

Cálculo del diámetro de un tubo recto de sección circular para flujo incompresible permanente newtoniano usando el método de Montecarlo

Presenta:

M.C.A.C. Susan Isabel Guarneros Dominguez

Co-autores:

Dr. Manuel González Hernández

Dr. Juan Carlos Seck Tuoh Mora

Dr. Oleksandr Karelin Anatolyecivh



Índice

- Introducción
- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Justificación
- Objetivos
- Hipótesis
- Marco teórico
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Referencias



Introducción

- En el diseño de tuberías se presentan tres problemas fundamentales: *tipo I*, *tipo II*, y *tipo III*; para su solución se usan aproximaciones de forma iterativa, basadas en el diagrama de Moody y las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Colebrook-White, Swamee-Jain, Chen, etc.
- El propósito de esta investigación es mostrar una alternativa para el mismo efecto, pero mediante el uso del método de Montecarlo



Antecedentes

- En la literatura existen trabajos relacionados con resolver los problemas típicos en el diseño:
 - *Tipo I. La pérdida de carga en tubería*
 - *Tipo II. El cálculo del caudal*
 - *Tipo III. El cálculo del diámetro*
- Otro problema recurrente es la presencia de perturbaciones (régimen turbulento) las cuales ocasionan pérdidas de presión u ondas de choque que pudieran dañar los accesorios.

Antecedentes

- La bibliografía consultada esta avocada al tratamiento de los anteriores problemas utilizando diversos métodos como las redes neuronales, el método de aproximación de punto fijo, el método de Newton-Raphson, modelos de algoritmos genéticos, etc., en muchos de estos se tiende a recurrir a procesos iterativos usando el diagrama de Moody.



Planteamiento del problema

- En el diseño de tubería tradicional el cálculo del diámetro resulta ser extenso debido a que se requiere la lectura iterativa del diagrama de Moody para la convergencia del factor de fricción, existiendo una alta posibilidad de errores numéricos.
- El presente trabajo pretende aportar una alternativa al cálculo del diámetro (*Tipo III*), considerando la pérdida de carga en tubería (*Tipo I*) y el cálculo del caudal (*Tipo II*), utilizando el método de Montecarlo mediante la selección de variables aleatorias y una distribución de probabilidades.

Justificación

- El uso del método de Montecarlo para el diseño en tubería es una alternativa que no se encuentra en la literatura actual
- La propuesta da solución al problema *tipo III*, considerando la pérdida de carga en tubería (*Tipo I*) y el cálculo del caudal (*Tipo II*)
- En algunas áreas del conocimiento es necesario mantener un fluido en régimen laminar, por lo que la propuesta ofrece un caudal mejorado para garantizar esta condición.



Objetivos

- Ofrecer una alternativa en el diseño de tubería para el problema de *tipo III* mediante el método de Montecarlo.
 - Determinar las variables aleatorias y parámetros para el uso del Método de Montecarlo.
 - Establecer la distribución de diámetros comerciales para la aplicación del Método de Montecarlo.
 - Establecer la proporción de la distribución que cumple con las condiciones de la propuesta.
 - Comparar los resultados del método tradicional y la propuesta de Montecarlo.



Hipótesis

Mediante el método de Montecarlo se puede simular el cálculo del diámetro de un tubo recto de sección circular para flujo incompresible permanente newtoniano, obteniendo resultados similares a los conocidos por otros métodos mencionados.



Marco teórico

Diseño de tuberías método tradicional

En el diseño en tubería los cálculos preliminares para encontrar el diámetro inician con un supuesto del factor de fricción, con el cual se determina un diámetro supuesto, la velocidad, el número de Reynolds y la rugosidad relativa.



