



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA-VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
TRANSFERENCIA DE CALOR

TEMA 3

CONVECCION

PROF. FRANZ RAIMUNDO

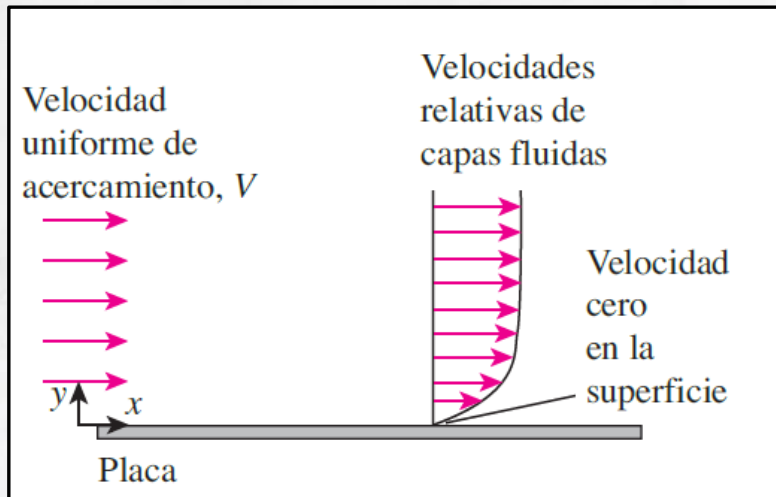
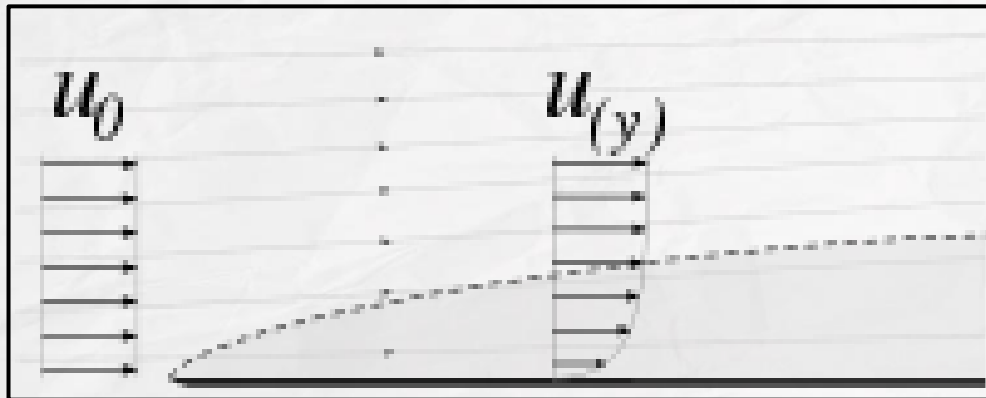
EN ESTA CLASE:

INTRODUCCION A LA CONVECCION

- **Mecanismo físico**
- **Típos de convección**
- **Típo de flujo**
- **Régimen de flujo**
- **Flujo sobre pared plana**
- **Flujo sobre cilindro**
- **Métodos de solución**
- **Correlaciones**

