

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



II CONFERENCIA INTERNACIONAL DE DESARROLLO
ENERGÉTICO SOSTENIBLE 2019 (CIDES)

SOFTWARE DE ANÁLISIS PARA UN EQUIPO EXPERIMENTAL
DE PÉRDIDAS DE CARGA EN MECÁNICA DE FLUIDOS

SOFTWARE FOR DATA ANALYSIS OF EXPERIMENTAL
EQUIPMENT OF FLUID MECHANICS HEAD LOSSES

Gail Gutiérrez Ramírez, Dario Serrano Florez, Fainer Cerpa Olivera

Programa de Ingeniería Mecánica, Universidad de La Guajira, Colombia. E-mail:
galbeirog@uniguajira.edu.co, dserrano@uniguajira.edu.co, fcerpa@uniguajira.edu.co

Resumen: Las pérdidas de carga en tuberías se deben esencialmente al rozamiento con las paredes y a múltiples accesorios encontrados en los sistemas de flujo. El equipo de pérdidas de carga por fricción y el banco hidráulico, ubicado en el laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Universidad de La Guajira fue utilizado para el estudio detallado de las pérdidas de carga tanto en tuberías (pérdidas mayores) como válvulas y accesorios (pérdidas menores). Las pruebas realizadas para las pérdidas mayores se basaron en el modelo experimental de Darcy-Weisbach comparándolo con los siguientes modelos teóricos: Ecuaciones explícitas de Moody, Filonienko y Blasius e implícita de Colebrook-White; con respecto al cálculo de factores de fricción en tuberías en el rango $10^3 < Re < 10^5$. En el caso de las pérdidas menores, los datos obtenidos experimentalmente se obtuvieron a partir de la ecuación del coeficiente de pérdidas (o resistencia) K_L , comparándolo con los resultados teóricos encontrados en diferentes fuentes bibliográficas. El tratamiento de los datos implicó el uso de métodos numéricos de regresión lineal para el cálculo del caudal experimental por principios volumétricos y una versión eficiente del método de bisección en forma vectorial para el análisis de las ecuaciones implícitas. El principal resultado encontrado tiene que ver con el diseño de

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

una interfaz de usuario (GUI) en un ambiente computacional adecuado para el tratamiento y análisis de los datos en forma simple y efectiva.

Abstract: *Head losses in the operations are due to the flow systems. The friction head loss equipment and the hydraulic bench, located in the Fluid Mechanics laboratory of the University of La Guajira was for the detailed study of the head losses in both losses (major losses) such as valves and accessories (minor losses). The tests performed for the largest losses are based on the Darcy-Weisbach experimental model compared to the following theoretical models: Explicit equations of Moody, Filonienko and Blasius and implicit Colebrook-White; with respect to the calculation of friction factors in the pipes in the rang $10^3 < Re < 10^5$. In the case of minor losses, the experimental data were obtained from the equation of the loss coefficient (or resistance) K_L , comparing with the theoretical results in different bibliographic sources. The treatment of the data involves the use of numerical methods of linear regression for the calculation of the experimental flow by volumetric principles and an efficient version of the bisection method in vectorial form for the analysis of the implicit equations. The main result found has to do with the design of a user interface (GUI) in a computational environment suitable for the treatment and analysis of data in a simple and effective way.*

Palabras Clave: Numero de Reynolds; Rozamiento Viscoso; Flujo Turbulento; Software; Energía Mecánica.

