n6	237.4411635443725	3.83	1
n7	236.8446847935056	0	1
n8	237.5409568411786	4.81	2
n9	237.00891046027883	0	1
n10	236.6546636235675	4.53	3
n11	236.1196115511231	3.14	1
n13	237.7819128330537	2.81	3

[HEADSOLUTIONS]

JID	Head	Potential
1	237.8432222697021	1

[TANKS]

JID	Elevation	InitLevel	MinLevel	MaxLevel	Diameter	MinVol	VolCurve
-----	-----------	-----------	----------	----------	----------	--------	----------

[PIPES]

JID	Node1	Node2	Length	Diameter	Roughness	MinorLoss	Status
p1	n1	n2	65.85	100.9	145	0	Open
p2	n2	n3	110	100.9	145	0	Open
p3	n1	n4	102.94	100.9	145	0	Open
p4	n4	n5	12.48	100.9	145	0	Open
p5	n5	n6	59.51	100.9	145	0	Open
p6	n6	n7	44.78	100.9	145	0	Open
p7	n7	n8	47.55	100.9	145	0	Open

Figura 2. Datos almacenados en un archivo .INP

En la figura 3, se puede visualizar la interfaz gráfica de la ventana principal, desde el menú archivo seguido de abrir puede proceder a abrir su archivo de entrada.

PipeTool

Archivo Análisis de Red Cálculos Ayuda

DETALLE DE LA RED

NÚMERO DE NODOS:

NÚMERO DE TUBERÍAS:

FÓRMULA Hf:

RUJOSIDAD:

H CURVA:

H CURVA:

NÓDULO	ELEVACIÓN	DEMANDA	SECCIÓN
--------	-----------	---------	---------

Figura 3. Ventana principal

En la figura 4 se puede visualizar la ventana que permite navegar hasta el archivo inp que se desea procesar.

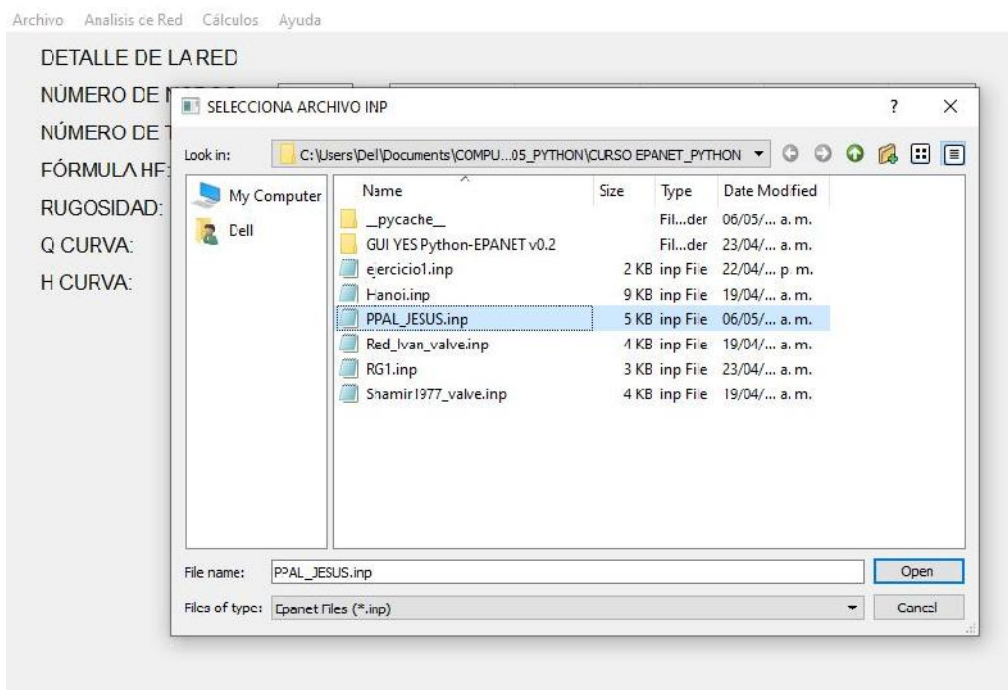


Figura 4. Ventana que permite la apertura del archivo inp

En la figura 5 se puede visualizar la primera interfaz gráfica de salida que tiene el principal objetivo de presentar los detalles de la red importada y su respectiva validación.

