



# Conceptos Básicos y Fundamentos de la Mecánica de Fluidos

Cinemática, viscosidad, fluidos Newtonianos y no Newtonianos,  
números adimensionales aplicado a los biofluidos

Jhon Gesell Villanueva Portella<sup>1</sup> & Juan Manuel Zuñiga Mamani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Físicas.  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica.  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

20 de marzo de 2020

# Contenido

## 1 Sección N01

- 01. Conceptos básicos de la mecánica de fluidos
  - 01.01. Introducción
  - 01.02. Condición de no-deslizamiento
  - 01.03. Breve historia de la mecánica de fluidos
  - 01.04. Clasificación de los flujos de fluidos
  - 01.05. Sistema de volumen de control
  - 01.06. Importancia de las dimensiones y unidades
  - 01.07. Paquetes de software para ingeniería - CFD

## 2 Sección N02

- 2. Fundamentos de la mecánica de fluidos
  - 2.1. Cinática
  - 2.2. Viscosidad
  - 2.3. Fluidos Newtonianos
  - 2.4. Fluidos No-Newtonianos
  - 2.5. Números adimensionales aplicados a los biofluidos





# Contenido

## 1 Sección N01

- 01. Conceptos básicos de la mecánica de fluidos
  - 01.01. Introducción
  - 01.02. Condición de no-deslizamiento
  - 01.03. Breve historia de la mecánica de fluidos
  - 01.04. Clasificación de los flujos de fluidos
  - 01.05. Sistema de volumen de control
  - 01.06. Importancia de las dimensiones y unidades
  - 01.07. Paquetes de software para ingeniería - CFD

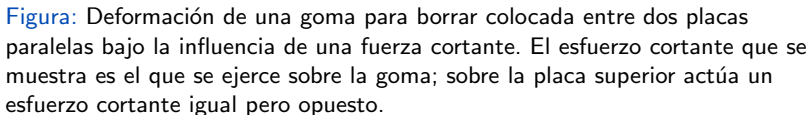
## 2 Sección N02

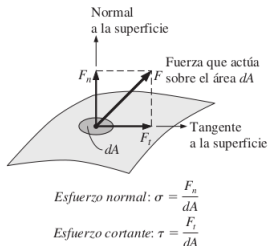
- 2. Fundamentos de la mecánica de fluidos
  - 2.1. Cinática
  - 2.2. Viscosidad
  - 2.3. Fluidos Newtonianos
  - 2.4. Fluidos No-Newtonianos
  - 2.5. Números adimensionales aplicados a los biofluidos





© 2006 The Authors  
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

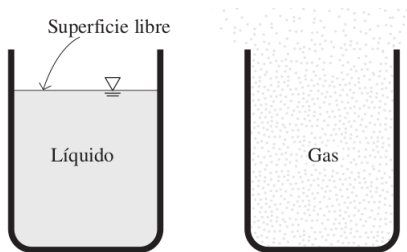




**Figura:** Esfuerzo normal y esfuerzo cortante en la superficie de un elemento de fluido. Para los fluidos en reposo, el esfuerzo cortante es cero y la presión es el único esfuerzo normal.

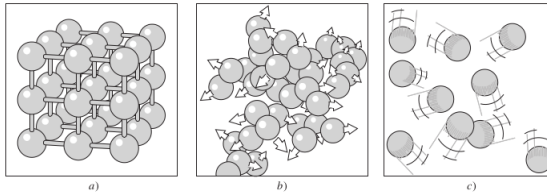


# ¿Qué es un fluido? 04/06

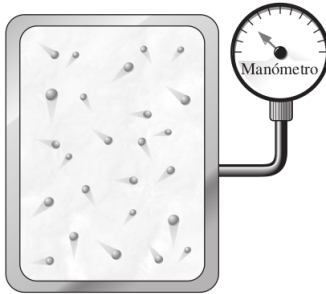


**Figura:** A diferencia de un líquido, un gas no forma una superficie libre y se expande hasta llenar todo el espacio del que dispone.

# ¿Qué es un fluido? 05/06



**Figura:** Disposición de los átomos en fases diferentes: a) las moléculas se encuentran en posiciones relativamente fijas en un sólido, b) grupos de moléculas se mueven unos respecto a otros en la fase líquida y c) las moléculas se mueven en todas las direcciones al azar en la fase gaseosa.







## Áreas de aplicación de la mecánica de fluidos 03/03



Los Rijos naturales y el clima  
© Vol. 16 Photo Disc.



Barcos  
© Val. S/Photo Disc

Aviones y naves espaciales  
© Ed. L'Asino Dine.Plantas generadoras  
© Vol. 579Foto Diac

Cuerpo humano  
© Val. HitoPhoto Disc.