Keywords: *Reynolds Number; Viscous Loss; Turbulent Flow; Software; Mechanical Energy.*

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



1. Introducción

El flujo de fluidos en conductos se presenta de manera rutinaria en las aplicaciones del mundo real: redes de distribución de varios tipos de fluidos en estado líquido o gaseoso que surten desde la indispensable agua potable hasta el aire frío para climatización (Cengel & Cimbala, 2012; Mott, 2015). La importancia que tiene las pérdidas por fricción viscosa en tuberías, válvulas y accesorios se transmite a través de los experimentos en el laboratorio y ha tenido un lugar clave en la enseñanza práctica de la mecánica de fluidos e hidráulica. Una revisión de tesis de pregrado, a nivel nacional en el reciente periodo 2001 a 2014, revela el interés de diseñar unidades experimentales para evaluar tales pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios, como también la implementación de software's para acelerar el proceso de cálculo sistematizado durante la practica en el laboratorio. La Tabla 1 expone un cuadro resumen de los criterios principales tenidos en cuenta por los diferentes autores (Arango Uribe & Duran Niño, 2005; Barreto, Barragan, & Trujillo, 2008; Galeano & Ulloa, 2012; Parra & Velasco, 2014; Quiroga, 2010; Sanabria & Sanchez, 2004; Yambombo Guanutaxi, 2012). Sobre el proceso de validación experimental se observó que los autores hacen poco esfuerzo por revelar los niveles de incertidumbre vinculados a sus unidades experimentales.

La Universidad de La Guajira cuenta con bancos de pruebas marca comercial Armfield C6-MKII-10 y F1-10 que permiten el estudio de las pérdidas de carga por fricción, cuando un fluido incompresible fluye a través de tuberías, válvulas y accesorios (Armfield, 2010). Al realizar las diferentes pruebas y obtenerse los datos requerido, en el caso de las tuberías; también llamadas perdidas mayores, el factor de fricción puede calcularse a través de correlaciones empíricas de Blasius, Moody, Colebrook White y Filonienko para luego comparar con los resultados obtenido de la ecuación de Darcy-Weisbach (resultado experimental). Específicamente, cada uno de los modelos empíricos se presenta en la Tabla 2. Como se observa, tres de los modelos son explícitos y uno implícito (Colebrook-White). Las fórmulas explícitas son exclusivas para tuberías lisas en el rango de números de Reynolds especificado.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

En las válvulas y accesorios; llamadas perdidas menores, los coeficientes de perdidas (o resistencia) " K_L " obtenidos se comparan con los encontrados en la literatura, como se observa en la Tabla 3. El fluido de trabajo de único interés es agua potable a condiciones ambientales.

Tabla 1. Criterios considerados en diferentes tesis.

| Referencias bibliograficas | Diseño | Construccion y montaje | Software | Tamaño largoxaltoxancho | Numero de elementos | Numero de practicas | Q/ P | % error |
|--|-----------|------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------|---------------------|---|---------|
| (R.C. Macedo y Ramirez, J.J. Martínez, 2001) | Si aplica | Si aplica | No aplica | | 92 | 1 | ? 10 GPM | |
| (Sanabria & Sanchez, 2004) | Si aplica | No aplica | Si aplica | 4,3 m x 2 m x 1,1 m | 401 | 13 | 50 GPM / 150 psi | |
| (Arango Uribe & Duran Niño, 2005) | No aplica | No aplica | Si aplica | | | | | 0,5 |
| (Barreto, Barragan, & Trujillo, 2008) | Si aplica | Si aplica | No aplica | | 11 | 3 | | |
| (Quiroga, 2010) | No aplica | Si aplica | No aplica | 4,22 m x 2,398 m x 0,878 m | 401 | 13 | 50 GPM / 150 psi | |
| (Galeano & Ulloa, 2012) | Si aplica | No aplica | Si aplica | 1,97 m x 2,5006 m x 0,50072 m | 43 | 6 | Una bomba 25 GPM a 30 psi. En serie 25 GPM a 60 psi. En paralelo 50 GPM a 30 psi. | |
| (Yambombo Guanutaxi, 2012) | Si aplica | Si aplica | No aplica | 3,6 m x 1,606 m | 65 | 2 | | |
| (Parra & Velasco, 2014) | Si aplica | No aplica | Si aplica | 2 m x 1,7 m x 0,5 m | 159 | 8 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Modelos para el cálculo teórico del factor de fricción de Darcy en el caso de las tuberías.