MECANISMO FISICO

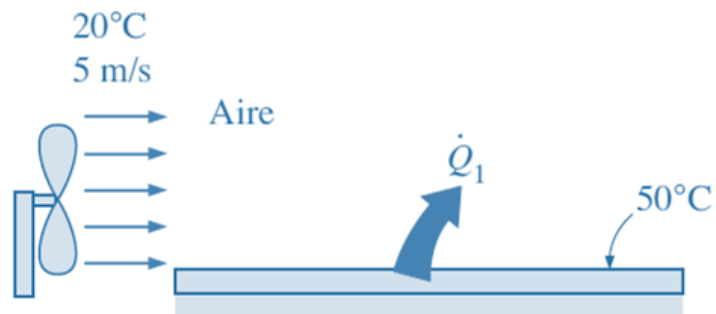
CAPA LIMITE HIDRODINAMICA



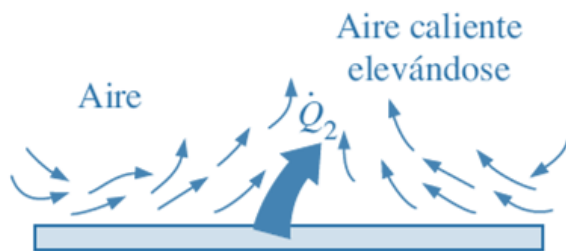
DIFUSION

ADVECCION

TIPOS DE CONVECCION



a) Convección forzada

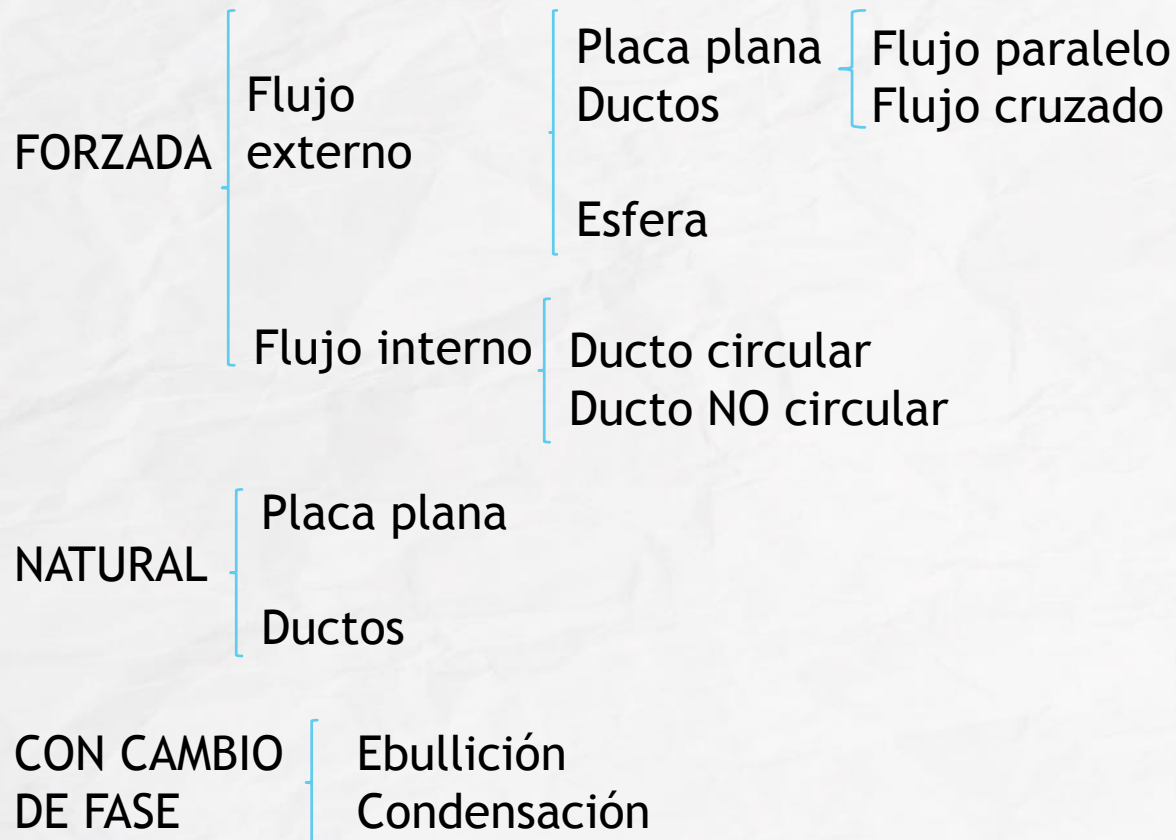


b) Convección libre

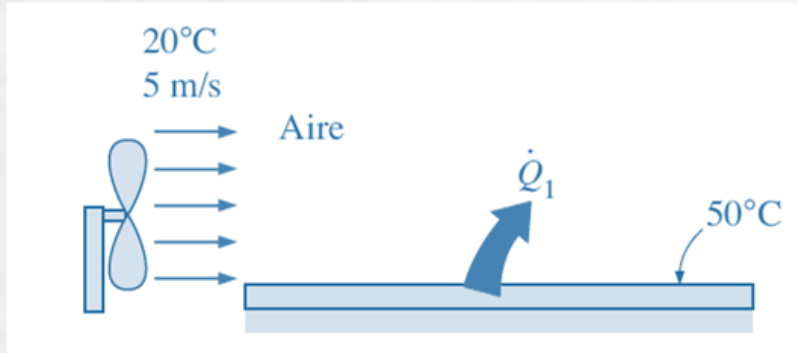


c) Cambio de fase

