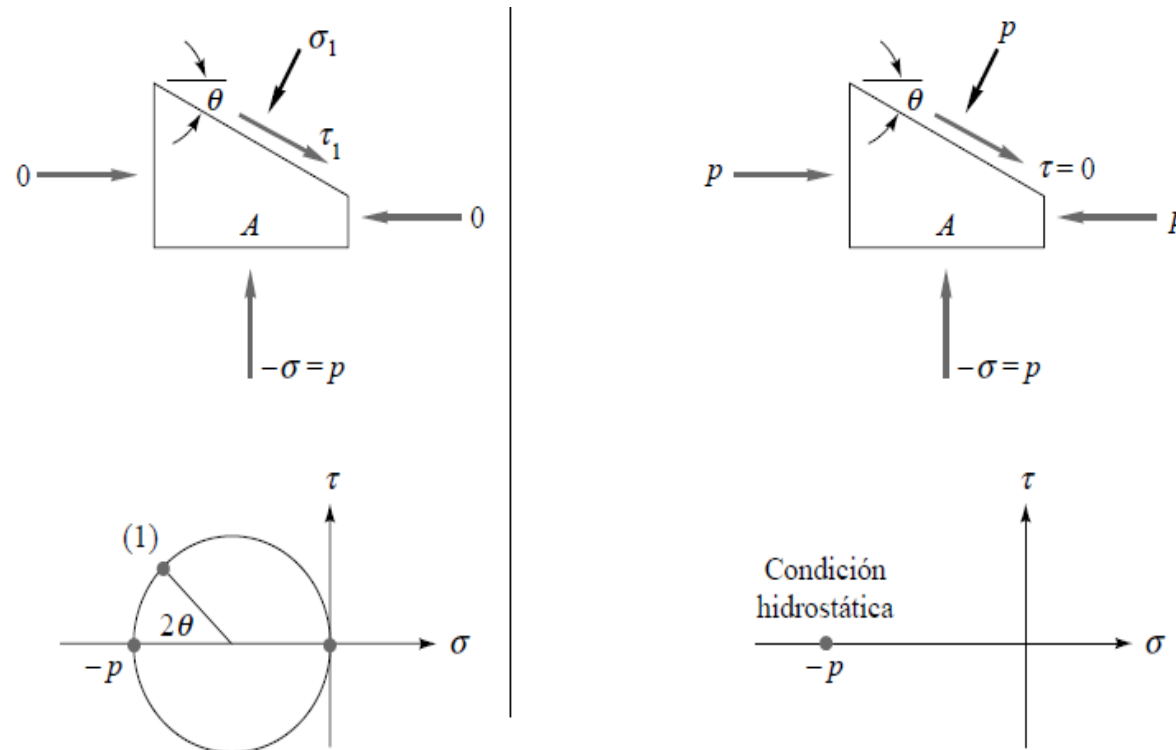


PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

Presión: La presión es el esfuerzo (de compresión) en un punto en un fluido en reposo. Después de la velocidad, la presión p es la variable más significativa en la dinámica de un fluido.



PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

La temperatura T : está relacionada con el nivel de energía interna del fluido. Puede variar considerablemente durante el flujo compresible de un gas.

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459,69$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,16$$

La densidad ρ (rho griega minúscula): de un fluido, denominada es su masa por unidad de volumen. La densidad varía mucho en los gases, aumentando casi de forma proporcional a la presión.

Agua: (alrededor de 1000 kg/m³)

Mercurio: $\rho = 13.580 \text{ kg/m}^3$

Hidrógeno: $\rho = 0,0838 \text{ kg/m}^3$

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

La densidad relativa o peso específico: , denominada S , es la relación entre la densidad del fluido y la de un fluido estándar de referencia, típicamente el agua a 4 °C (para los líquidos) y el aire (para los gases):

$$S_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{aire}}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{1205 \text{ kg/m}^3}$$

$$S_{\text{líquido}} = \frac{\rho_{\text{líquido}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{\rho_{\text{líquido}}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

