

# Contenido



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE MEDIOS  
BIBLIOTECA

Lista de ejemplos de cálculos	XII
Nomenclatura	XIV

## Primera Parte - Conceptos básicos del flujo de fluidos

### Capítulo 1 Fluidos en movimiento

1.1	Unidades y dimensiones	1
1.2	Modelos de flujos	2
1.3	Ley de Newton de la viscosidad y transferencia de cantidad de movimiento	3
1.4	Comportamiento no-newtoniano	5
1.5	Capa límite	11
1.6	Relación entre energías y la ecuación de Bernoulli	12
	Bibliografía	16

### Capítulo 2 Flujo de fluidos newtonianos incompresibles en cañerías y canales

2.1	Número de Reynolds y modelos de flujos en cañerías y canales	17
2.2	Caída de presión en función de la tensión de corte en la pared de una cañería	18
2.3	Variación de la tensión de corte en una cañería	19
2.4	Factor de fricción y caída de presión en función del número de Reynolds en una cañería	20
2.5	Caída de presión en accesorios y cañerías curvas	27
2.6	Diámetro equivalente de cañerías de sección normal no circular	28
2.7	Distribución de velocidades en cañerías con flujo laminar	29
2.8	Distribución de velocidades en cañerías con flujo turbulento	33
2.9	Distribución universal de velocidades con flujo turbulento	35

## VIII CONTENIDO

2.10	Característica del flujo en una cañería en función del gradiente de velocidad	38
2.11	Flujo en canales abiertos	39
	Bibliografía	41

### *Capítulo 3 Flujo de fluidos no-newtonianos incompresibles en cañerías*

3.1	Flujo de fluidos no-newtonianos independientes del tiempo en cañerías	42
3.2	Velocidad de corte en la pared de una cañería para fluidos no-newtonianos independientes del tiempo	45
3.3	Caída de presión en cañerías en las que circulan fluidos no-newtonianos independientes del tiempo con flujo laminar	47
3.4	Caída de presión en cañerías en las que circulan fluidos no-newtonianos independientes del tiempo con flujo turbulento	48
3.5	Caída de presión en cañerías en las que circulan plásticos de Bingham con flujo laminar	52
3.6	Flujo de fluidos de la ley de la potencia en cañerías	54
3.7	Distribución de velocidades en un fluido de la ley de la potencia con flujo laminar en una cañería	58
3.8	Distribución de velocidades en un fluido de la ley de la potencia con flujo turbulento en una cañería	60
3.9	Caídas de presión por expansión y contracción brusca para fluidos de la ley de la potencia	61
	Bibliografía	62

### *Capítulo 4 Bombeo de líquidos*

4.1	Bombas y bombeo	63
4.2	Sistema de alturas de carga	64
4.3	Bombas centrífugas	66
4.4	Relaciones de las bombas centrífugas	77
4.5	Bombas centrífugas en serie y en paralelo	81
4.6	Bombas de desplazamiento positivo	85
4.7	Eficiencias de bombeo	87
4.8	Factores en la selección de una bomba	88
	Bibliografía	89

### *Capítulo 5 Mezclado de líquido en tanques*

5.1	Mezcladores y mezclado	90
5.2	Agitadores de alta velocidad y paletas pequeñas	91
5.3	Agitadores de baja velocidad y paletas grandes	97
5.4	Grupos adimensionales para el mezclado	100
5.5	Curvas de potencia	101
5.6	Cambio de escala en sistemas para el mezclado de líquidos	109
5.7	El purgado de los sistemas de tanques con agitación	113
	Bibliografía	116

### *Capítulo 6 Flujo de fluidos compresibles en conductos*

6.1	Relaciones entre energías	117
6.2	Ecuaciones de estado	121
6.3	Velocidad sónica en fluidos	123
6.4	Flujo isotérmico de un gas ideal en una cañería horizontal	125
6.5	Flujo no isotérmico de un gas ideal en una cañería horizontal	127
6.6	Flujo adiabático de un gas ideal en una cañería horizontal	129
6.7	Flujo adiabático de un gas ideal a través de un estrangulamiento en un conducto horizontal	133
6.8	Compresión de gases y compresores	141
	Bibliografía	145

### **Capítulo 7 Flujo de mezclas bifásicas gas-líquido en cañerías**

7.1	Modelos de flujo para el flujo gas-líquido	146
7.2	Predicción de la caída de presión por el método de Lockhart y Martinelli cuando ambas fases son turbulentas	147
	Bibliografía	151

### **Capítulo 8 Medida del flujo**

8.1	Medidores y medida del flujo	152
8.2	Medidores de flujo basados en diferencias de alturas de carga para conductos cerrados	154
8.3	Medidores de flujo basados en diferencias de alturas de carga para conductos abiertos	162
8.4	Medidores de flujo mecánicos y electromagnéticos	166
8.5	Errores de escala en la medición del flujo	168
	Bibliografía	171

