

# Diseño de sistemas de tuberías aplicando los principios básicos de la mecánica de fluidos

## *Design of piping systems applying the basic principles of fluid mechanics*

Fecha de recepción: 2024-07-30 · Fecha de aceptación: 2024-09-03 · Fecha de publicación: 2024-10-10

**Maily Mayerli Montero Vera**<sup>1</sup>

Universidad Técnica Estatal De Quevedo

[mmonterov3@uteq.edu.ec](mailto:mmonterov3@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-8062-6362>

**Melanny Nohelia Ponce Anchundia**<sup>2</sup>

Universidad Técnica Estatal De Quevedo

[mponcea@uteq.edu.ec](mailto:mponcea@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0000-0616-3570>

**Johanna Elizabeth Vera Bustamante**<sup>3</sup>

Universidad Técnica Estatal De Quevedo

[jverab13@uteq.edu.ec](mailto:jverab13@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0004-9136-9491>

**Luis Fernando Jacome Alarcón**<sup>4</sup>

Universidad Técnica Estatal De Quevedo

[ljacomea@uteq.edu.ec](mailto:ljacomea@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-1553-7591>

## RESUMEN

Diseñar sistemas de tuberías que introducen principios de mecánica de fluidos ha sido esencial para crear sistemas eficientes y seguros. Los avances en modelado por computadora, nuevos materiales y tecnología de monitoreo continúan mejorando el rendimiento y la sostenibilidad de estos sistemas, permitiendo solucionar de manera más efectiva problemas persistentes y crear nuevas innovaciones en la industria. Este artículo tuvo como objetivo proporcionar una amplia comprensión de cómo se diseñan y operan los sistemas de tuberías y redes para el transporte de fluidos.

Para lograrlo, se estudiaron las propiedades físicas de los fluidos y se aplicaron los principios fundamentales de la mecánica de fluidos. Para la investigación se utilizó un enfoque descriptivo-explicativo donde se hizo una revisión bibliográfica de los diferentes conceptos relacionados a la mecánica de fluidos. El estudio concluyó que el diseño y la operación de sistemas de tuberías y redes fluidos es un campo de ingeniería que requiere de un conocimiento profundo científico y la aplicación de tecnología avanzada.

**PALABRAS CLAVE:** mecánica de fluidos, sistemas eficientes, tuberías, innovaciones en las industrias

## ABSTRACT

Designing piping systems that introduce fluid mechanics principles has been essential to creating efficient and safe systems. Advances in computer modeling, new materials and monitoring technology continue to improve the performance and sustainability of these systems, allowing persistent problems to be more effectively solved and new innovations created in the industry. This article aimed to provide a broad understanding of how piping and network systems for fluid transportation are designed and operated.

To achieve this, the physical properties of fluids were studied and the fundamental principles of fluid mechanics were applied. For the research, a descriptive-explanatory approach was used where a bibliographic review of the different concepts related to fluid mechanics was carried out. The study concluded that the design and operation of fluid piping and network systems is an engineering field that requires in-depth scientific knowledge and the application of advanced technology.

**KEYWORDS:** fluid mechanics, efficient systems, piping, innovations in industries

## Introducción

Un diseño óptimo de tuberías es fundamental para el funcionamiento, mantenimiento y durabilidad de toda la infraestructura de cualquier sistema, asegurando que estos no colapsen y que los diferentes fluidos o gases que trasladen se encuentren en buen estado.

Este artículo tuvo como objetivo proporcionar una amplia comprensión de cómo se diseñan y operan los sistemas de tuberías y redes para el transporte de fluidos (líquidos y gases). Para lograrlo, se estudiaron las propiedades físicas de los fluidos como densidad, viscosidad, presión y temperatura, y se aplicaron los principios fundamentales de la mecánica de fluidos, incluyendo la conservación de la masa, energía y momento. Además, se abordó el dimensionamiento de tuberías para diferentes aplicaciones industriales y domésticas, así como la implementación de técnicas de control de flujo y presión mediante el uso de válvulas reguladoras, bombas y compresores. Todo esto contribuyó a asegurar un sistema eficiente y seguro, evitando problemas o accidentes no deseados y cumpliendo con los principios fundamentales de la ingeniería, que garantizan la eficacia y seguridad de los sistemas diseñados.

## Metodología

La base de esta investigación tuvo un enfoque descriptivo-explicativo, fue una revisión detallada de los estudios relacionados con diseños de sistema de tuberías. Se analizaron los siguientes puntos:

- Conceptos
- Ejemplos y casos prácticos
- Ecuaciones
- Herramientas computacionales

## Resultados

Las tuberías son esenciales para cualquier proyecto de construcción, ya que son necesarias para transportar líquidos y gases en sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, agua y aguas residuales. Sin la colocación de tuberías, estos sistemas no pueden funcionar de manera eficiente ni segura. Además, las tuberías son importantes para mantener la calidad del agua y el saneamiento, y se vuelven cada vez más importantes en los diseños modernos. Por este motivo, se debe crear un buen sistema de tuberías que permita mejorar la calidad y el estado de los diferentes fluidos que se trasladan a través de ellos.

Cabe recalcar que para poder conseguir un buen sistema de tuberías en las que las redes de fluidos no se vean afectadas y que estos no tengan problemas en la infraestructura, se deben de estudiar y analizar algunos de los principios de la mecánica de fluidos y así asegurar una mejor seguridad en todos los aspectos.



En primer lugar, es muy necesario trabajar con las diferentes magnitudes que existen, tanto en el Sistema Internacional de Medidas (SI) como en el Sistema Ingles (Imperial). Las magnitudes más comunes o utilizadas se pueden clasificar en diferentes tipos como las magnitudes fundamentales de los sistemas absolutos, las magnitudes derivadas y las unidades, múltiplos y submúltiplos de las magnitudes fundamentales del Sistema Internacional.

Seguido de esto, es de suma importancia conocer sobre los diferentes sistemas de medidas ya que permite calcular y transformar las diferentes medidas de forma que se puedan manejar y calcular de una mejor manera los diferentes problemas que se pueden presentar al momento de realizar el sistema de tuberías como la altura que deben de existir, la presión con la que se maneja los fluidos y de esta forma tomar las medidas adecuadas para mejorar la seguridad industrial. A continuación, se planteó un ejemplo:

Un tanque cilíndrico tarda 1 hora y 20 minutos en vaciarse. Suponiendo que su altura es 3 m y su diámetro es 150 cm, determine su flujo volumétrico de salida en condiciones ideales en unidades oficiales y en L/min.

$$V = A * b = \pi * r^2 * h = \pi D^2/4 * h = \pi * [150 \text{ cm} * (1\text{m}/100 \text{ cm})]^2/4 * 3 \text{ m} = 5.3 \text{ m}^3$$

$$Q = V/t = 5.3 \text{ m}^3 / (1 \text{ h} * 3,600 \text{ s}/1 \text{ h} + 20 \text{ min} * 60 \text{ s}/1 \text{ min}) = 0.0011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.0011 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{60,000 \frac{\text{L}}{\text{min}}}{1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 66.25 \text{ L/m}$$

### 3.11 Fluidos

Como punto de partida, se debe conocer lo que es un fluido y su movimiento. Para conocer las propiedades de los diferentes fluidos que existen cabe mencionar lo dicho en el libro de Mecánica de fluidos en la cual se ha mencionado que “La propiedad mecánica que distingue a los fluidos (gases y líquidos) de los sólidos es la facilidad que tienen para deformarse. Un sólido mantiene una forma determinada mientras no se le aplique una fuerza externa.” (Fernández y Ortega, 2015, p. 11).

Un fluido no tiene una forma determinada, sino que toma la forma de su recipiente. Sin embargo, la diferencia entre sí es que los primeros se adaptan a la forma de su recipiente y los segundos se caracterizan por tener poca atracción en sus moléculas, por lo que pueden comprimirse perdiendo volumen y forma. Aunque tanto los líquidos como los gases se consideran fluidos, en los fluidos de las fuerzas intermoleculares facilitan el movimiento de las partículas. Además, tienen masa constante a diferencia de los gases en los que las partículas individuales se mueven, chocan entre sí y se dispersan, no tienen un volumen definido.

## 3.2. Propiedades de los fluidos

### 3.2.1. Viscosidad

El autor Heras (2011) menciona que: “La viscosidad es la propiedad distintiva de los medios-fluidos, pues relaciona la fuerza cortante aplicada por unidad de superficie con la velocidad de deformación resultante” (p. 36)

Además, ha señalado que

“La viscosidad se utiliza para evaluar la resistencia de los fluidos a fluir por el interior de conductos o a derramarse por orificios (cuanto mayor es la viscosidad, mayor es la resistencia). La unidad de la viscosidad dinámica,  $\mu$ , en el sistema internacional es el [Pa·s].” (Heras, 2011, p. 36)

#### Viscosidad absoluta o dinámica

Yambombo (2012) menciona que la viscosidad absoluta es la propiedad del fluido y expresa la resistencia al corte ofrecido por el fluido cuando se mueve. La viscosidad dinámica es directamente proporcional a la tensión de cortadura, e inversamente proporcional a la velocidad angular.

$$\mu = \frac{T}{du/dy}$$

Donde:

- $\mu$  = Viscosidad absoluta (N·s/m<sup>2</sup>) o [kg/(m·s)]
- T = Tensión de cortadura (N) o (kg)” (Gustavo, 2012, p. 7)

#### Viscosidad cinemática

Yambombo (2012) señaló: “Es la viscosidad absoluta dividida entre la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m<sup>2</sup>/s)” (p. 27).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Donde:

- $\nu$  = Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s)
- $\mu$  = Viscosidad dinámica o absoluta del fluido (kg·s/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Densidad del fluido (kg·s/m<sup>4</sup>)” (Gustavo, 2012, p. 7)

En los líquidos, cuando la temperatura aumenta la viscosidad disminuye, mientras que en tanto en los gases, si la temperatura aumenta la viscosidad también aumenta. El efecto de la presión sobre la viscosidad de los líquidos y la de los gases perfectos es tan pequeño que no tiene interés práctico en la mayor parte de problemas para flujo de fluidos (Yambombo, 2012)

### Influencia de la viscosidad en el flujo fluidos

La viscosidad influye en diversos aspectos del flujo de fluidos, incluyendo:

- **Pérdidas de carga por fricción en tuberías:**

La pérdida de energía por fricción es debida al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería o del conducto. Esta pérdida, continúa en la dirección del flujo, puede resultar considerable en tramos largos y, por el contrario, ser despreciable en tramos cortos (Yambombo 2012).

- **Número de Reynolds:**

Terán et al. (2018) indicaron que el número de Reynolds se considera como una razón entre la fuerza de inercia y la viscosidad. El número de Reynolds es inversamente proporcional a la fuerza de corte.

$$Re = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$v = \mu / \rho$$

$$Re = V \cdot d \cdot \rho \text{ Análisis dimensional (m/s, m, m}^2\text{/s)}$$

Donde:

- **Re:** Número de Reynolds.
- **V:** Velocidad del flujo.
- **d:** Diámetro de la tubería.
- **v:** Viscosidad cinemática.

Si:

- $Re > 2000$ , Flujo Turbulento.
- $Re < 2000$ , Flujo Laminar.” (Herrera et al, 2018, p. 35)

### 3.2.2. Densidad

Para entender lo que es la densidad dentro de las propiedades debemos de centrarnos en el concepto brindado por Sandoval (2018) quien define la densidad como “la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia, relacionada con el grado de compactibilidad de la misma y se calcula matemáticamente como la relación masa a volumen” (p. 16)

Fórmula.  
Sistema Internacional  
 $\rho = m/V$ .  
Peso específico.

Para entender el peso específico dentro de los fluidos, el mismo autor señala que:

Esta variable es de gran importancia en los temas de flotabilidad de cuerpos sumergidos en fluidos, ecuación general de energía y potencia de bombas. Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia. Se calcula como el cociente peso a volumen o como el producto densidad por gravedad, tomando generalmente la gravedad como 9.8 m/s<sup>2</sup>. (Sandoval, 2018, p. 18)

Según lo expuesto, se concluye que el peso específico es una propiedad crítica en la mecánica de fluidos que influye en el diseño, análisis y operación de sistemas que involucran fluidos. En este caso de tuberías, la comprensión y correcta aplicación son esenciales para garantizar la eficiencia y seguridad de estos sistemas.

### 3.2.3. Presión

Para comprender lo que es la presión tengamos en cuenta el siguiente concepto.

En su forma más básica se puede entender la presión como una fuerza que ejerce un fluido sobre una superficie, para el estudio de la mecánica de fluidos nos interesa el estudio de la presión de líquidos dentro de espacios confinados o también su presión con respecto a otra para ello se describe en la presión manométrica y absoluta” (Barahona et al., 2022, p. 2)

La presión adecuada garantiza que el fluido se transporte eficientemente a lo largo de todo el sistema de tuberías, superando la resistencia y las pérdidas por fricción a lo largo del camino. Por lo tanto, la presión del fluido es un parámetro básico en el diseño, operación y mantenimiento de sistemas de tuberías, afectando directamente el rendimiento, seguridad y confiabilidad del sistema.

### 3.3. Diseño de redes de fluidos.

El diseño es la etapa en la que se sientan las bases de un sistema que funciona de manera eficiente y segura. En esta etapa, es importante realizar un análisis exhaustivo de los requisitos del sistema. Factores como:

- Tipo de líquido transportado.
- Presión y temperaturas adecuadas.
- Punto de suministro y consumo.

En la fase de diseño, se debe de contar con un plano detallado que muestre la ubicación de tuberías, conexiones, válvulas de control y cualquier otro componente requerido por la red hidráulica para minimizar la presión de pérdidas y asegurar un flujo estable.

### 3.3.1. Dimensionamiento de tuberías:

El tamaño de las tuberías debe ser adecuado para manejar el caudal requerido sin causar una caída de presión excesiva. Esto implica cálculos detallados de diámetro, longitud y grosor de las paredes de las tuberías.

### 3.3.2. Análisis de presión y pérdidas de energía:

Es fundamental realizar un análisis detallado de la presión a lo largo de la red de tuberías para evitar problemas como cavitación y fallos estructurales. Las pérdidas de energía deben ser minimizadas para mejorar la eficiencia del sistema.

### 3.3.3. Innovaciones tecnológicas

La tecnología ha avanzado significativamente en el campo del diseño y operación de sistemas de tuberías:

- **Simulación computacional:** Los métodos de simulación por computadora, como la dinámica de fluidos computacional (CFD), permiten modelar y predecir el comportamiento de los fluidos en sistemas complejos. Estos modelos ayudan a optimizar el diseño y a prever posibles problemas antes de la construcción física.
- **Nuevos materiales:** La investigación en materiales ha llevado al desarrollo de polímeros avanzados y materiales compuestos que ofrecen mayor resistencia a la corrosión y menores costos de mantenimiento. Estos materiales también pueden reducir las pérdidas de energía al tener superficies internas más lisas.
- **Tecnología de sensores:** Los sensores avanzados pueden monitorear en tiempo real las condiciones dentro de las tuberías, detectando cambios en la presión, temperatura y flujo. Esta información permite una gestión más precisa y oportuna del sistema.
- **Inteligencia artificial y machine learning:** Estas tecnologías se están utilizando para predecir fallos y optimizar las operaciones del sistema. Los algoritmos de machine learning pueden analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y prever problemas antes de que ocurran.

Acerca de estas tecnologías, se ha mencionado que:

La implementación de las técnicas de machine learning, utiliza el entorno de programación Jupyter empleando el lenguaje de Python, que requiere la carga de la data set, preprocesamiento, ajuste del algoritmo, modelamiento, predicción y evaluación del código. Los dos algoritmos de clasificación Árboles de Decisiones (del inglés Decision Trees) y Máquinas de Soporte Vectorial (del inglés Support Vector Machines, SVM), permiten un

aprendizaje supervisado que se adaptan muy bien a los datos que se desean procesar y son herramientas eficientes para la solución de problemas de clasificación. (Gámez 2021, p. 49)

### 3.4. Modelo de redes de tuberías.

El indispensable conocer el modelo sobre el cual se debería de crear un sistema de tuberías adecuado en el cual se priorice la seguridad industrial y que los fluidos que llegue a su destino de forma correcta.

El objetivo principal del modelado enfocado a la construcción de redes de tuberías es simular el comportamiento hidráulico de los fluidos. Un esquema típico usado en muchos problemas de mecánica de fluidos es el modelo en estado estacionario, el cual consiste en establecer condiciones estables en la red, en un instante/punto del tiempo (Valle Tamayo et al., 2018, p. 2)

Un modelo preciso permite optimizar el diseño de la red de tuberías garantizando que se ha deslizado los materiales para satisfacer las necesidades del sistema. Esto puede conducir a reducciones significativas en los costos de construcción y mantenimiento.

Para resumir, un buen modelo de redes de tuberías es primordial para garantizar un diseño de sistema de ductos eficiente, seguro y sustentable. Puede optimizar los recursos, mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad y el cumplimiento, y reducir los costos durante todo el ciclo de vida del sistema.

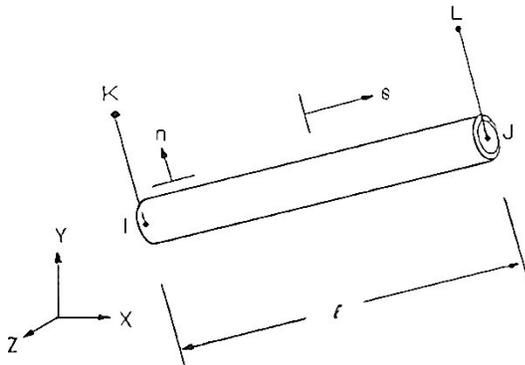
### 3.5. Elemento FLUID116

Es un elemento tridimensional con capacidad para modelar conducción de calor y transporte de fluidos entre dos nodos primarios I-J (figura 2). En este trabajo sólo se emplea la opción de flujo, luego cada nodo poseerá un solo grado de libertad (la presión). La tubería se idealiza con elementos FLUID116 y los tanques con tramos cortos de cabeza de bombeo constante (Gómez et al., 2020, p. 8).

El elemento FLUID116 es de gran importancia en el análisis y diseño de sistemas de tuberías por su capacidad para proporcionar un modelo preciso y detallado del comportamiento del flujo de fluidos. Esto permite a los ingenieros optimizar el diseño del sistema, garantizar el rendimiento y la confiabilidad del sistema y reducir los costos asociados con el desarrollo y mantenimiento del sistema.

**Figura 1**

*Tubería con Elemento FLUID116.*



Con el FLUID116, como se ve en la *Figura 1*, se puede trabajar con temperatura y presión. Dado que el propósito de este trabajo es resolver el problema de flujo, a continuación, se presenta la ecuación de equilibrio simplificado del sistema.

La ecuación básica del problema tiene la forma:

(9)

En (9),  $[K p]$  = matriz de conductividad de presión para un canal de flujo1

$\{P\}$  = vector de presión nodal

$\{w\}$  = vector de flujo de fluido nodal

$\{H\}$  = vector de efectos de gravedad y bombeo para un canal de flujo.

(Rodríguez y Pallares, 2006, p. 71)

## Conclusiones

El diseño y la operación de sistemas de tuberías y redes fluidos es un campo de ingeniería que requiere de un conocimiento profundo científico y la aplicación de tecnología avanzada. Los principios de la mecánica de fluidos combinados con innovaciones en materiales y tecnología de monitoreo crean sistemas eficientes y seguros. Sin embargo, los desafíos actuales, como la pérdida de energía y la integridad estructural, requieren una mejora y un enfoque multidisciplinario.

Gracias a los continuos avances en modelo, nuevos materiales y tecnología de inteligencia artificial, el futuro de los sistemas de tuberías promete ser más innovador y eficiente, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad y la seguridad en diversas industrias.

## Referencias

- Barahona, W., Chávez, M., y Hernández, D. (2022). *Propiedades de los fluidos y manometría* [informe]. [https://www.academia.edu/83578837/PROPIEDADES\\_DE\\_LOS\\_FLUIDOS\\_Y\\_MANOMETR%C3%8DA](https://www.academia.edu/83578837/PROPIEDADES_DE_LOS_FLUIDOS_Y_MANOMETR%C3%8DA)
- Fernández, R. y Ortega, J. (2012). *Mecánica de Fluidos*. Universidad de Málaga. <http://www.fluidmal.uma.es/pdfs/Notas%20de%20clase.pdf>
- Gámez, A. (2021). *Aplicación de técnicas de machine Learning para la detección de fugas en una tubería horizontal que transporta una mezcla de agua y glicerol* [Tesis de grado, Universidad de la Costa]. Repositorio Digital. <https://hdl.handle.net/11323/8874>
- Gómez, J., García, P., y Nolasco, C. (2020). Modelo numérico de detección de fugas para sistema de tuberías. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(2), 113-120. <https://doi.org/10.15649/2346030X.723>
- Heras, S. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas* (2ª ed.). Iniciativa Digital Politécnica.
- Rodríguez, W. y Pallares, M. (2006). Análisis de sistemas de tuberías y tanques con el programa de elementos finitos. *Ansys. Tecnura*, 10(19), 65-77. <http://hdl.handle.net/11349/20413>
- Sandoval, J. (2018). *Mecánica de fluidos*. Ediciones Universidad de América. <https://editorial.uamerica.edu.co/index.php/editorial/catalog/book/28>
- Terán, H., Torres, G., Arteaga, O., y Sánchez, W. (2018). *Mecánica de Fluidos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15410/1/Mecanica%20de%20Fluidos.pdf>
- Valle, G., Valbuena, L., Rojas, C., y Cabarcas, M. (2018). Modelo numérico para el análisis y el diseño de redes de tubería para flujo bifásico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 201-214. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6469093>
- Yambombo, G. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para ENSAYOS DE pérdidas de carga en tuberías y accesorios* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/71898012.pdf>

Copyright (2024) © Maily Mayerli Montero Vera, Melanny Nohelia Ponce Anchundia, Johanna Elizabeth Vera Bustamante, Luis Fernando Jacome Alarcón



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)