



Tema 1: Propiedades del fluido

Índice

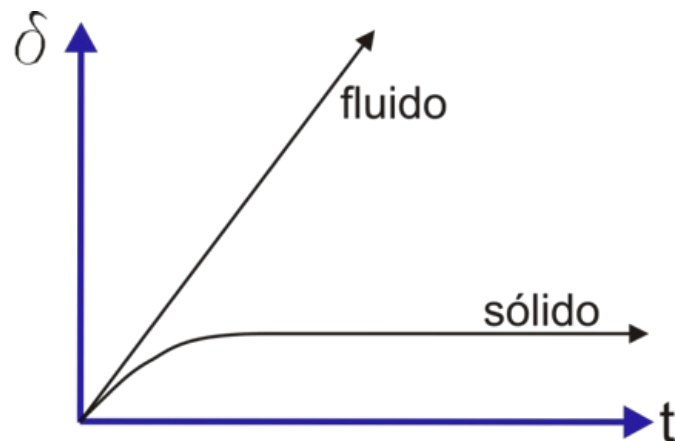
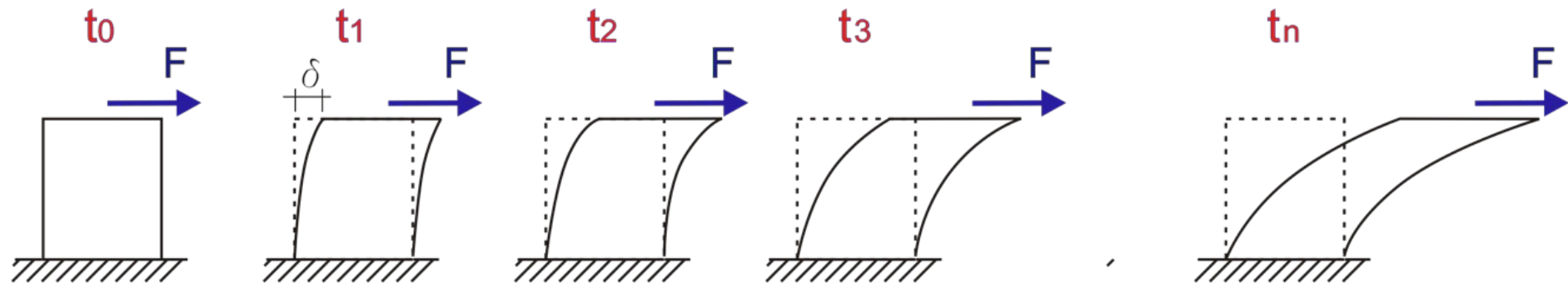
1. Concepto de fluido
2. Propiedades termodinámicas
3. Condición de no deslizamiento
4. Viscosidad
5. Tensión superficial



1. Concepto de fluido

1.1 Definición

- **FLUIDO:** sustancia que, ante la acción sostenida de esfuerzos tangenciales, sufre una deformación que va aumentando progresivamente a lo largo del tiempo sin alcanzar un estado de equilibrio:



TIPOS DE FLUIDOS:

- Gases
- Líquidos
- Plasmas

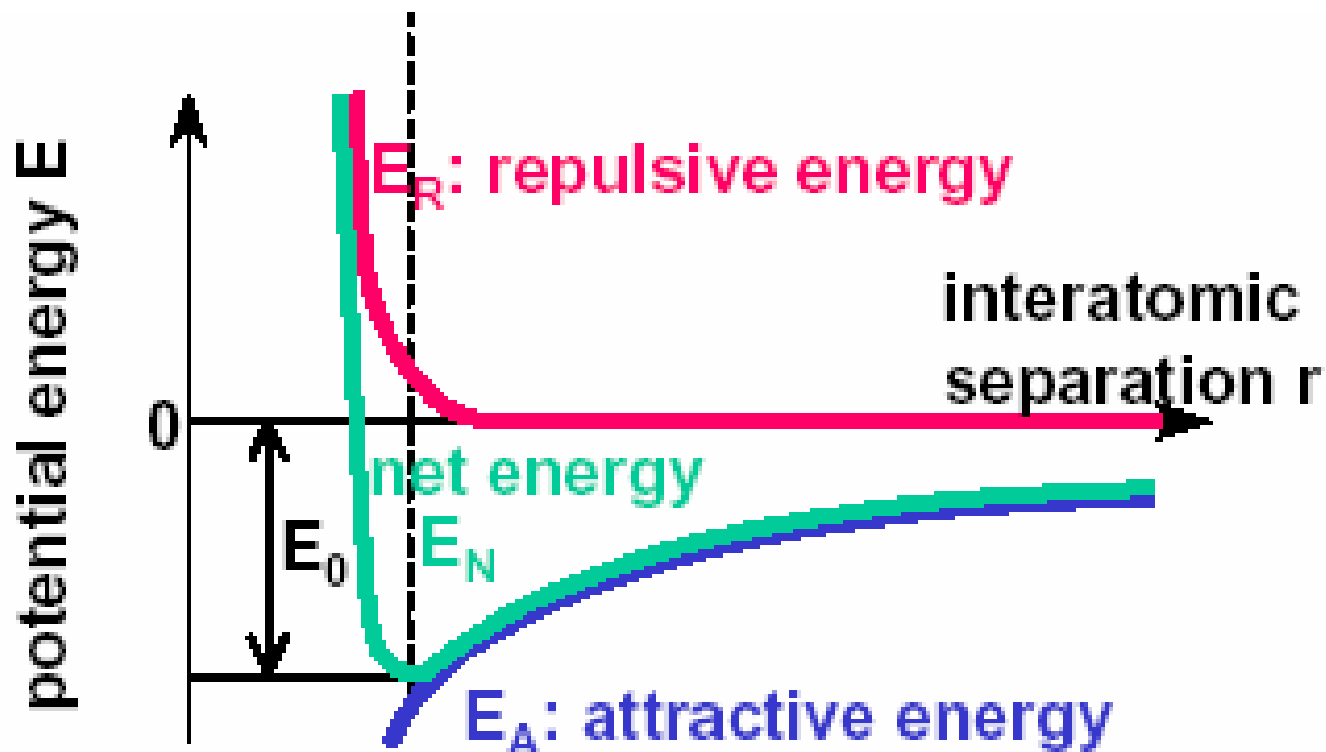
1. Concepto de fluido

1.1 Definición

Energía para traer una molécula desde el infinito hasta una distancia r de otra.

Fuerzas intermoleculares:

- Fuerzas de repulsión
- Fuerzas de atracción



1. Concepto de fluido

1.1 Definición

GASES: $d_s \sim 10 \cdot d_0 \rightarrow$ gran separación relativa \rightarrow fuerzas casi nulas

- \rightarrow E Cinética alta y E Potencial despreciable
- \rightarrow Gases fáciles de deformar y de comprimir
- \rightarrow Sin p externa se expanden indefinidamente
- \rightarrow Solo mantienen la forma cuando están confinados. $V=f(p,T)$

LÍQUIDOS: $d_s \sim 3 \cdot 10^{-10} \text{ m (agua)} \sim d_0$

- \rightarrow E Cinética y E Potencial equivalentes
- \rightarrow Líquidos fáciles de deformar, difíciles de comprimir
- \rightarrow Sin p externa no se expanden indefinidamente
- \rightarrow Pueden presentar superficie libre

SÓLIDOS: $d_s \sim d_0$

- \rightarrow E Cinética despreciable frente a la E Potencial
- \rightarrow Muy difíciles de deformar y de comprimir

VAPOR: gas cuya p y T son tales que está muy cerca de la fase fluida

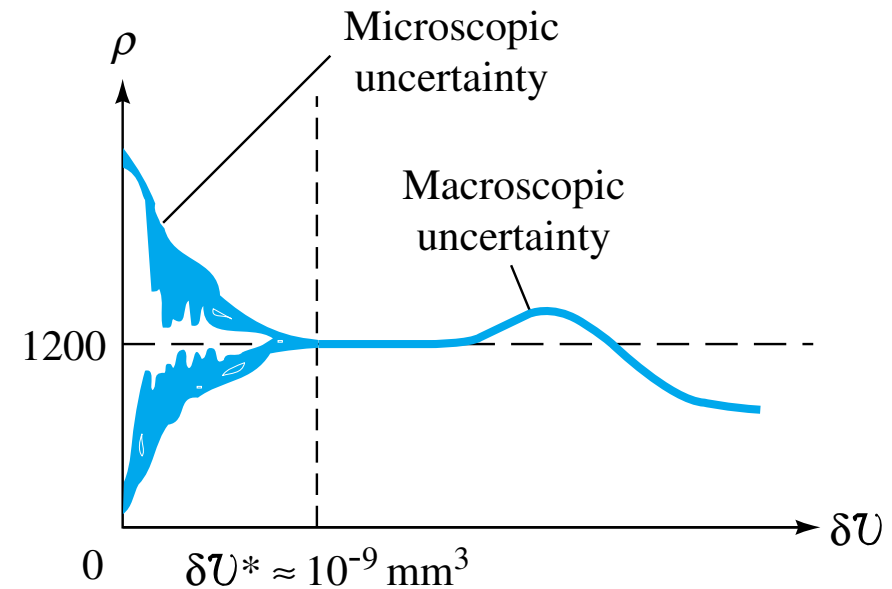
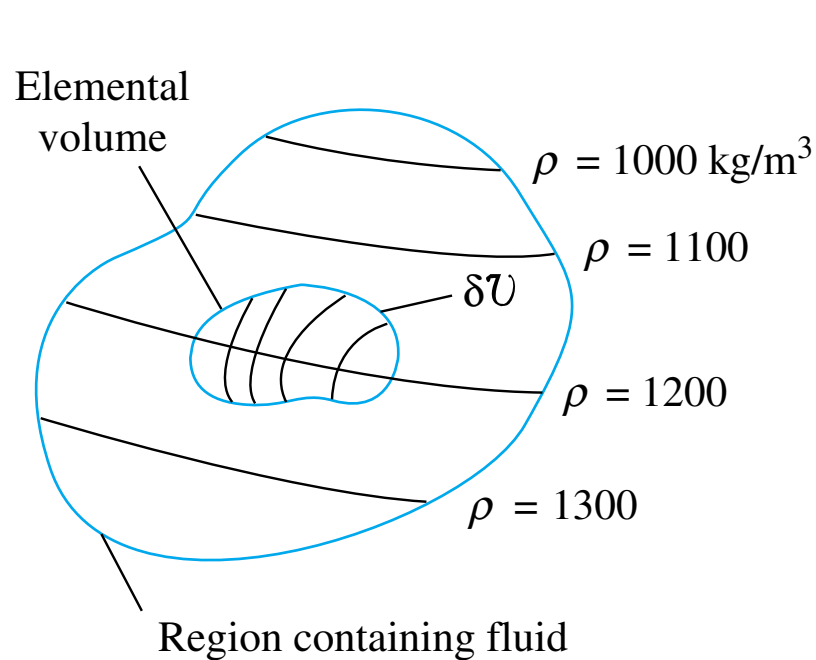
1. Concepto de fluido

1.1 Definición

Estado de la materia	Volumen / forma	Compresibilidad	Densidad	Movimiento de las moléculas
Sólido	Definidos	Poco compresible	Alta	Vibraciones alrededor de puntos fijos
Líquido	Definido / del recipiente que lo contiene	Relativamente incompresible	Alta	Se deslizan entre sí
Gas	Del recipiente que los contiene	Compresible	Baja	Libre

1. Concepto de fluido

1.2 Hipótesis del continuo



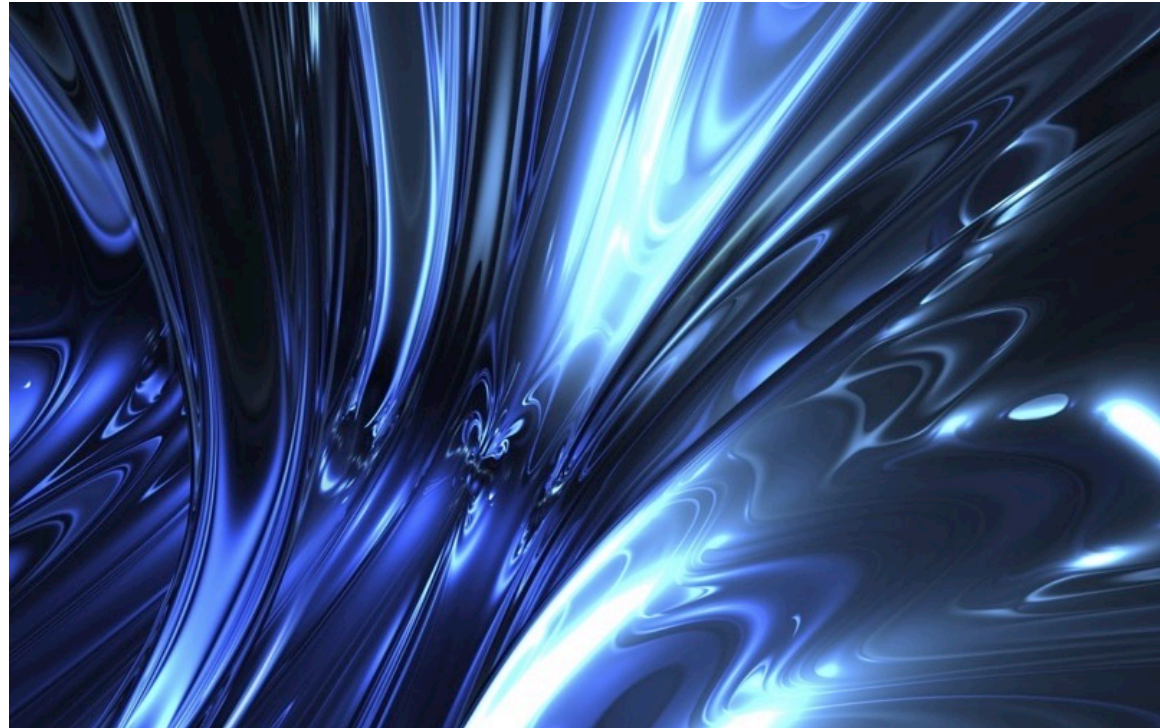
Moléculas en 1 mm^3 :

- Gas típico (c.n.) $\sim 10^{16}$ moléculas
- Líquido típico: $\sim 10^{19}$ moléculas

- Valor de una magnitud física intensiva = Promedio del valor para las moléculas contenidas en un pequeño volumen V .
- Con L = dimensión característica macroscópica.