- **Energías potencial y cinética:** En termostática, la única energía asociada a una sustancia es la almacenada en el sistema por la actividad molecular y las fuerzas asociadas a los enlaces químicos. A ésta se le denomina energía interna \hat{u} . En los flujos, a esta energía se le deben añadir dos términos más, procedentes de la mecánica newtoniana: la energía potencial y la energía cinética.

$$e = \hat{u} + \frac{1}{2}V^2 + (-\mathbf{g} \cdot \mathbf{r})$$

$$e = \hat{u} + \frac{1}{2}V^2 + gz$$

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

Ecuaciones de estado para gases: Las propiedades termodinámicas se pueden relacionar entre sí, tanto teórica como experimentalmente, por medio de relaciones o ecuaciones de estado que varían de una sustancia a otra.

$$p = \rho RT \quad R = c_p - c_v = \text{constante del gas}$$

$$R_{\text{gas}} = \frac{0}{M_{\text{gas}}} \quad R_{\text{aire}} = \frac{49.700 \text{ ft} \times \text{lb}_f / (\text{slug mol} \times ^\circ\text{R})}{28,97 / \text{mol}} = 1716 \frac{\text{ft} \times \text{lb}_f}{\text{slug} \times ^\circ\text{R}} = 1716 \frac{\text{ft}^2}{\text{s}^2 \times ^\circ\text{R}} = 287 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2 \times \text{K}}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{2116 \text{ slug}/(\text{ft} \times \text{s}^2)}{[1716 \text{ ft}^2 / (\text{s}^2 \times ^\circ\text{R})](520^\circ\text{R})} = 0,00237 \text{ slug}/\text{ft}^3 = 1,22 \text{ kg}/\text{m}^3$$

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

La energía interna molecular \hat{u} y la entalpía h de un gas perfecto: varíe sólo con la temperatura: $\hat{u} = \hat{u}(T)$. Por tanto, el calor específico c_v y c_p también variarán sólo con la temperatura:

$$c_v = \left\{ \begin{array}{l} \textcircled{R} I \hat{u}^{\text{TM}} \\ \textcircled{C} I T \sum_{\leftrightarrow} \end{array} \right. = \frac{d\hat{u}}{dT} = c_v(T)$$

$$h = \hat{u} + \frac{P}{\leftrightarrow} = \hat{u} + RT = h(T)$$

$$c_p = \left\{ \begin{array}{l} \textcircled{R} I h^{\text{TM}} \\ \textcircled{C} I T \sum_p \end{array} \right. = \frac{dh}{dT} = c_p(T)$$

