

---

# CONTENIDO

---

Prefacio de la tercera edición .....	11
Prefacio de la segunda edición .....	13
Lista de símbolos .....	17
<b>1</b> Introducción .....	21
1-1 Interpretación de datos de velocidad, cálculo comercial y diseño .....	23
1-2 Cinética química .....	26
1-3 Cinética y termodinámica .....	28
1-4 Termodinámica de las reacciones químicas .....	30
1-5 Clasificación de los reactores .....	47
Bibliografía .....	55
Problemas .....	56
<b>2</b> Cinética química .....	61
2-1 Velocidades de reacciones homogéneas .....	62
2-2 Fundamentos de ecuaciones de velocidad—efecto de la concentración ..	64
ECUACIONES DE VELOCIDAD A PARTIR DE MECANISMOS PROPUESTOS .....	65
2-3 Etapa determinante de la velocidad .....	66
2-4 Aproximación de estado estacionario .....	67
2-5 Efecto de la temperatura—Ecuación de Arrhenius .....	69
2-6 Predicción de velocidades de reacción—Teorías de la cinética .....	77
2-7 Constantes de velocidad y de equilibrio .....	81
2-8 Reacciones en cadena .....	83
EVALUACION DE ECUACIONES DE VELOCIDAD A PARTIR DE DATOS DE LABORATORIO .....	88
2-9 Ecuaciones concentración—tiempo para una sola reacción irreversible .....	89
2-10 Ecuaciones concentración-tiempo para reacciones reversibles .....	98
ANALISIS DE ECUACIONES DE VELOCIDAD COMPLEJAS .....	111
2-11 Reacciones complejas de primer orden .....	112
2-12 Precisión de las mediciones cinéticas .....	119
Bibliografía .....	121
Problemas .....	121

<b>3</b>	<b>Fundamentos de diseño y ecuaciones de conservación de la masa para reactores ideales</b>	<b>131</b>
3-1	Diseño de reactores	132
3-2	Conservación de la masa en los reactores	135
3-3	Reactor ideal de tanque con agitación	139
3-4	Reactor ideal de flujo tubular (flujo tapón)	143
3-5	Desviaciones de los reactores ideales	149
3-6	Velocidad espacial	151
3-7	Efectos de la temperatura	154
3-8	Características mecánicas	155
	Problemas	160
<b>4</b>	<b>Reactores isotérmicos para reacciones homogéneas</b>	<b>165</b>
	REACTORES INTERMITENTES IDEALES	166
4-1	Procedimiento de diseño-reactores intermitentes	166
4-2	Ecuaciones de velocidad a partir de mediciones en reactores por lotes; método de la presión total para reacciones gaseosas	172
	REACTORES DE FLUJO TUBULAR (FLUJO TAPON)	174
4-3	La interpretación de datos de reactores de flujo tubular de laboratorio	174
4-4	Procedimiento de diseño-reactores de flujo tubular	196
	FACTORES CONTINUOS IDEALES DE TANQUE CON AGITACION	209
4-5	Reactores de un solo tanque con agitación	209
4-6	Series de reactores de tanque con agitación	219
4-7	Comparación de reactores de tanque con agitación y de flujo tubular	222
4-8	Reactores de flujo no estable (semicontinuos)	231
	REACTORES CON CIRCULACION	238
4-9	Reactores intermitentes con recirculación	240
4-10	Reactores de flujo con recirculación	244
	Problemas	247
<b>5</b>	<b>Reactores no isotérmicos</b>	<b>261</b>
5-1	Ecuaciones de conservación de la energía	265
5-2	Reactores por lotes de tanque con agitación	266
5-3	Reactores de flujo tubular	273
5-4	Reactores continuos de tanque con agitación	288
5-5	Condiciones de operación estable en reactores de tanque con agitación	292
5-6	Reactores semicontinuos	297
5-7	Perfiles óptimos de temperatura	306
	Problemas	311