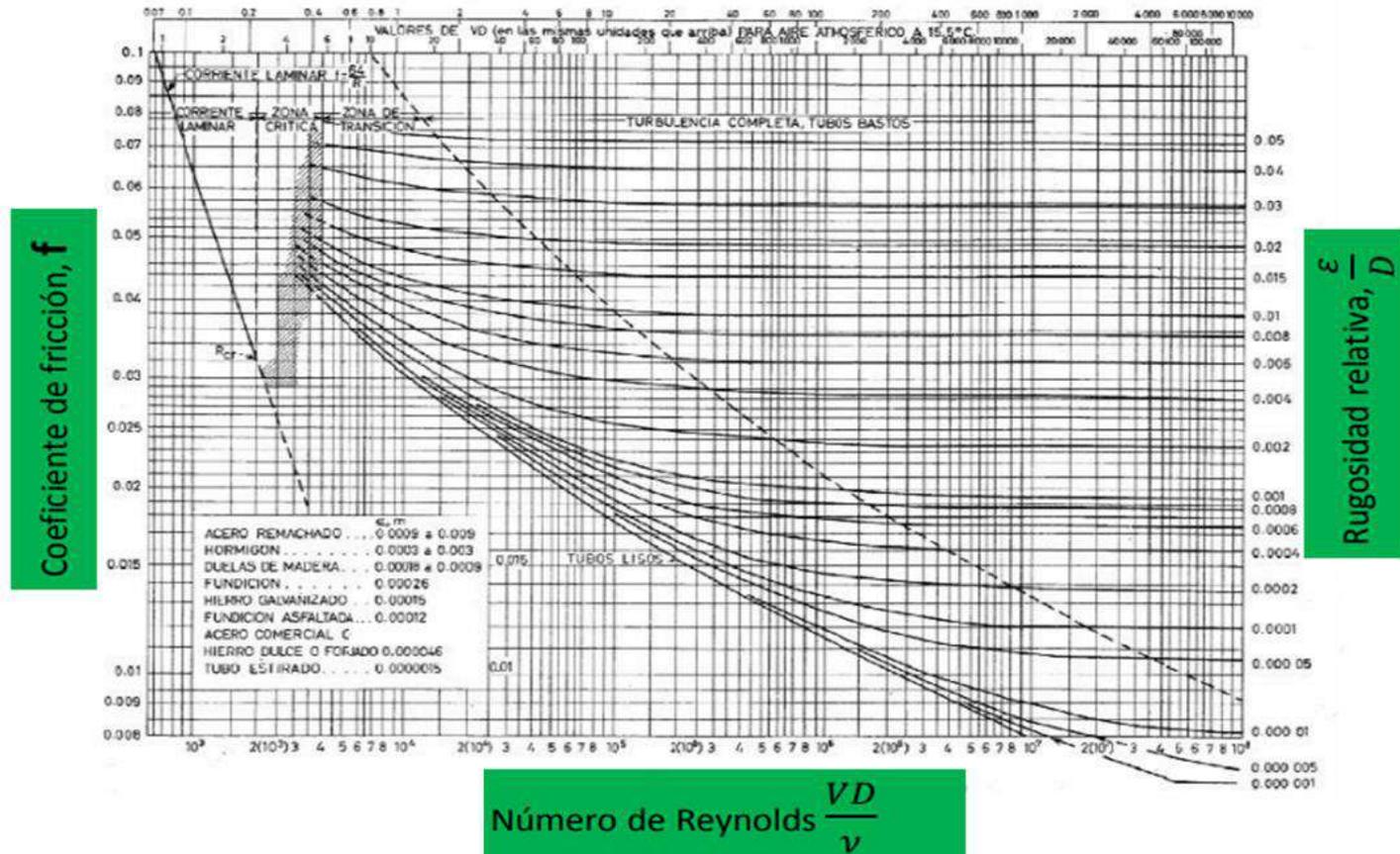
Diseño de tuberías método tradicional

Velocidad $\left[\frac{m}{s}\right]$	$V = \frac{Q}{A}$	Ecuación 1
Número de Reynolds	$Re = \frac{dV}{\nu}$	Ecuación 2
Factor de fricción (régimen laminar)	$f = \frac{64}{Re}$	Ecuación 3
Perdidas primarias o pérdidas por fricción $[m]$	$hp = f \frac{LV^2}{d2g}$	Ecuación 4
Rugosidad relativa	$\frac{\varepsilon}{d}$	Ecuación 5