1. Concepto de fluido

1.2 Hipótesis del continuo



- En general $L \gg d_s \rightarrow$ suponemos a los fluidos como materia continua.
- **Mecánica de Fluidos** = estudio del movimiento de los fluidos bajo la Hipótesis del Continuo \rightarrow las magnitudes físicas intensivas son funciones continuas y derivables de la posición y del tiempo.
Por ej.: $v_x=f(x,y,z,t)$.

1. Concepto de fluido

1.2 Hipótesis del continuo

- “Partícula” de fluido = elemento diferencial de fluido, de volumen $=dV$.

- **Rango de validez de la hipótesis del continuo:** función del nº de Knudsen $Kn = \lambda/L$
 - λ = recorrido molecular libre promedio (gas c.n. $\lambda \sim 10^{-8}-10^{-7}$ m)
 - L = longitud característica macroscópica
- | | |
|---|---|
| { | <ul style="list-style-type: none">• $Kn < 0.01$: Hipótesis continuo válida (Gasdinámica)• $0.01 < Kn < 10$: Flujo deslizante• $10 < Kn$: Teoría cinética de los gases |
|---|---|

1.3 Hipótesis de equilibrio termodinámico

- **Condición de EQUILIBRIO TERMODINÁMICO LOCAL y TEMPORAL:**
 - Continuidad y derivabilidad espacial de las variables termodinámicas.
 - Procesos de evolución termodinámica cuasi-estacionarios.

1. Concepto de fluido

1.1 Definición

- **REDEFINICIÓN DE FLUIDO, incluyendo la hipótesis de continuidad:**
 - Medio material continuo,
 - Que se deforma continua e irreversiblemente,
 - Bajo la acción de esfuerzos, por pequeños que estos sean,
 - Con velocidad de deformación dependiente de la magnitud de la fuerza.



2. Propiedades termodinámicas

2.1 Introducción

• **Fundamentales:** La velocidad V (flujo, Φ o Q) es la característica más importante de un fluido. Pero está estrechamente relacionada con:

- Presión, p
- Densidad, ρ
- Temperatura, T

• **Energéticas:**

- Energía interna, e
- Entalpía, $h = \hat{u} + \frac{p}{\rho}$
- Entropía, s
- Calor específico, c_p y c_v

• **Transporte:** Fricción y conducción de calor.

- Coeficiente de viscosidad, μ
- Conductividad térmica, k

2. Propiedades termodinámicas

2.1 Introducción

- **Ecuaciones de estado de un fluido:** relaciones entre las variables que gobiernan el comportamiento del mismo.
- Para una sustancia con una sola fase, por ejemplo agua, dos propiedades básicas son suficientes para definir el fluido y fijar el resto de variables:

$$\rho = \rho(p, T) \quad h = h(p, T) \quad \mu = \mu(p, T)$$

2. Propiedades termodinámicas

2.2 Densidad y peso específico

- **Densidad** (ρ): masa por unidad de volumen:

$$\rho = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} = \frac{M}{V}$$

- **Volumen específico (gases)** (v): volumen ocupado por unidad de masa:

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

- **Peso específico** (γ): peso por unidad de volumen: $\gamma = \frac{g \times \text{Masa}}{\text{Volumen}} = g \times \rho$

- ρ está en $[\text{kg}/\text{m}^3]$ y γ está en $[\text{N}/\text{m}^3]$
- Valores normales para el agua: $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ($1 \text{ Mp}/\text{m}^3$) y $9.81 \text{ kN}/\text{m}^3$

- **Densidad relativa** de un líquido: relación entre su densidad y la del agua a una temperatura estándar, $4 \text{ }^\circ\text{C}$, $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

2. Propiedades termodinámicas

2.3a Variación de la densidad con la temperatura

Density of liquid water from 0 °C to 100 °C

www.vaxasoftware.com

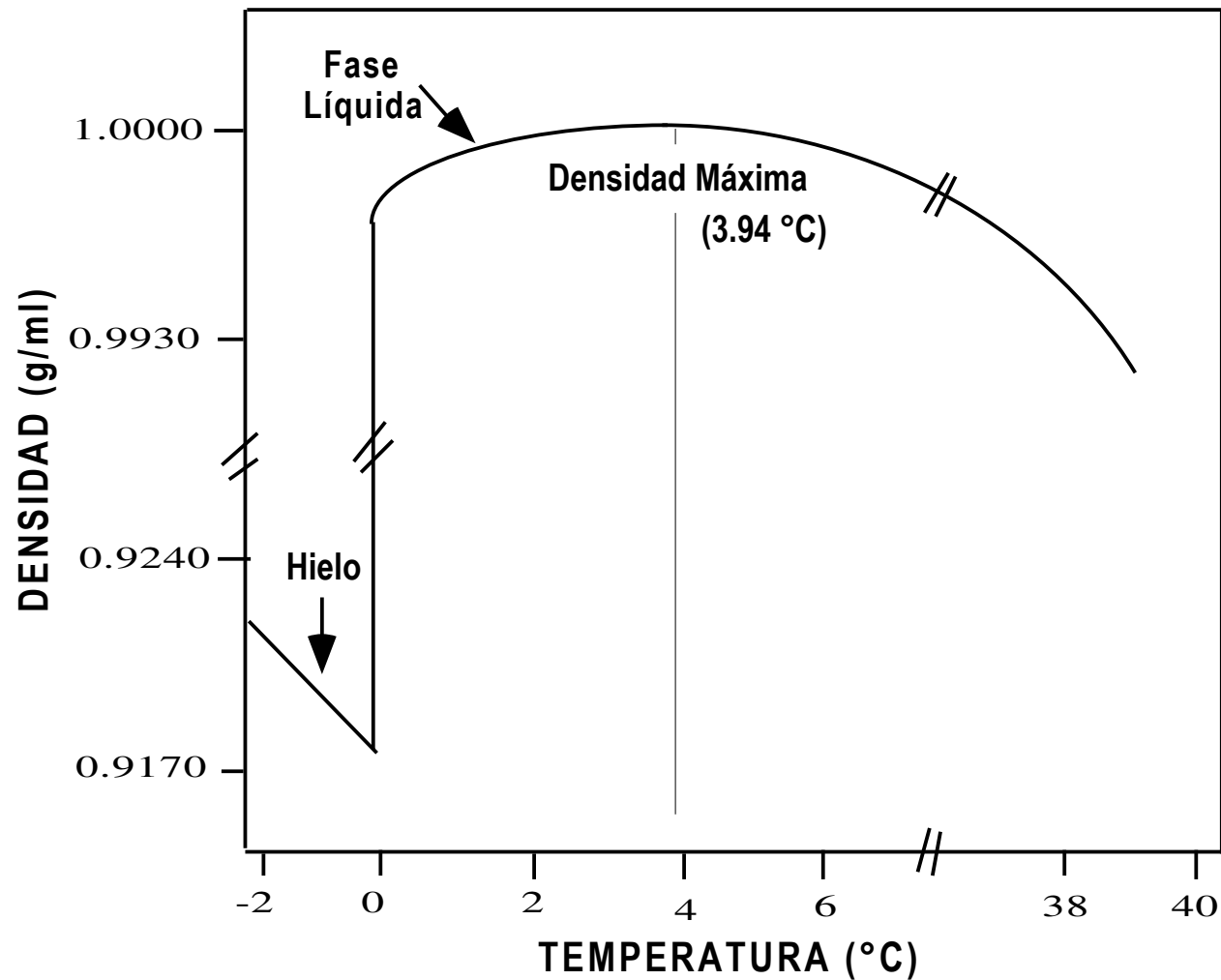
External pressure: 1 atm = 101 325 Pa

Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³
0 (ice)	917.00	33	994.76	67	979.34
0	999.82	34	994.43	68	978.78
1	999.89	35	994.08	69	978.21
2	999.94	36	993.73	70	977.63
3	999.98	37	993.37	71	977.05
4	1000.00	38	993.00	72	976.47
5	1000.00	39	992.63	73	975.88
6	999.99	40	992.25	74	975.28
7	999.96	41	991.86	75	974.68
8	999.91	42	991.46	76	974.08
9	999.85	43	991.05	77	973.46
10	999.77	44	990.64	78	972.85
11	999.68	45	990.22	79	972.23
12	999.58	46	989.80	80	971.60
13	999.46	47	989.36	81	970.97
14	999.33	48	988.92	82	970.33
15	999.19	49	988.47	83	969.69
16	999.03	50	988.02	84	969.04
17	998.86	51	987.56	85	968.39
18	998.68	52	987.09	86	967.73
19	998.49	53	986.62	87	967.07
20	998.29	54	986.14	88	966.41
21	998.08	55	985.65	89	965.74
22	997.86	56	985.16	90	965.06
23	997.62	57	984.66	91	964.38
24	997.38	58	984.16	92	963.70
25	997.13	59	983.64	93	963.01
26	996.86	60	983.13	94	962.31
27	996.59	61	982.60	95	961.62
28	996.31	62	982.07	96	960.91
29	996.02	63	981.54	97	960.20
30	995.71	64	981.00	98	959.49
31	995.41	65	980.45	99	958.78
32	995.09	66	979.90	100	958.05

2. Propiedades termodinámicas

2.3a Variación de la densidad con la temperatura

Efecto de la temperatura en la densidad de agua pura.



2. Propiedades termodinámicas

2.3b Variación de la densidad con el material

Table of densities

www.vaxasoftware.com

Substance	Density kg/m ³
Air (25 °C, 1 atm)	1.184
Aluminium	2700
Atomic nucleus	2.3×10^{17}
Black hole (theoretical value)	4×10^{17}
Blood	1500
Carbon	2260
Cobalt	8900
Concrete	2400
Copper	8940
Diamond	3515
Earth	5515
Ethanol	780
Gasoline	680
Glass	2500
Glycerine (glycerol)	1261
Gold	19300
Helium	0.18
Human body	950
Ice	920
Inner core of the Earth	13000
Iridium	22500
Iron	7870
Lead	11340
Lithium	534
Magnesium	1740

Substance	Density kg/m ³
Mercury	13580
Moon	3340
Neutron star (max.)	1×10^{18}
Nickel	8900
Oil	920
Osmium	22610
Pine wood	700
Platinum	21450
Rigid polyurethane	35
Rubber	950
Seawater	1027
Silver	10490
Snowpack	300
Solar core (approx.)	150000
Steel	7850
Sun	1411
Tantalum	16650
Thorium	11724
Tin	7310
Tungsten (wolfram)	19250
Uranium	19100
Vanadium	6110
Water (4 °C)	1000
Zinc	7140