<b>6</b>	<b>Desviaciones con respecto al comportamiento ideal de los reactores</b>	<b>317</b>
6-1	Conceptos y modelos de mezclado	317
6-2	Función de distribución de tiempos de residencia	319
6-3	Distribuciones de tiempos de residencia a partir de mediciones de respuesta	321
6-4	Distribuciones de tiempos de residencia para reactores con estados de mezclado conocidos	325
6-5	Interpretación de datos de respuesta mediante el modelo de dispersión	329
6-6	Interpretación de datos de respuesta con el modelo de tanques con agitación conectados en serie	333
6-7	Conversiones en reactores no ideales	336
6-8	Conversiones de acuerdo con el modelo de flujo segregado	337
6-9	Conversiones de acuerdo con el modelo de dispersión	340
6-10	Conversiones de acuerdo con el modelo de tanques con agitación conectados en serie	342
6-11	Conversión de acuerdo al modelo del reactor con recirculación	343
	Problemas	346
<b>7</b>	<b>Procesos heterogéneos, catálisis y adsorción</b>	<b>351</b>
	PROCESOS HETEROGENEOS	351
7-1	Velocidades totales de reacción	352
7-2	Tipos de reacciones heterogéneas	357
	CATALISIS	359
7-3	Naturaleza de las reacciones catalíticas	360
7-4	Mecanismo de las reacciones catalíticas	362
	ADSORCION	364
7-5	Química de superficies y adsorción	364
7-6	Isotermas de adsorción	369
7-7	Velocidades de adsorción	375
	Problemas	378
<b>8</b>	<b>Catalizadores sólidos</b>	<b>383</b>
8-1	Determinación del área superficial	385
8-2	Volumen de espacios vacíos y densidad del sólido	391
8-3	Distribución del volumen de poros	396
8-4	Teorías de la catálisis heterogénea	407
8-5	Clasificación de los catalizadores	408
8-6	Preparación de catalizadores	410
8-7	Promotores e inhibidores	412
8-8	Desactivación de los catalizadores (envenenamiento)	413
	Problemas	416

<b>9 Ecuaciones de velocidad para reacciones catalíticas</b>	
<b>fluido-sólido</b> .....	419
9-1 Velocidades de adsorción, desorción y reacción superficial .....	420
9-2 Ecuaciones de velocidad en términos de concentraciones de la fase fluida en la superficie catalítica .....	424
9-3 Análisis cuantitativo de ecuaciones de velocidad .....	428
9-4 Interpretación cuantitativa de los datos cinéticos .....	433
9-5 Ecuaciones de velocidad redox .....	437
9-6 Cinética de la desactivación catalítica .....	443
Problemas .....	446
<b>10 Procesos de transporte externo</b>	
<b>en reacciones heterogéneas</b> .....	453
REACTORES DE LECHO FIJO .....	455
10-1 Efecto de los procesos físicos sobre las velocidades de reacción observadas .....	456
10-2 Coeficiente de transferencia de masa y de calor (fluido-partícula) en lechos empacados .....	458
10-3 Tratamiento cuantitativo de los efectos de transporte externo .....	463
10-4 Condiciones de operación estables .....	472
10-5 Efecto de los procesos de transporte externo sobre la selectividad .....	474
REACTORES DE LECHO FLUIDIFICADO .....	479
10-6 Transferencia de masa y de calor partícula-fluido .....	480
REACTORES DE SUSPENSION .....	482
10-7 Coeficientes de transferencia de masa: burbuja gaseosa a líquido ( $k_L$ ) .....	487
10-8 Coeficiente de transferencia de masa: líquido a partícula ( $K$ ) .....	493
10-9 Efecto de la transferencia de masa sobre las velocidades observadas .....	499
REACTORES DE LECHO PERCOLADOR .....	503
10-10 Coeficientes de transferencia de masa: gas a líquido ( $k_L a_v$ ) .....	506
10-11 Coeficientes de transferencia de masa: líquido a partícula ( $k_L a$ ) .....	507
10-12 Cálculo de la velocidad total .....	507
Problemas .....	513
<b>11 Procesos de transporte interno-reacción</b>	
<b>y difusión en catalizadores porosos</b> .....	523
TRANSFERENCIA INTRAGRANULAR DE MASA .....	524
11-1 Difusión gaseosa en un solo poro cilíndrico .....	525
11-2 Difusión en líquidos .....	535
11-3 Difusión en catalizadores porosos .....	536
11-4 Difusión superficial .....	545