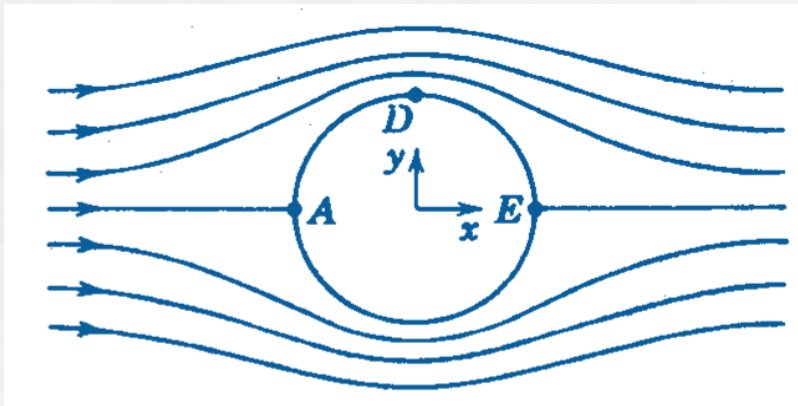
TIPOS DE CONVECCION



TIPO DE FLUJO



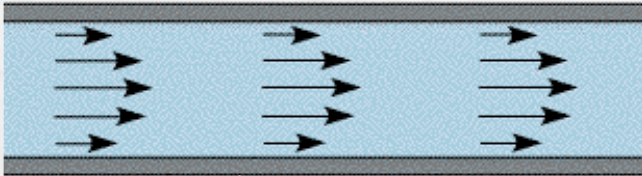
FLUJO PARALELO



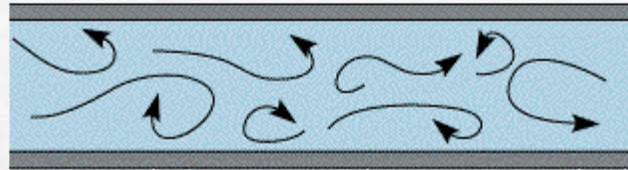
FLUJO CRUZADO

REGIMEN DE FLUJO

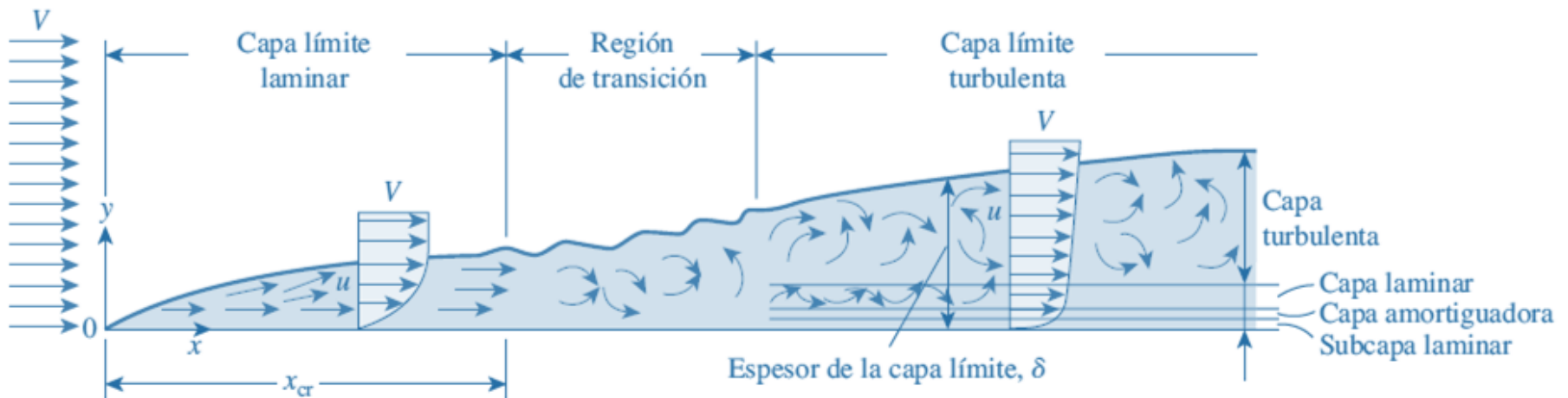
LAMINAR



TURBULENTO

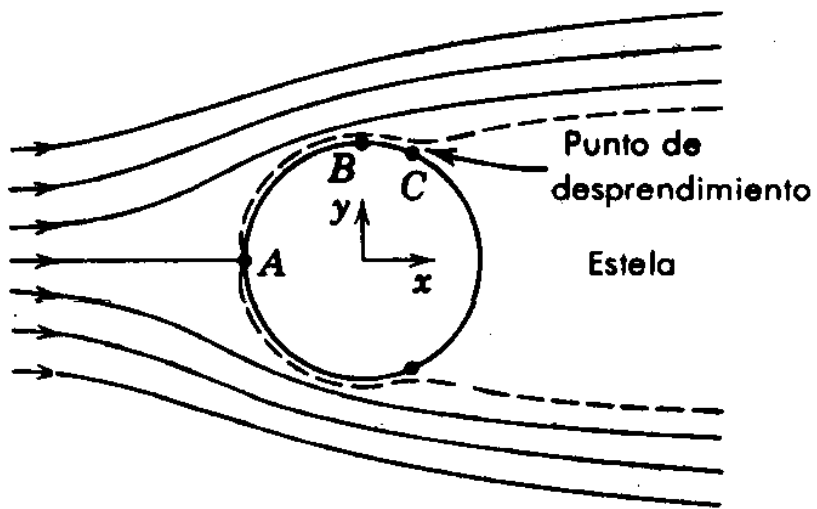