| Ecuación | Autor | Rango de Aplicabilidad |
|---------------------------------|---------|-----------------------------------|
| $f_D = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$ | Blasius | $3 \times 10^3 \leq Re \leq 10^5$ |
| $f_D = \frac{0.184}{Re^{0.2}}$ | Moody | $10^4 \leq Re \leq 10^6$ |

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

$$\frac{1}{\sqrt{f_D}} = -2.0 \cdot \log \left(\frac{k/d}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f_D}} \right) \quad \text{Colebrook-White} \quad 3 \times 10^3 \leq Re \leq 10^7$$

$$f_D = \frac{1}{(1.82 \log Re - 1.64)^2} \quad \text{Filonienko} \quad 3 \times 10^3 \leq Re \leq 10^7$$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Coeficientes de pérdida (o resistencia) " K_L " teóricos para válvulas y accesorios.

| VÁLVULAS | K_L |
|---------------------------------------|-------------------------|
| De globo, totalmente abierta | 10.0 |
| De bola, totalmente abierta | 0.05 |
| De compuerta, totalmente abierta | 0.2 |
| De compuerta, ¼ cerrada | 0.3 |
| De compuerta, ½ cerrada | 2.1 |
| De compuerta, ¾ cerrada | 17 |
| ACCESORIOS | K_L |
| Codo de radio corto | 0.9 |
| Codo de radio largo | 0.6 |
| Codo 45° | 0.4 |
| Codo 90° | 1.1 |
| Conexión en T, flujo derivado | 2.0 |
| Conexión en T, flujo en línea | 0.9 |
| Conexión en Ye de 45°, flujo derivado | 0.8 |
| Conexión en Ye de 45°, flujo en línea | 0.3 |
| Contracción brusca | 0.41 |
| Expansión brusca | 0.6 |

Fuente: Cengel and Cimbala, MECÁNICA DE FLUIDOS FUNDAMENTOS (2012); Saldarriaga V., HIDRAULICA DE TUBERIAS (1998).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



2. Metodología

La estrategia propuesta combina el estudio detallado de los modelos de pérdidas de carga por fricción a través de un trabajo experimental (principios de medición de variables de flujo y sus incertidumbres), teórico y numérico (software) para lograr los mayores niveles de comprensión del objeto de estudio y su extensión hacia las aplicaciones del mundo real. La unidad experimental la conforman los bancos volumétricos y de pérdida por fricción (F1-10 y C6-MKII-10 de la marca Armfield), un cronometro Casio HS-3V-1, el medidor portátil de presión diferencial H12-8 (Armfield) y un termómetro de bulbo. Las especificaciones del banco anuncian un rango de números de Reynolds alcanzables desde 10^3 hasta casi 10^5 ; es decir, características del flujo turbulento (Cengel & Cimbala, 2012; Mott, 2015). Además, el banco dispone para evaluar cinco tuberías de acero inoxidable de diferentes diámetros; cuatro son consideradas lisas (No. 1 hasta No. 4) y una tiene rugosidad artificial (No. 5). También, dispone evaluar tres tipos diferentes de válvulas (válvula de globo, compuerta y bola) y ocho accesorios de diferentes formas (“Y” 45°, codo 45°, codo 90°, curva de radio grande de 90°, curva de radio pequeño de 90°, unión “T” 90°, contracción y expansión brusca).

La medición de flujo se realiza a través del banco hidráulico F1-10, este cuenta con tubo de visión remota con escala que ofrece una indicación instantánea del nivel de agua dentro del banco; cuando se usa en conjunto con un cronometro se mide el volumen instantáneo en la escala y el respectivo lapso de tiempo lo que permite calcular el caudal por un principio volumétrico; es decir, una regresión lineal del volumen instantáneo contra el tiempo permite obtener el flujo volumétrico o caudal que circula en el sistema. Dos o tres replicas y tomar promedios de tiempo bajo este proceso permiten refinar la medición del caudal. El proceso completo de medición de las variables de flujo como caudal y presión diferencial se ralentiza por el uso de tal principio volumétrico.