TRANSFERENCIA INTRAGRANULAR DE CALOR .....	549
11-5 El concepto de conductividad térmica efectiva .....	549
11-6 Datos de conductividad térmica efectiva .....	550
TRANSFERENCIA DE MASA DURANTE LA REACCION .....	553
11-7 Factores de efectividad .....	554
11-8 Importancia de la difusión intragranular: evaluación del factor de efectividad .....	560
11-9 Factores de efectividad experimentales y calculados .....	569
11-10 Efecto de la transferencia intragranular de masa sobre la cinética observada .....	572
TRANSFERENCIA DE MASA Y DE CALOR DURANTE LA REACCION .....	578
11-11 Factores de efectividad no isotérmicos .....	579
11-12 Factores de efectividad no isotérmicos experimentales .....	583
EFFECTO DEL TRANSPORTE INTERNO SOBRE LA SELECTIVIDAD Y EL ENVENENAMIENTO .....	586
11-13 Selectividad para catalizadores porosos .....	587
11-14 Velocidades para catalizadores porosos envenenados .....	592
Problemas .....	598
<b>12 Reactores de laboratorio—interpretación de los datos experimentales .....</b>	<b>605</b>
12-1 Interpretación de datos cinéticos de laboratorio .....	606
12-2 Reactores de laboratorio homogéneos .....	616
12-3 Reactores de laboratorio heterogéneos .....	619
12-4 Cálculo de la velocidad total .....	622
12-5 Estructura del diseño de reactores .....	626
Problemas .....	631
<b>13 Diseño de reactores catalíticos heterogéneos .....</b>	<b>635</b>
REACTORES DE LECHO FIJO .....	636
13-1 Construcción y operación .....	636
13-2 Bosquejo del problema de diseño .....	640
REACTORES DE LECHO FIJO ISOTERMICOS Y ADIABATICOS .....	642
13-3 Operación isotérmica .....	642
13-4 Operación adiabática .....	652
REACTORES DE LECHO FIJO NO ISOTERMICOS Y NO ADIABATICOS .....	657
13-5 Modelo unidimensional .....	658
13-6 Modelo bidimensional .....	672
13-7 Comportamiento dinámico .....	685
13-8 Variaciones de los reactores de lecho fijo .....	686
13-9 Importancia de los procesos de transporte en los reactores de lecho fijo .....	691

## 10 Contenido

REACTORES DE LECHO FLUIDIFICADO .....	692
13-10 Modelo de lecho fluidificado con dos fases .....	694
13-11 Características de operación .....	697
REACTORES DE SUSPENSION .....	699
13-12 Modelos de reactores de suspensión .....	700
REACTORES DE LECHO PERCOLADOR .....	708
13-13 Modelo de reactor de lecho percolador .....	709
OPTIMIZACION .....	721
Problemas .....	724
<b>14 Reacciones fluido-sólido no catalíticas .....</b>	<b>735</b>
14-1 Conceptos de diseño .....	736
COMPORTAMIENTO DE UNA SOLA PARTICULA .....	737
14-2 Cinética y transferencia de masa .....	737
14-3 Ecuaciones de velocidad total (modelo de núcleo menguante) .....	740
MODELOS DE REACTOR .....	745
14-4 Conversión-tiempo para una sola fase (concentración del fluido constante) .....	745
14-5 Conversión en reactores con una composición constante del fluido .....	748
14-6 Composición variable en la fase fluida .....	756
Problemas .....	763
<b>Índice .....</b>	<b>767</b>