2. Propiedades termodinámicas

2.4 Compresibilidad

- **Compresibilidad:** variación de la densidad en el fluido
 - Cambio de volumen debido a la variación de presión
 - Inversamente proporcional al módulo de elasticidad volumétrico:

$$E_v = - \frac{dp}{\frac{dV}{V}}$$

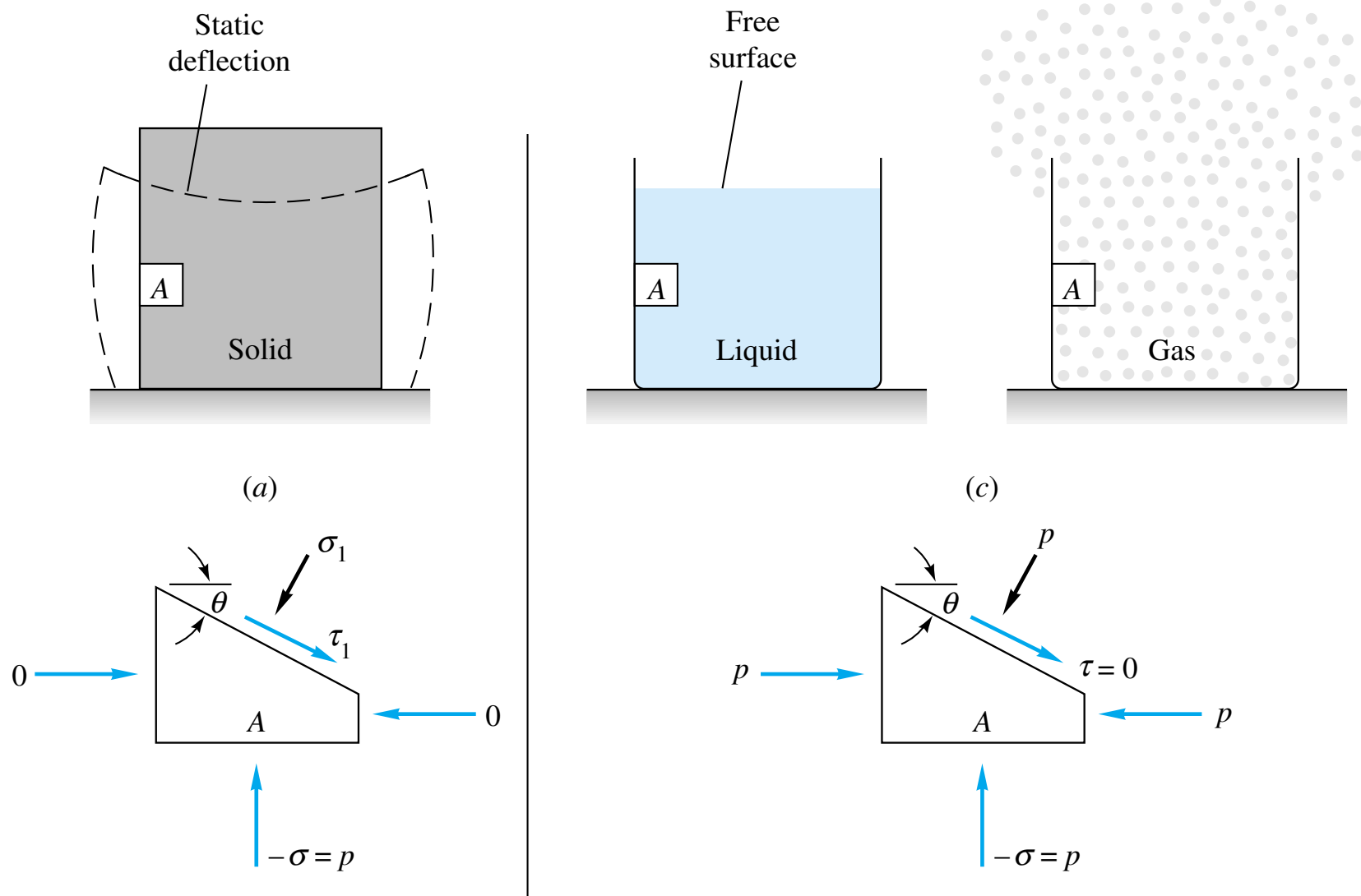
- Agua a 10 °C y presión normal al nivel del mar: 2.1×10^6 kN/m²
- Varía con la temperatura: 60° C máx 2.3×10^6 kN/m² y tiene unidades de presión

$$\alpha = \frac{1}{E_v}$$

- Coeficiente de compresibilidad:

2. Propiedades termodinámicas

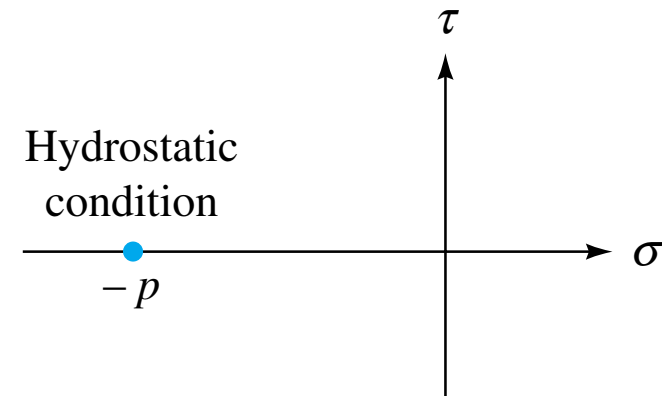
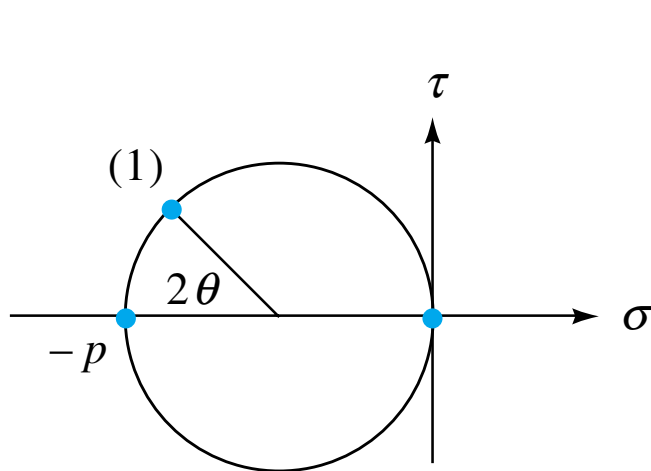
2.5 Presión



2. Propiedades termodinámicas

2.5 Presión

- Tensión (compresión) en un punto de un fluido en reposo
- Normal a la superficie que se considere
- El gradiente de presión hace fluir al medio
- Variable más importante junto con la velocidad...



2. Propiedades termodinámicas

2.5 Presión

- **Presión relativa** = Presión absoluta – Presión atmosférica
 - Rangos de variación de las presiones absoluta y relativa:

Presión absoluta:



Presión relativa:



- A menos que se indique lo contrario, la presión se expresará siempre en términos **RELATIVOS**.

Meteorología, relaciones termodinámicas, presión de vapor, compresible...

- El uso de piezómetros generó la costumbre de expresar la presión en dimensiones de **longitud de columna de líquido**:

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

2. Propiedades termodinámicas

2.5 Presión



2. Propiedades termodinámicas

2.5 Presión

Unidades de medida:

- Unidad básica en SI: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
- Unidades derivadas: cPa, hPa, kPa, MPa, GPa, ...
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
- Otras unidades: $"1 \text{ kg/cm}^2" = 0.981 \text{ bar}$
 $1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar} = 10.332 \text{ m.c.a.} = 760 \text{ mm Hg}$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar} \equiv 100,000 \text{ Pa}$$

$$1 \frac{\text{"kg"}}{\text{cm}^2} \approx 1 \text{ bar}$$

$$1 \text{ m.c.a.} \approx 10,000 \text{ Pa}$$

2. Propiedades termodinámicas

2.5 Presión

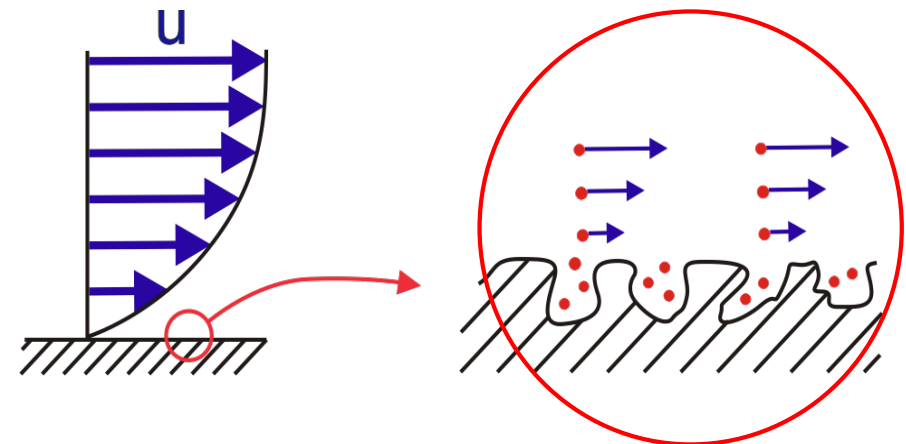
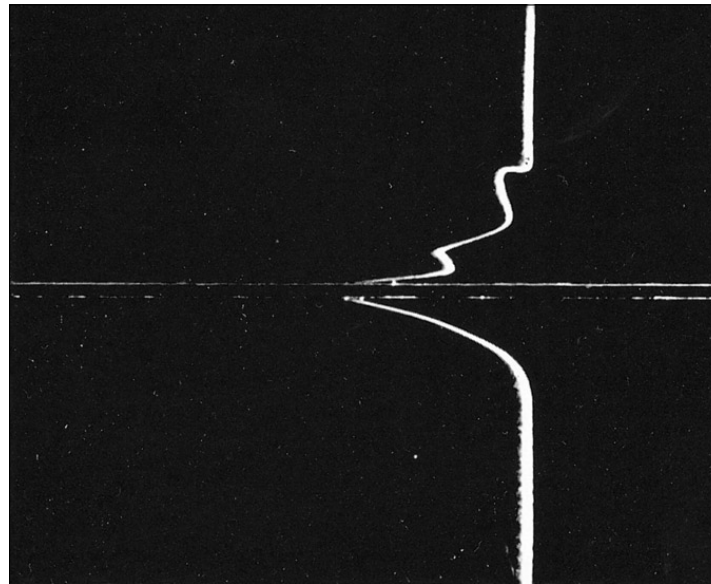
	pascal	bar	Kp/cm ²	Standard atmosphere	mm Hg (Torr)	Pound per square inch
	Pa	bar	At	Atm	Mm Hg	psi
1 Pa	≡ 1 N/m ²	10 ⁻⁵	1.0197 × 10 ⁻⁵	9.8692 × 10 ⁻⁶	7.5006 × 10 ⁻³	1.450377 × 10 ⁻⁴
1 bar	10 ⁵	≡ 10 ⁶ dyn/cm ²	1.0197	0.98692	750.06	14.50377
1 kp/cm ²	0.980665 × 10 ⁵	0.980665	≡ 1 kp/cm ²	0.9678411	735.5592	14.22334
1 atm	1.01325 × 10 ⁵	1.01325	1.0332	≡ p ₀	≡ 760	14.69595
1 mm Hg	133.3224	1.333224 × 10 ⁻³	1.359551 × 10 ⁻³	1.315789 × 10 ⁻³	≈ 1 mm _{Hg}	1.933678 × 10 ⁻²
1 psi	6.8948 × 10 ³	6.8948 × 10 ⁻²	7.03069 × 10 ⁻²	6.8046 × 10 ⁻²	51.71493	≡ 1 lb _f /in ²

3. Condición de no deslizamiento

3.1 Adherencia

- **Condición de ADHERENCIA (o de NO-DESLIZAMIENTO):** las partículas de fluido en contacto con un contorno tienen la misma velocidad que ese contorno (por rugosidad, interacción entre partículas).

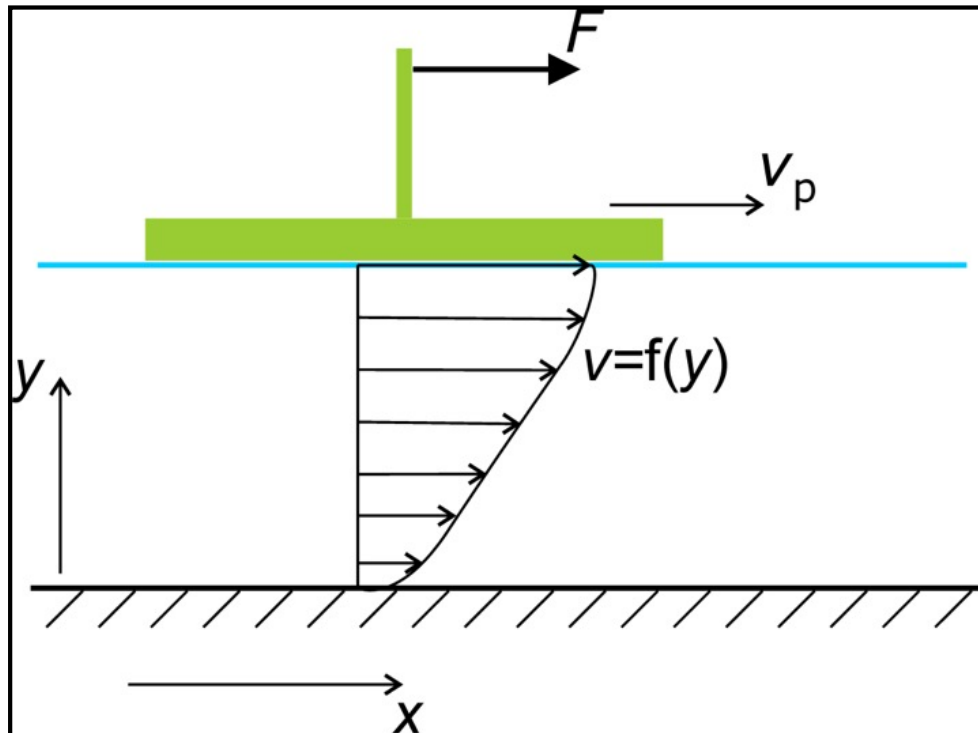
Fig. 1.13 The no-slip condition in water flow past a thin fixed plate. The upper flow is turbulent; the lower flow is laminar. The velocity profile is made visible by a line of hydrogen bubbles discharged from the wire across the flow. [From Illustrated Experiments in Fluid Mechanics (*The NCFMF Book of Film Notes*), National Committee for Fluid Mechanics Films, Education Development Center, Inc., copyright 1972.]