Las diferentes pruebas tuvieron en común la recolección de datos de flujo y presión diferencial. En el caso de las tuberías, incluye a parte la medición de la temperatura al inicio y final de una prueba para después tabularlo con fines de calculo de propiedades

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



del fluido (agua potable) (Holmgren, 2006), la medición de la presión en el tramo de longitud de tubería (1 m) es de lectura digital con promedio integrado y lectura de pico máximo y mínimo, factor de fricción y coeficientes de rugosidad. En las válvulas y accesorios, incluye el coeficiente de pérdidas (o resistencia), para este caso no se tiene en cuenta la medición de temperatura y el tramo de medición de la presión diferencial.

El diseño experimental fijó el número de muestra en caudales de seis en cada una de las tuberías, accesorios y válvulas probadas (Holman, 1994). También, hubo necesidad de réplica en cada tubería, accesorio y válvula de al menos una vez.

El desarrollo de un programa computacional permite interactuar de manera sencilla obteniendo un análisis de los datos de manera rápida y efectiva. El manejo de seis muestras para el caudal en cada tubería, válvula y accesorio, la regresión lineal para determinar cada caudal, la determinación de propiedades para el agua (densidad y viscosidad), el cálculo de los factores de fricción por fórmulas explícitas e implícitas (métodos de Bisección en forma vectorial); para el caso de las tuberías, el cálculo del coeficiente de pérdida (o resistencia); para el caso de las válvulas y accesorios, y el manejo gráfico de los resultados justificaron el diseño de tal programa.

3. Resultados y discusión

En las pérdidas mayores, las comparaciones de los factores de fricción según los diferentes modelos y las pérdidas de carga (caída de presión) en la tubería No. 1 (menor diámetro) y la tubería No. 4 (mayor diámetro) se muestran en Figura 1. Los marcadores representan los datos experimentales y las líneas continuas representan los resultados teóricos. Estas gráficas señalan que las peores exactitudes entre lo experimental y lo teórico ocurren en la tubería de menor diámetro. También se observa que para los Reynolds menores, las exactitudes en ambas tuberías son mejores. Sin embargo, y a pesar del comportamiento en las incertidumbres señaladas, la tendencia general es la esperada, es decir, que, para las tuberías lisas, el factor de fricción depende exclusivamente del número de Reynolds en régimen turbulento (muy poco de la rugosidad) y diámetros menores

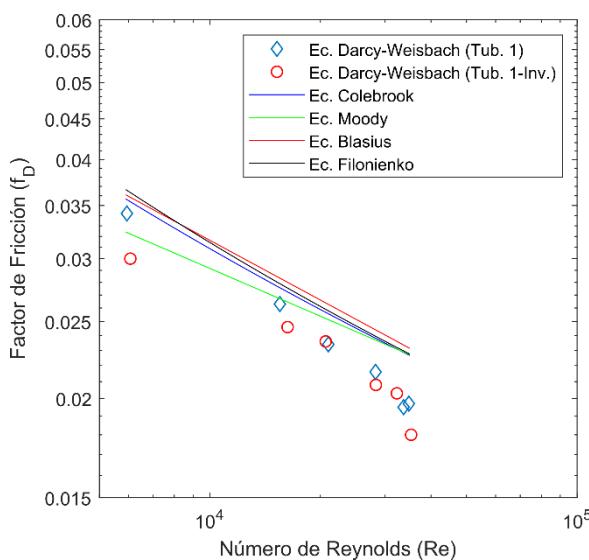
Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