*Photograph provided by John M. Ciochola*



Turbinas de viento  
© Vol. 179 Photo Disc



*Foto gráfica tomada por John M. Chabala*



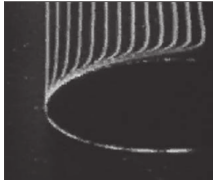
Aplicaciones industriales  
Cortesía de UMD Engineering,  
Contracting, and Trading. Reproducido con  
autorización.

**Figura:** Algunas áreas de aplicación de la mecánica de fluidos.

## Condición de no-deslizamiento 01/04

El flujo de fluidos con frecuencia se encuentra limitado por superficies sólidas y resulta importante entender de qué manera la presencia de estas superficies afecta el flujo. Se sabe que el agua de un río no puede fluir a través de rocas grandes y las rodea. Es decir, la velocidad normal del agua hacia la superficie de la roca debe ser cero y el agua que se aproxima a esa superficie en forma normal llega a detenerse por completo en ésta. Lo que no es tan obvio es que el agua que se aproxima a la roca, desde cualquier ángulo, también llega a detenerse por completo en la superficie de ella y, por consiguiente, la velocidad tangencial del agua en la superficie también es cero.

## Condición de no-deslizamiento 02/04



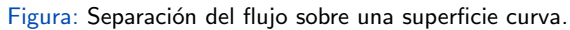
**Figura:** Desarrollo de un perfil de velocidad debido a la condición de no-deslizamiento conforme un fluido fluye sobre el cuerpo de la parte delantera embotada.





Jhon & Manuel

Mecánica y Transporte de Fluidos



## Breve historia de la mecánica de fluidos 01/06

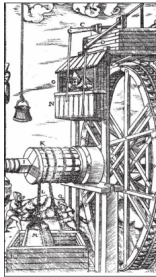
Uno de los primeros problemas de ingeniería que enfrentó la humanidad a medida que se desarrollaban las ciudades era el suministro de agua para el uso doméstico y la irrigación de los cultivos. Nuestros estilos urbanos de vida solo se pueden mantener con agua abundante y se ve con claridad, con base en la arqueología, que todas las civilizaciones sobresalientes de la prehistoria invirtieron en construcción y mantenimiento de sistemas acuíferos.

## Breve historia de la mecánica de fluidos 02/06



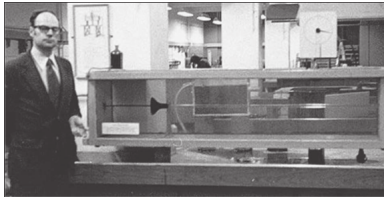
**Figura:** Segmento de la línea de tubos de Pergamón. Cada sección de tubo de arcilla tenía de 13 a 18 cm de diámetro.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 03/06



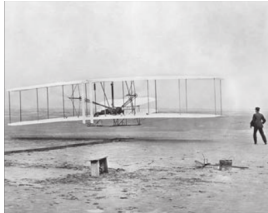
**Figura:** Malacate de una mina impulsado por una rueda hidráulica reversible

# Breve historia de la mecánica de fluidos 04/06



**Figura:** Aparato original de Osbome Reynold para demostrar el inicio de la turbulencia en tubos, operado por John Lienhard, en la Universidad de Manchester, en 1975.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 05/06



**Figura:** Los hermanos Wright emprenden el vuelo en Kitty Hawk.

# Breve historia de la mecánica de fluidos 06/06



**Figura:** El Oklahoma Wind Power Center (Centro de Energía Eólica), cerca de Woodward, consta de 68 turbinas, de 1.5 MW cada una.



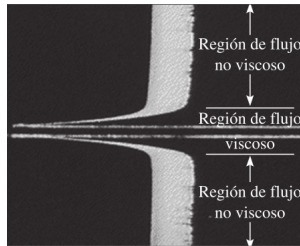
# Clasificación de los flujos de fluidos

Al principio se definió mecánica de fluidos como la ciencia que trata del comportamiento de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de la interacción con sólidos u otros fluidos, en las fronteras. Existe una amplia variedad de problemas del flujo de fluidos que se encuentran en la práctica y suele ser conveniente clasificarlos sobre la base de algunas características comunes, para que sea factible estudiarlos en grupos.

# Regiones viscosas de flujo en comparación con las no-viscosas 01/02

Cuando dos capas de fluido se mueven una en relación con la otra, se desarrolla una fuerza de fricción entre ellas y la capa más lenta trata de desacelerar a la más rápida. Esta resistencia interna al flujo se cuantifica mediante la propiedad de *viscosidad* del fluido, la cual es medida de la adherencia interna de éste.