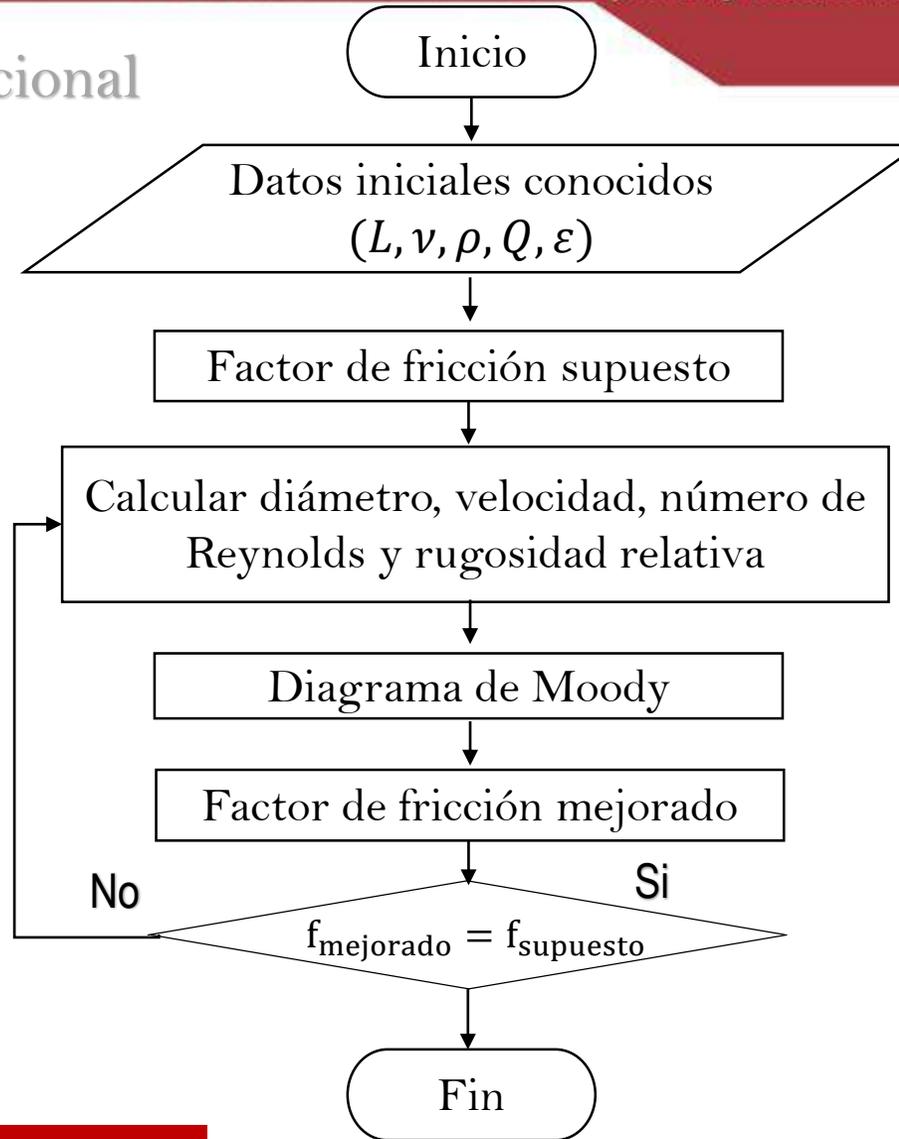


Diseño de tuberías método tradicional

El diagrama de Moody es un método para el cálculo del coeficiente de fricción de forma experimental, representa curvas que relacionan la rugosidad relativa y el número de Reynolds.



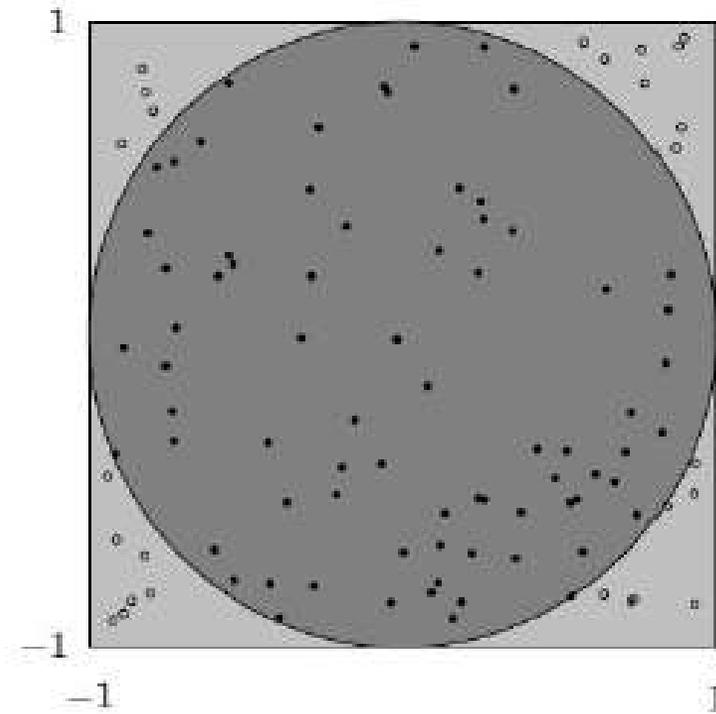
Diseño de tuberías método tradicional



Marco teórico

Método Montecarlo

- Es un método no determinista para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud.
- Consisten en resolver un problema mediante la invención de juegos de azar cuyo comportamiento simula algún fenómeno real gobernado por una distribución de probabilidad