3. Condición de no deslizamiento

3.2 Tensiones tangenciales

- Sea el caso de flujo por arrastre (viscoso) de un plano móvil:



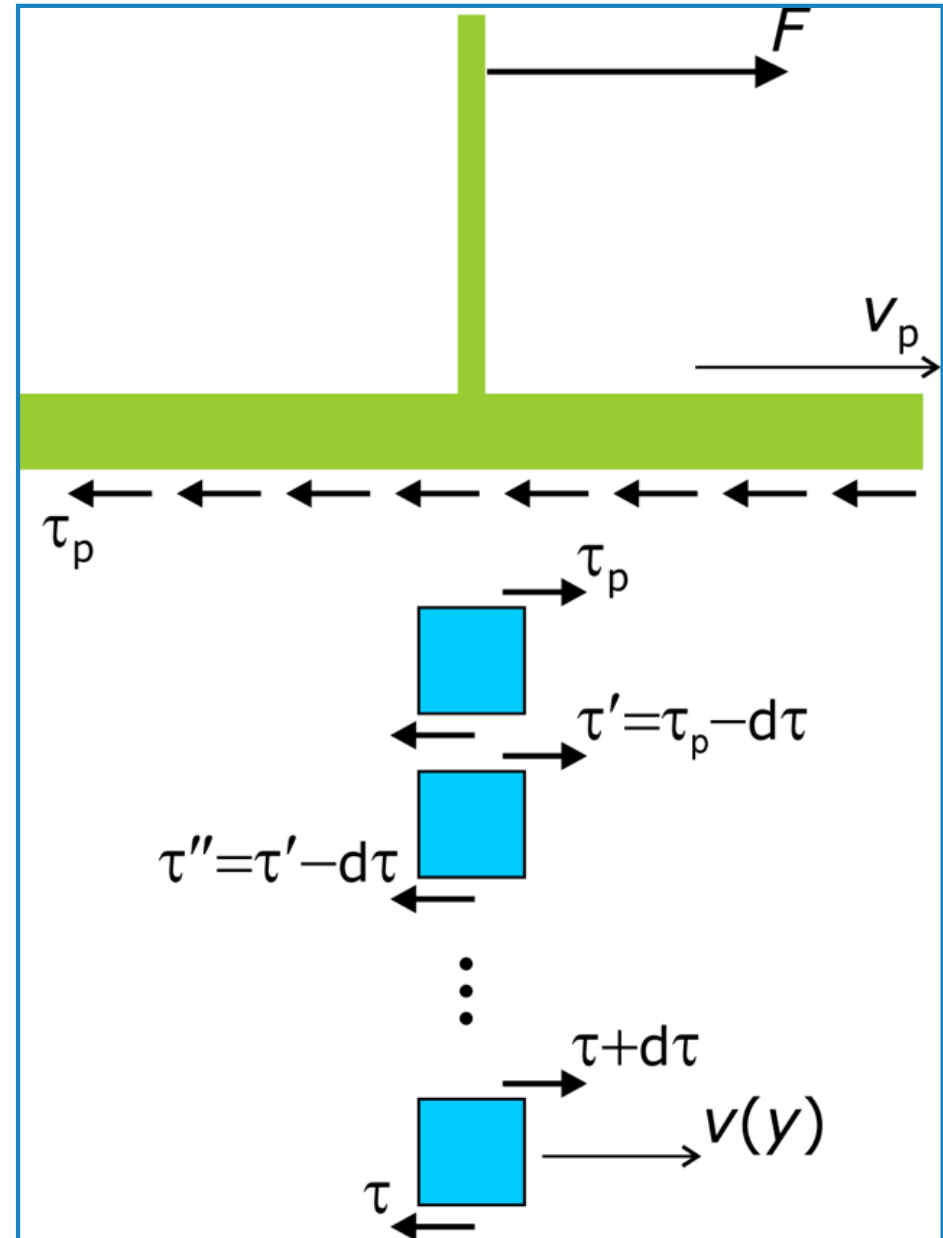
- El **desplazamiento** del plano induce movimiento del fluido en la misma dirección x , con $v = f(y)$.
- La fuerza F (cte.) necesaria para obtener v_p depende del fluido.
- Para v_p el **fluido** genera sobre el plano una fuerza $-F$, originándose por tanto una tensión:

$$\tau_p = \frac{F}{S}$$

3. Condición de no deslizamiento

3.2 Tensiones tangenciales

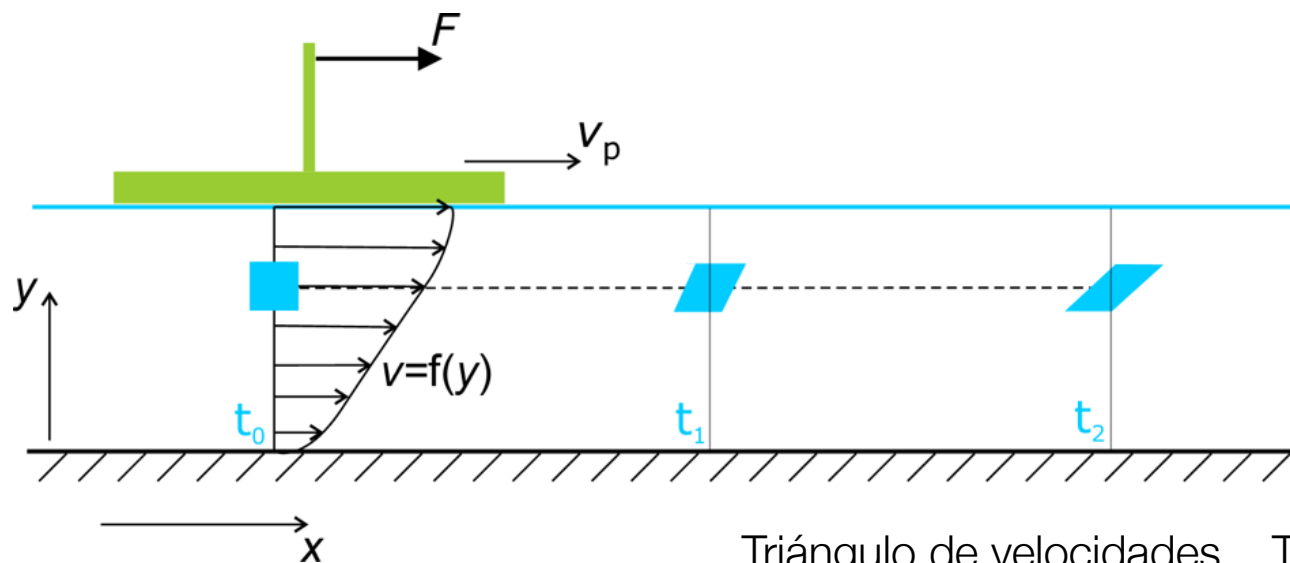
- A su vez, el plano “tira” del fluido con la misma tensión τ_p en sentido x positivo.
- Cada partícula de fluido tiene $v(y) \rightarrow$ se induce un **estado de tensiones** de sentido (+) desde las partículas adyacentes que van más rápido y de sentido (-) desde las que van más lentas.
- La tensión local τ depende de la **diferencia de velocidad** respecto a partículas adyacentes.



3. Condición de no deslizamiento

3.3 Velocidad de deformación

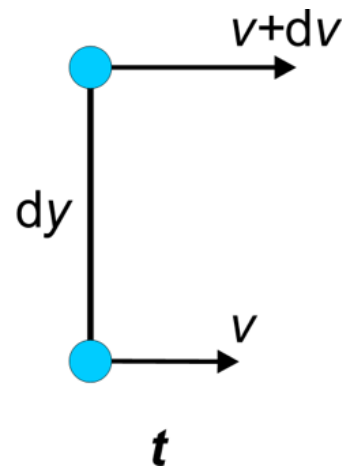
- La **deformación** es debida a las **diferencias de velocidad** entre partículas.



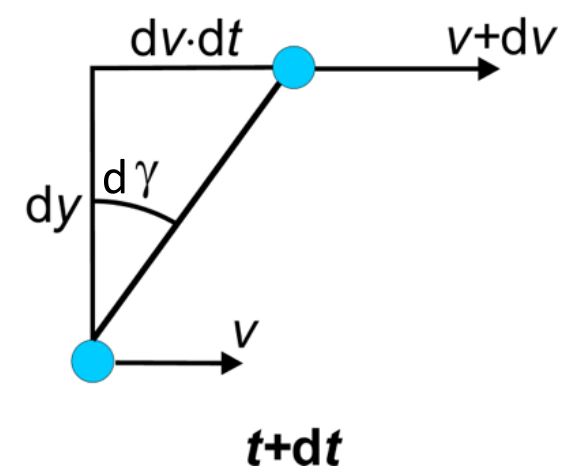
$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt}$$

- Velocidad de deformación:

Triángulo de velocidades



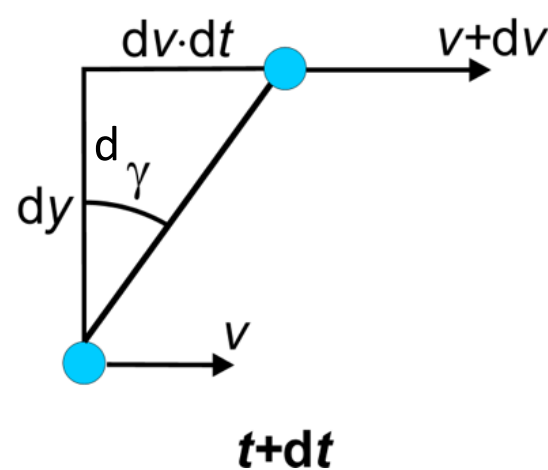
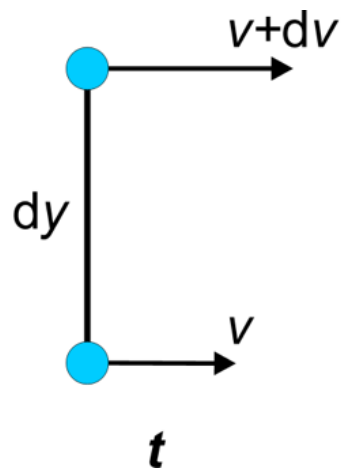
Triángulo de desplazamientos



3. Condición de no deslizamiento

3.3 Velocidad de deformación

Triángulo de velocidades Triángulo de desplazamientos



$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} \approx \frac{dv \times dt}{dy} = \frac{dv}{dy}$$

Gradiente de velocidad

• Por tanto: si F aumenta →

$$\left[\begin{array}{l} \tau \uparrow \\ v_p \uparrow \end{array} \right] \Rightarrow \frac{dv}{dy} \uparrow \Rightarrow \dot{\gamma} \uparrow$$



$$\tau = f(\dot{\gamma})$$

• La relación (función f) depende del **tipo de fluido** considerado.

4. Viscosidad

4.1 Ley de Newton

- El caso más habitual es el de **FLUIDO NEWTONIANO** en el cual dicha relación es **lineal**.

- Experimentalmente se comprueba que: $F \propto \frac{S \times v_p}{Y}$

$$si \rightarrow \tau = \frac{F}{S}, y \rightarrow \mu = cte. \text{proporcionalidad} \Rightarrow \tau = \mu \frac{v_p}{Y} \Rightarrow \boxed{\tau = \mu \frac{dv}{dy}}$$

$$v = v(y) \rightarrow \text{lineal} \Rightarrow \tau cte$$

$$v = v(y) \rightarrow 2^\circ \text{ grado} \Rightarrow \tau \text{lineal}$$

- A la constante μ se la conoce como **VISCOSIDAD DINÁMICA**. Define la resistencia de un fluido a su deformación continua.
- Los **gases** y los **líquidos poco viscosos** son fluidos newtonianos.
- A la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad se le conoce como **VISCOSIDAD CINEMÁTICA**:

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

4. Viscosidad

4.1 Ley de Newton

UNIDADES DE MEDIDA

Variable	Sistema Internacional	Sistema CGS
μ	$\frac{N}{m^2} \cdot s = Pa \cdot s = \frac{kg}{m \cdot s}$	$P = \frac{1g}{1cm \cdot 1s} = 0.1 \frac{kg}{m \cdot s}$
ν	$\frac{m^2}{s}$	$St = \frac{1cm^2}{s} = 10^{-4} \frac{m^2}{s}$ Stokes

ALGUNOS VALORES TÍPICOS a 20 °C

Fluido	μ	ν
Agua	0.001 kg/(m s)=1 cP	10 ⁻⁶ m ² /s=1 cSt
Aire	1.8·10 ⁻⁵ kg/(m s)	1.5·10 ⁻⁵ m ² /s
Hg	1.56·10 ⁻³ kg/(m s)	1.15·10 ⁻⁷ m ² /s
SAE 30	0.29 kg/(m s)	3.25·10 ⁻⁴ m ² /s

4. Viscosidad

4.2 Definición

- **Fluido ideal:** no existe fricción, viscosidad nula.
 - Fuerzas internas normales a la sección considerada.
 - Son fuerzas de presión incluso si hay movimiento.
- **Fluido real:** se generan fuerzas tangenciales o cortantes:
 - Siempre que exista movimiento en relación a un cuerpo.
 - Dando lugar a una fricción en el fluido que se opone al movimiento de unas partículas respecto de otras.
 - Viscosidad.
- **Viscosidad:** medida de su resistencia a la deformación angular, debido a la cohesión y al intercambio de cantidad de movimiento entre moléculas.

4. Viscosidad

4.3 Visualización



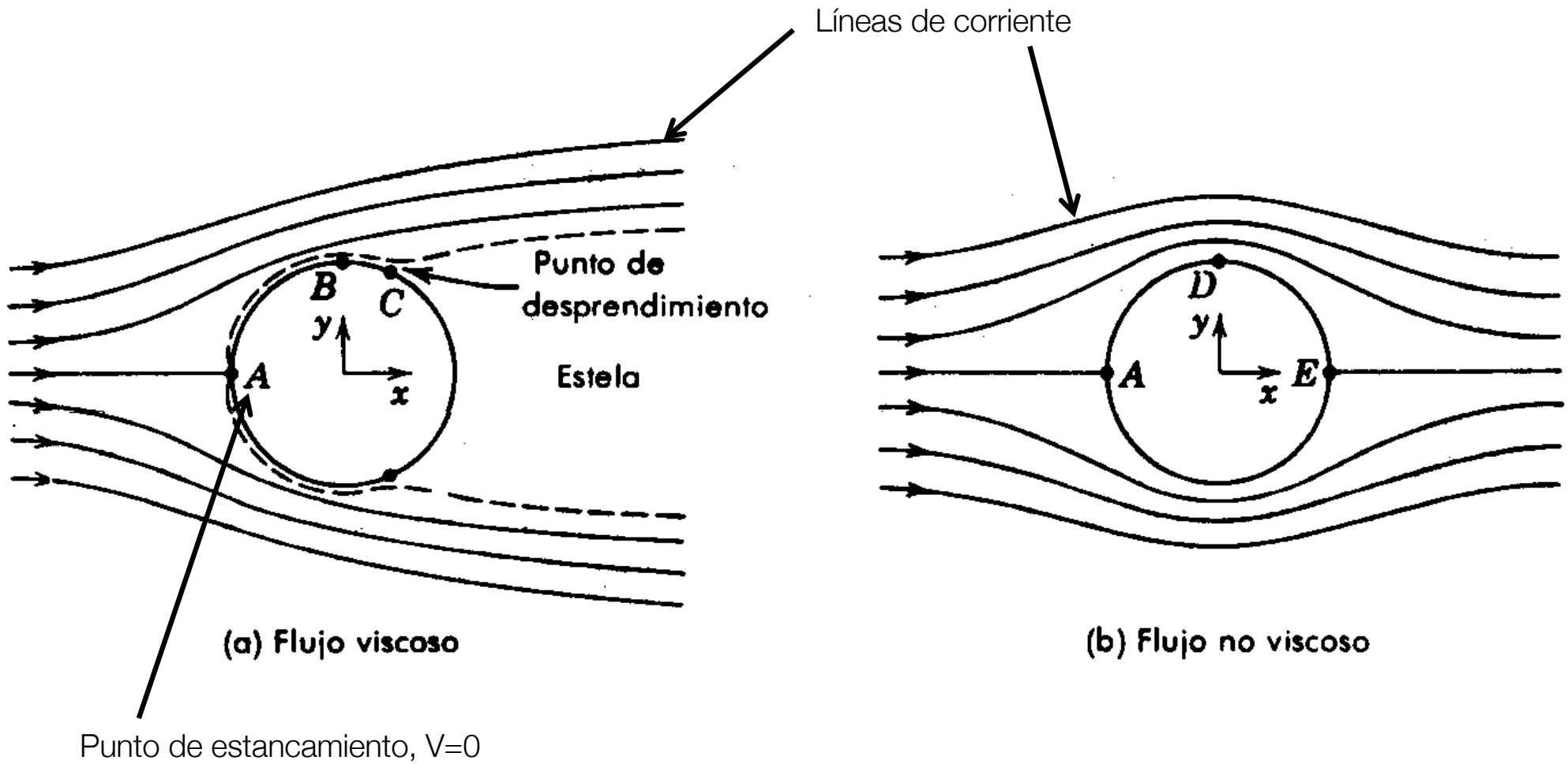
4. Viscosidad

4.3 Visualización



4. Viscosidad

4.3 Visualización



4. Viscosidad

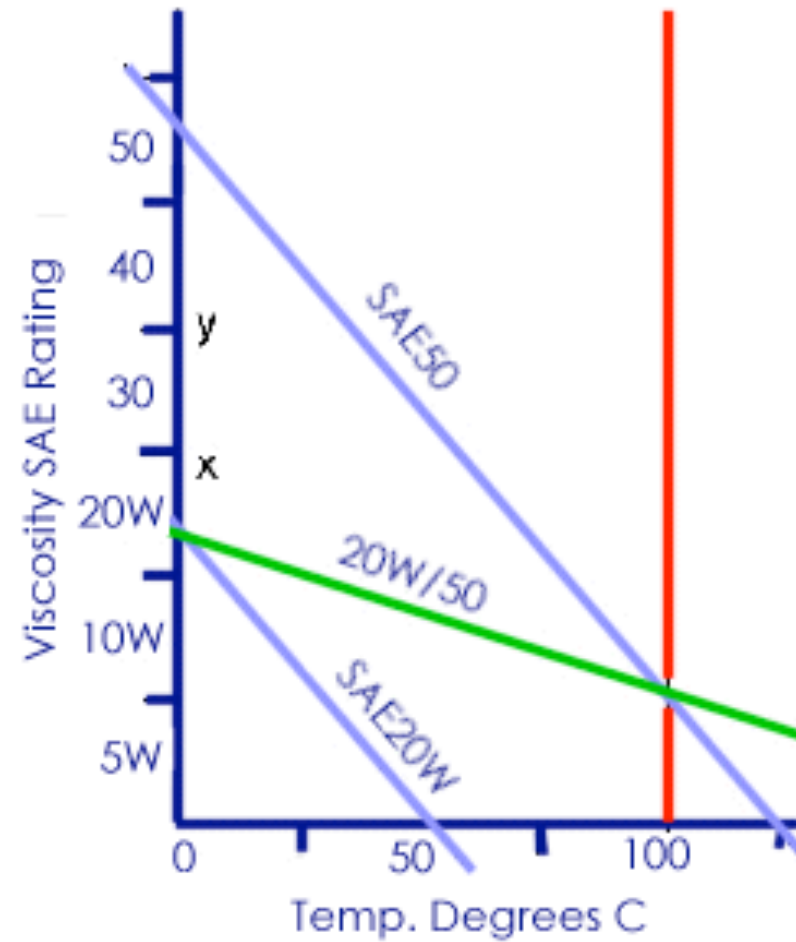
4.4 Variación con la temperatura

- **GASES.** Al **incrementarse la temperatura** se incrementa la interacción intermolecular y con ello la resistencia a fluir; la **viscosidad aumenta**.

- **LÍQUIDOS.** Al **incrementarse la temperatura** se facilita el movimiento relativo entre capas de partículas; la **viscosidad disminuye**.

4. Viscosidad

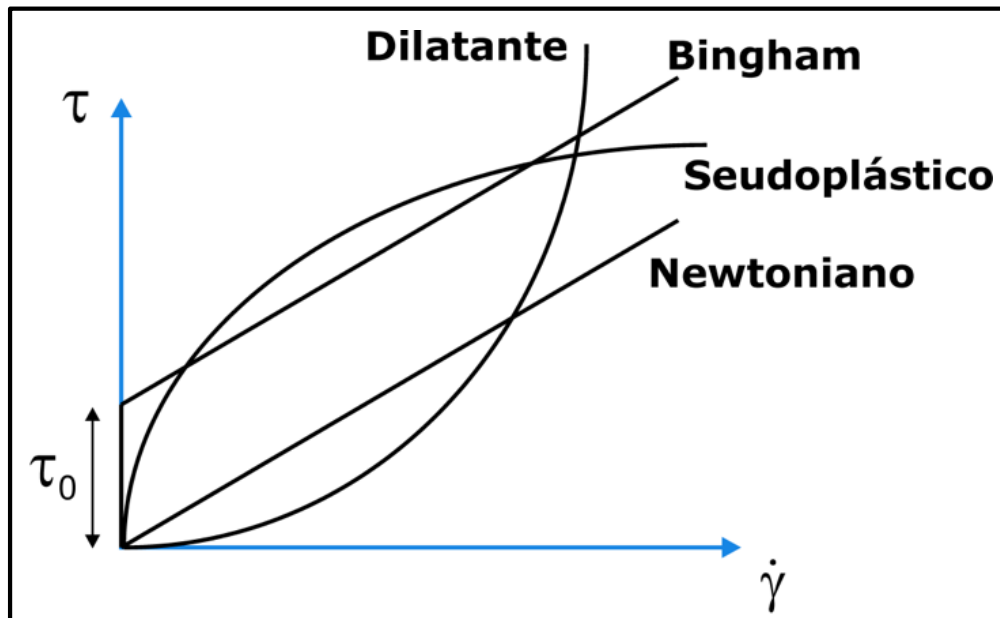
4.4 Variación con la temperatura



4. Viscosidad

4.5 Fluidos no newtonianos

Fluidos {
 Ideales: $\mu = 0$
 Newtonianos: τ función lineal de $\dot{\gamma}$. Viscosidad μ constante.
 No newtonianos: Viscosidad μ variable.



Plásticos de Bingham:
$$\begin{cases} \dot{\gamma} = 0 & \text{si } \tau \leq \tau_0 \\ \tau = \tau_0 + \mu_d \dot{\gamma} & \text{si } \tau > \tau_0 \end{cases}$$

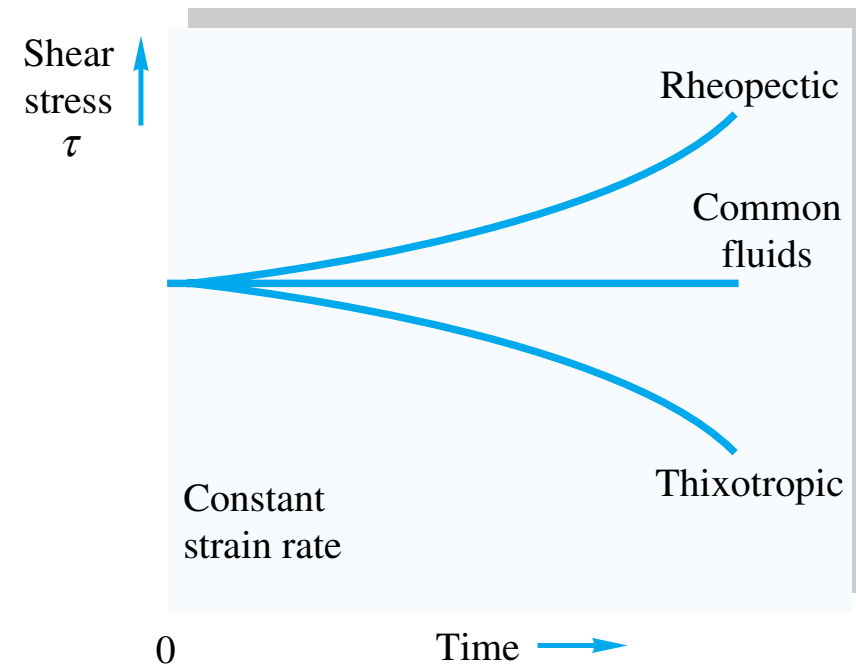
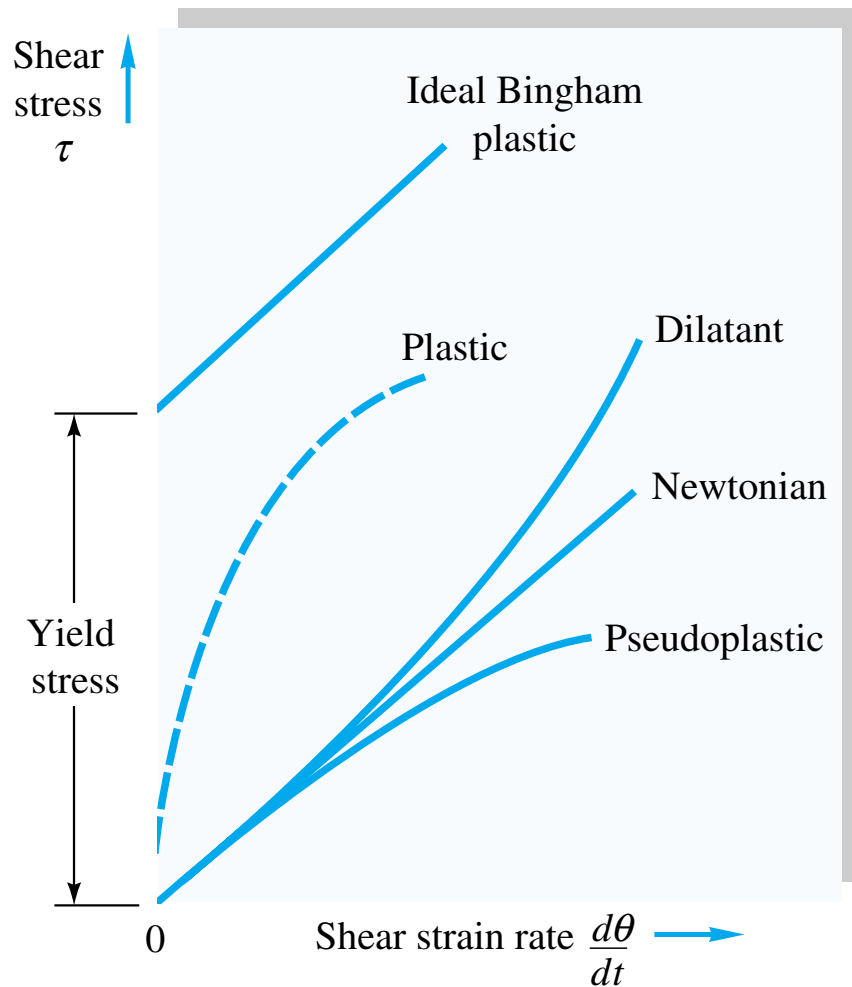
Seudoplásticos:
$$\tau = K \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad \text{con } n < 1$$

Dilatantes:
$$\tau = K \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad \text{con } n > 1$$

← **Diagrama reológico**

4. Viscosidad

4.5 Fluidos no newtonianos



4. Viscosidad

4.5 Fluidos no newtonianos

Pont Le Veudre, Eugene Freyssinet



- Construido en 1911.
- Reparado en 1912.
- Destruído en 1944...

4. Viscosidad

4.5 Fluidos no newtonianos

Hormigón

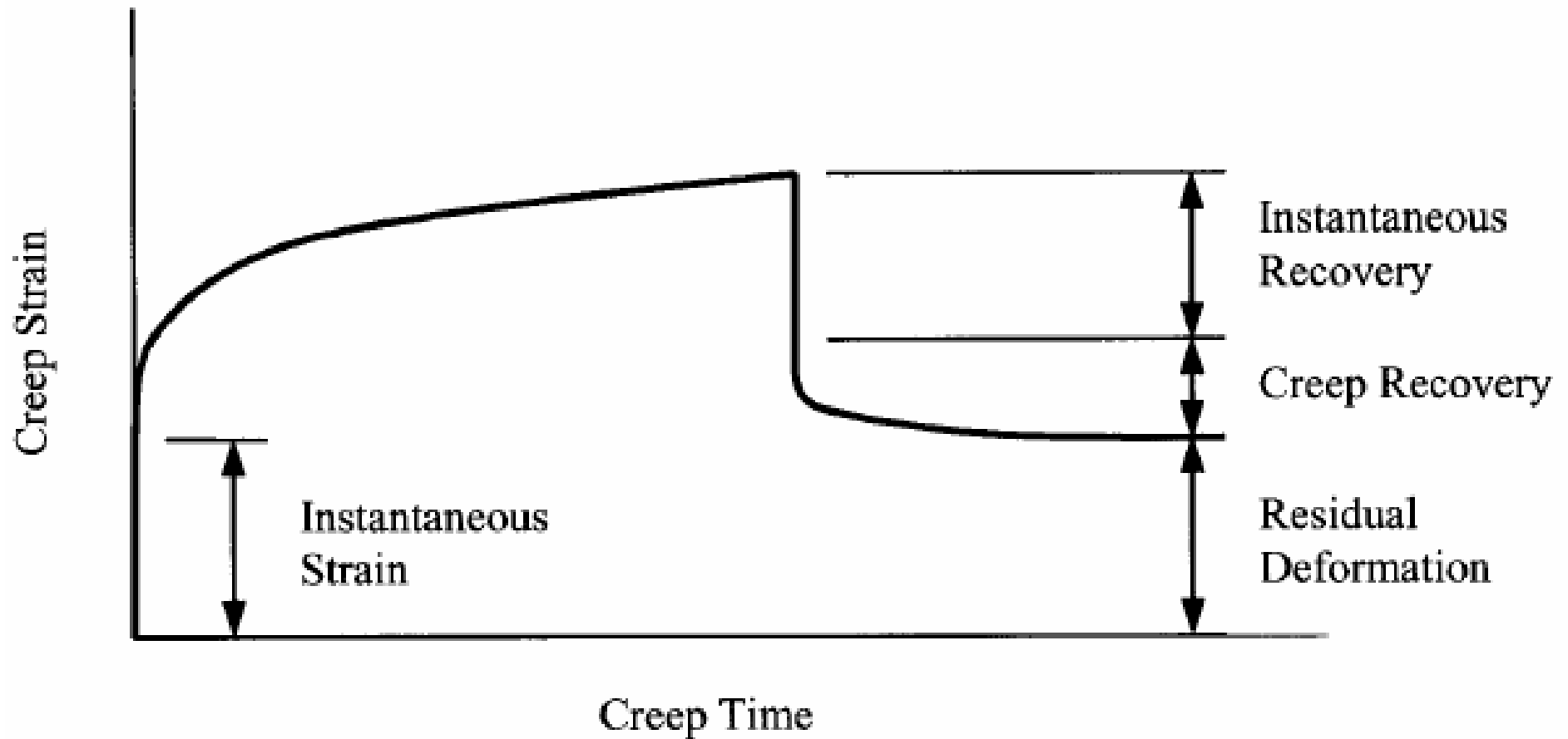


Diagrama de fluencia del hormigón (Neville, 1970)

5. Tensión superficial

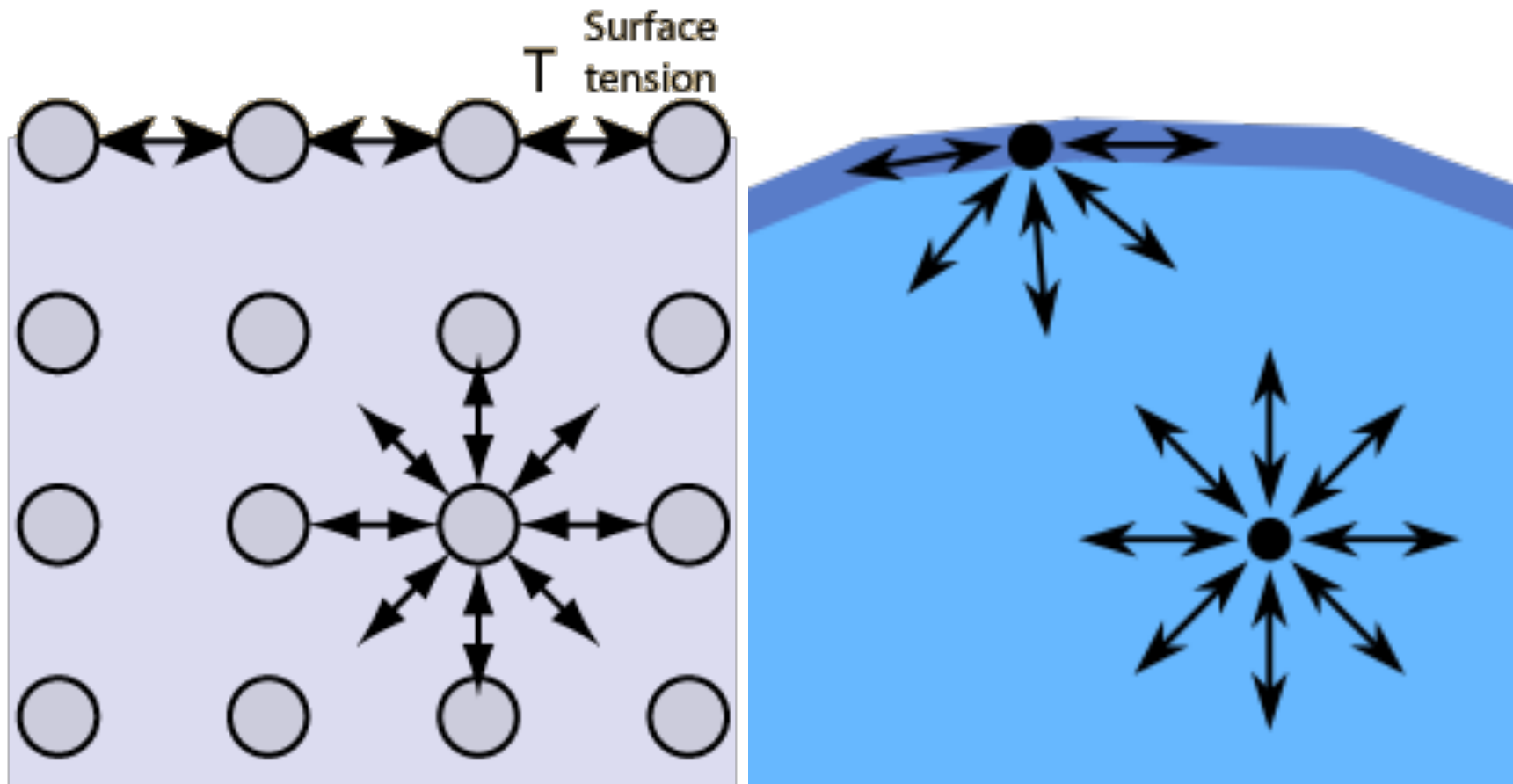
5.1 Definición

- Los líquidos tienen las propiedades de:
 - Cohesión: resisten esfuerzos de tracción.
 - Adhesión: transmiten esfuerzos de rasante.

- **Tensión superficial:** resultado del desequilibrio entre las **fuerzas de atracción** para las partículas que se encuentran en la interfase de separación entre dos fluidos no miscibles (y en concreto, en la superficie libre).
 - La interfase es una superficie tensionada (como un globo). Membrana.
 - A través de la interfase hay un salto de presión.
 - Las fuerzas de atracción no compensadas generan una superficie capaz de resistir una fuerza.
 - Depende de la naturaleza del líquido.

5. Tensión superficial

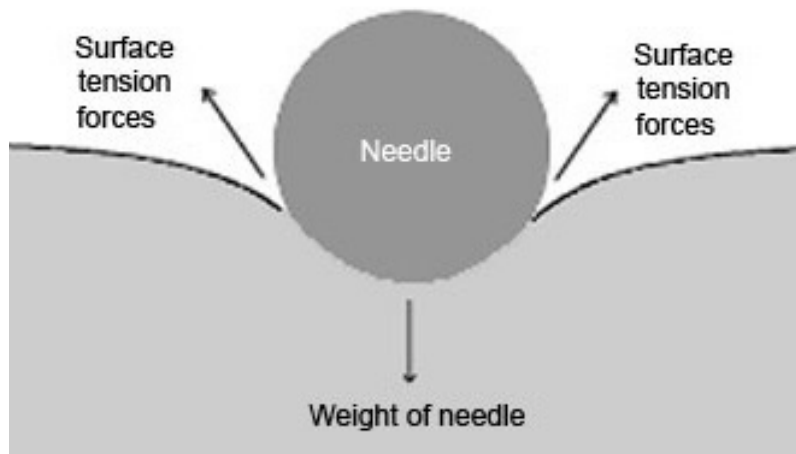
5.1 Definición



5. Tensión superficial

5.2 Visualización

- Es responsable de:
 - Interacción con paredes sólidas.
 - Flotación de objetos.
 - Formación de gotas.
 - Evaporación superficial.



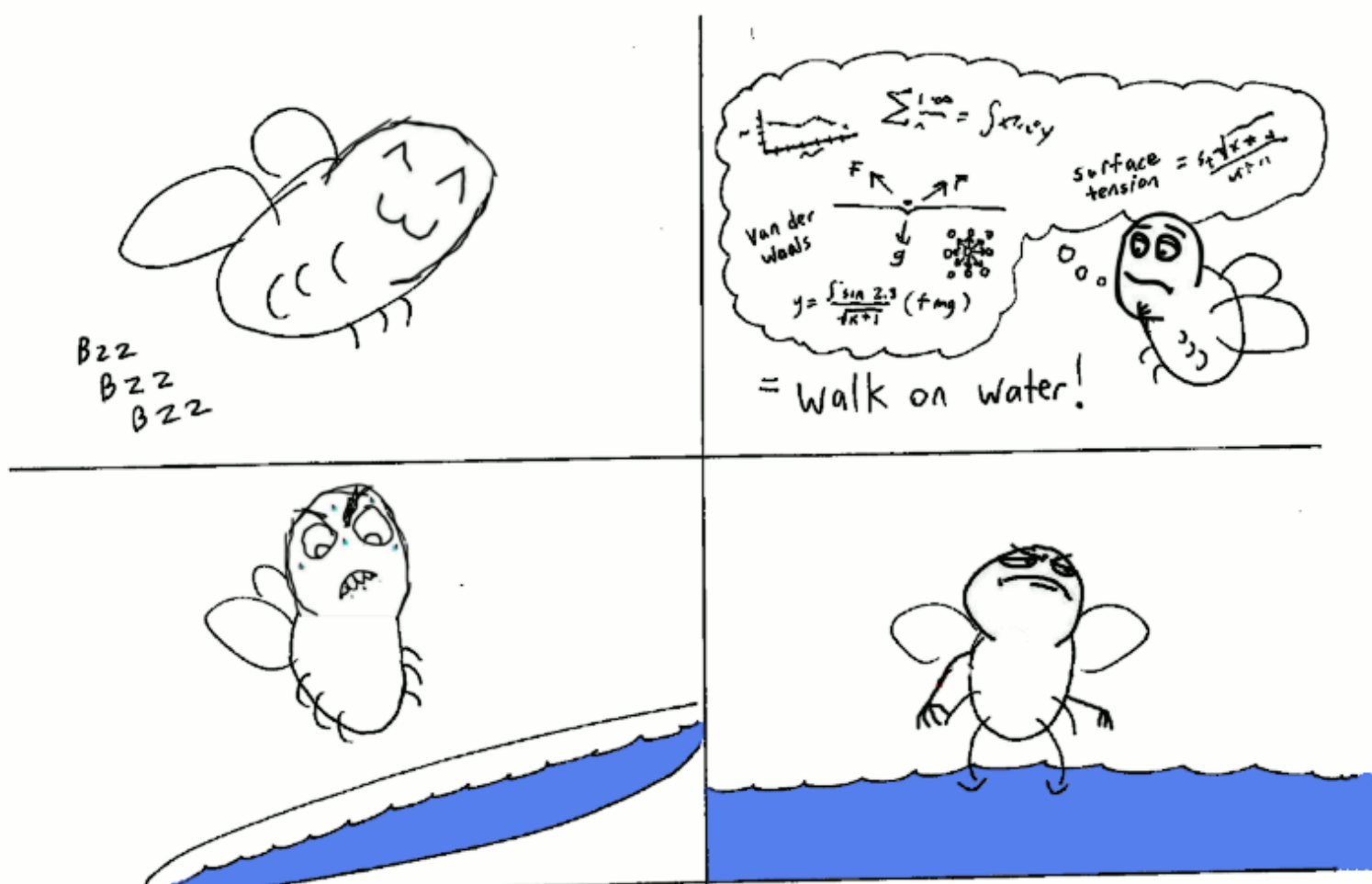
5. Tensión superficial

5.2 Visualización



5. Tensión superficial

5.3 Valores



5. Tensión superficial

5.3 Valores



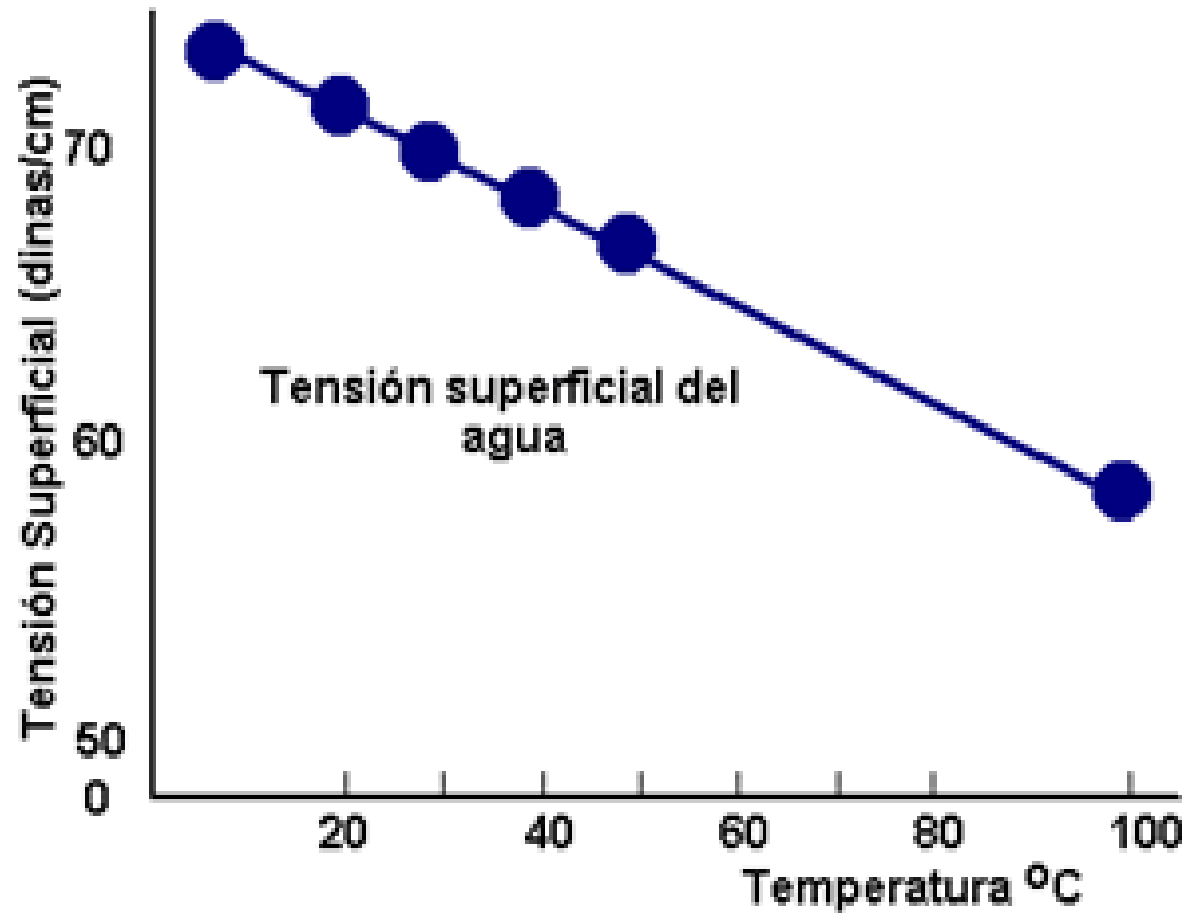
5. Tensión superficial

5.3 Valores

- **Fuerza de tensión superficial:** fuerza que, supuesto un corte imaginario siguiendo una línea sobre la interfase, actuaría tangencialmente a la superficie y perpendicularmente al corte para mantener la superficie en tensión y equilibrada.
- **Coefficiente de tensión superficial:** relación entre la fuerza de tensión superficial y la longitud del corte: $\sigma[\text{N/m}] = dF_{\text{TS}}/d$. En general: $\sigma = f(\text{fluidos de interfase}, T)$.
Ejemplos: $\sigma[\text{agua-aire}, 20^\circ\text{C}] = 0.073 \text{ N/m}$; $\sigma[\text{Hg-aire}, 20^\circ\text{C}] = 0.48 \text{ N/m}$.

5. Tensión superficial

5.3 Valores



5. Tensión superficial

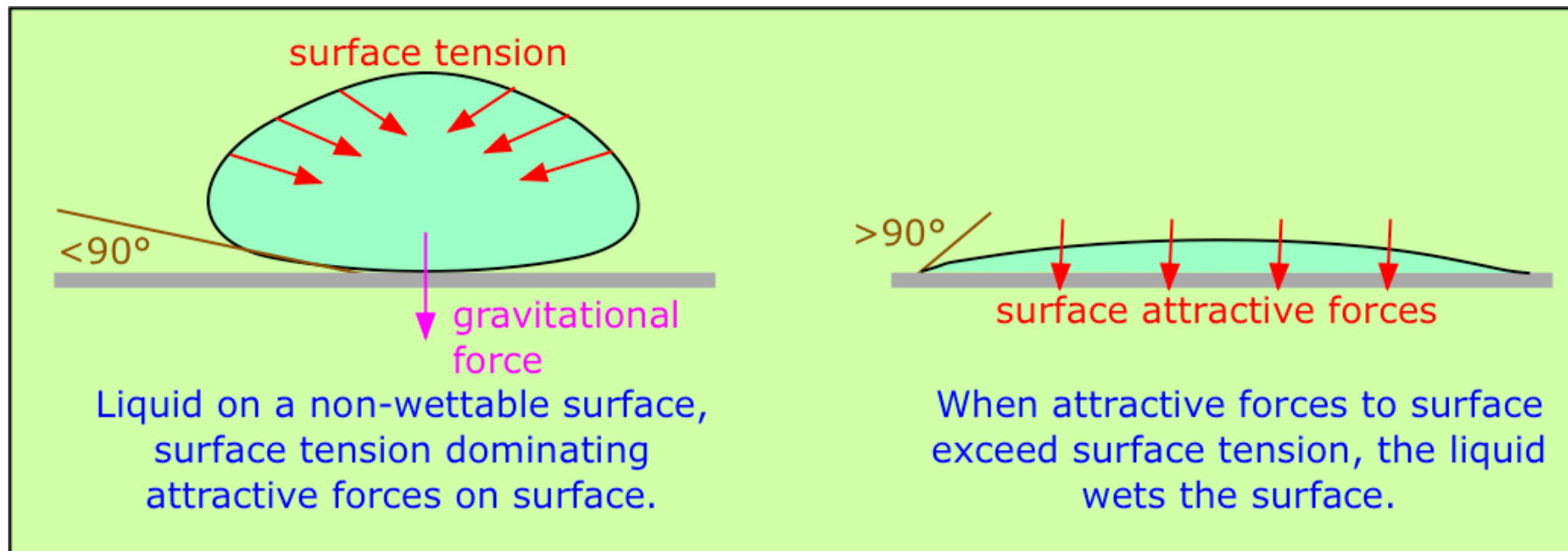
5.4 Cálculo

- **Incremento de presión** a través de la interfase → resultado del equilibrio entre fuerzas de tensión superficial y fuerzas internas de presión:
 - Gota de radio R : $\Delta p = 2\sigma/R$;
 - Pompa de radio R : $\Delta p = 4\sigma/R$;
 - Chorro cilíndrico de radio R : $\Delta p = \sigma/R$;
 - Elemento de superficie con radios R_1 y R_2 → $\Delta p = \sigma (1/R_1 + 1/R_2)$ (ec. Laplace)

5. Tensión superficial

5.5 Capilaridad

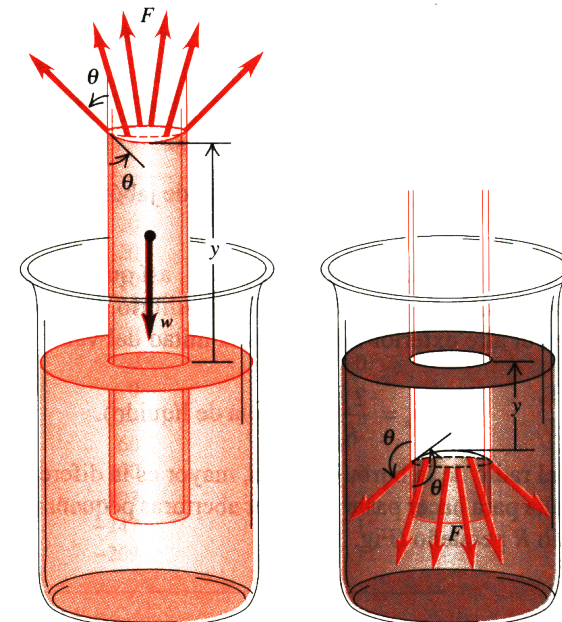
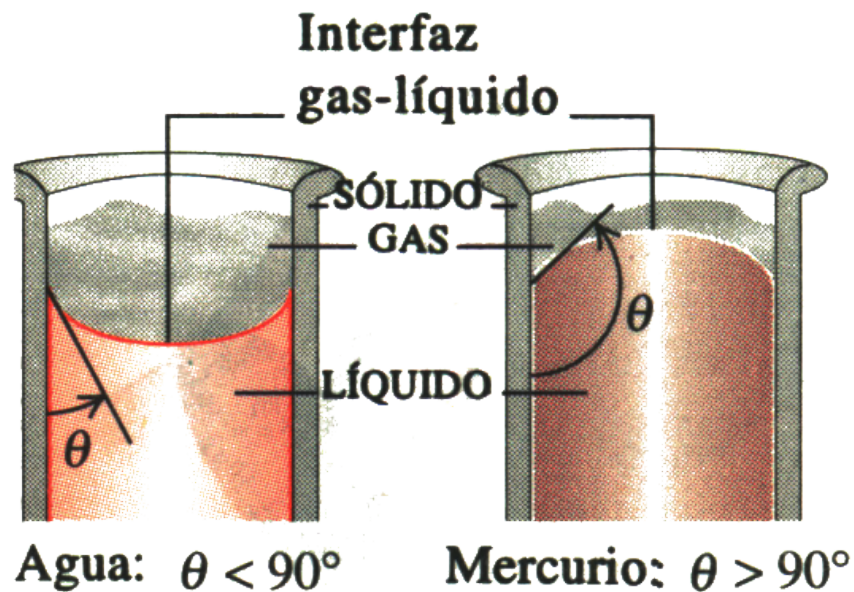
- **Interacción con sólidos:** depende de la naturaleza del líquido (tensión superficial) y del material en contacto (forma, ángulo).



5. Tensión superficial

5.5 Capilaridad

- **Capilaridad:** movimiento (ascenso o descenso) por efecto de la tensión superficial y la adherencia del líquido sobre un medio material.
 - propiedad de aplicar fuerzas mediante tubos finos ($< 12 \text{ mm}$) o medios porosos.



- Departamento de Astronomía Universidad de Guanajuato DA-UG (México)

6. Presión de vapor

6.1 Definición

• **Presión de vapor:** presión de equilibrio termodinámico entre las fases condensada y vaporosa de un líquido (o sólido) = **presión de ebullición**.