# Regiones viscosas de flujo en comparación con las no-viscosas 02/02

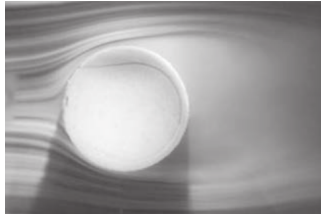


**Figura:** Flujo de una corriente de fluido, originalmente uniforme, sobre una placa plana y las regiones de flujo viscoso (próximas a la placa en ambos lados) y de flujo no-viscoso (lejos de la placa).

# Flujo interno en comparación con el externo 01/02

Un flujo de un fluido se clasifica como interno o externo, dependiendo de si a ese fluido se le obliga a fluir en un canal confinado o sobre una superficie. El flujo de fluido no limitado sobre una superficie, como una placa, un alambre o un tubo, es flujo externo. El flujo de un tubo o ducto es flujo interno si el fluido queda por completo limitado por las superficies sólidas.

# Flujo interno en comparación con el externo 02/02



**Figura:** Flujo externo sobre una pelota de tenis y la región de la estela turbulenta que se encuentra detrás de ella.

# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 01/04

Un flujo se clasifica como compresible o incompresible, dependiendo del nivel de variación de la densidad del flujo. La incompresibilidad es una aproximación y se dice que el flujo es incompresible si la densidad permanece aproximadamente constante a lo largo de todo el flujo. Por lo tanto el volumen de todas las porciones del fluido permanece inalterado sobre el curso de su movimiento cuando el flujo se modela como es incompresible.

# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 02/04

Cuando se analizan los cohetes, las naves espaciales y otros sistemas en los que intervienen flujos de gas a velocidades altas, la velocidad del flujo a menudo se expresa en términos del número adimensional Mach que se define como:

$$Ma = \frac{V}{c} \quad (1)$$

- $V$ : Velocidad del flujo.
- $c$ : Velocidad del sonido.

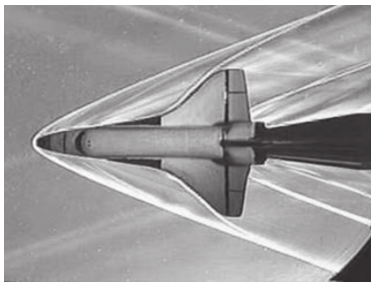
# Flujo compresible en comparación con el incompresible

## 03/04

En donde  $c$  es la velocidad del sonido cuyo valor es de 346 m/s en el aire a temperatura ambiente al nivel del mar. Se dice que un flujo es sónico cuando  $Ma = 1$ , subsónico cuando  $Ma < 1$ , supersónico cuando  $Ma > 1$ , e hipersónico cuando  $Ma \gg 1$ .

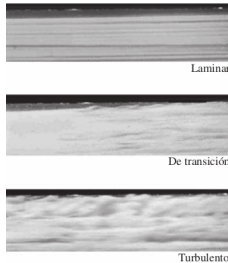


1



**Figura:** Estiograma de un modelo a escala del transbordador espacial al probarse a Mach 3, en el túnel de viento supersónico del Penn State Gas Dynamics Lab. Se pueden apreciar numerosas ondas de choque oblicuas en el aire que rodea la nave.

# Flujo laminar en comparación con el turbulento 01/02



**Figura:** Flujos laminar, de transición y turbulento.

# Flujo laminar en comparación con el turbulento 02/02

Algunos flujos son suaves y ordenados en tanto que otros son considerados caóticos. El movimiento intensamente ordenado de un fluido, caracterizado por capas no-alteradas de éste se conoce como laminar. La palabra laminar proviene del movimiento de partículas juntas adyacentes del fluido, en "láminas". El flujo de los fluidos intensamente viscosos, como los aceites a bajas velocidades, por lo común se presenta a velocidades altas y se caracteriza por fluctuaciones en la velocidad, se llama turbulento.

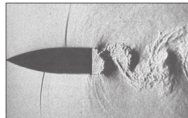
# Flujo natural (o no-forzado) en comparación con el forzado

Se dice que el flujo de un fluido es natural o forzado, dependiendo de cómo se inicia el movimiento de ese fluido. En el flujo forzado, un fluido se obliga a fluir sobre una superficie o en un tubo por medio de medios externos, como una bomba o medios naturales, como el efecto de flotación, el cual se manifiesta como la elevación del fluido más caliente y la caída del fluido más frío.

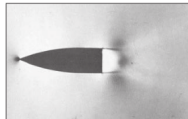
# Flujo estacionario en comparación con el no-estacionario

Con frecuencia, en ingeniería, se usan los términos estacionario y uniforme; en consecuencia, es importante entender con claridad sus significados. El termino estacionario implica que no hay cambio en un punto con el tiempo lo opuesto

# Flujo unidimensional, bidimensional y tridimensional (1/2)



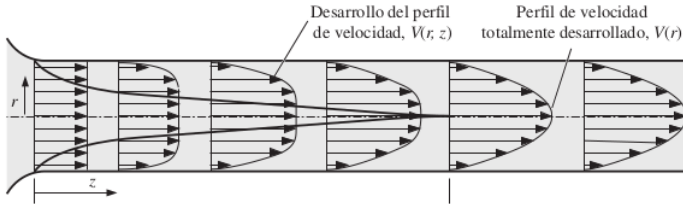
a)



b)

**Figura:** Estela oscilante de un cuerpo aerodinámico de parte posterior embotada a un número de Mach de 0.6. a) Es una imagen instantánea. b) Es una imagen promediada respecto al tiempo.

# Flujo unidimensional, bidimensional y tridimensional (2/2)



**Figura:** Desarrollo de un perfil de velocidad en un tubo circular.  $V = V(r, z)$  y, por consiguiente, el flujo es bidimensional en la región de entrada y se convierte en unidimensional corriente abajo cuando el perfil de velocidad se desarrolla totalmente y permanece inalterado en la dirección del flujo,  $V = V(r)$

# Sistema de volumen de control (1/2)

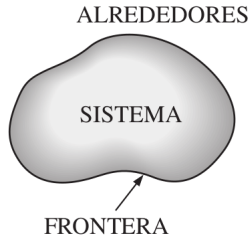
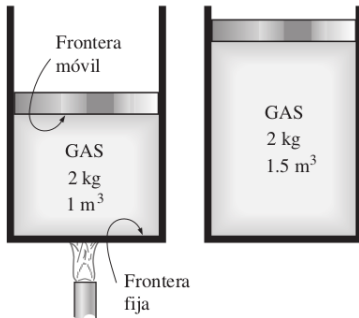


Figura: Sistema, alrededores, frontera.



© 2005 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 258: 101–109



**Figura:** Sistema cerrado con una frontera móvil.

# Algunas unidades SI

| Dimensión           | Unidad         |
|---------------------|----------------|
| Longitud            | metro (m)      |
| Masa                | kilogramo (kg) |
| Tiempo              | segundo (s)    |
| Temperatura         | kelvin (K)     |
| Corriente eléctrica | ampere (A)     |
| Cantidad de luz     | candela (cd)   |
| Cantidad de materia | mole (mol)     |

**Figura:** Las siete dimensiones fundamentales y sus unidades en el SI.



# Basic elements of a CFD package

Son tres paquetes de elementos básicos para el CFD.

- Pre-proceso
- Solver
- Post-proceso

# Basic elements of a CFD package

## El ciclo típico de una simulación en CFD

- Pre-proceso: Se escoje el modelo matemático, las ecuaciones de interés para flujos compresibles o incompresibles, estado, ecuación de energía, flujo turbulento o laminar, etc.
- Solver: Se ajusta una solución y resuelve los parámetros, esquemas discretizados, parámetros de relajación, ecuaciones lineales y finalmente se corre el solver.
- Post-proceso: Es donde se analiza la data obtenida, se visualiza buscando entender el comportamiento de lo ocurrido.

## 1 Sección N01

## 01.01. Introducción

### 01.02. Condición de no-deslizamiento

### ■ 01.03. Breve historia de la mecánica de fluidos

#### ■ 01.04. Clasificación de los flujos de fluidos

#### ■ 01.05. Sistema de volumen de control

## ■ 01.06. Importancia de las dimensiones y unidades

## ■ 01.07. Paquetes de software para ingeniería - CFD

## 2 Sección N02

## ■ 2. Fundamentos de la mecánica de fluidos

## ■ 2.1. Cinática

## 2.2. Viscosidad

### ■ 2.3. Fluidos Newtonianos

## ■ 2.4. Fluidos No-Newtonianos

## ■ 2.5. Números adimensionales aplicados a los biofluidos



# Contenido

## 3 Referencias

# Referencias



C.D. Argyropoulos, N.C. Markatos

*Recent advances on the numerical modelling of turbulent flows.*

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apm](http://www.elsevier.com/locate/apm), 2015.



Yunus Cengel y John Cimbala.

*Fundamentos y Aplicaciones de Mecánica de Fluidos.*

Editorial McGraw-Hill (2006), capítulos 1 y 2



OpenFOAM

*The OpenFOAM Foundation.*

User Guide version 7 (2019)