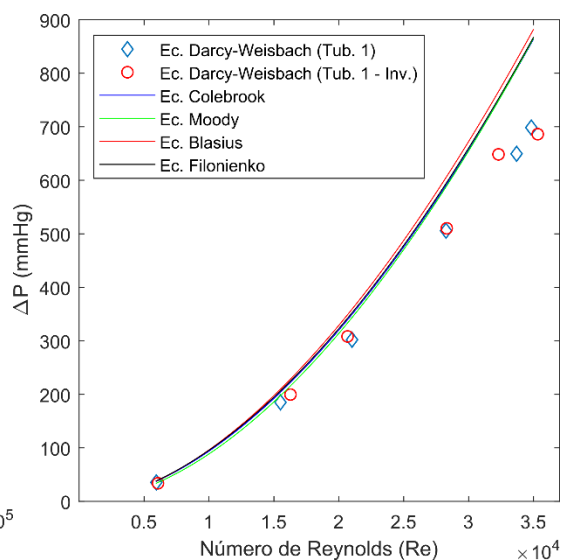


DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

producen pérdidas significativamente superiores (Lahiouel & Lahiouel, 2015; Taler, 2016). El análisis de la tubería rugosa No. 5 se enfocó en evaluar el comportamiento del factor de fricción experimental y aproximar el valor de la rugosidad relativa para el régimen de flujos propuestos (régimen turbulento). La Figura 2 muestra la distribución de los factores de fricción y algunos valores promedios por aproximación teórica de la rugosidad relativa. Igualmente, se comprueba que la tendencia general para las tuberías rugosas, el factor de fricción depende débilmente de Numero de Reynolds y significativamente de la rugosidad relativa (Lahiouel & Lahiouel, 2015; Taler, 2016).



(a) Factores de fricción en tubería No. 1



(b) Caídas de presión en tubería No. 1

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

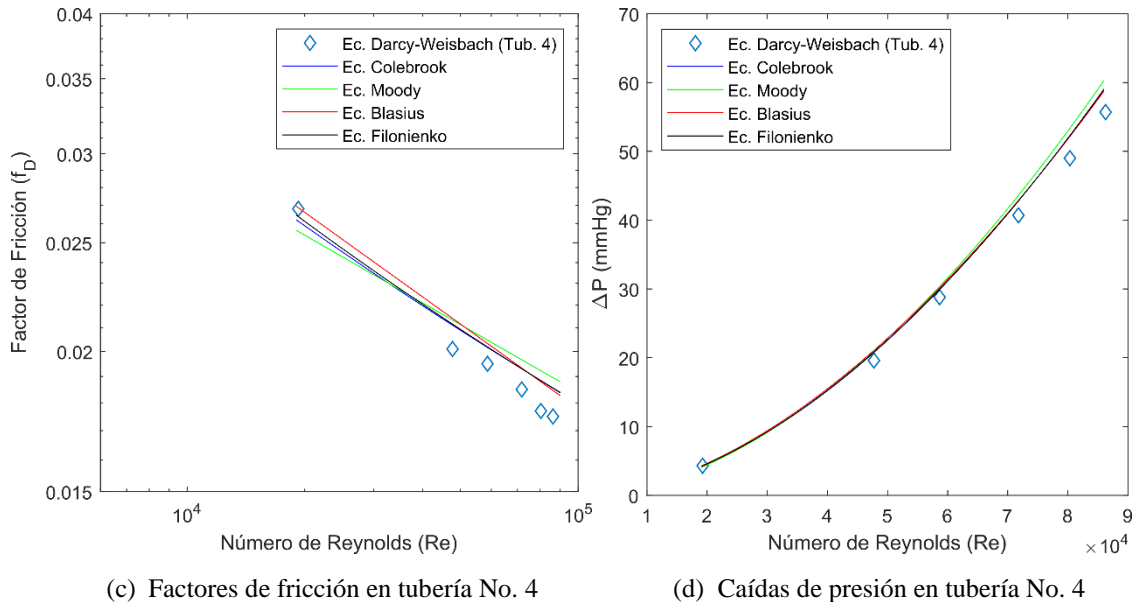


Figura 1. Comparación entre diferentes factores de fricción y caídas de presión contra Reynolds