FLUJO COMPLETAMENTE DESARROLLADO
PLACA PLANA FLUJO PARALELO

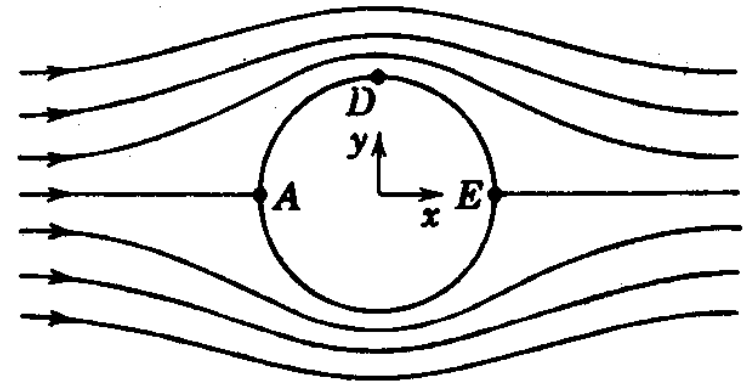


FLUJO SOBRE CILINDRO

FLUJO COMPLETAMENTE DESARROLLADO
EN CILINDRO CON FLUJO CRUZADO



(a) Flujo viscoso

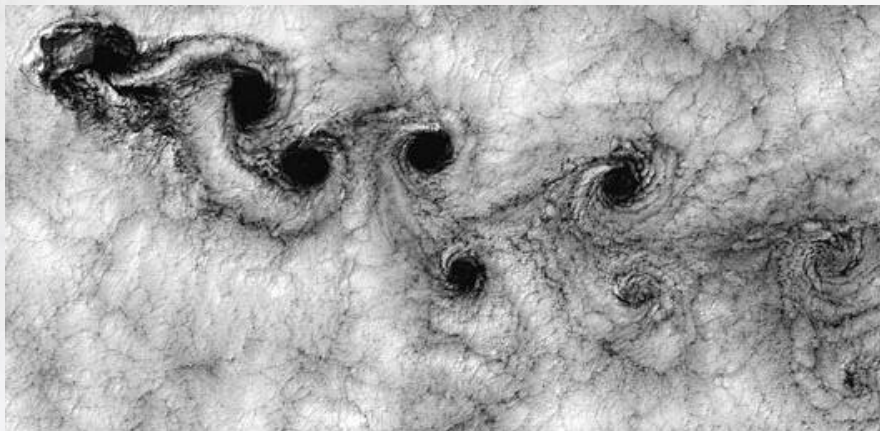


(b) Flujo no viscoso

Fig. 2-11. Dibujo cualitativo de flujo sobre un cilindro.