- Aumenta con la temperatura.
- Pv del agua:

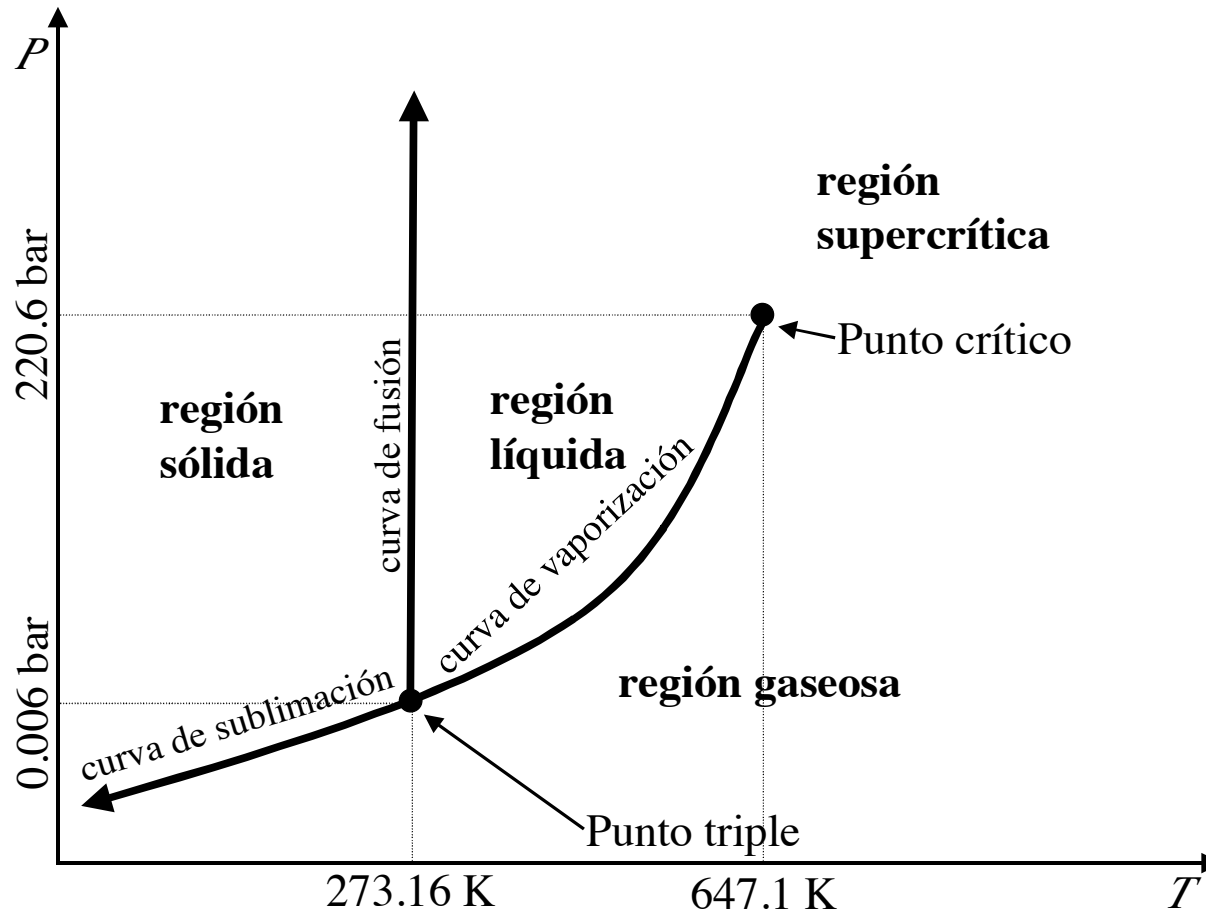
T (°C)	0	20	40	60	80	100
Pv (kPa)	0.61	2.34	7.38	19.9	47.4	101.3

- Pv de varios líquidos a 20°C [f(naturaleza del líquido)]:

Líquido:	Mercurio	Agua	Etanol	Benceno	Gasolina	Amoniaco
Pv (kPa)	$1.6 \cdot 10^{-4}$	2.34	5.9	10.0	30.4	857.1

6. Presión de vapor

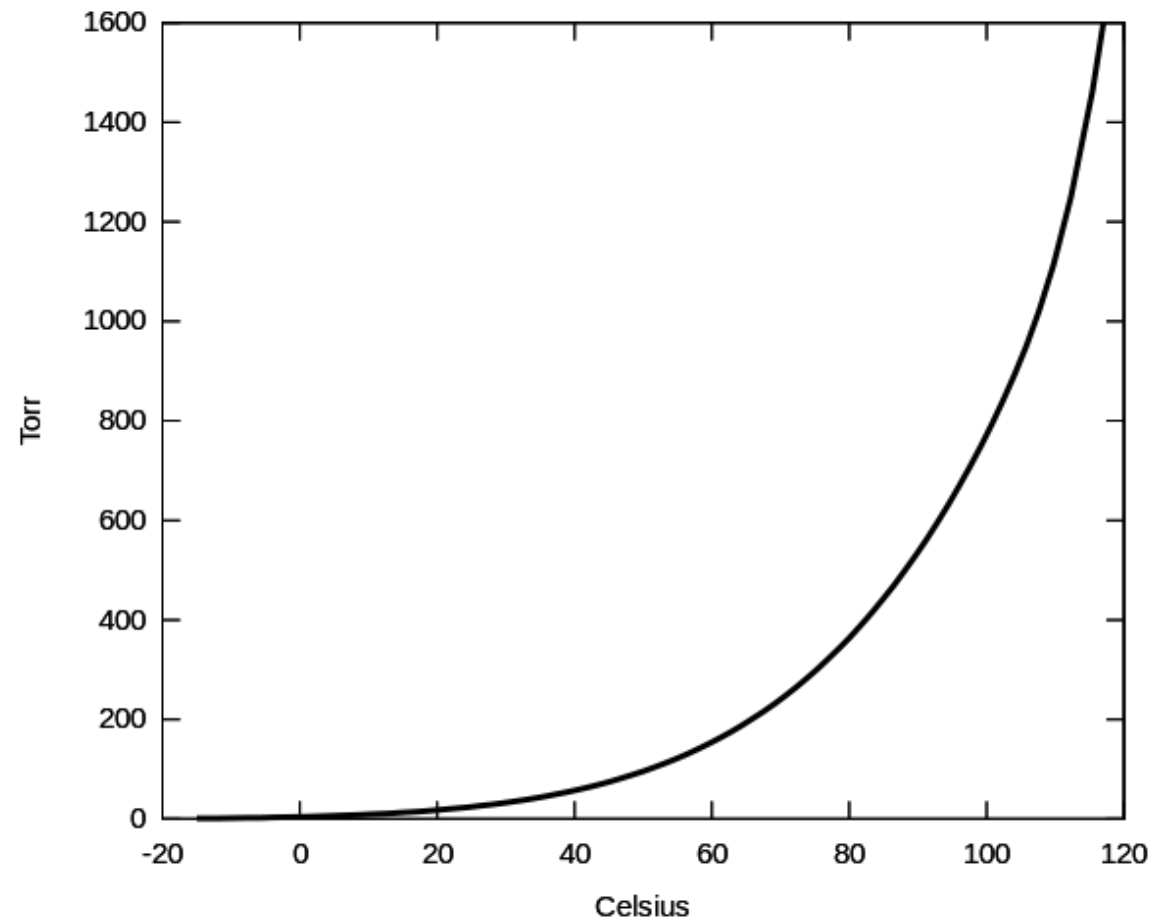
6.1 Definición



- Dpto. Física Aplicada, UCM.

6. Presión de vapor

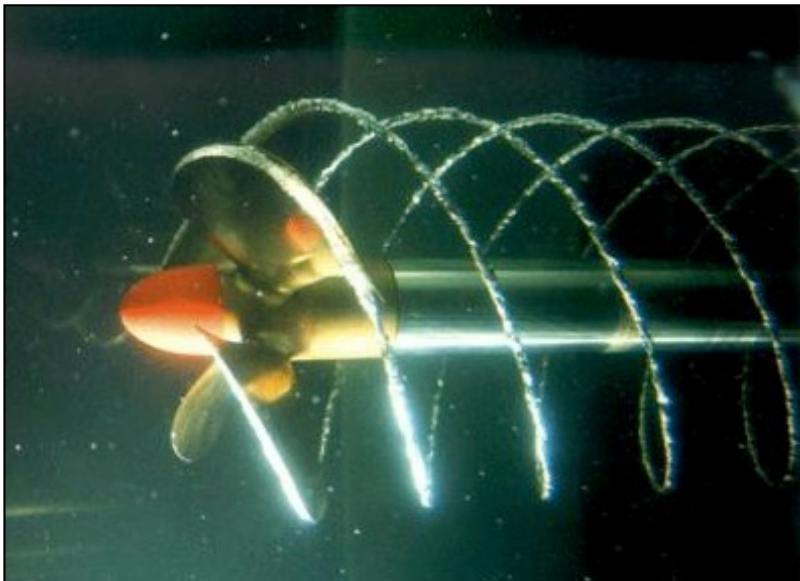
6.1 Definición



6. Presión de vapor

6.2 Cavitación

- **Cavitación:** ebullición de un líquido en movimiento por descender la presión hasta alcanzar la presión de vapor.
 - Asociado a: aumento de energía cinética, aumento de cota y pérdidas de carga.
 - Lugares posibles: estrechamientos en conductos, entrada de bombas, salida de turbinas hidráulicas, alrededor de álabes o cuerpos sumergidos...



Orden de magnitud

- Propiedades físicas (en función de la Temperatura) del agua, a presión atmosférica estándar a nivel del mar:

Tem- pera- tura, T	Peso espe- cífico, γ	Densi- dad, ρ	Vis- cosi- dad ^b , μ	Visco- sidad ci- nemáti- ca ^b , ν	Tensión superfi- cial, σ	Presión de satu- ración p_r	Altura de pre- sión en condi- ciones de satu- ración, p_r/γ	Módulo de elas- ticidad volumé- trico, E_r
°C	kN/m ³	kg/m ³	N·s/m ²	10 ⁻⁶ m ² /s	N/m	kN/m ² abs	m abs	10 ⁶ kN/m ²
0 °C	9,805	999,8	0,001 781	1,785	0,0756	0,61	0,06	2,02
5 °C	9,807	1000,0	0,001 518	1,519	0,0749	0,87	0,09	2,06
10 °C	9,804	999,7	0,001 307	1,306	0,0742	1,23	0,12	2,10
15 °C	9,798	999,1	0,001 139	1,139	0,0735	1,70	0,17	2,14
20 °C	9,789	998,2	0,001 002	1,003	0,0728	2,34	0,25	2,18
25 °C	9,777	997,0	0,000 890	0,893	0,0720	3,17	0,33	2,22
30 °C	9,764	995,7	0,000 798	0,800	0,0712	4,24	0,44	2,25
40 °C	9,730	992,2	0,000 653	0,658	0,0696	7,38	0,76	2,28
50 °C	9,689	988,0	0,000 547	0,553	0,0679	12,33	1,26	2,29
60 °C	9,642	983,2	0,000 466	0,474	0,0662	19,92	2,03	2,28
70 °C	9,589	977,8	0,000 404	0,413	0,0644	31,16	3,20	2,25
80 °C	9,530	971,8	0,000 354	0,364	0,0626	47,34	4,96	2,20
90 °C	9,466	965,3	0,000 315	0,326	0,0608	70,10	7,18	2,14
100 °C	9,399	958,4	0,000 282	0,294	0,0589	101,33	10,33	2,07

Orden de magnitud

- Propiedades físicas (en función de la Temperatura) del aire, a presión atmosférica estándar a nivel del mar:

Temperatura, T °C	Densidad, ρ kg/m ³	Peso específico γ N/m ³	Viscosidad ^b , μ 10 ⁻⁶ N·s/m ²	Viscosidad cinemática ^b , ν 10 ⁻⁶ m ² /s
-40 °C	1,515	14,86	14,9	9,8
-20 °C	1,395	13,68	16,1	11,5
0 °C	1,293	12,68	17,1	13,2
10 °C	1,248	12,24	17,6	14,1
20 °C	1,205	11,82	18,1	15,0
30 °C	1,165	11,43	18,6	16,0
40 °C	1,128	11,06	19,0	16,8
60 °C	1,060	10,40	20,0	18,7
80 °C	1,000	9,81	20,9	20,9
100 °C	0,946	9,28	21,8	23,1
200 °C	0,747	7,33	25,8	34,5

Conclusiones

- **Comportamiento macroscópico de la materia:**
 - Se puede aplicar el concepto de continuo.
- **Velocidad de deformación del fluido:** f(Fuerza aplicada):
 - Un fluido se deforma continua y permanentemente bajo la aplicación de una fuerza tangencial.
 - Gradientes de velocidad implican tensiones tangenciales.
 - Vel. del fluido en el contorno = Vel. del contorno (0). Cond. Adherencia.
 - Fluidos Newtonianos: viscosidad constante
- **Incompresibilidad:** del orden del acero... más o menos ¿?

Conclusiones

- Resolución de problemas:

- 1. Gather all the given system parameters and data in one place.
- 2. Find, from tables or charts, all needed fluid property data.
- 3. Use SI units (N, s, kg, m) if possible, and no conversion factors will be necessary.
- 4. Make sure what is asked. Engineers are expected to read carefully.
- 5. Make a detailed sketch of the system, with everything clearly labeled.
- 6. Think carefully and then list your assumptions. Here knowledge is power; you should not guess the answer.
- 7. Based on steps 1 to 6 above, write out the appropriate equations, data correlations, and fluid state relations for your problem.
- 8. Report your solution clearly, with proper units listed and to the proper number of significant figures (usually two or three) that the overall uncertainty of the data will allow. RESULT!

Conclusiones

- **Resolución de problemas:** precisión de los resultados numéricos.