$$\pi = \frac{4 \text{ aciertos (dentro del círculo)}}{\text{lanzamientos}}$$

Metodología

La investigación es de tipo cuantitativa, estableciendo los parámetros y las variables para la simulación Montecarlo, con la cual se evaluara la dinámica del flujo con la intención de determinar un diámetro que cumpla con las siguientes condiciones:

- Flujo con régimen laminar ($Re < 2300$)
- $hp \leq hp_{acceptable}$



Metodología

La metodología utilizada se divide en dos fases:

- Encontrar el diámetro menor [D_{menor}] de una distribución de diámetros [$\delta - D$] que garantice que el fluido permanezca en régimen laminar
- Encontrar el diámetro mayor [D_{mayor}], así como el caudal [Q] que ofrezca una pérdida de carga igual o menor a la esperada.

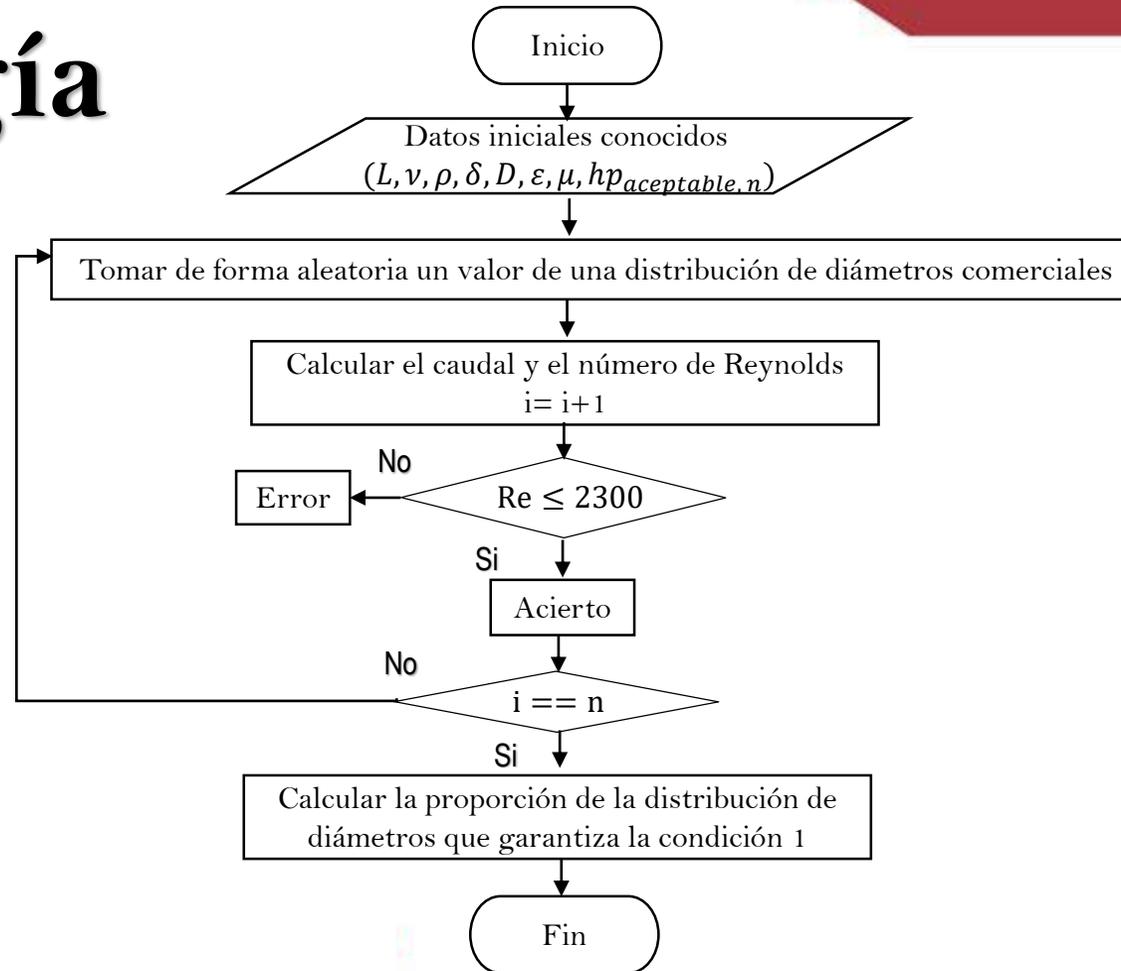
Metodología

Velocidad $\left[\frac{m}{s}\right]$	$v = \frac{4Q}{\pi D^2}$	Ecuación 6
Número de Reynolds	$Re = \frac{4Q}{v\pi D}$	Ecuación 7
Factor de fricción (régimen laminar)	$f = \frac{v64}{VD}$	Ecuación 8
Perdidas primarias o pérdidas por fricción $[m]$	$h_p = \frac{v128LQ}{\pi D^4 g}$	Ecuación 9

Metodología

Condición 1:

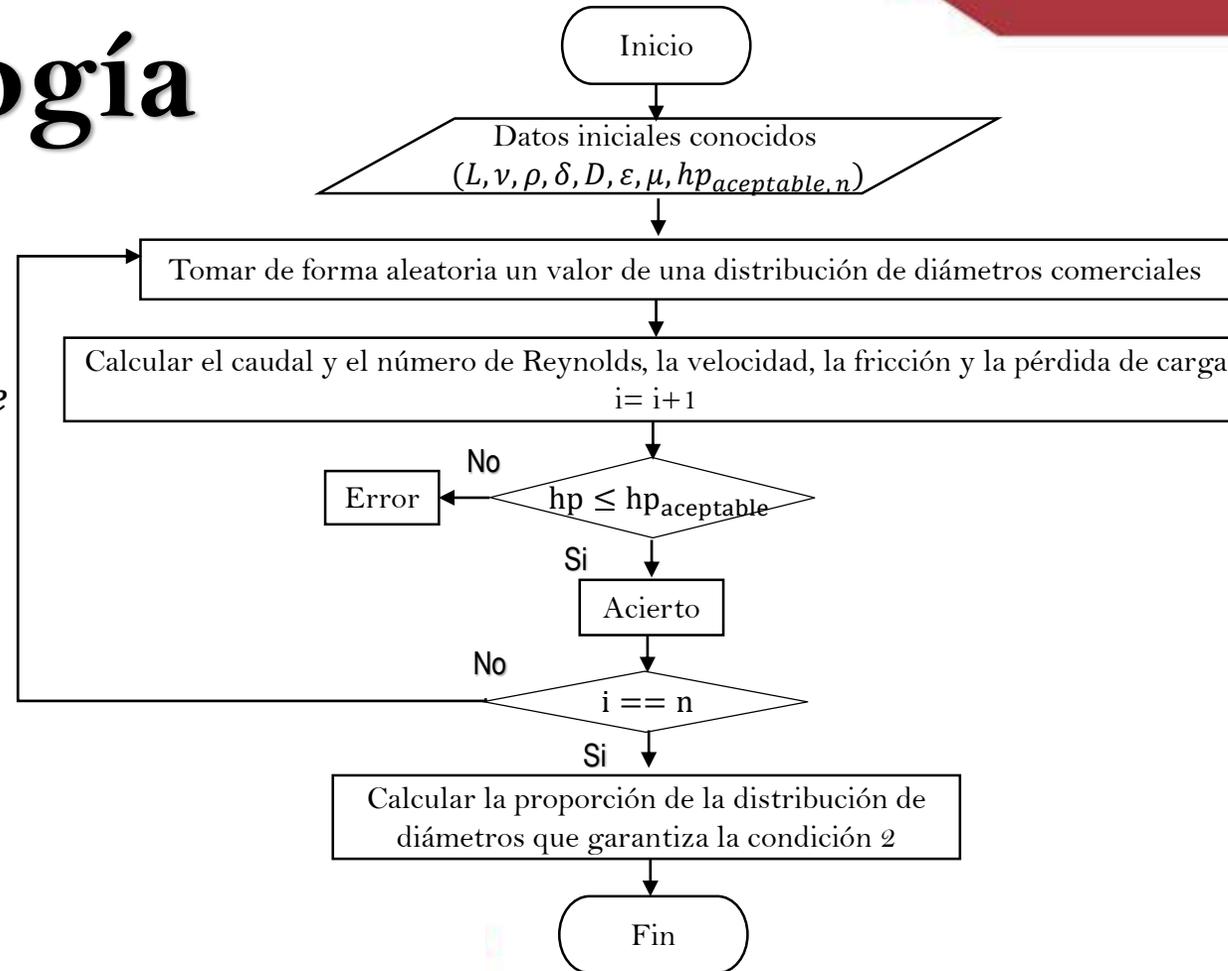
$$Re \leq 2300$$



Metodología

Condición 2:

$$hp \leq hp_{acceptable}$$



Resultados

Se analizó la propuesta mediante la comparación con el método tradicional.

Datos iniciales conocidos	
Temperatura	25 °C
Longitud tubería	300 m
Viscosidad cinemática	0.00000898 $\frac{m^2}{s}$
Viscosidad dinámica	0.000895 $\frac{Ns}{m^2}$
Pérdida de carga aceptable	1.5 m