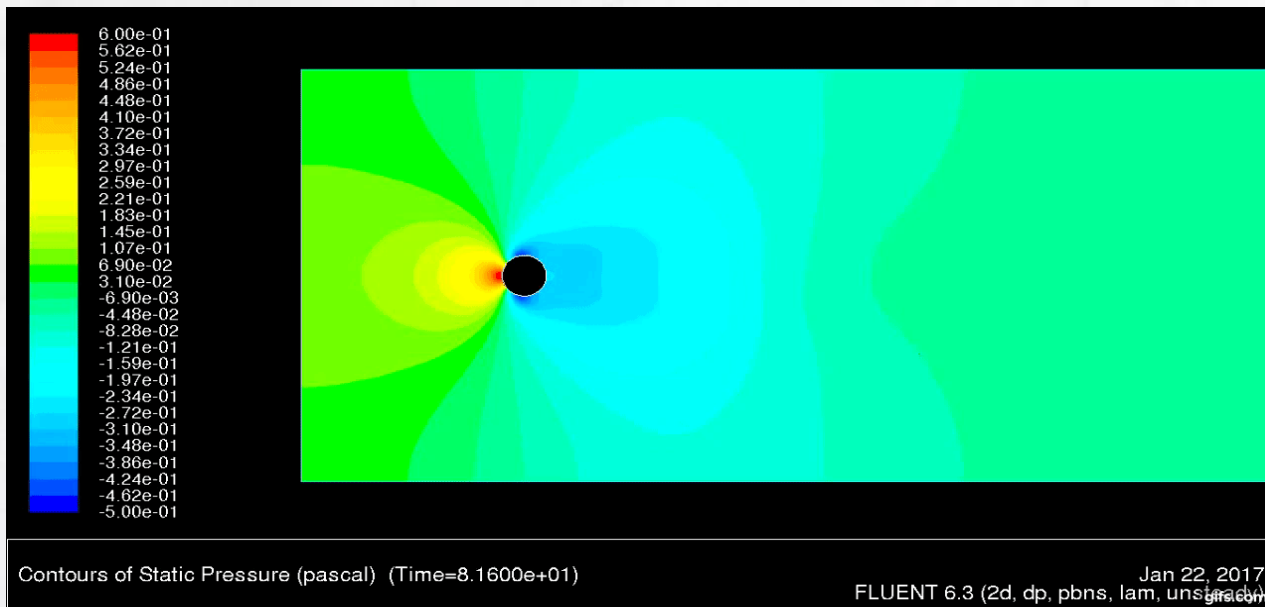
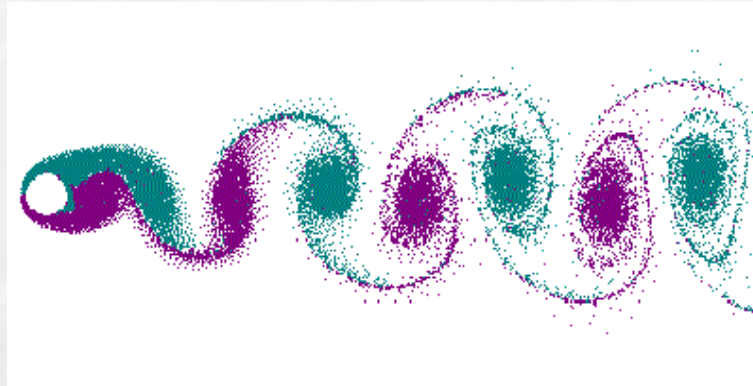
FLUJO SOBRE CILINDRO

FLUJO CRUZADO SOBRE UN CILINDRO




FLUJO SOBRE CILINDRO


FLUJO CRUZADO SOBRE UN CILINDRO



METODOS DE SOLUCION

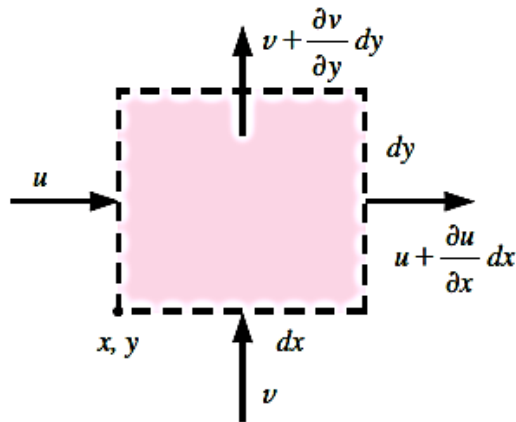
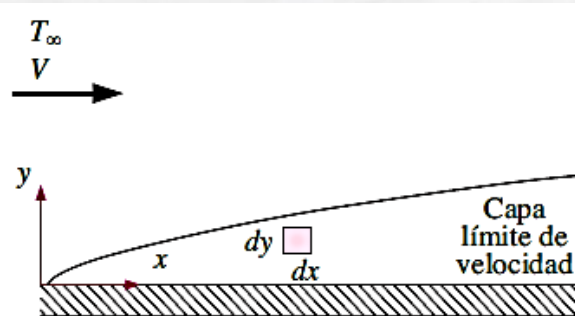
METODO TEORICO  SOLUCION EXACTA DE ECUACIONES