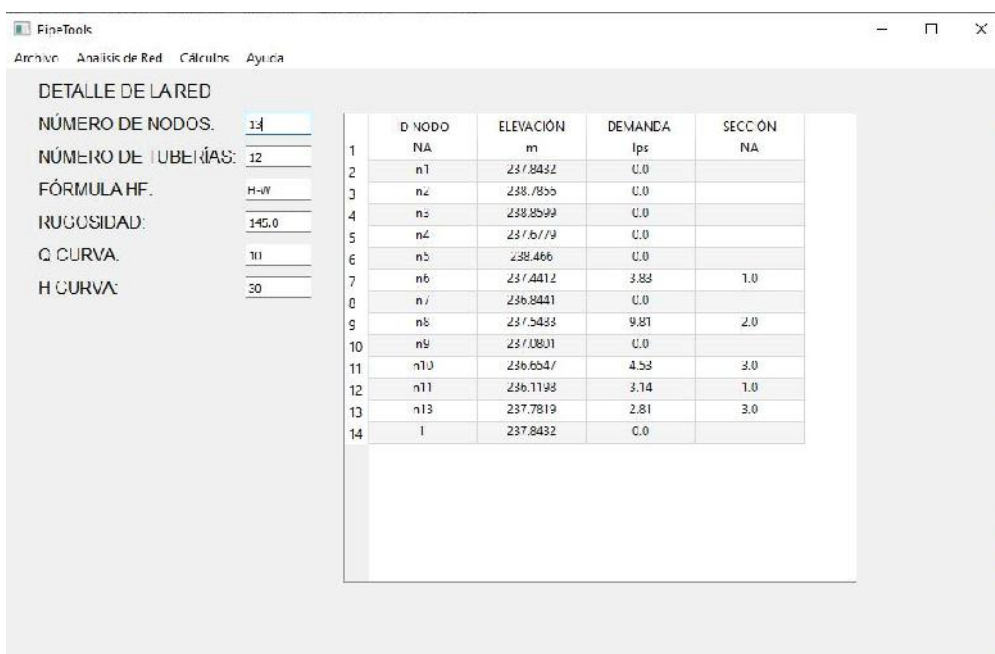


Figura 5. Detalles de la red

En la figura 6 se visualiza la entrada de la presión mínima requerida por el usuario en metros de columna de agua, para acceder a esta ventana es necesario acceder a Análisis de re>>Presurizado>>Velocidad permisible.

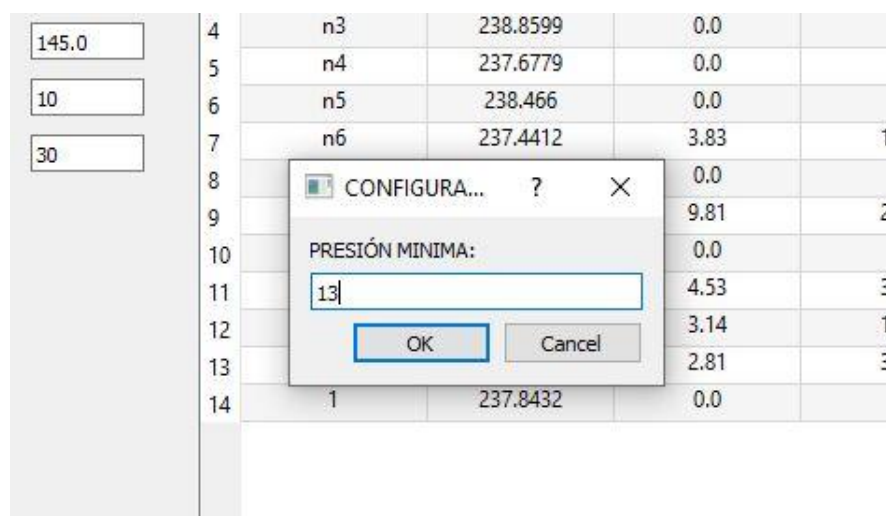


Figura 6. Presión mínima requerida por el usuario.

En la figura 7 se puede visualizar la segunda tabla de resultados que detalla las características de cada simulación. Destacar que de esta tabla se basa el usuario para tomar una decisión sobre la velocidad de simulación correcta y el incremento adecuado de la carga o gasto del equipo de bombeo. En este ejemplo se concluye que la simulación óptima es la que se generó al tomar como velocidad permisible 2.0 m/s, esto debido a que produce una pérdida de carga aceptable, se cumple los requisitos de presión y velocidad. También produce un costo de tubería razonable.