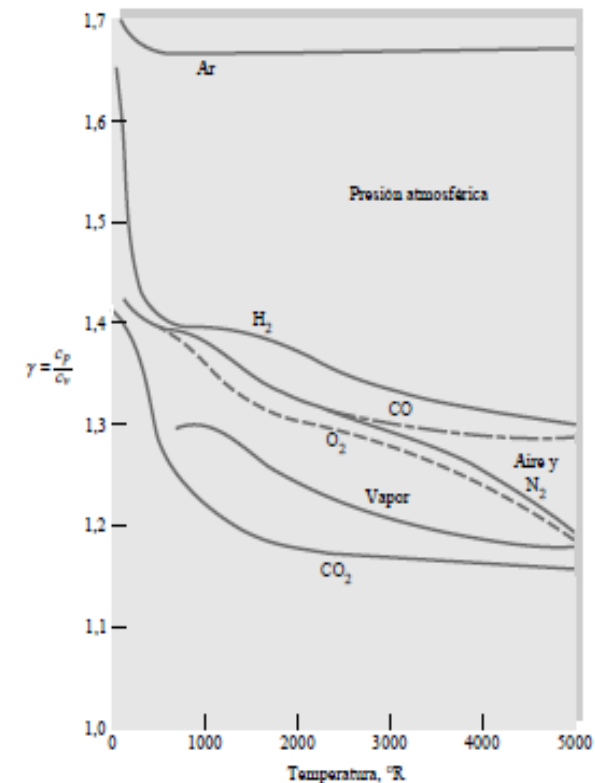
$$d\hat{u} = c_v(T)dT$$

$$dh = c_p(T)dT$$

~ aire P 1,4

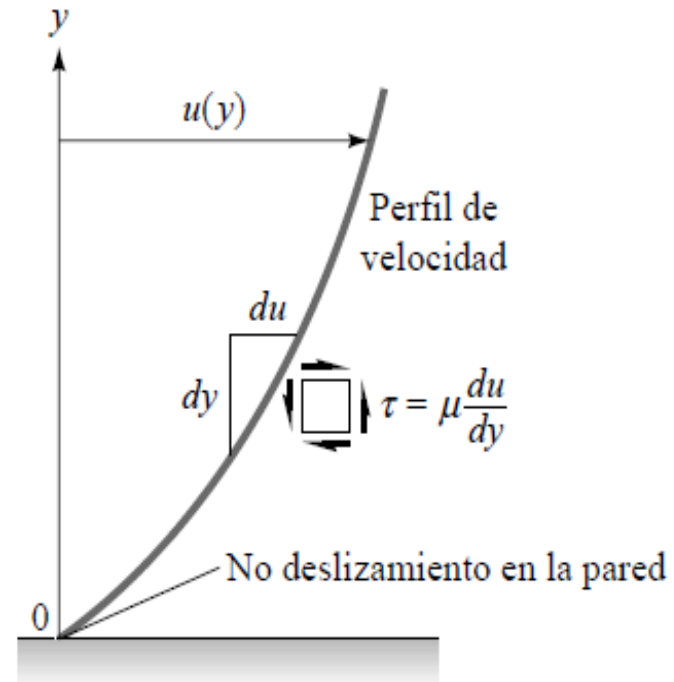
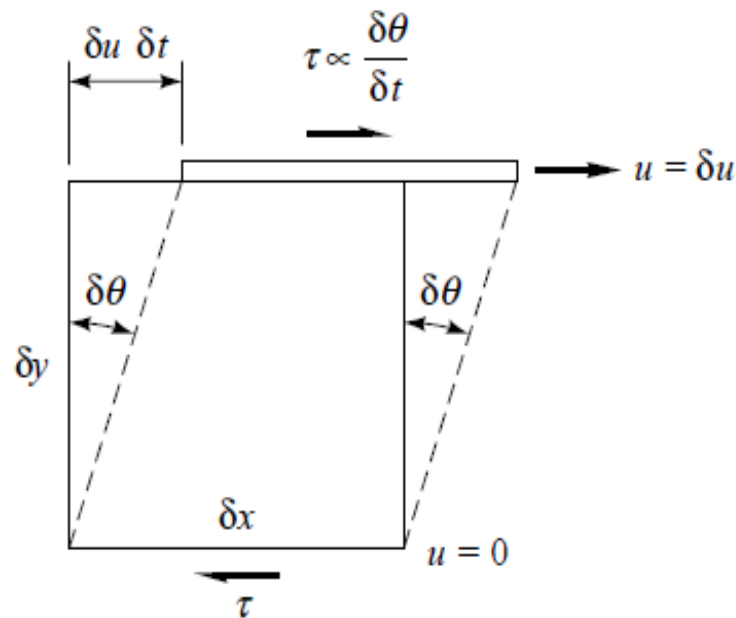
$$c_v = \frac{R}{\sim \Psi_1} \text{ P } 4293 \text{ ft}^2/(\text{s}^2 \times \text{R}) = 718 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \times \text{K})$$

$$c_p = \frac{\sim R}{\sim \Psi_1} \text{ P } 6010 \text{ ft}^2/(\text{s}^2 \times \text{R}) = 1005 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \times \text{K})$$



PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

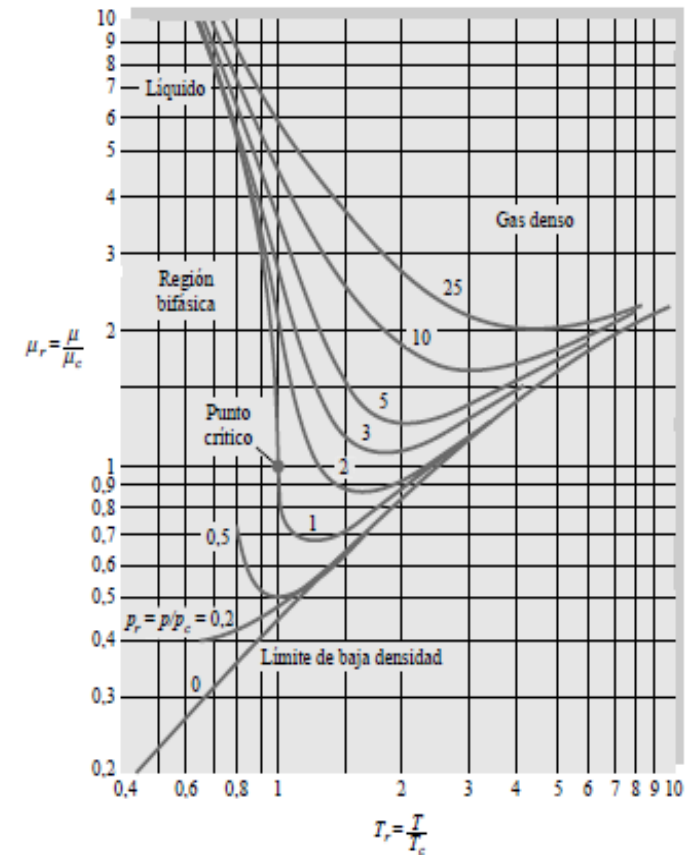
VISCOSIDAD : La viscosidad es una medida cuantitativa de la resistencia de un fluido a fluir. Más concretamente, la viscosidad determina la velocidad de deformación del fluido cuando se le aplica un esfuerzo cortante dado. Podemos movernos fácilmente a través del aire, que tiene una viscosidad muy baja



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

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

| Fluido | $\mu, \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})^{\dagger}$ | Relación $\mu/\mu(\text{H}_2)$ | $\rho, \text{kg}/\text{m}^3$ | $\nu, \text{m}^2/\text{s}^{\dagger}$ | Relación $\nu/\nu(\text{Hg})$ |
|-----------------|--|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Hidrógeno | $8,8 \times 10^{-6}$ | 1,0 | 0,084 | $1,05 \times 10^{-4}$ | 920 |
| Aire | $1,8 \times 10^{-5}$ | 2,1 | 1,20 | $1,51 \times 10^{-5}$ | 130 |
| Gasolina | $2,9 \times 10^{-4}$ | 33 | 680 | $4,22 \times 10^{-7}$ | 3,7 |
| Agua | $1,0 \times 10^{-3}$ | 114 | 998 | $1,01 \times 10^{-6}$ | 8,7 |
| Alcohol etílico | $1,2 \times 10^{-3}$ | 135 | 789 | $1,52 \times 10^{-6}$ | 13 |
| Mercurio | $1,5 \times 10^{-3}$ | 170 | 13.580 | $1,16 \times 10^{-7}$ | 1,0 |
| Aceite SAE 30 | 0,29 | 33.000 | 891 | $3,25 \times 10^{-4}$ | 2.850 |
| Glicerina | 1,5 | 170.000 | 1.264 | $1,18 \times 10^{-3}$ | 10.300 |



PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

El número de Reynolds: El parámetro primario que determina el comportamiento de los fluidos newtonianos es el número adimensional de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} = \frac{VL}{\nu} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Flujo entre placas paralelas: Un problema clásico es el flujo inducido entre una placa fija inferior y otra superior que se mueve con velocidad

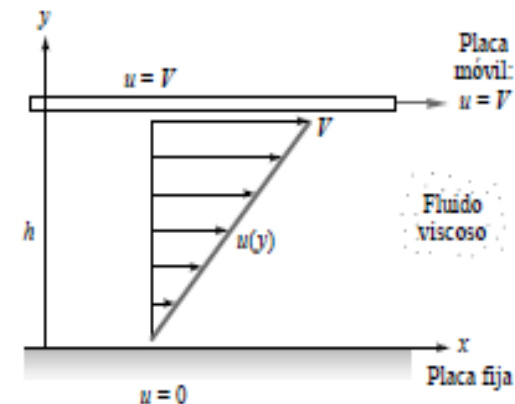
V , como se muestra en la Figura:

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\mu} = \text{cte}$$

$$u = \begin{cases} 0 = a + b(0) & \text{en } y = 0 \\ V = a + b(h) & \text{en } y = h \end{cases}$$

$$u = a + by$$

$$u = V \frac{y}{h}$$



PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

Variación de la viscosidad con la temperatura: La temperatura tiene un efecto considerable sobre la viscosidad, pero la presión influye mucho menos. La viscosidad de los gases y de algunos líquidos aumenta lentamente con la presión.

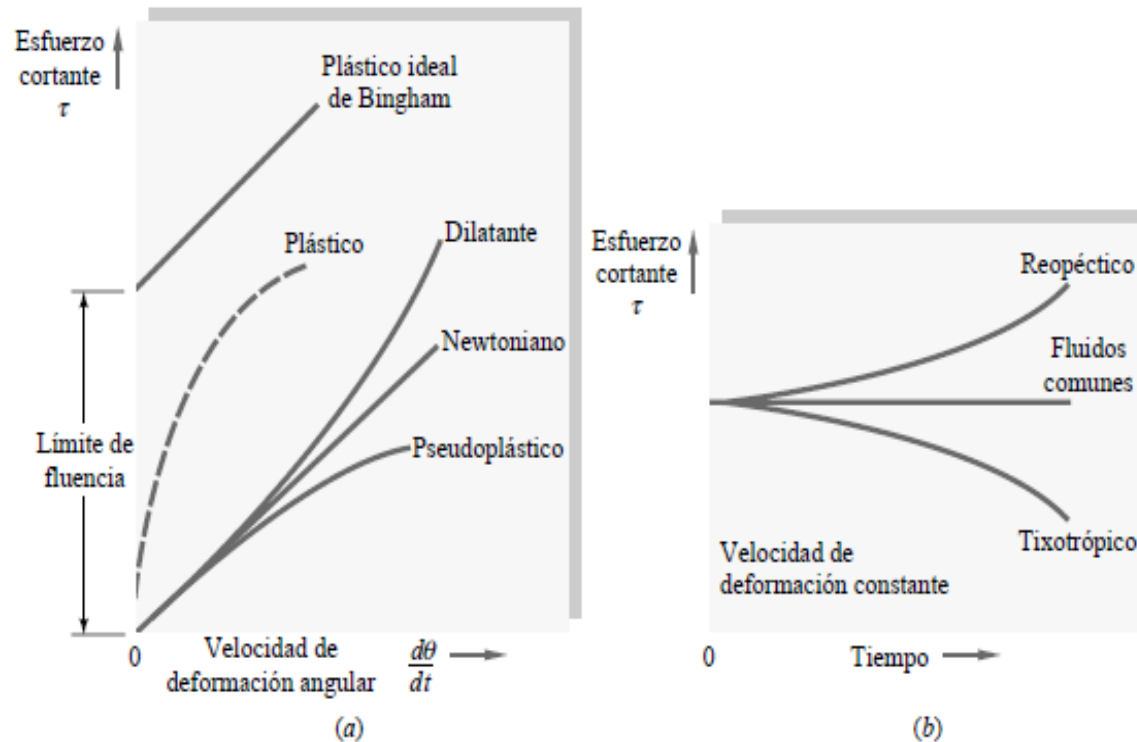
$$\frac{\mu}{\mu_0} \approx \begin{cases} \left(\frac{T}{T_0} \right)^n & \text{Ley potencial} \\ \frac{(T/T_0)^{3/2}(T_0 + S)}{T + S} & \text{Ley de Sutherland} \end{cases}$$

Conductividad térmica: k que relaciona el vector flujo de calor por unidad de área q con el vector gradiente de temperatura T

$$q = -k \nabla T$$

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

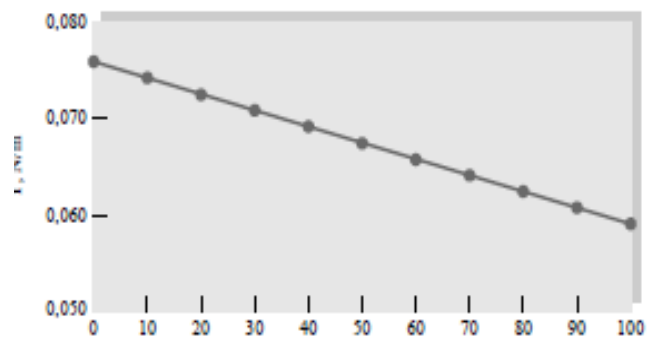
Fluidos no newtonianos: Los fluidos que no siguen la ley lineal de la Ecuación de viscosidad se denominan no newtonianos y se estudian en los libros de reología



PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

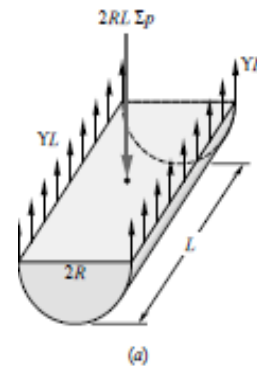
Tensión superficial: Un líquido, al no ser capaz de expansionarse libremente, formará una interfase con un segundo líquido o un gas. Las dos interfases más comunes son agua-aire y mercurio-aire. Para una superficie limpia a $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 68\text{ }^{\circ}\text{F}$, las tensiones superficiales son:

$$\gamma = \begin{cases} 0,0050 \text{ lbf/ft} = 0,073 \text{ N/m} & \text{aire - agua} \\ 0,033 \text{ lbf/ft} = 0,48 \text{ N/m} & \text{aire - mercurio} \end{cases}$$



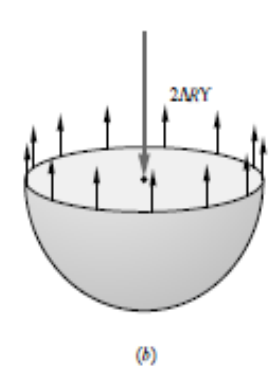
$$2RL \Sigma p = 2\gamma L$$

$$\Sigma p = \frac{\gamma}{R}$$



$$AR^2 \Sigma p = 2AR\gamma$$

$$\Sigma p = \frac{2\gamma}{R}$$



$$\Sigma p_{\text{burbuja}} = 2 \Sigma p_{\text{gota}} = \frac{4\gamma}{R}$$

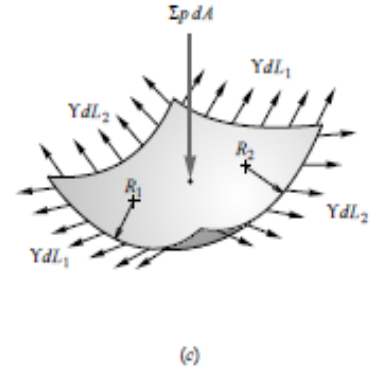


Figura 1.8. Aumento de presión a través de una interfase cuando un efecto de la tensión superficial (a) en el interior de un cilindro...

PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE UN FLUIDO

Presión de vapor: La presión de vapor es la presión a la que un líquido hierve y está en equilibrio con su propio vapor. Por ejemplo, la presión de vapor del agua a 20 °C es 2337 Pa, mientras que la del mercurio es 0,168 Pa

$$Ca = \frac{p_a \Psi p_v}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

donde p_a = presión ambiente
 p_v = presión de vapor
 V = velocidad característica