METODO EMPIRICO  CORRELACIONES EXPERIMENTALES

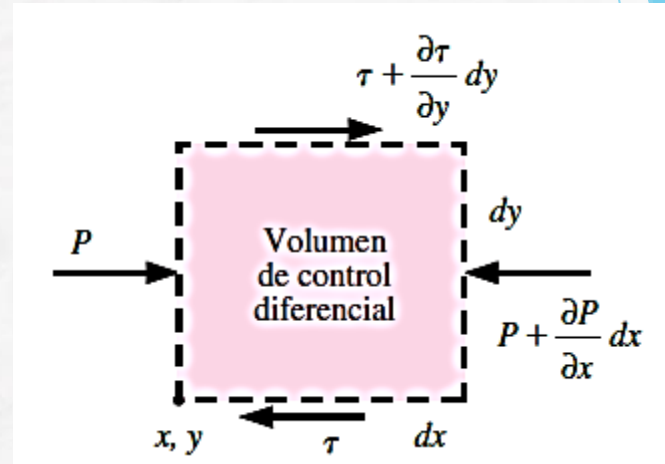

PARAMETROS ADIMENSIONALES

METODOS DE SOLUCION

CAPA LIMITE HIDRODINAMICA



Conservación de la masa y momento



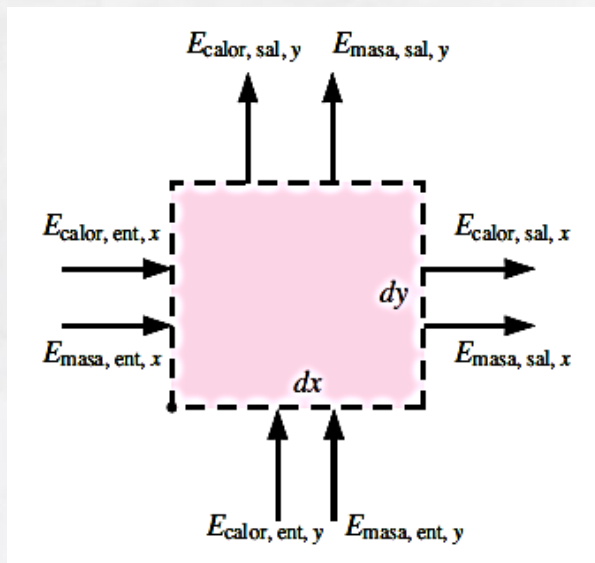
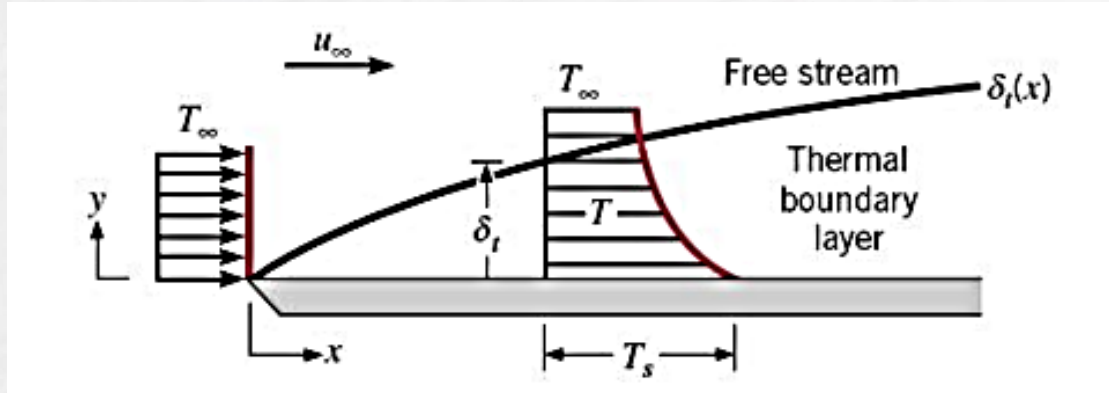
Cantidad de movimiento

