

Mecánica de Fluidos I

SEMANA 1

Henry R. Moncada

Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

14 de abril de 2025

Contenido

- 1 Introducción mecánica de fluidos
- 2 Conceptos Básicos Preliminares
 - Peso y Masa
 - Presión
 - Temperatura
- 3 Principio de Homogeneidad
- 4 El fluido como medio continuo
- 5 Reconocimiento de Equipos
- 6 Conclusiones

El estudio de la mecánica de fluidos

Trate de identificar dónde ha encontrado fluidos a presión, ya sea estacionarios o en movimiento, en su vida diaria.

ejemplos:

- Considere los sistemas de agua instalados en su casa, en hoteles o en edificios comerciales.
- Piense en cómo se desplaza el combustible de un automóvil desde el tanque hasta el motor o en cómo fluye el agua a través del motor y su sistema de enfriamiento.
- Observe la planta de procesamiento químico que se muestra en la figura 1.1. Los complejos sistemas de tuberías utilizan bombas para transferir fluidos desde los tanques y llevarlos directamente hasta diversos sistemas de procesamiento.

¿Qué es la Mecánica de Fluidos?

- Estudia el comportamiento de los fluidos.
- Se divide en:
 - **Estática de fluidos:** Fluidos en reposo.
 - **Dinámica de fluidos:** Fluidos en movimiento.
- Los fluidos pueden ser líquidos o gases.

Conceptos Fundamentales de Mecánica de Fluidos

1. Propiedades Físicas de los Fluidos

- Densidad
- Peso específico
- Gravedad específica
- Tensión superficial
- Viscosidad

2. Unidades y Sistemas de Medición

- Uso de unidades SI y sistema gravitacional de EE.UU.
- Distinción clara entre **masa** y **peso**.
- Importancia de la consistencia de unidades en los cálculos.

3. Estática de Fluidos

- Medición de la presión.
- Fuerzas ejercidas por la presión sobre superficies.
- Flotabilidad.
- Estabilidad de cuerpos flotantes.

4. Dinámica de Fluidos en Conductos

- Flujo en tuberías circulares y conductos de distintas formas.
- Análisis del comportamiento de los fluidos en movimiento.

5. Energía de un Fluido

- La energía puede ser:
 - Cinética (por velocidad)
 - Potencial (por elevación)
 - Por presión
- Pérdidas de energía por fricción y obstáculos.
- Adición de energía con bombas.
- Extracción de energía con turbinas o actuadores hidráulicos.

6. Mediciones y Desempeño del Sistema

- Mediciones clave:
 - Presión
 - Temperatura
 - Velocidad de flujo
- Estas mediciones permiten analizar y optimizar el desempeño del sistema de flujo.

Dimensiones y Unidades

Dimensiones y Unidades

- Las dimensiones representan propiedades físicas fundamentales.
- Las unidades son las **medidas** asignadas a cada dimensión, como metros (m), kilogramos (kg), segundos (s), etc.
- Ejemplos de **dimensiones**: longitud (L), masa (M), tiempo (T).
- El análisis dimensional ayuda a verificar la consistencia de ecuaciones físicas.
- Sistemas de unidades comunes: SI (Sistema Internacional), Sistema Inglés.

Resumen

- Las dimensiones permiten verificar la coherencia física de las fórmulas.
- Las unidades deben mantenerse consistentes en cálculos y conversiones.
- El análisis dimensional es útil tanto en teoría como en la práctica.
- Convertir correctamente entre unidades es esencial en la Mecánica de Fluidos.

Ejemplos

Ejemplos:

- **Ejemplo 1: Conversión de unidades Problema:** Convertir 5 pies a metros.

Solución:

$$1 \text{ pie} = 0,3048 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad 5 \text{ pies} = 5 \times 0,3048 = 1,524 \text{ m}$$

- **Ejemplo 2: Verificación Dimensional** Verifica si la fórmula de la velocidad media:

$$v = \frac{d}{t}$$

es dimensionalmente correcta.

Solución:

$$[v] = \frac{[L]}{[T]} = LT^{-1}$$

Resultado: La ecuación es dimensionalmente coherente.

Ejemplos

- **Ejemplo 3: Conversión de Unidades** Convierte 5 m/s a km/h.

Solución:

$$5 \text{ m/s} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 18 \text{ km/h}$$

Resultado: 5 m/s = 18 km/h

- **Ejemplo 4: Análisis Dimensional** Determina si la fórmula del caudal $Q = A \cdot v$ es correcta.

Solución:

$$[Q] = [A][v] = L^2 \cdot LT^{-1} = L^3T^{-1}$$

Dimensión de caudal es L^3T^{-1} , coherente con volumen por unidad de tiempo.

- **Ejemplo 5: Cambio de Sistema de Unidades** Convierte una densidad de 1000 kg/m³ al sistema inglés (slug/ft³).

Solución:

$$1000 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1 \text{ slug}}{14,5939 \text{ kg}} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{3,28084 \text{ ft}} \right)^3 \approx 1,94 \text{ slug/ft}^3$$

Resultado: 1000 kg/m³ \approx 1,94 slug/ft³

Peso y Masa

- La **masa** (**m**) es una propiedad escalar que mide la cantidad de materia en un objeto. Se mide en kilogramos (kg).
- El **peso** (**W**) es una fuerza vectorial que resulta de la acción de la gravedad sobre la masa:

$$W = mg$$

donde W es el peso en **Newtons (N)**, m es la masa en **kg** y $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ es la aceleración gravitacional, o simplemente la gravedad (**g**).

- Mientras que la masa es constante, el peso varía con la gravedad (**g**). Se diferencian en que el peso depende del campo gravitacional.

En Mecánica de Fluido

- Masa es aquella propiedad del cuerpo de un fluido que representa una medida de la inercia o de la resistencia del fluido ante un cambio en su movimiento. También es una medida de la cantidad de fluido, se utilizará el símbolo **m** para identificar la masa.
- Peso es la cantidad que pesa el cuerpo de un fluido; es decir, la fuerza con la que el fluido es atraído hacia la Tierra por efecto de la gravedad y para identificar el peso, en este libro se usará el símbolo **W**.

Aplicación

- En Mecánica de Fluidos, es importante distinguir entre masa (cantidad de fluido) y peso (fuerza ejercida sobre superficies o estructuras).
- El peso de un volumen de fluido puede calcularse como:

$$W = \rho V g$$

donde ρ es la densidad del fluido y V el volumen.

Ejemplos

- **Ejemplo 1: Masa y peso de un objeto** Un objeto tiene una masa de 10 kg. ¿Cuál es su peso en la Tierra?

$$W = mg = 10 \times 9,81 = \boxed{98,1 \text{ N}}$$

- **Ejemplo 2: Peso de un volumen de agua** Un recipiente contiene 0.5 m^3 de agua ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). ¿Cuál es el peso del agua?

$$W = \rho Vg = 1000 \times 0,5 \times 9,81 = \boxed{4905 \text{ N}}$$

- **Ejemplo 3: Masa de un fluido con peso conocido** Si el peso de un fluido es 196.2 N, ¿cuál es su masa?

$$m = \frac{W}{g} = \frac{196,2}{9,81} = \boxed{20 \text{ kg}}$$

- **Ejemplo 4: Comparación de pesos en diferentes planetas** Un objeto de 5 kg tiene diferente peso en la Tierra y la Luna.

- En la Tierra: $W = 5 \times 9,81 = 49,05 \text{ N}$

- En la Luna: $W = 5 \times 1,62 = \boxed{8,1 \text{ N}}$

Presión

La presión se define como la cantidad escalar que se obtiene al dividir la magnitud de una fuerza ejercida en forma perpendicular sobre alguna superficie entre el área de la misma.

$$p = \frac{F}{A}$$

- **Líquidos y gases** Los fluidos pueden ser líquidos o gases.
 - Cuando un líquido se mantiene en un contenedor, **tiende a tomar la forma del recipiente cubriendo la parte inferior y los lados**. La superficie superior, que está en contacto con la atmósfera presente por encima de ella, mantiene un nivel uniforme. Cuando el contenedor se inclina, el líquido tiende a derramarse.
 - Cuando un gas se mantiene bajo presión en un recipiente cerrado, **tiende a expandirse y llenar completamente el contenedor**. Si éste se abre, el gas tiende a expandirse más y a escapar del contenedor.

Compresibilidad de los Fluidos

Considere lo que sucede con un líquido o un gas a medida que aumenta la presión ejercida sobre ellos.

Ejemplo Ilustrativo

Imagine que una cantidad de aire está atrapada en un cilindro con un pistón móvil:

- Al empujar el pistón, el volumen del aire (gas) se reduce considerablemente.
- Esto se debe a que los gases son **altamente compresibles**.

¿Y si el cilindro contuviera agua?

- Aplicar una gran fuerza aumentaría la presión.
- Sin embargo, el volumen del agua cambiaría muy poco.
- Esto indica que los líquidos son **poco compresibles**.

Clasificación General de los Fluidos

- **Fluidos compresibles:** Su densidad varía significativamente con la presión (como los gases).
- **Fluidos incompresibles:** Su densidad se mantiene prácticamente constante (como los líquidos).
- **Fluidos ideales:** No tienen viscosidad ni efectos térmicos (modelo teórico).
- **Fluidos reales:** Presentan viscosidad, turbulencia y disipación de energía.

Temperatura

- La temperatura es una propiedad fundamental en el estudio de los fluidos.
- Se expresa comúnmente en °C (Celsius) o °F (Fahrenheit).
- En contextos científicos (SI), se utiliza principalmente el Kelvin (K).

Escalas Celsius y Fahrenheit

- Agua se congela a 0 °C (32 °F) y hierve a 100 °C (212 °F).
- Relación: $1\text{ °C} = 1,8\text{ °F}$.

Conversión entre escalas:

$$T_C = \frac{T_F - 32}{1,8}$$

$$T_F = 1,8 T_C + 32$$

Temperatura absoluta

- El cero absoluto es donde cesa el movimiento molecular.
- Escalas absolutas:
 - Kelvin (K) — usada con **grados Celsius**.
 - Rankine (°R) — usada con **grados Fahrenheit**.

Conclusión

- Comprender las escalas de temperatura es clave para resolver problemas térmicos en mecánica de fluidos.
- En SI se usa Celsius y Kelvin; en sistemas estadounidenses, Fahrenheit y Rankine.

Ejemplos de conversión

Escala Kelvin, Celsius y Fahrenheit:

- $T_F = 180\text{ }^\circ\text{F} \Rightarrow T_C = \frac{180-32}{1,8} = 82,2\text{ }^\circ\text{C}$
- $T_C = 33\text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_F = 1,8 \cdot 33 + 32 = 91,4\text{ }^\circ\text{F}$

Conversión:

- A Kelvin desde Celsius:

$$T_K = T_C + 273,15$$

Ejemplo: $T_C = 33\text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_K = 33 + 273,15 = 306,15\text{ K}$

- A Kelvin desde Fahrenheit:

$$T_K = \frac{T_F + 459,67}{1,8} = \frac{T_R}{1,8}$$

Ejemplo: $T_F = 180\text{ }^\circ\text{F} \Rightarrow T_K = \frac{180+459,67}{1,8} = 355,37\text{ K}$

Escala Rankine: Para la escala Fahrenheit, también se ha demostrado que el

$$\text{Cero absoluto} = -459,67\text{ }^\circ\text{F}$$

El cero absoluto es $0\text{ }^\circ\text{R}$ y cualquier medición en grados Fahrenheit se puede convertir a $^\circ\text{R}$ utilizando

Conversión:

$$T_R = T_F + 459,67$$

Principio de Homogeneidad

■ ¿Qué es el Principio de Homogeneidad?

- El principio de homogeneidad establece que en una ecuación física todos los términos deben tener las mismas dimensiones o unidades físicas.
- Es una herramienta útil para verificar la validez dimensional de una ecuación.
- No garantiza que una ecuación sea correcta, pero sí ayuda a detectar errores.

■ Importancia en Mecánica de Fluidos

- Permite comprobar consistencia en fórmulas de velocidad, presión, caudal, etc.
- Es fundamental al deducir o proponer nuevas ecuaciones en dinámica de fluidos.
- Se usa en análisis dimensional, como en el Teorema de Buckingham.

Ejemplos

■ Ejemplo 1

Ecuación: $Q = A \cdot v$

Donde:

Q es el caudal volumétrico [m^3/s]

A es el área [m^2]

v es la velocidad [m/s]

Verificación: $[Q] = [A][v] = \text{m}^2 \cdot \text{m}/\text{s} = \text{m}^3/\text{s}$ [U+2705]

■ Ejemplo 2

Ecuación: $P = \rho gh$

Donde:

P es presión [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$]

ρ es densidad [kg/m^3]

g es aceleración [m/s^2]

h es altura [m]

Verificación:

$$[\rho gh] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Ejemplo

■ Ejemplo 3

Ecuación: $F = \mu A \frac{du}{dy}$ (Fuerza viscosa)

Donde:

F : fuerza [N],

μ : viscosidad dinámica [Pa·s],

A : área [m²],

$\frac{du}{dy}$: gradiente de velocidad [1/s]

Verificación:

$$[F] = [\mu][A][1/s] = \text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = \text{Pa} \cdot \text{m}^2 = N$$

■ Ejemplo 4

Ecuación: $E_k = \frac{1}{2} \rho v^2$ (energía cinética por unidad de volumen)

Unidades:

ρ : [kg/m³], v : [m/s]

Verificación:

$$[E_k] = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^3} = \frac{J}{\text{m}^3} = \text{Pa}$$

■ Ejemplo 5: Verificación de homogeneidad Ecuación: $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

Análisis dimensional:

$$[s] = L, \quad [ut] = (LT^{-1})(T) = L, \quad [\frac{1}{2}at^2] = (LT^{-2})(T^2) = L$$

Conclusión: Todos los términos tienen dimensión L , la ecuación es homogénea.

Conclusiones

- El principio de homogeneidad es esencial para validar expresiones físicas.
- Sirve como filtro para detectar errores dimensionales antes de experimentación.
- En mecánica de fluidos, asegura que nuestras ecuaciones representen fenómenos reales de forma coherente.

El fluido como medio continuo: Teoría

■ ¿Qué es un medio continuo?

- Un fluido se modela como un medio continuo cuando se considera que sus propiedades (densidad, presión, velocidad, etc.) están definidas en todos los puntos del espacio.
- Se ignoran los efectos moleculares y se usa una descripción macroscópica.
- Esta aproximación es válida cuando el volumen de control es mucho mayor que la escala molecular.
- Se considera que las propiedades (densidad, presión, temperatura) varían suavemente en el espacio.
- Válido siempre que el volumen de análisis contenga suficientes moléculas para el promedio.

■ Aplicaciones de la hipótesis del medio continuo

- Cálculo de campos escalares y vectoriales como presión y velocidad.
- Formulación de las ecuaciones de conservación: masa, momento y energía.
- Permite el uso de métodos numéricos como CFD (Computational Fluid Dynamics).

Ejemplos

■ Ejemplo 1: Flujo en una tubería

- Se asume el fluido como medio continuo para calcular la velocidad del flujo.
- Aplicamos la ecuación de continuidad: $A_1 v_1 = A_2 v_2$.
- Dado: $A_1 = 5 \text{ cm}^2$, $v_1 = 2 \text{ m/s}$, $A_2 = 2 \text{ cm}^2$. ¿Cuál es v_2 ?
- Solución: $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{5}{2} \cdot 2 = 5 \text{ m/s}$.

■ Ejemplo 2: Distribución de presión en un tanque

- Un tanque contiene agua en reposo. Se desea conocer la presión a 3 m de profundidad.
- Se usa la ecuación: $P = P_0 + \rho g h$.
- Con $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $h = 3 \text{ m}$.
- Solución: $P = 101325 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 = 130755 \text{ Pa}$.

■ Ejemplo 3: Cálculo de densidad local

- Se analiza una pequeña región en un flujo para determinar si la aproximación de medio continuo es válida.
- Si el número de moléculas por volumen es muy alto, se justifica la hipótesis.
- En condiciones estándar: $1 \text{ mol} \approx 6,022 \times 10^{23}$ moléculas en 22,4 L.
- Densidad local muy alta \rightarrow medio continuo válido.

Ejemplos

■ Ejemplo 4: Perfil de velocidad en flujo laminar

- Se estudia el flujo entre dos placas paralelas (flujo de Couette).
- Una placa se mueve con velocidad U , la otra está fija.
- Velocidad varía linealmente: $v(y) = \frac{U}{h}y$, donde h es la distancia entre placas.
- Propiedades del fluido (viscosidad, densidad) se suponen continuas.

■ Ejemplo 5: Aplicación del modelo continuo Caso: Cálculo de la densidad del aire en una habitación.

Datos: Volumen = 20 m^3 , masa de aire = 24 kg

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{24 \text{ kg}}{20 \text{ m}^3} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

Se aplica el modelo continuo para describir propiedades macroscópicas.

Conclusión

- El modelo de medio continuo es una idealización poderosa para estudiar fluidos.
- Nos permite aplicar leyes físicas en forma de ecuaciones diferenciales.
- Su validez depende de la escala del problema.

Teoría: Reconocimiento de Equipos

- **¿Qué es el reconocimiento de equipos?**
 - Identificación y clasificación de los equipos utilizados en laboratorios o instalaciones hidráulicas.
 - Comprensión del principio de funcionamiento de cada equipo.
 - Relevancia de cada instrumento en el análisis de flujo y medición de variables.
- **Equipos comunes en Mecánica de Fluidos** A continuación se listan los equipos más utilizados en prácticas y laboratorios de mecánica de fluidos:
 - **Manómetros:** Instrumentos que miden la presión de los fluidos en sistemas cerrados o abiertos.
 - **Venturímetros:** Dispositivos que utilizan el principio de Bernoulli para medir el caudal de un fluido.
 - **Bombas:** Máquinas diseñadas para mover fluidos desde un punto a otro, aumentando su presión.
 - **Bombas centrífugas:** Tipo de bomba que utiliza la fuerza centrífuga generada por un impulsor rotativo para transportar el fluido.
 - **Tanques y tubos:** Elementos básicos para la conducción, almacenamiento y distribución de fluidos en sistemas hidráulicos.
 - **Túneles de viento:** Instalaciones diseñadas para estudiar el comportamiento del flujo de aire alrededor de objetos, comúnmente en aerodinámica.
 - **Rotámetros:** Medidores de caudal de área variable, que indican el caudal mediante el ascenso de un flotador dentro de un tubo cónico.
 - **Bancos de pruebas hidráulicas:** Sistemas experimentales para estudiar fenómenos como pérdida de carga, flujo laminar/turbulento y eficiencia de bombas.

Ejemplos

■ Ejemplo 1: Manómetro de Tubo en U

Objetivo

Medir la presión manométrica de un fluido utilizando un manómetro de tubo en U.

- Equipos: manómetro, fluido manométrico (agua o mercurio), recipiente presurizado.
- Lectura: diferencia de altura entre las columnas.
- Aplicación: determinar presión en sistemas cerrados.

■ Ejemplo 2: Venturímetro

Objetivo

Determinar el caudal a través de un conducto por diferencia de presión.

- Equipos: venturímetro, manómetro diferencial, tubería de prueba.
- Principio: ecuación de Bernoulli.
- Aplicación: control de flujo en redes hidráulicas.

Ejemplos

■ Ejemplo 3: Bomba Centrífuga

Objetivo

Analizar el funcionamiento y características de operación de una bomba centrífuga.

- Equipos: bomba, motor eléctrico, manómetros, caudalímetro.
- Variables: altura manométrica, eficiencia, potencia consumida.
- Aplicación: transporte de líquidos en sistemas presurizados.

■ Ejemplo 4: Túnel de Viento

Objetivo

Observar la interacción entre el flujo de aire y cuerpos sólidos.

- Equipos: túnel de viento, modelo de prueba, sensores de presión.
- Observaciones: líneas de corriente, presión diferencial, sustentación.
- Aplicación: diseño aerodinámico en ingeniería mecánica y civil.

■ Ejemplo 5: Observación de un manómetro

Objetivo

Medir la presión manométrica de un fluido.

- Se conecta a una tubería y se observa la altura de la columna de fluido.
- Relación con la presión:

$$P = \rho gh$$

Conclusiones

- El reconocimiento de equipos es fundamental para aplicar correctamente los principios de la mecánica de fluidos.
- La práctica permite asociar teoría con situaciones reales de ingeniería.
- La familiarización con instrumentos mejora la precisión y seguridad en el trabajo experimental.

Gracias por su atención

¿Preguntas?