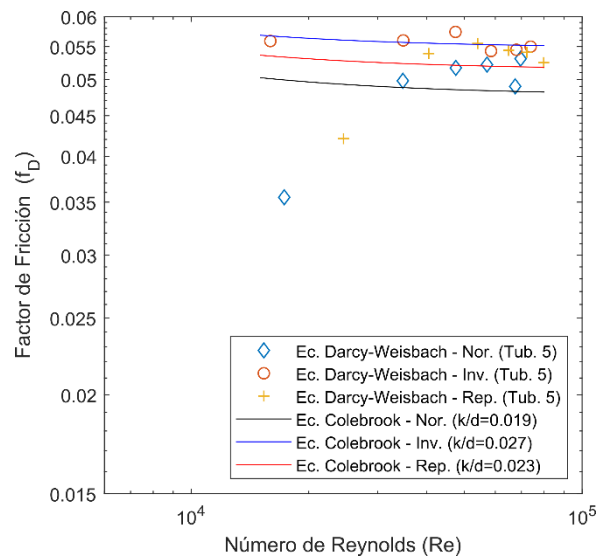


Figura 2. Comportamiento del factor de fricción para la tubería No. 5

Para el caso de las pérdidas menores, los coeficientes de pérdidas (o resistencia) " K_L " calculados experimentalmente se comparó con los encontrados en la literatura (Cengel & Cimbala, 2012; Crane, 1992; Mott, 2015), donde se pudo evidenciar que el porcentaje de

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



error se encuentra por encima de lo permitido en la mecánica de fluidos, del 15 % (Cengel & Cimbala, 2012). Este aumento se atribuye a que en el equipo de pérdidas por fricción no tuvieron en cuenta la distancia entre el elemento y la posición 2 del toma de la presión diferencial (corriente abajo), en donde varios autores sugieren que esa distancia debe ser mayor de 10 a 20 o hasta 28 diámetros (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2006; Cengel & Cimbala, 2012).

Una vez utilizados los modelos matemáticos en cada prueba y realizado los experimentos que comprueben el comportamiento esperado del equipo de pérdidas, se procedió a diseñar un software utilizando una interfaz de usuario (GUI) en un ambiente computacional muy reconocido en el mundo de la ingeniería como Matlab; cómo se puede observar en la Figura 3. El software que funciona en conjunto con el equipo de pérdidas ayuda a una reducción del tiempo en las pruebas realizadas a las tuberías, válvulas y accesorios, donde este tiempo es esencial al realizar las practicas en un laboratorio de mecánica de fluidos.



Figura 3. Menú principal del software amigable y a la medida del equipo de pérdidas por fricción.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



4. Conclusiones

En el presente estudio teórico – experimental se logró evaluar las pérdidas por fricción generadas a través de las tuberías, válvulas y accesorios, donde son muy importante para un sistema de flujos. Las pérdidas mayores ocurridas en las tuberías, se encontraron en el rango permitido del 15% para el caso de la mecánica de fluidos comparando los modelos teóricos con los experimentales, pero en el caso de las pérdidas menores como las válvulas y accesorios este porcentaje estuvo muy por encima de ese rango.

En las pérdidas mayores se pudo observar que a medidas que el Numero de Reynolds aumentaba, el nivel de incertidumbre entre los resultados obtenidos experimentalmente y las aproximaciones teóricas aumentaban de la misma forma. Estas fuentes de errores se pueden enfocar en los medidores de flujo y presión, por sus escasas sensibilidad y calibración que tienen estos equipos.

El software llamado C6MKII10-CALCULATES logra en un tiempo corto comparar los resultados experimentales con las aproximaciones teóricas implementadas en la aplicación. Además, cuenta con registro ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor – DNDA, con el número 13-64-379 y fecha 05-dic-2017.