Continuidad:
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

Cantidad de movimiento:
$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

METODOS DE SOLUCION

CAPA LIMITE TERMICA



$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

Conservación de la energía

METODOS DE SOLUCION

METODO EMPIRICO

PARAMETROS ADIMENSIONALES

Número de Reynolds

$$Re_x = \frac{V \cdot x}{\nu}$$

Fuerzas de inercia
Fuerzas viscosas

Número de Prandtl

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

Transporte de momento
Transporte de energía

Número de Nusselt

$$Nu = \frac{h \cdot L}{K_f}$$

Gradiente de temperatura
adimensional en la superficie

CORRELACIONES

Correlaciones convección forzada, flujo externo

Placa plana, flujo paralelo				
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
1	$\bar{Nu}_L = 0.664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Flujo laminar, T_s Cte, $0.6 \leq Pr < 50$	T_f	Polhausen
2	$\bar{Nu}_L = 0.6795 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Flujo laminar, q_s Cte	T_f	q_s Cte
3	$\bar{Nu}_L = (0.037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$	Flujo laminar – turbulento, T_s Cte $0.6 \leq Pr < 60$, $5 \times 10^5 \leq Re_L < 10^7$	T_f	Chilton Colburn
4	$\bar{Nu}_L = 0.037 Re_L^{4/5} Pr^{1/3}$	Flujo turbulento, T_s Cte $0.6 \leq Pr < 60$	T_f	Chilton Colburn
5	$\bar{Nu}_L = 0.680 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$	Longitud inicial no calentada	T_f	
6	$\bar{Nu}_L = \frac{0.6774 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + (0.0468 / Pr)^{2/3}\right]^{1/4}}$	Metales líquidos, $Pe_x \geq 100$	T_f	Churchill y Ozoë
Conducto circular, flujo perpendicular				
N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
7	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^{1/3}$ Tabla 1	$0.4 < Re_D < 4 \times 10^5$, $0.7 \leq Pr$	T_f	Hilpert
8	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{1/4}$ Tabla 2	$1 < Re_D < 10^6$, $0.7 < Pr \leq 500$ $n = 0.37$ ($Pr \leq 10$) $n = 0.36$ ($Pr > 10$)	T_f , menos Pr_s a T_s	Zhukauskas

CORRELACIONES

Esfera

N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
9	$\bar{Nu}_D = 2 + (0.48 Re_D^{1/2} + 0.06 Re_D^{2/3}) Pr^{0.4} (\mu / \mu_s)^{1/4}$	$3.5 < Re_D < 7.6 \times 10^4$ $0.71 < Pr < 300$ $1 < \mu / \mu_s < 3.2$	T_∞ , menos μ_s a T_s	Whitaker

Conducto no circular, flujo perpendicular

N°	Correlación	Condiciones de aplicación	Temperatura	Nombre
10	$\bar{Nu}_D = C Re_D^m Pr^{1/3}$ Tabla 3 (Solo para gases)	$0.4 < Re_D < 4 \times 10^5$ $0.7 \leq Pr$	T_f	Hilpert

Tabla 1. Coeficientes Correlación de Hilpert

Re_D	C	m
0.4 - 4	0.989	0.330
4 - 40	0.911	0.385
40 - 4000	0.683	0.466
4000 - 40000	0.193	0.618
40000 - 400000	0.027	0.805

Tabla 2. Coeficientes Correlación de Zhukauskas

Re_D	C	m
1 - 40	0.75	0.4
40 - 1000	0.51	0.5
1000 - 2×10^5	0.26	0.6
2×10^5 - 10^6	0.076	0.7

CORRELACIONES

TABLAS DE PROPIEDADES

Tabla 4.4.1: Propiedades del aire seco a presión atmosférica

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
-150	2.867	0.9825	8.636	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.9656	11.9	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.9753	12.49	6.482	16.62	8.842	0.733
-80	1.828	0.9835	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.9901	13.64	7.85	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.9952	14.2	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.744
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.3	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.8	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.8	0.735
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.48	15.61	25.51	21.4	0.7296