MATERIAL TEÓRICO 2015

INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS

TECNÓLOGO MECÁNICO

1. FUNDAMENTOS

1. FUNDAMENTOS

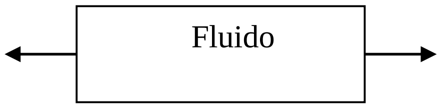
1.1. Definición de Fluido

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar cuán pequeño sea este.

Los plásticos no satisfacen la definición de fluido. Una sustancia plástica se deformará cierta cantidad proporcional a la fuerza, pero no continuamente cuando el esfuerzo aplicado es menor que el esfuerzo cortante cedente.

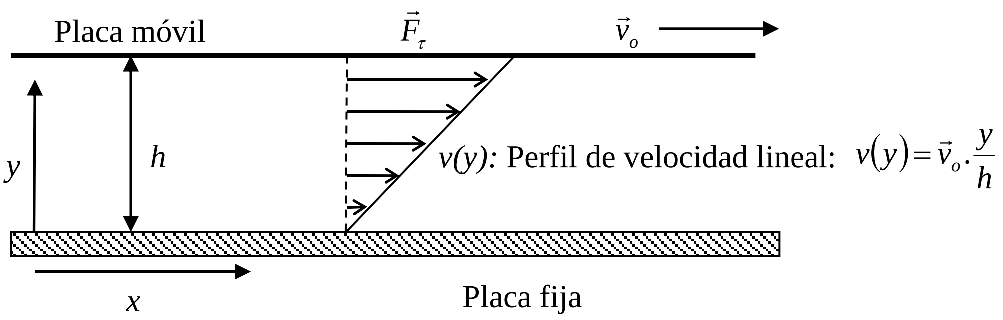
Un esfuerzo (o tensión) es una fuerza aplicada sobre una superficie, dividida por el área de dicha superficie.
Los esfuerzos realizados sobre un fluido, pueden ser normales (perpendiculares) a una superficie o tangentes a una superficie.
El esfuerzo normal se denomina presión (p) y el esfuerzo tangente se denomina esfuerzo cortante o rasante (τ).

Los fluidos no soportan esfuerzos de tracción (esfuerzos normales negativos), por el contrario los sólidos sí.



El fluido se “deshace”

1.2. Viscosidad



Experimentalmente se demostró que cuando el perfil de velocidad es lineal, la fuerza cortante $(\vec{F}_\tau)$ y la tasa de deformación del fluido $(\vec{v}_o/h)$ seguían la siguiente relación:

$$\vec{F}_\tau \propto \frac{A.\vec{v}_o}{h} \qquad \vec{\tau} = \frac{\vec{F}_\tau}{A} \propto \frac{\vec{v}_o}{h} \qquad \longrightarrow$$

Se define una constante de proporcionalidad: μ , tal que $\vec{\tau} = \mu.\frac{\vec{v}_o}{h}$.

μ es la viscosidad dinámica del fluido (es una medida de la resistencia a fluir que presenta el fluido).

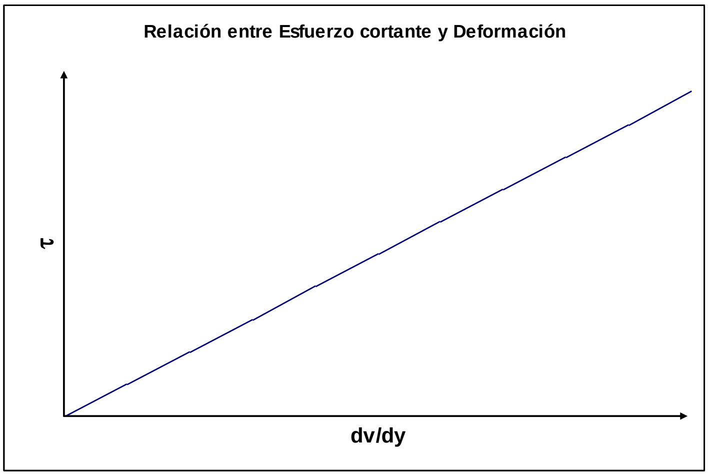
$$[\mu] = \frac{N}{m^2}.s$$

Luego, se generaliza para otros perfiles de velocidad (no lineales), lo que se conoce como la Ley de Viscosidad de Newton:

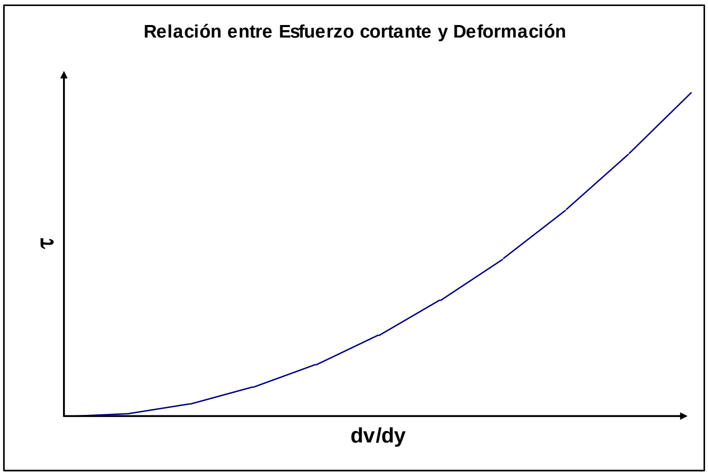
$$\vec{\tau} = \mu.\frac{d\vec{v}}{dy}$$

$\frac{d\vec{v}}{dy}$ es el gradiente de velocidad (o tasa de deformación del fluido)

Los fluidos se clasifican, según la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación, en Newtonianos y No Newtonianos.
En los fluidos Newtonianos, la viscosidad μ no varía con la deformación (μ=cte.), por lo que la relación entre el esfuerzo cortante y la deformación es lineal:



En los fluidos No Newtonianos, la viscosidad μ varía con la deformación, por lo que la relación entre el esfuerzo cortante y la deformación no es lineal:



Los gases y líquidos delgados (como el agua) son en general fluidos Newtonianos. Otros fluidos, como pinturas, sangre, o algunos alimentos se comportan como fluidos No Newtonianos.

Todos los fluidos reales son viscosos, es decir μ >0, aunque a veces suele ser útil suponer que un fluido no es viscoso (μ =0) para realizar ciertos cálculos.

1.3. Unidades

En general se trabaja en el Sistema Internacional de Unidades (SI), pero algunas magnitudes suelen presentarse en otros sistemas de unidades, como por ejemplo el Sistema Inglés.

En el SI, se definen tres magnitudes básicas, con sus respectivas unidades, sobre las cuales se definen las unidades del resto de las magnitudes. Las magnitudes básicas y sus unidades son:

Magnitud	Longitud (L)	Masa (m)	Tiempo (t)
Unidad (sist. inter.)	Metros (m)	Kilogramos (kg)	Segundos (s)
Unidad (sist. inglés)	Pies (ft)	Slug (slug)	Segundos (s)

Otra unidad de longitud usada en el sistema inglés es la pulgada (o inch en inglés) que es una doceava parte de un pie: $in = {}^{ft}\!/_{12}$

1.3.1 <u>*Unidades de Fuerza*</u>: A partir de la 1ª ley de Newton (F=m.a) se define el Newton (*N*), como la fuerza que se necesita para acelerar a 1*m/s*^{2} una masa de 1*kg*: $[F] = N = kg.{}^{m}\!/_{s^2}$
En el sistema inglés, se define la libra fuerza (lb_f o lb), como la fuerza que se necesita para acelerar a 1*ft/s*^{2} una masa de 1 *slug*: $[F] = lb = slug.{}^{ft}\!/_{s^2}$

1.3.2. <u>*Unidades de Tensión (o esfuerzo):*</u> A partir de su definición (fuerza por unidad de área), se define el Pascal (*Pa*) como la tensión ejercida por una fuerza de 1*N* sobre una superficie de 1*m*^{2}:
$Pa = {}^{N}\!/_{m^2}$
En el sistema inglés, la unidad de presión es *psi* (pound square inch, o en español libra por pulgada cuadrada), como la tensión ejercida por una fuerza de 1 lb sobre una superficie de 1*in*^{2}: $psi = {}^{lb}\!/_{in^2}$
Otras unidades de tensión, utilizadas generalmente para la presión son:
El bar: 1 *bar* = 1x10^5 *Pa*
Los kilos por centímetro cuadrado: 1 *kg/cm*^{2} = 9,8x10^4 *Pa*
La atmósfera: 1 *atm* = 101325 *Pa*
Milímetros de mercurio: 760 *mmHg* =101325 *Pa*

1.4. Otras magnitudes importantes y sus unidades

1.4.1 <u>*Densidad:*</u> La densidad de un fluido es igual a su masa por unidad de volumen: $\rho = {}^{m}\!/_{V}$.
Unidades: $[\rho] = {}^{kg}\!/_{m^3}$

1.4.2. *Volumen específico:* Es el volumen ocupado por unidad de masa de fluido: $v = V/m = 1/\rho$

Unidades: $[v] = m^3/kg$

1.4.3. *Peso específico:* Es el peso de un fluido por unidad de volumen: $\gamma = P/V = mg/V = \rho.g$

Unidades: $[\gamma] = N/m^3$

La densidad, volumen específico, presión, velocidad y aceleración, se suponen que varían continuamente en todo el fluido, o en un caso más particular que son constantes en todo el fluido.