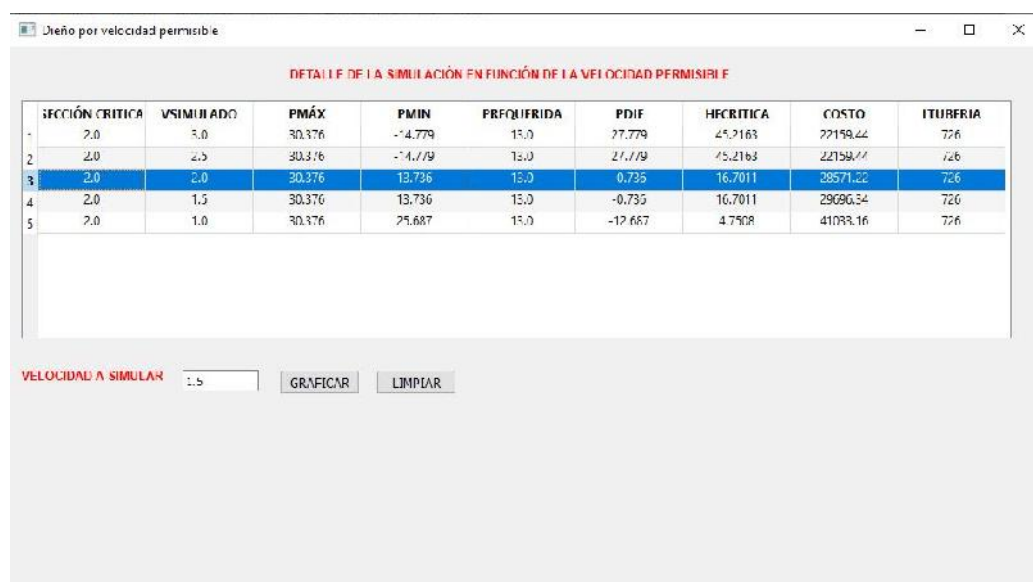


Figura 7. Tabla que detalla los resultados de la simulación.

En la figura 8 se pueden visualizar las dos graficas del comportamiento de presión y una tercera que muestra el comportamiento de las velocidades en las tuberías. En cuanto a la presión se puede ver en primera instancia que no hay presencia de presiones negativas (en la gráfica de barras no hay barras rojas que indican presiones negativas) y en la segunda grafica de dispersión se puede apreciar que todos los nodos tienen presiones por arriba de la requerida (13 mca), se puede apreciar que la velocidad máxima se presenta en el nodo “n1” con un valor de 30.376 mca y la presión mínima se presenta en el nodo “n13” con un valor de 13.736. En cuanto a velocidad se puede ver que en las tuberías que hay flujo (velocidad distinta de 0 m/s) la velocidad es constante, esto es debido a que es el mismo diámetro de tubería y tiene un valor 1.733 m/s, misma que cae en rango permisible es por ello que se concluye que se llevó acabo un diseño de red de tuberías de manera óptima por el método de velocidad permisible.

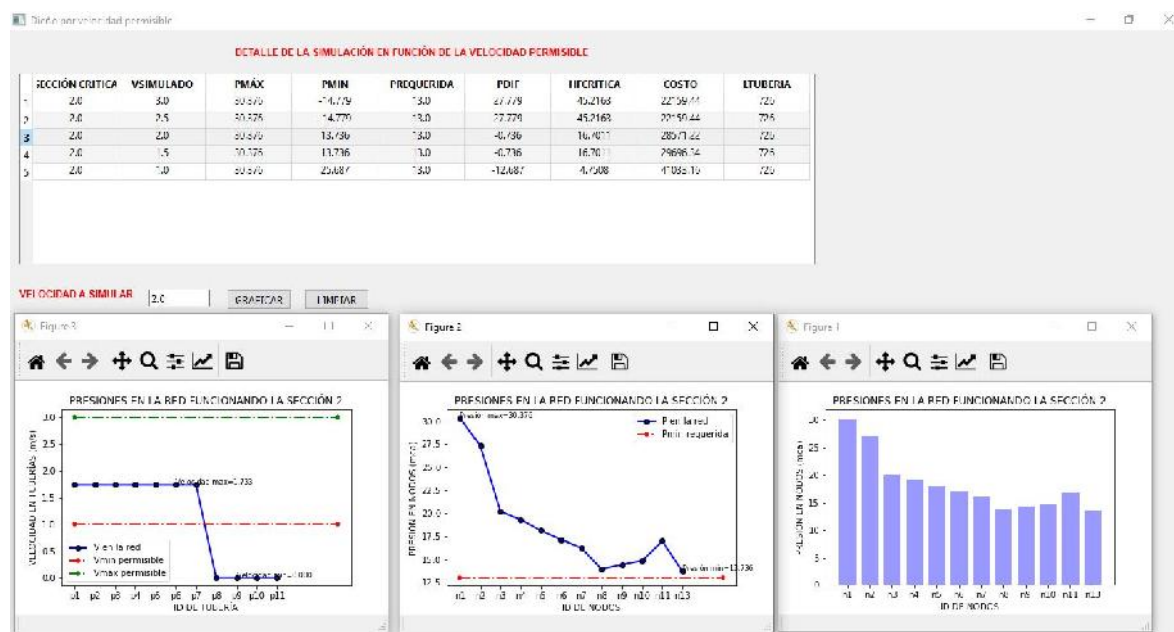


Figura 8. Graficas de diseño