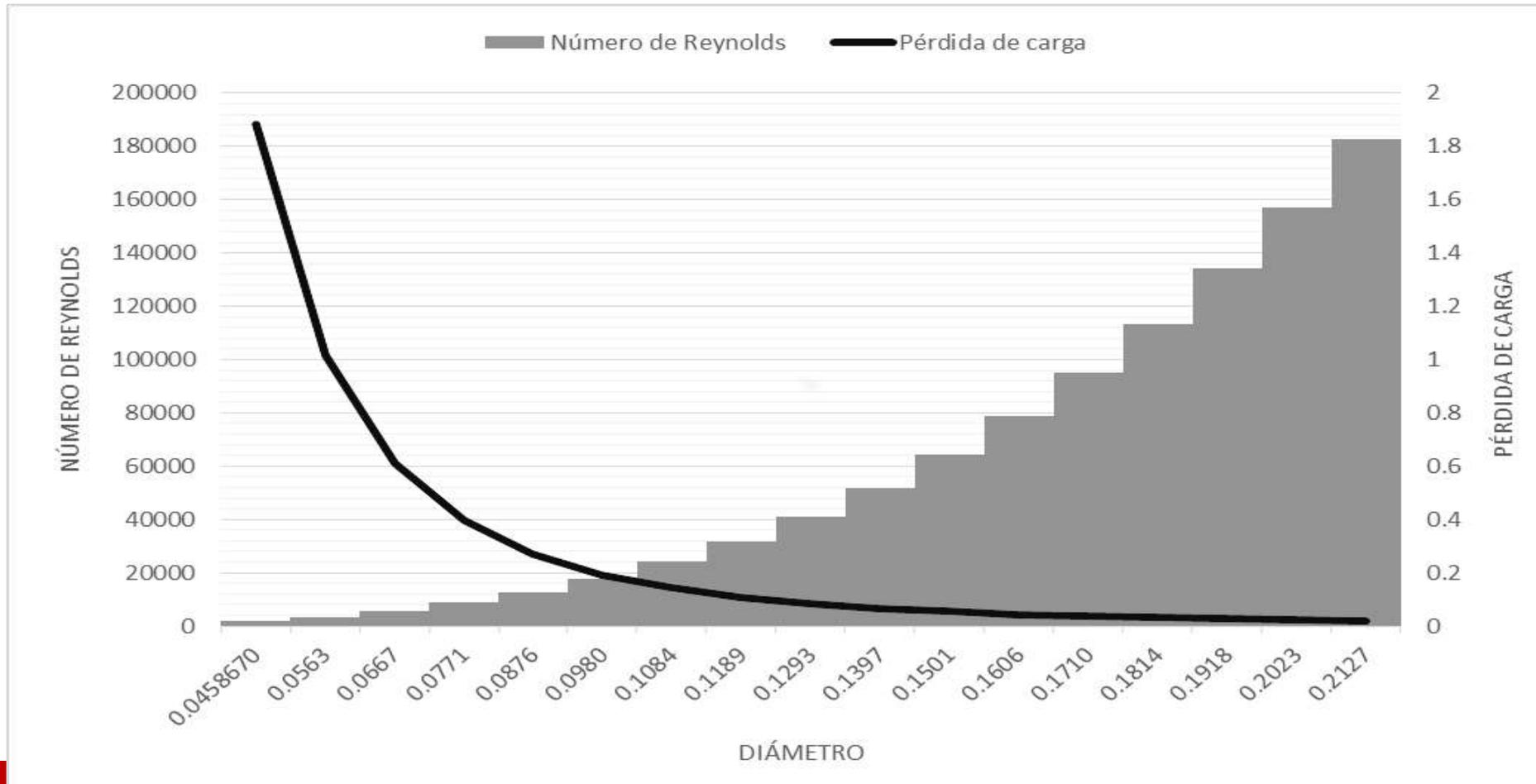
Resultados

	Método tradicional	Montecarlo (0.045867 m - 0.212700 m)	
Diámetro	0.1035 m	0.045867	0.212700
Caudal	$0.007 \frac{m^3}{s}$	$0.00074 \frac{m^3}{s}$	$0.00345 \frac{m^3}{s}$
Fricción	0.024	0.02782	0.02782
Velocidad	$0.832 \frac{m}{s}$	$0.4503 \frac{m}{s}$	$0.09710 \frac{m}{s}$
Perdida	2.46 m	1.88 m	0.0188 m
Número de Reynolds	10754.58 TURBULENTO	2300 LAMINAR	2300 LAMINAR



Resultados

I
C
B
I



Conclusiones

La propuesta exhibe ventajas frente a la estrategia clásica de iterar el factor de fricción f :

- Se obtiene una serie de diámetros que mantienen el fluido en régimen laminar.
- La pérdida de carga es menor o igual a la perdida aceptable.
- Los diámetros obtenidos se encuentran en valores comerciales.
- La propuesta no requiere del diagrama de Moody.
- Se satisfacen las problemáticas de diseño de tubería de tipo I, II y III



Trabajos futuros

- Comprobar la efectividad de la alternativa en una planta real
- Realizar un programa que estandarice el proceso para la solución de los tres problemas de diseño de tubería mediante el método de Montecarlo



Referencias

- Aiping Wang, H. W. (2021). Survey on stochastic distribution systems: A full probability density function control theory with potential applications. *Optimal Control Applications and Method*, 42(6). doi:<https://doi.org/10.1002/oca.2755>
- Arsenie, D. (1983). A formula for calculation of Darcy – Weisbach friction factor. *Hydrotechnics*, 12, 12-19.
- Cabrera, E., Gómez, E., & Soriano, J. (2018). Calculating the Economic Level of Friction in Pressurized Water Systems. *Water Research*, 10(6), 763. doi:<https://doi.org/10.3390/w10060763>