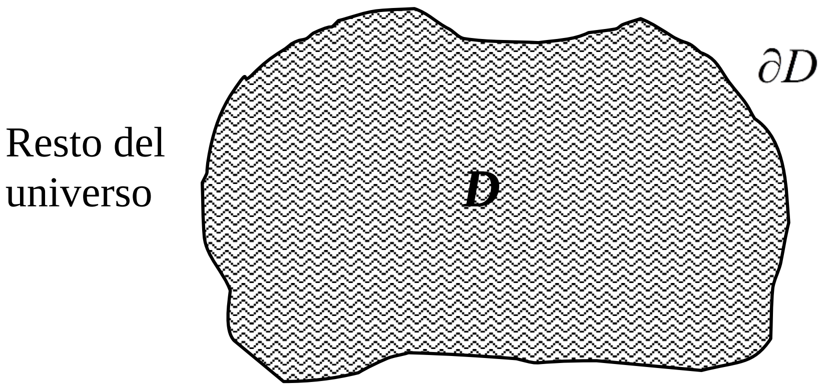
1.5. Otras definiciones

Fluido Incompresible: Si la densidad de un fluido es constante, se dice que el fluido es incompresible. Por el contrario si la densidad varía el fluido es compresible. La mayoría de los fluidos pueden considerarse incompresibles, si su densidad cambia muy poco cuando varía su presión.

Fluido Perfecto: Es un fluido "ideal", que no tiene viscosidad y es incompresible. Al ser una idealización, es claro que no existe el fluido perfecto, pero algunos fluidos suelen suponerse perfectos para simplificar los cálculos. Debido a que la viscosidad es nula, estos fluidos no soportan tensiones rasantes.

1.6. Esfuerzos en fluidos

Al considerar un fluido que ocupa cierta región del espacio, se va a tomar una porción de ese fluido, a la que llamaremos Volumen de Control (VC) y denotaremos con la letra *D*, para estudiar la interacción entre este y el resto del universo, que será todo lo que quede fuera del VC. Vale la pena aclarar que el resto del universo puede estar conformado por el mismo fluido que está contenido en el VC.
Se considera que el volumen *D* está formado por infinitas partículas (o puntos) de fluido, las que denotaremos con la letra *P*.



Existen 2 tipos de esfuerzos a los que será sometido el VC:

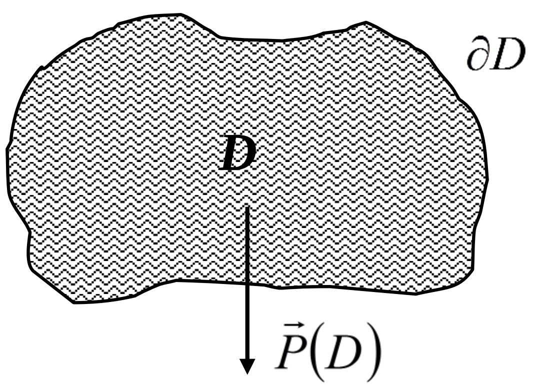
Esfuerzos de Masa (o de Volumen): Aquellos esfuerzos que realiza el resto del universo a la totalidad del VC. Entre estos se encuentra la fuerza gravitatoria por unidad de masa, fuerzas electromagnéticas por unidad de masa, etc., de las cuales en la mecánica de los fluidos sólo consideramos la primera.
La resultante de las fuerzas de masa se calcula como

$$\vec{R}_{masa} = \int_D \rho.\vec{F}\, dV \,,$$

donde ρ es la densidad del fluido en cada punto de D, $\vec{F}$ es la fuerza por unidad de masa en cada punto de D y dV es el diferencial de volumen. La resultante de las fuerzas de masa, en el caso que sólo se considera la fuerza gravitatoria, es igual al peso de fluido dentro del VC. Y se escribe como