Para mejorar los resultados obtenidos la universidad adquirió un medidor de flujo por ultrasonido con el fin que el proceso para obtener el caudal se haga de manera rápida, debido que por principio volumétrico ralentiza el proceso y logra un aumento en la temperatura. Controlar la temperatura ayudaría a mejor los resultados en el estudio de las tuberías. Para mejorar los resultados en las pérdidas menores se realizará el diseño, montaje y construcción de un equipo experimental teniendo en cuenta las distancias corrientes abajo sugeridas por varios autores, que será financiado por medio de una convocatoria interna de la universidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del Ministerio de Educación Nacional – MEN, del Ministerio de Comercio Industria y Turismo - MinCIT, del Instituto Colombiano de

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior - ICETEX y del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS, mediante el Programa Colombia Científica. (Contrato No. FP4482- 218-2018).

Este trabajo fue cofinanciado por el Centro de Investigaciones y Sistema Integrado de Laboratorios (SILAB) de la Universidad de La Guajira.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Arango Uribe, F., & Duran Niño, D. (2005). *Software educativo para el soporte a la asignatura sistemas de transporte y aprovechamiento de Fluidos*.
- [2] Armfield. (2010). *Instruction Manual C6-MKII-10*.
- [3] Barreto, J. L., Barragan, H. A., & Trujillo, J. L. (2008). *Diseño y montaje del equipo hidráulico para la experimentación de pérdidas por fricción, pérdidas localizadas*. CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [4] Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, edwin N. (2006). *FENÓMENOS DE TRANSPORTE* (Segunda Ed). Mexico: Limusa Wiley.
- [5] Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2012). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones* (Segunda Ed). McGRAW-HILL.
- [6] Crane. (1992). *Flujo de Fluidos: en Válvulas: Accesorios y Tuberías* (Primera). McGRAW-HILL.
- [7] Galeano, O. andres, & Ulloa, M. A. (2012). *Diseño y Simulación de un banco de pruebas hidráulicas y especificaciones*. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Universidad de San Buenaventura.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [8] Holman, J. P. (1994). Experimental methods for engineers. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 9(2), 250. [https://doi.org/10.1016/0894-1777\(94\)90118-X](https://doi.org/10.1016/0894-1777(94)90118-X)
- [9] Holmgren, M. (2006). X Steam for Matlab. Retrieved from www.x-eng.com

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

- [10] Lahiouel, Y., & Lahiouel, R. (2015). Evaluation of Energy Losses in Pipes. *American Journal of Mechanical Engineering*, 3(3A), 32–37.
<https://doi.org/10.12691/ajme-3-3A-6>
- [11] Mott, R. L. (2015). *Mecánica de Fluidos* (7th ed.). Mexico: PEARSON.
- [12] Parra, J. A., & Velasco, L. G. (2014). *Diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de Tuberías*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
- [13] Quiroga, A. (2010). *Construcción y Montaje del banco de evaluación de pérdidas de energía en un sistema de Transporte de Fluidos para el Laboratorio de Transporte y aprovechamiento de Fluidos adscrito a la escuela de Ingeniería Mecánica*. Universidad Industrial de Santander. Retrieved from
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5921/2/133954.pdf>
- [14] Saldarriaga V, J. G. (1998). *Hidráulica de Tuberías*. (McGraw-Hill, Ed.) (Primera).
- [15] Sanabria, C. A., & Sanchez, R. (2004). *Diseño de un banco de pruebas para la evaluación de pérdidas de energía en un sistema de Transporte de Fluidos*. Universidad Industrial de Santander.
- [16] Taler, D. (2016). Determining velocity and friction factor for turbulent flow in smooth tubes. *International Journal of Thermal Sciences*, 105, 109–122.
<https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2016.02.011>
- [17] Yambombo Guanutaxi, J. G. (2012). *Diseño y Construcción de un banco de pruebas para ensayos de pérdidas de carga en Tuberías y Accesorios*. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/325>

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu