

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Programa educativo
INGENIERÍA EN PLÁSTICOS

Unidad de Aprendizaje
MECÁNICA DE FLUIDOS

Unidad 1. Propiedades de los fluidos y definiciones



Por
M. en C. Isaias Alcalde Segundo

Semestre 2015-B

Unidad 1. Propiedades de los fluidos y definiciones

1.1 Introducción.

- 1.1.1 Definición de fluido
- 1.1.2 Condición de no deslizamiento
- 1.1.3 Clasificación de los flujos de fluidos
- 1.1.4 Sistema y volumen de control

1.2 Sistemas de unidades

- 1.2.1 Sistema Ingles
- 1.2.2 Sistema internacional
- 1.2.3 Homogeneidad dimensional

1.3 Líquidos y gases.

- 1.3.1 Principales diferencias entre líquidos y gases
- 1.3.2 Propiedades comunes de los fluidos

1.4 Escalas de presión y temperatura.

1.5 Propiedades de los fluidos

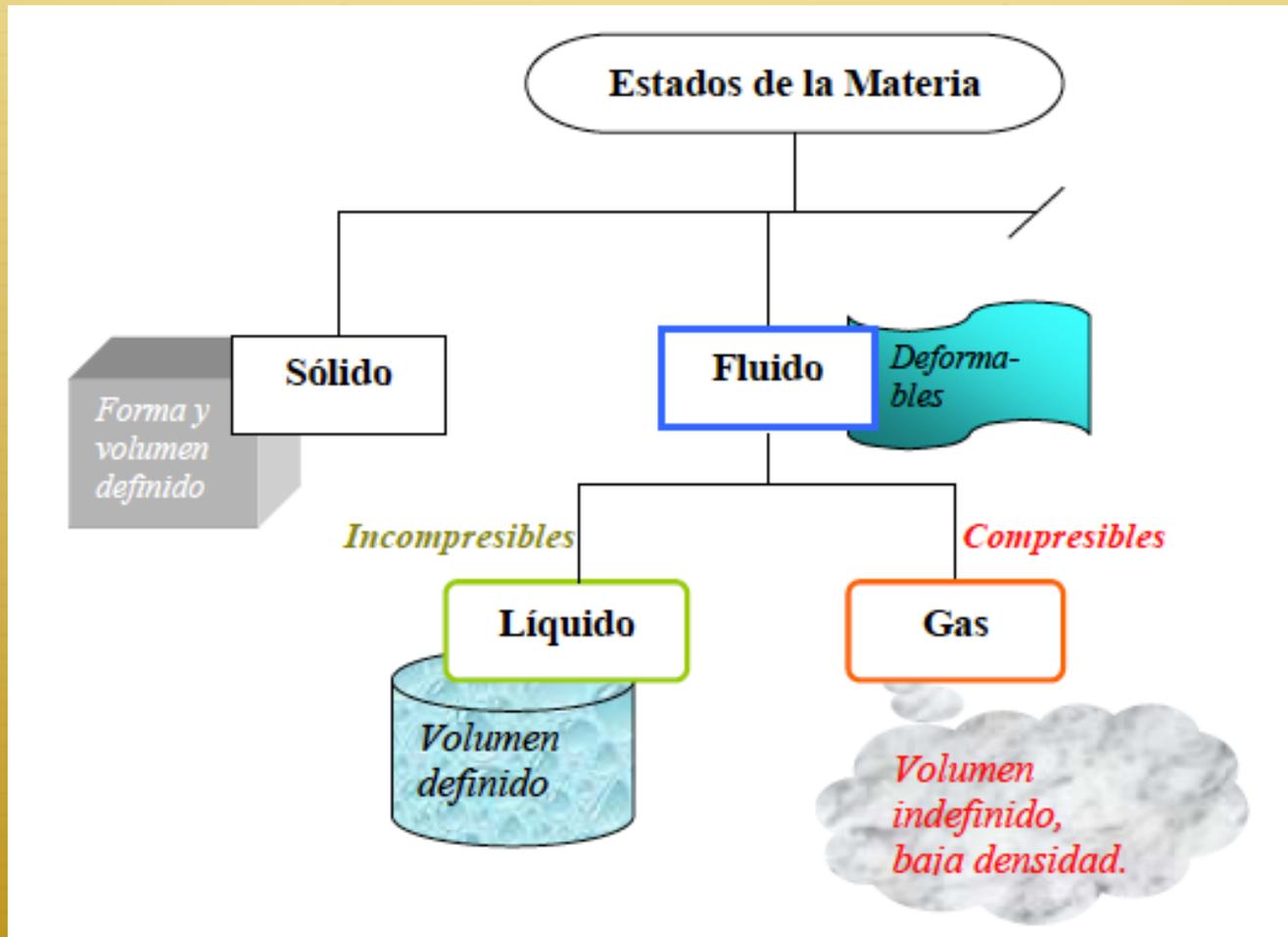
- 1.5.1 Densidad y gravedad específica
- 1.5.2 Densidad
- 1.5.3 Viscosidad
- 1.5.4 Presión
- 1.5.5 Tensión superficial.
- 1.5.6 Energía y calores específicos

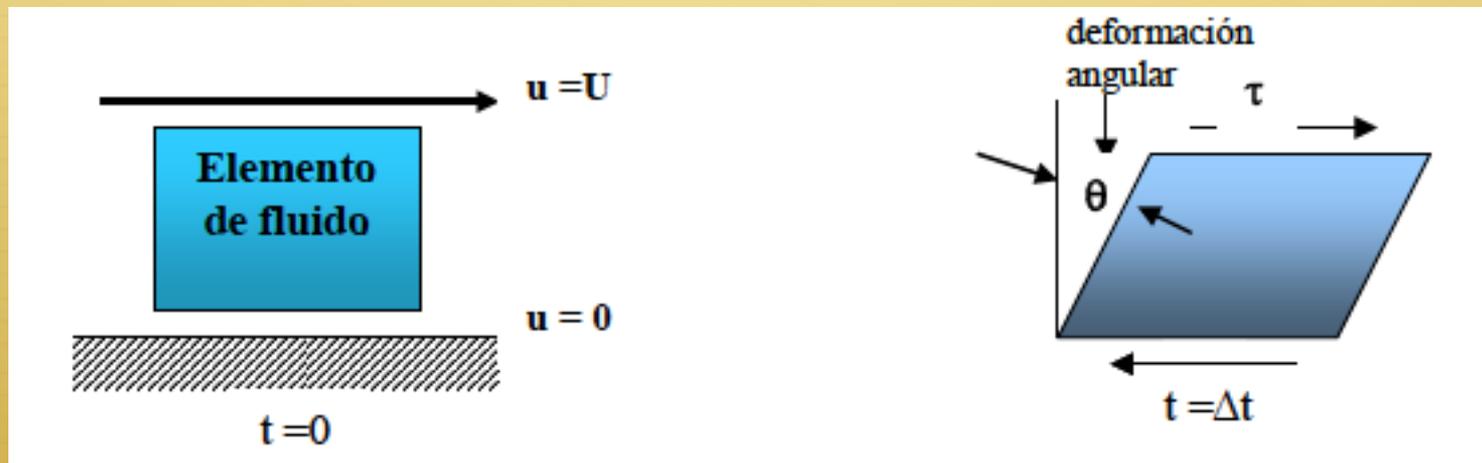
1.1 Introducción

Definición de un fluido

- ✦ Un fluido se define como una sustancia que fluye y adquiere la forma del recipiente que lo contiene, esto es una sustancia que se deforma continuamente bajo un esfuerzo de corte, por pequeño que este sea.
- ✦ Un mismo material puede comportarse como un fluido o no dependiendo de las condiciones en que se encuentre.
- ✦ Lo que define un fluido es su comportamiento y no su composición.
- ✦ La que permite una mejor clasificación desde el punto de vista mecánico es la que dice la relación con la forma que reacciona el material cuando se le aplica una fuerza.
- ✦ La mecánica de los fluidos es la ciencia que estudia el **comportamiento mecánico** de los fluidos en reposo o en movimiento, así como la interacción sobre su entorno, tal como superficies de sólidos o interfaces con otros fluidos. Cengel, *Mecánica de fluidos*.

Definición de un fluido





Comportamiento de un fluido sometido a una fuerza de corte tangencial

Fluido es una sustancia que se deforma continuamente, o sea escurre, cuando esta sometido a un esfuerzo de corte o tangencial

Desarrollo histórico de la Mecánica de Fluidos

- *Arquímedes (287-212 a.C.) Leyes de la Flotación.*
- *Leonardo da Vinci (1452-1519) Ecuación de Continuidad.*
- *Torricelli (1608-1647) Salida por un orificio. Relación entre la altura y la presión atmosférica.*
- *Pascal (1623-1662) Ley de Pascal.*
- *Newton (1642-1726) Ley de viscosidad dinámica.*
- *Bernoulli (1700-1782) Teorema de Bernoulli.*
- *Euler (1707-1783) Ecuaciones diferenciales del movimiento del fluido ideal; formulación del teorema de Bernoulli; Teorema fundamental de las turbomáquinas.*
- *D'Alembert (1717-1783) Ecuación diferencial de continuidad.*
- *Lagrange (1736-1813) Función potencial y función de corriente.*
- *Venturi (1746-1822) Flujo en embocaduras y contracciones; Medidor de Venturi.*
- *Poiseuille (1799-1869) Resistencia en tubos capilares: Ecuación de Poiseuille.*
- *Weisbach (1806-1871) Fórmula de resistencia en tuberías.*
- *Froude (1810-1879) Ley de semejanza de Froude.*
- *Navier (1785-1836) y Stokes (1819-1903) Ecuaciones diferenciales de Navier-Stokes del movimiento de los fluidos viscosos.*
- *Reynolds (1842-1912) Número de Reynolds; Distinción entre flujo laminar y turbulento.*
- *Rayleigh (1842-1919) Propuso la técnica del análisis dimensional.*
- *Joukowski (1847-1921) Estudios del golpe de ariete; perfiles aerodinámicos de Joukowski.*
- *Prandtl (1875-1953) Teoría de la capa límite. Fundador de la moderna mecánica de fluidos.*

Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos

✦ Diseño de Medios de transportes

- ✦ Aviones,
- ✦ Máquinas terrestres
- ✦ Barcos
- ✦ Submarinos
- ✦ Automoviles



✦ Diseño de sistemas de propulsión para vuelos espaciales y cohetes

✦ Diseño de turbo maquinarias: bombas, turbinas y hélices

✦ Sistemas de calefacción y ventilación

✦ Sistema de circulación del cuerpo humano: corazones artificiales, maquinas de diálisis, ayudas respiratorias



Condiciones de NO desplazamiento

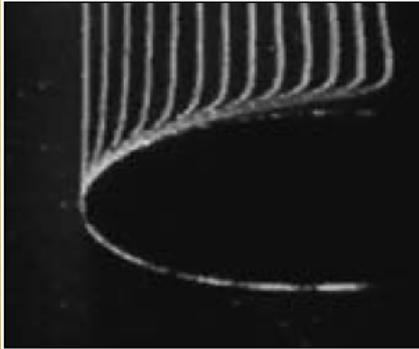


FIGURA 1-8

Desarrollo de un perfil de velocidad debido a la condición de no-deslizamiento conforme un fluido fluye sobre el cuerpo de la parte delantera obtusa.

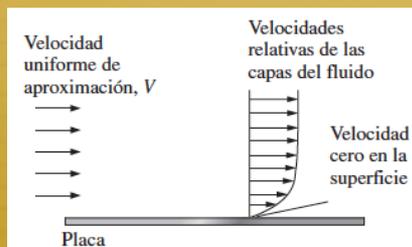


FIGURA 1-9

Un fluido que fluye sobre una superficie en reposo llega a detenerse por completo en ésta, debido a la condición de no-deslizamiento.

Un fluido en movimiento llega a detenerse por completo en la superficie y adquiere una velocidad cero con relación a ella.

La condición de no deslizamiento, se da cuando, un fluido en contacto directo con un sólido “se pega” a la superficie debido a los efectos viscosos y no hay deslizamiento.

La capa que se pega a la superficie desacelera la capa adyacente de fluido, debido a las fuerzas viscosas entre las capas de ese fluido, la cual desacelera a la capa siguiente y así sucesivamente.

La región del fluido adyacente a la pared, en la cual los efectos viscosos (y, por consiguiente, los gradientes de velocidades) son significativos se llama **capa límite**.

Cuando se fuerza a un fluido a moverse sobre una superficie curva, como el lado posterior de un cilindro, con una velocidad suficientemente elevada, la capa límite ya no puede permanecer adherida a la superficie y, en algún punto, se separa de ella; este fenómeno se conoce como separación del flujo

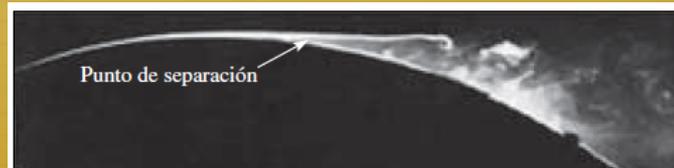
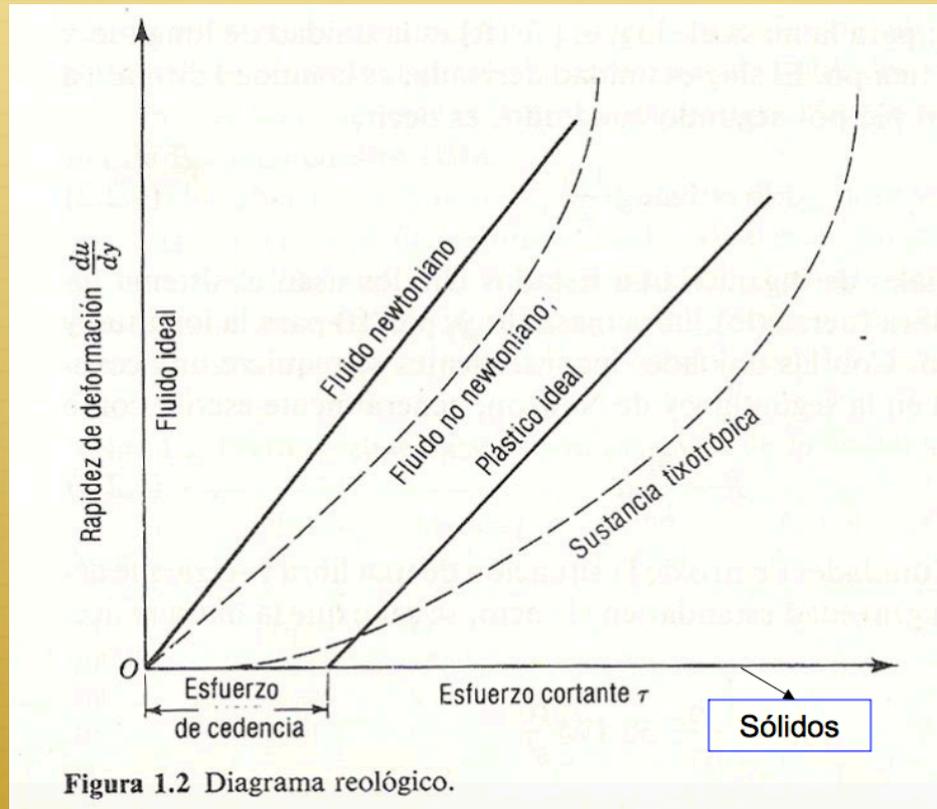


FIGURA 1-10

Separación del flujo durante un flujo sobre una superficie curva.

Tipos de fluidos atendiendo a cómo fluyen

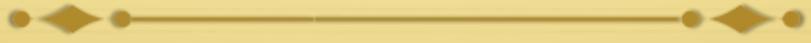


El fluido como medio continuo



- ✦ La mayor parte de las aplicaciones de ingeniería lo que interesa son los efectos promedio o macroscópicos de un gran número de moléculas. Es por ello que en la definición de fluido no se hace referencia a la estructura molecular de la materia. Por esta razón se trata a un fluido como una sustancia **infinitamente indivisible**, dicho de otro modo **un medio continuo**, sin importar el comportamiento individual de las moléculas.
- ✦ Un medio continuo pueden definirse propiedades intensivas y extensivas.

Propiedades de las sustancias



a. Propiedades extensivas: Son aquellas que dependen de la cantidad de materia que se considere.

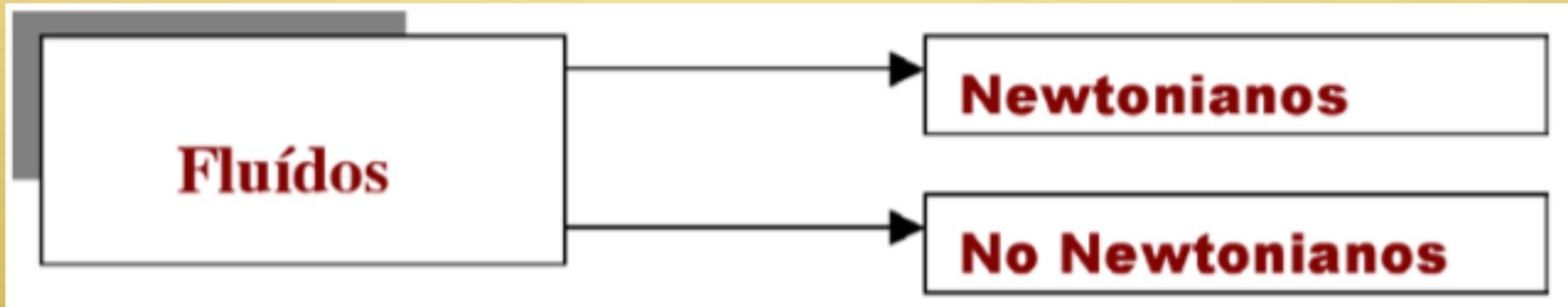
Por ejemplo: calor, peso, masa, el volumen, y todas las clases de energía.

b. Propiedades intensivas: son aquellas que no depende de la cantidad de materia involucrada. Son independientes del tamaño, masa o magnitud del sistema.

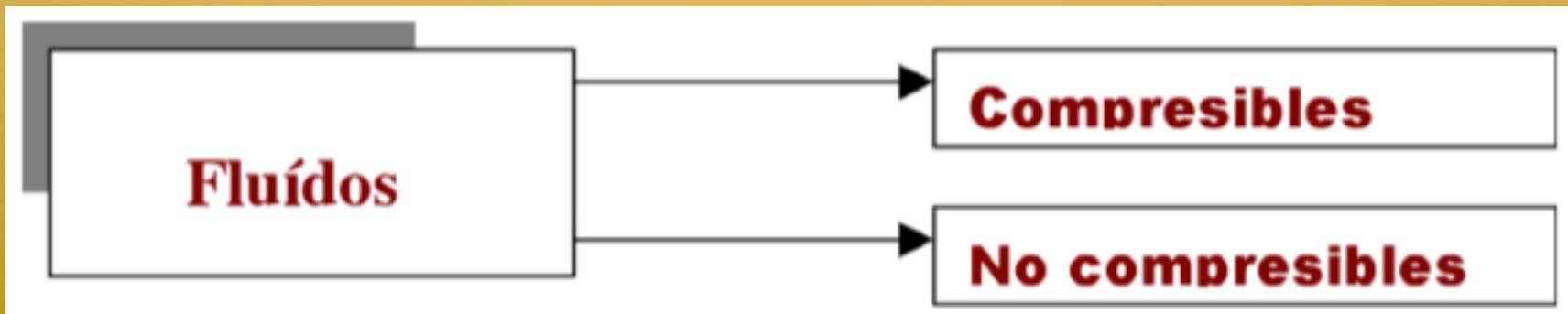
Por ejemplo la presión, temperatura, viscosidad, humedad, color, porosidad, elasticidad, etcétera.

Las propiedades extensivas se convierten en intensivas si se expresan por unidad de masa (**propiedad específica**), de moles (**propiedad molar**) o de volumen (**densidad de propiedad**).

1.1.3 Clasificación de los flujos de fluidos



Clasificación general de los fluidos



Caracterización de los fluidos

1.2 Sistemas de unidades

Las cualidades medibles de los cuerpos se denominan CANTIDADES FÍSICAS

volumen, peso, longitud, temperatura etc. velocidad, fuerza, presión y tiempo.

Las cantidades físicas pueden ser de dos tipos:

- a) Fundamentales: No se expresan en función de otras. Se definen sin necesidad de acudir a ninguna fórmula.
- b) Derivadas: Se definen a través de fórmulas o relaciones que las ligan a otras magnitudes.

Magnitudes usadas en la mecánica de los fluidos

¿cómo se clasifican?

Manifestaciones moleculares

densidad, presión, temperatura, etc.

abstractas

longitud, tiempo, velocidad, etc

¿cómo se agrupan?

Fundamentales

longitud, tiempo, masa y temperatura

Derivadas

Se definen en función a las fundamentales. velocidad, densidad, viscosidad, etc.

¿cómo se las expresa?

Dimensión

Expresión cualitativa de una magnitud medible.

Unidad

Valor numérico de una dimensión, depende del sistema de unidades

S.I.U. Sistema Internacional de Unidades

a) Masa: Kilogramo (Kg)

Aleación de platino e iridio.

a) Tiempo: segundo (s)

Radiación emitida entre niveles energéticos del átomo de Cs (reloj atómico).

a) Longitud: metro (m)

Un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de $1 / 299.792\,458$ de segundo.

Otros sistemas son el sexagesimal (CGS) y el inglés.

Magnitudes fundamentales utilizadas en mecánica de fluidos

Magnitud	Designación y ecuación determinante	Denominación y designación	Ecuación dimensional
Masa	m	Kilogramo (Kg)	$[M]$
Longitud	l, d, e, L	Metro ((m)	$[L]$
Tiempo	t	Segundo (s)	$[T]$
Temperatura termodinámica	T	Kelvin (K)	$[\theta]$
Intensidad de la corriente	I	Amperio (A)	I
Intensidad luminosa	J	Candela (cd)	J
Cantidad de sustancia	μ, n	mol	N

Magnitudes derivadas importantes en la mecánica de fluidos

Magnitud	Símbolo	Ecuación dimensional	Unidades en el SI	Sistema ingles
<i>Magnitudes geométricas</i>				
Angulo	---	Adimensional	rad	
Área	A	$[L]^2$	m ²	
Momento 1.º de superficie	---	$[L]^3$	m ³	
Momento 2.º de superficie	---	$[L]^4$	m ⁴	
Volumen	V	$[L]^3$	m ³	
<i>Magnitudes cinemáticas</i>				
Aceleración angular	α	$[T]^{-2}$	rad/s ²	
Aceleración lineal	a	$[L][T]^{-2}$	m/s ²	
Caudal volumétrico	Q	$[L]^3[T]^{-1}$	m ³ /s	
Caudal másico	G	$[M][T]^{-1}$	Kg/s	
Velocidad angular	ω	$[T]^{-1}$	rad/s	
Velocidad lineal	v	$[L][T]^{-1}$	m/s	
Viscosidad cinemática	ν	$[L]^2[T]^{-1}$	m ² /s	

Magnitud	Símbolo	Ecuación dimensional	Unidades en el SI	U. Ingles
<i>Magnitudes dinámicas</i>				
Densidad	ρ	$[M][L]^{-3}$	Kg/m ³	
Densidad relativa	δ	Adimensional	---	
Esfuerzo cortante	τ	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$	$P_a = \text{N/m}^2 = \text{kg/m}\cdot\text{s}^2$	
Fuerza	F	$[M][L][T]^{-2}$	$\text{N} = \text{Kg} \cdot \text{m/s}^2$	
Impulso, cantidad de movimiento	I	$[M][L][T]^{-1}$	$\text{N} \cdot \text{s} = \text{Kg} \cdot \text{m/s}$	
Módulo de elasticidad	E	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$	$P_a = \text{N/m}^2 = \text{kg/m}\cdot\text{s}^2$	
Momento cinético	---	$[M][L]^2[T]^{-1}$	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	
Momento de inercia	I_x, I_y, I_o	$[M][L]^2$	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2$	
Peso específico	γ	$[M][L]^{-2}[T]^{-2}$	$\text{N/m}^3 = \text{kg/m}^2\cdot\text{s}^2$	
Potencia	P	$[M][L]^2[T]^{-3}$	$\text{Watt} = \text{J/s} = \text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$	
Presión	p	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$	$\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg/m} \cdot \text{s}^2$	
Trabajo, energía	W, E	$[M][L]^2[T]^{-2}$	$\text{N} \cdot \text{m} = \text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$	
Tensión superficial	σ	$[M]^2[T]^{-2}$	$\text{N} / \text{m} = \text{Kg} / \text{s}^2$	
Viscosidad dinámica	p	$[M][L]^{-1}[T]^{-1}$	$\text{Pa} \cdot \text{s} = \text{kg/m} \cdot \text{s}$	

1.2. 3. Homogeneidad dimensional

La palabra dimensión tiene un significado especial en Física, suele significar la naturaleza física de una cantidad. Independientemente las unidades en que se mida, se trata de una magnitud.

ECUACIÓN DIMENSIONAL. Es una igualdad que relaciona a las siete magnitudes fundamentales, cada una de ellas elevada a un exponente el cual es número racional. Es decir son expresiones matemáticas que relaciona las magnitudes derivadas con las fundamentales.

PRINCIPIO DE HOMOGENEIDAD. Las ecuaciones que relaciona varias cantidades físicas, deben ser dimensionalmente homogéneas. Los dos miembros de una igualdad (o ecuación) deben tener las mismas dimensiones.

Con el análisis dimensional puedo:

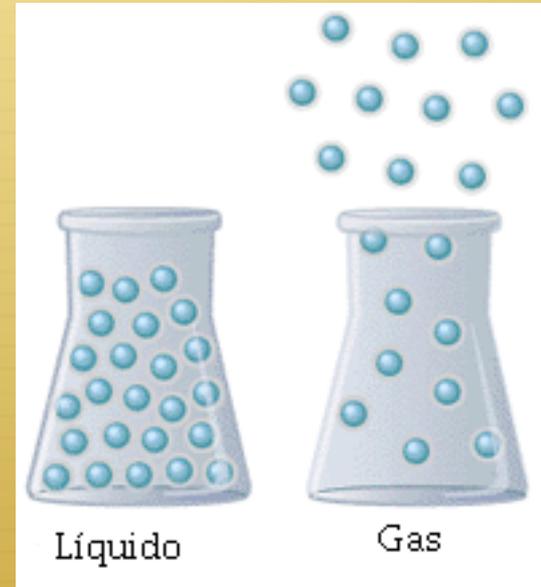
- Comprobar la veracidad de una fórmula física
- Deducir nuevas formulas
- Expresar las magnitudes derivadas en función de las fundamentales
- Detección de errores de cálculo.
- Resolución de problemas cuya solución directa conlleva dificultades matemáticas insalvables.

1. 3. Líquidos y gases

Los líquidos y los gases son diferentes entre sí, pero juntos conforman lo que se conoce como fluidos, denominados así por su capacidad de fluir o escurrir.

En los líquidos, los átomos se encuentran más alejados unos de otros, en comparación con los átomos de un sólido y, por tanto, las fuerzas de cohesión que existen entre ellos son más débiles.

En los gases, la separación entre las moléculas es mucho mayor que en los sólidos y en los líquidos, siendo prácticamente nula la fuerza de cohesión entre dichas partículas, las cuales se mueven en todas direcciones, haciendo que los gases no posean forma definida y ocupen siempre el volumen total del recipiente en donde se hallan contenidos.



1.4 Escalas de temperatura y presión

La temperatura es una propiedad esencial en Termodinámica. Su unidad es el kelvin (K).

La Ley Cero de la Termodinámica postula que es posible medir la temperatura, es decir, que la temperatura es una propiedad.

Sistema	Variable fija	Propiedad termométrica
Líquido en vidrio	Presión P	Longitud de la columna L
Alambre de P_t	Diferencia de potencial V	Resistencia eléctrica R
Termopar	Diferencia de potencial V	Fuerza electromotriz E
Gas en bulbo	Presión P	Volumen V
Gas en bulbo	Volumen V	Presión P

Escalas de presión

	pascal (Pa)	bar (bar)	milibar (mbar)	atmósfera técnica (at)	atmósfera (atm)	torr (Torr)	libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi)
1 Pa	= 1 N/m²	10⁻⁵	10⁻²	1,0197×10⁻⁵	9,8692×10⁻⁶	7,5006×10⁻³	145,04×10⁻⁶
1 bar	100.000	= 10⁶ dyn/cm²	10³	1,0197	0,98692	750,06	14,5037744
1 mbar	100	10⁻³	= hPa	0,0010197	0,00098692	0,75006	0,0145037744
1 at	98.066,5	0,980665	980,665	= 1 kgf/cm²	0,96784	735,56	14,223
1 atm	101325	1,01325	1.013,25	1,0332	= 1 atm	760	14,696
1 torr	133,322	1,3332×10⁻³	1,3332	1,3595×10⁻³	1,3158×10⁻³	= 1 Torr; ≈ mm Hg	19,337×10⁻³
1 psi	6,894×10³	68,948×10⁻³	68,948	70,307×10⁻³	68,046×10⁻³	51,715	= 1 lbf/in²

Ejemplo: 1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar = 10⁻² mbar = 1,0197×10⁻⁵ at = 9.8692×10⁻⁶ atm, etc.

1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.1 Densidad específica o absoluta, peso específico y densidad relativa

a) Densidad específica o absoluta

La densidad es la masa por unidad de volumen y tiene unidades de kilogramos por metro cúbico o libras masa por pie cúbico.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densidad del agua destilada a la presión atmosférica de 4°C es 1000 kg/m³ (62.4 lbm/ft³) y disminuye al aumentar la temperatura.

b) Peso específico (γ , gamma)

La fuerza gravitacional por unidad de volumen de fluido, o simplemente el peso por unidad de volumen

$$\gamma = \rho g = \frac{W}{V}$$

El agua a 20°C tiene un peso específico de 9.79 kN/m³

1.5 Propiedades de los fluidos

c) Densidad relativa

Es la relación entre la masa del cuerpo a la masa de un mismo volumen de agua destilada a la presión atmosférica y 4°C. Es una magnitud adimensional.

La densidad relativa es función de la temperatura y de la presión.

d) Volumen específico

En el SI, el volumen específico es el recíproco de la densidad absoluta.: o sea, el volumen que ocupa 1 kg de masa de la sustancia.

$$v = \frac{1}{\rho}$$

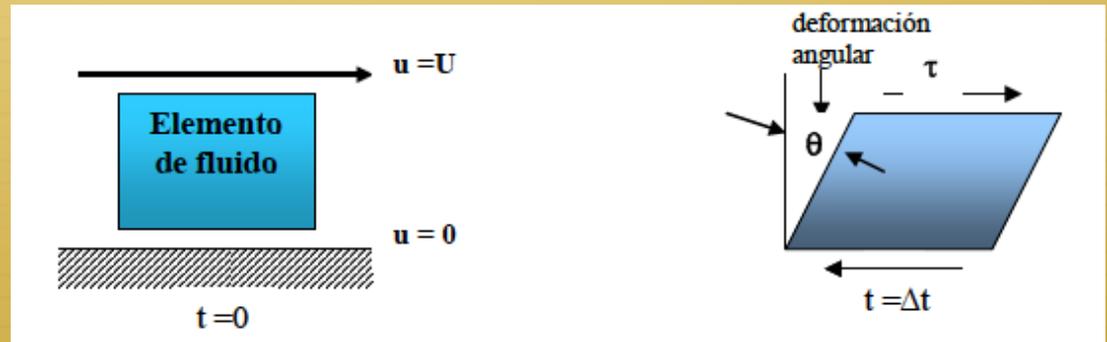
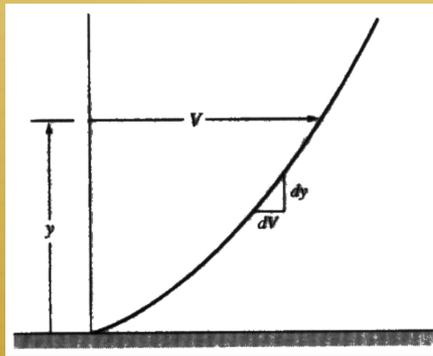
En el ST el volumen específico es el recíproco del peso específico.

$$v = \frac{1}{\gamma}$$

1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.3 Viscosidad

La distinción entre un sólido y un fluido viscoso como el agua o el aire es el **esfuerzo cortante**. El esfuerzo cortante en un material sólido es proporcional a la deformación por corte, y el material deja de deformarse cuando alcanza el equilibrio (*modulo de cortante*); mientras que el esfuerzo cortante en un fluido viscoso es proporcional a la rapidez de deformación (*viscosidad dinámica o absoluta*).



$$\tau = \mu \frac{dV}{dy}$$

Donde τ (tau) es el esfuerzo cortante, μ (mu) es la viscosidad dinámica, y dV/dy es la rapidez de deformación, siendo V la velocidad del fluido y y es la distancia medida desde la pared.

1.5 Propiedades de los fluidos

La definición de viscosidad, μ , es la razón entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad,

$$\mu = \frac{\tau}{(dV / dy)} = \frac{N / m^2}{(m / s) / m} = \frac{N \cdot s}{m^2}$$

Una unidad común de la viscosidad es el poise, que es 1 dina-s/cm² o 0.1 N·s/m².

La unidad de viscosidad en el sistema tradicional es lbf·s/ft².

Muchas de las ecuaciones de mecánica de fluidos incluyen la combinación μ / ρ . Esta combinación se le ha dado el nombre de *viscosidad cinemática*, ν (nu).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{N \cdot m / m^2}{kg / m^3} = \frac{m^2}{s} = \frac{ft^2}{s}$$

1.5 Propiedades de los fluidos

Una ecuación para la variación en viscosidad del líquido con la temperatura es

$$\mu = Ce^{b/T}$$

donde C y b son constantes empíricas que requieren datos de viscosidad a dos temperaturas para su evaluación.

Fluidos newtonianos contra fluidos no newtonianos

Los fluidos para los que el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación se denominan **fluidos newtonianos**.

Debido a que el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la deformación de corte, dV/dy , una gráfica que relaciona estas variables resulta en una recta que pasa por el origen. La pendiente de esta recta es el valor de la viscosidad dinámica.

Para algunos líquidos el esfuerzo cortante puede no ser directamente proporcional a la rapidez de deformación; éstos se llaman **fluidos no newtonianos**.

Una clase de fluidos no newtonianos, la de fluidos con cortante delgado, son las pastas dentales, la salsa de tomate, pinturas y tintas de impresión.

Los fluidos para los cuales aumenta la viscosidad con la rapidez de corte se denominan fluidos con cortante gruesa, como ejemplo son mezclas de partículas de vidrio en agua y mezclas de agua y yeso.

Otro tipo de fluido no newtonianos, llamado plástico de Bingham, actúa como un sólido para pequeños valores de esfuerzo cortante y luego se comporta como un fluido a esfuerzos de corte de valor más elevado.

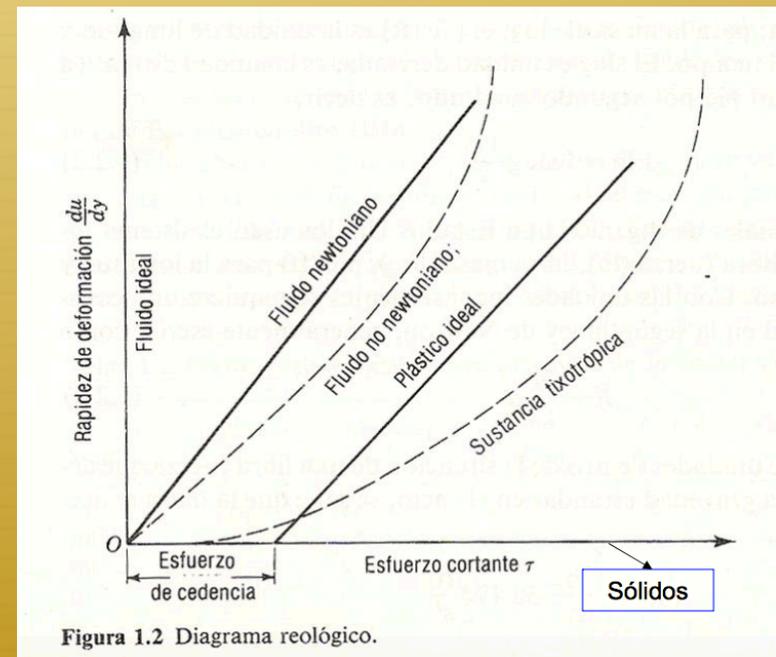
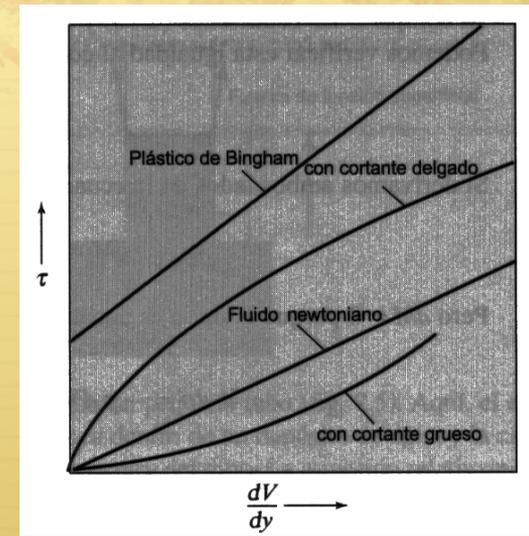


Figura 1.2 Diagrama reológico.

Fluidos newtonianos contra fluidos no newtonianos

En 1687, Isaac Newton escribió su famoso libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* en la que su idea de un fluido ideal:

“La resistencia que surge de la falta de deslizamiento de un fluido, en igualdad de condiciones, es proporcional a la velocidad de que las partes del fluido están siendo separados entre si.”

Un fluido newtoniano es una sustancia homogénea que se deforma continuamente en el tiempo ante la aplicación de una sollicitación o tensión, independientemente de la magnitud de ésta. En otras palabras, es una sustancia que debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Ejemplos, agua, aire, la mayor parte de los gases y en general los fluidos de pequeña viscosidad.

Un **fluido no newtoniano** es aquel cuya viscosidad (resistencia a fluir) varía con el gradiente de tensión que se le aplica, es decir, se deforma en la dirección de la fuerza aplicada. Un fluido no newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante. Ejemplos:

- Pinturas y barnices
- Soluciones de polímeros
- Mermeladas y jaleas
- Mayonesas y manteca
- Dulce de leche y la miel
- Salsas y melazas
- Soluciones de agua con arcillas y carbón
- Sangre humana.
- Algunos metales en estado fundido
- Materiales plásticos,
- etcétera

1.5 Propiedades de los fluidos

Elasticidad

Cuando disminuye la presión que actúa sobre una masa de fluidos, éste se contrae; cuando la presión decrece, se expande. La elasticidad de un fluido está relacionada con la cantidad de deformación (expansión o contracción) para un cambio dado de presión.

1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.4 Presión

La presión se define como la fuerza por unidad de superficie ejercida por un fluido sobre una superficie real o imaginaria, en dirección normal a la superficie.

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

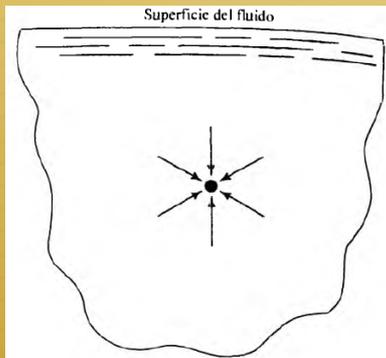
En unidades SI la presión se mide en newton por metro cuadrado (N/m²), unidad denominada Pascal (Pa).

En el Sistema Tradicional de Estados Unidos son libras por pie cuadrado (lb/pie²); sin embargo, se prefiere libras por pulgadas cuadrada (lb/pulg²).

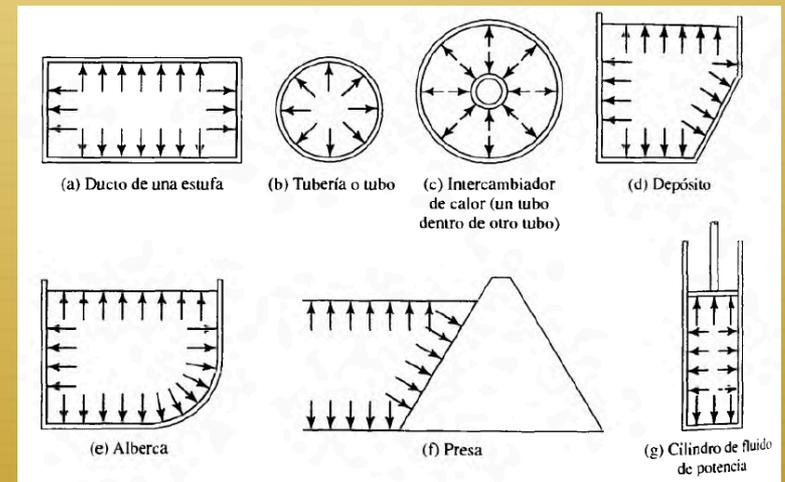
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ N/m}^2 = 1,01325 \text{ bar} = 101,325 \text{ kPa}$$

Presión en algunos cuerpos

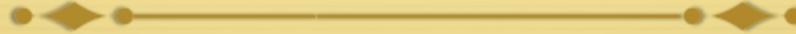


La presión actúa sobre un volumen pequeño de fluido de modo uniforme y en todas direcciones



Dirección de la presión del fluido sobre las fronteras

La presión puede medirse de dos maneras, la primera en términos absoluto y la segunda en términos relativos



- **Presión absoluta.** Se mide con relación al cero absoluto o vacío total.

$$P \text{ absoluta} = P \text{ rel} + P \text{ atmosférica}$$

- **Presión relativa.** Se mide con respecto a la presión atmosférica, es decir, su valor cero corresponderá al valor de la presión absoluta atmosférica. (medida con un manómetro)
- **Presión atmosférica.** Es la presión que ejerce la atmósfera sobre todos los cuerpos de la tierra o que están en el interior de la atmósfera. (se mide con un barómetro)

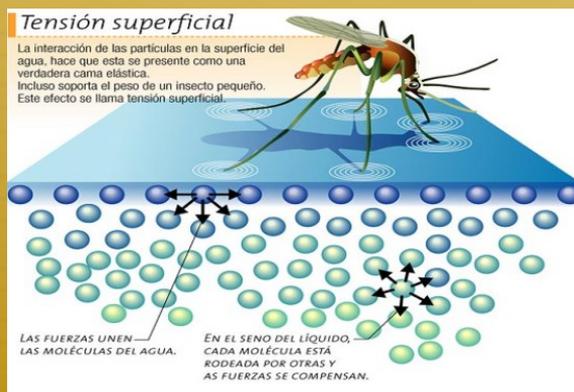
1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.5 Tensión superficial

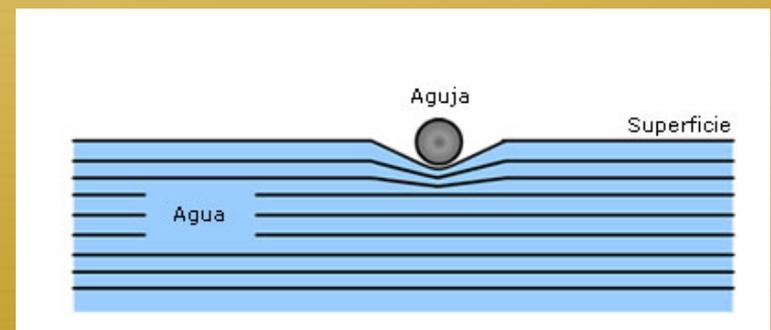
La tensión superficial es una fuerza que produce efectos de tensión en la superficie de los líquidos.

El origen de esta fuerza es la cohesión intermolecular y la fuerza de adhesión del fluido al sólido.

En la superficie libre de un líquido, que es por tanto la superficie de contacto entre dos fluidos, líquido y aire, la tensión superficial se manifiesta como si el líquido creara allí una fina membrana.

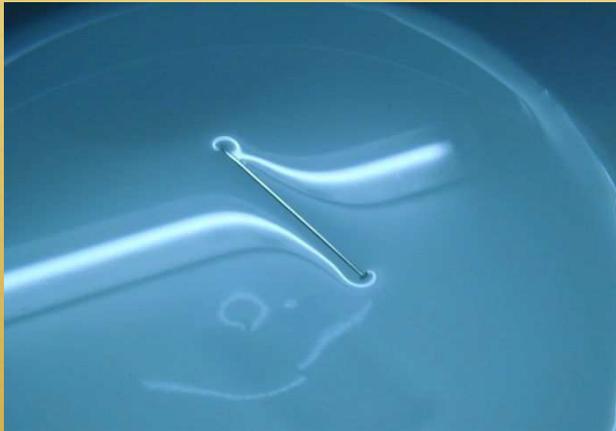


$$\tau = \mu \frac{dV}{dy}$$



1.5 Propiedades de los fluidos

1.5.5 Tensión superficial



Bibliografía

- 
- ✦ Mataix, C. (1986). Mecánica de Fluidos y maquinas hidráulicas. Ediciones del castillo, S. A. Madrid, España.
 - ✦ Crowe, C. T. (2002). Mecánica de Fluidos. Compañía Editorial Continental. México.