$$\vec{R}_{masa} = \int_D \rho.\vec{g}\, dV = \vec{P}(D),$$

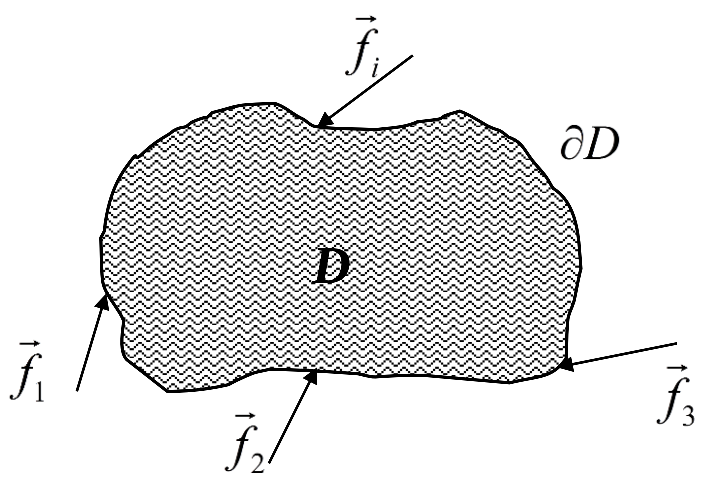
donde $\vec{g}$ es la aceleración gravitatoria, cuyo módulo vale aproximadamente 9,8m/s^2 y apunta hacia el centro de la tierra y por lo tanto $\vec{P}(D)$ es el peso de fluido del VC.



Esfuerzos de Contacto (o Superficie): Aquellos esfuerzos que realiza el resto del universo sobre la frontera (o borde) del VC, a la que denotaremos como ∂D. Aquí se tienen esfuerzos normales y rasantes a ∂D en cada punto.
La resultante de las fuerzas de contacto se calcula como

$$\vec{R}_{contacto} = \int_{\partial D} \vec{f}\, dA,$$

donde $\vec{f}$ es el vector tensión (fuerza por unidad de área) en cada punto de ∂D y dA es el diferencial de superficie.
La tensión en un punto se expresa como $\vec{f} = -p\,\hat{n} + \vec{\tau}$, donde p es la presión, $\hat{n}$ es el versor (vector de módulo uno) normal a ∂D en un punto y $\vec{\tau}$ es la tensión rasante.



1.7. Ecuaciones de Balance Mecánico Global

Las ecuaciones de balance mecánico son una generalización de la 2ª ley de Newton ($\vec{F} = m.\vec{a}$) que explica el movimiento de los cuerpos (tratados como partículas). A continuación se muestran las ecuaciones globales, que explican el movimiento de una porción de fluido que ocupa un volumen *D*.

1ª Ecuación de Balance Mecánico (balance de fuerzas)

$$\int_D \rho.\vec{a}\, dV = \int_D \rho.\vec{F}\, dV + \int_{\partial D} \vec{f}\, dA,$$

donde el término de la izquierda de la igualdad es la derivada temporal de la cantidad de movimiento, y el término de la derecha es la resultante de todas las fuerzas que se ejercen sobre *D*.

La necesidad de escribir esta ecuación en forma integral, se debe a que todas las magnitudes involucradas podrían variar en todos los puntos de una porción de fluido. Notar que en particular, si la aceleración es la misma para todas las partículas que integran la región *D*, esta puede escribirse afuera de la integral y el primer término queda

$$\int_D \rho.\vec{a}\, dV = \vec{a}.\int_D \rho\, dV = m.\vec{a} = \frac{d(m.\vec{v})}{dt}$$

2ª Ecuación de Balance Mecánico (balance de momentos respecto al punto *O*)

$$\int_D (P-O) \wedge \rho.\vec{a}\, dV = \int_D (P-O) \wedge \rho.\vec{F}\, dV + \int_{\partial D} (P-O) \wedge \vec{f}\, dA,$$

donde *P*-*O* es el vector palanca o brazo que une el punto fijo *O* con el punto *P*, que recorre todo el volumen *D*.

BIBLIOGRAFÍA

Robert L. Mott, 1996. MECANICA DE FLUIDOS APLICADA, 4ª ED. Prentice Hall.

Joseph B. Franzini y E. John Finnemore, 1999. MECANICA DE FLUIDOS con aplicaciones en ingeniería, 9ª ED. Mc Graw Hill.

Bruce Munson, Donald Young y Theodore Okiishi, 1999. FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS. Limusa-Wiley.