- Castillo Calderón, J., Solórzano Castillo, B., & Moreno Moreno, J. (2018). Diseño de una red neuronal para la predicción del coeficiente de pérdidas primarias en régimen de flujo turbulento. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*(20).
- Chen, N. H. (1979). An Explicit Equation for Friction Factor in Pipe. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 18(3), 296-297. doi:10.1021/i160071a019
- Churchill, S. W. (1977). Friction factor equations spans all fluid-flow regimes. *Chemical Engineering Journal*, 84(24), 91.
- García Sosa, J., & Morales Burgos, A. (2003). Determinación del diámetro en sistemas de tuberías utilizando el Mathcad. *Ingeniería Revista Académica*, 7(1), 53-58.



Referencias

- Haaland, S. E. (1983). Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulent pipe flow. Transactions of the ASME. Journal of Fluids Engineering, 105(1), 89-90. Obtenido de <https://doi.org/10.1115/1.3240948>
- Law, M. A., & Kelton, W. D. (1991). Simulation Modeling and Analysis. Mc. Graw-Hill.
- Santoro, V. C., Crimì, A., & Pezzinga, G. (2018). Developments and Limits of Discrete Vapor Cavity Models of Transient Cavitating Pipe Flow: 1D and 2D Flow Numerical Analysis. Journal of Hydraulic Engineering, 144(8).
- Sati, V., Kaushik, S., Singh, S., Kshetri, R., & Pandey, R. (2019). Reduction of losses in 90 degree pipe bends by varying design parameters using CFD software. International. Journal of Engineering and Advanced Technology, 8, 78–87. Obtenido de <https://doi.org/10.35940/ijeat.E1022/0785S319>
- Serrano Florez, D., Cerpa, F., & Gutiérrez, G. (2021). Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos. Información tecnológica, 32, 3-12. doi:10.4067/S0718-07642021000400003