### **Capítulo 9 Movimiento de fluidos en presencia de partículas sólidas**

9.1	Movimiento relativo entre un fluido y una única partícula	172
9.2	Movimiento relativo entre un fluido y una concentración de partículas	175
9.3	Flujo de fluidos a través de lechos rellenos	177
9.4	Fluidización	181
9.5	Transporte de suspensiones	182
9.6	Filtración	185
	Bibliografía	186

### **Capítulo 10 Introducción al flujo de fluidos en estado no estacionario**

10.1	Tiempo de vaciado del líquido de un tanque	187
10.2	Tiempo de vaciado de un gas ideal de un tanque	190
10.3	Tiempo para alcanzar el 99 por ciento de la velocidad terminal para una partícula esférica sólida cayendo en flujo laminar en un fluido newtoniano	194
10.4	Placa bruscamente acelerada en un líquido newtoniano	195
	Bibliografía	202

## **Segunda Parte: Métodos vectoriales en el flujo de fluidos**

## X CONTENIDO

### **Capítulo 11** *Métodos vectoriales en el flujo de fluidos y ecuaciones de continuidad y transferencia de cantidad de movimiento*

11.1	Vectores en el flujo de fluidos	203
11.2	Producto escalar de dos vectores en coordenadas rectangulares	204
11.3	Producto vectorial de dos vectores en coordenadas rectangulares	205
11.4	Operador diferencial delta en coordenadas rectangulares	207
11.5	Deducción de la ecuación de continuidad para el flujo de fluidos en coordenadas rectangulares	208
11.6	Derivada sustancial y formas alternativas de la ecuación de continuidad	210
11.7	Operador Laplaciano en coordenadas rectangulares	211
11.8	Coordenadas cilíndricas	212
11.9	Ecuación de continuidad para el flujo de fluidos en coordenadas cilíndricas	213
11.10	Deducción de las ecuaciones generales de transferencia de cantidad de movimiento en coordenadas rectangulares	214
	Bibliografía	218

### **Capítulo 12** *Aplicaciones de las ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas rectangulares*

12.1	Las ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas rectangulares	219
12.2	Flujo laminar horizontal en estado estacionario de un líquido newtoniano	221
12.3	Flujo laminar horizontal en estado estacionario de un líquido newtoniano entre dos placas paralelas infinitamente grandes	222
12.4	Flujo en estado estacionario en la capa límite de un líquido newtoniano sobre una placa plana horizontal	224
12.5	Espesor de la capa límite de un líquido newtoniano con flujo laminar en estado estacionario sobre una placa plana horizontal	228
12.6	Espesor de la capa límite de un líquido newtoniano con flujo turbulento en estado estacionario sobre una placa plana horizontal	232
12.7	Flujo laminar vertical en estado estacionario de un líquido newtoniano	235
12.8	Flujo laminar en estado estacionario de una película de líquido newtoniano descendiendo por una pared vertical	236
	Bibliografía	238

### **Capítulo 13** *Aplicaciones de las ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas cilíndricas horizontales*

13.1	Ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas cilíndricas horizontales	239
13.2	Flujo horizontal en estado estacionario de un líquido newtoniano sin velocidad angular o radial	240
13.3	Flujo laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano en una cañería horizontal	241
13.4	Flujo laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano en un ánulo concéntrico horizontal	242
13.5	Flujo laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano en un ánulo concéntrico horizontal con un cilindro interior moviéndose a velocidad constante y sin aplicar gradiente alguno de presión	245
13.6	Flujo laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano en un ánulo horizontal con el cilindro interno moviéndose a velocidad constante y con gradiente de presión aplicado	247
13.7	Flujo laminar en estado no estacionario de un líquido newtoniano en una cañería	

horizontal	248
Bibliografía	258

### *Capítulo 14 Aplicaciones de las ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas cilíndricas verticales*

14.1	Las ecuaciones modificadas de Navier Stokes en coordenadas cilíndricas verticales	259
14.2	Flujo vertical en estado estacionario de un líquido newtoniano sin velocidad angular y radial	260
14.3	Flujo laminar en estado estacionario en una película de líquido newtoniano descendiendo por el exterior de un tubo vertical	261
14.4	Flujo rotacional laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano alrededor de un eje vertical sin velocidad radial o vertical	264
14.5	Flujo rotacional laminar en estado estacionario de un líquido entre cilindros rotativos verticales coaxiales con diferentes velocidades angulares	265
14.6	Flujo rotacional laminar en estado estacionario de un líquido newtoniano que produce un vórtice parabólico	268
	Bibliografía	270

#### Factores de conversión

#### Apéndice:

Problemas	272
Respuesta a los problemas	282

Índice	284
--------	-----