

---

# Contenido

<i>Prólogo</i>	9
<b>1 Introducción: tipos de reactores</b>	<b>11</b>
1.1 Naturaleza del problema	11
1.2 Criterios de selección	11
1.3 Reacciones intermitentes y continuas	12
1.4 El reactor tubular	14
1.5 El reactor de tanque con agitación continua (R.T.A.C.)	18
1.6 El reactor de lecho fluidificado	20
1.7 Otros tipos de reactores	22
1.8 El régimen permanente	23
1.9 Comportamiento transitorio	23
1.10 Factores que afectan el funcionamiento	24
<i>Bibliografía</i>	24
<b>2 Cinética química</b>	<b>27</b>
2.1 Introducción	27
2.2 La ecuación de balance de materia	28
2.3 La ecuación de rapidez de reacción	28
2.4 Orden de reacción y constantes de rapidez	31
2.5 Restricciones termodinámicas sobre las ecuaciones de rapidez de reacción	33
2.6 Reacciones paralelas y consecutivas	38
2.7 Etapas limitantes de la rapidez	42

<i>Símbolos</i>	48
<i>Bibliografía</i>	48

### **3 Reactores tubulares** 51

3.1 Hipótesis del flujo "tapón"	51
3.2 Método elemental de diseño	52
3.3 Gasto volumétrico variable	55
3.4 Tiempo de residencia, espacio-tiempo, espacio-velocidad	58
3.5 Desviaciones de la hipótesis del flujo "tapón"	63
3.6 Gradientes transversales de temperatura: estudio general	64
3.7 Gradientes transversales de temperatura: método de Baron	67
3.8 Caída de presión	71
3.9 Resumen	72
<i>Apéndice I: Reacción isotérmica con flujo tipo "tapón"</i>	74
<i>Apéndice II: Reacción adiabática con flujo tipo "tapón"</i>	77
<i>Símbolos</i>	80
<i>Bibliografía</i>	80

### **4 Reactores de tanque con agitación continua** 83

4.1 Hipótesis de la "mezcla perfecta"	83
4.2 Cálculo del volumen del reactor	86
4.3 Tanques con agitación en serie	90
4.4 Reacciones autocatalíticas	94
4.5 Resumen	96
<i>Símbolos</i>	99
<i>Bibliografía</i>	99

### **5 Distribuciones de tiempo de residencia, mezcla y dispersión** 101

5.1 La distribución del tiempo de residencia como factor en el comportamiento de un reactor	101
5.2 Funciones del tiempo de residencia y relaciones entre ellas	102
5.3 Tiempo de residencia en el caso de tanques de agitación en serie	104
5.4 Distribuciones de tiempo de residencia para sistemas compuestos	108
5.5 Determinación de las distribuciones del tiempo de residencia	109
5.6 Medición de las funciones de tiempo de residencia en la industria	113
5.7 Efecto de la dispersión de los tiempos de residencia sobre el rendimiento de un reactor	114
5.8 Segregación y límites del rendimiento de un reactor	117

5.9	Tiempos de residencia y dispersión en el flujo por tuberías	118
5.10	Dispersión en el flujo a través de lechos empacados	123
	<i>Símbolos</i>	130
	<i>Bibliografía</i>	131
<b>6</b>	<b>Factores químicos que determinan la selección del reactor</b>	<b>133</b>
6.1	Factores que determinan la selección	133
6.2	Rendimiento y conversión	135
6.3	Selectividad y reactividad	138
6.4	Reacciones consecutivas	139
6.5	Reacciones de polimerización	145
6.6	Cristalización	150
6.7	Reacciones paralelas	151
6.8	Reacciones paralelas-consecutivas, parejas de reacciones	154
6.9	Rendimientos instantáneos y globales de una reacción	156
6.10	Combinación de un R.T.A.C. y un reactor tubular	162
6.11	Separación del producto. Recirculación	164
	<i>Símbolos</i>	166
	<i>Bibliografía</i>	167
<b>7</b>	<b>Reactores catalíticos de lecho empacado: efectos de la transferencia de la masa y calor</b>	<b>169</b>
7.1	Catálisis heterogénea	169
7.2	Transferencia de masa entre el empaque y el fluido	171
7.3	Difusión dentro de las partículas de catalizador	175
7.4	Efectividad del catalizador	176
7.5	Factor de efectividad	179
7.6	Efectos térmicos en las partículas de catalizador	180
7.7	Formulación de catalizadores	187
7.8	Pruebas de laboratorio para catalizadores	189
7.9	Desactivación del catalizador	190
7.10	Producción de amoníaco	192
	<i>Símbolos</i>	199
	<i>Bibliografía</i>	200
<b>8</b>	<b>Reactores con fases múltiples</b>	<b>203</b>
8.1	Mezcla, transferencia de masa y cinética	203
8.2	Reactores gas-líquido: absorbedores de lecho empacado	204
8.3	Columnas de burbujas	210
8.4	Reactores gas-líquido con agitación. Fermentadores	213
8.5	Reactores líquido-líquido	214
8.6	Reacciones fluido-sólido. Absorbedores de lecho empacado	215

8.7 Reacciones fluido-sólido. "Partículas contráctiles"	216
8.8 Reacciones fluido-sólido. Partículas "recubiertas con ceniza"	219
8.9 La física de los lechos fluidificados	221
8.10 Reactores de lecho fluidificado	224
<i>Símbolos</i>	230
<i>Bibliografía</i>	231
<b>9 Otros efectos de la temperatura en los reactores</b>	<b>233</b>
9.1 Introducción	233
9.2 Sistemas de mezcla perfecta con alimentación constante	235
9.3 La estabilidad de un R.T.A.C.	244
9.4 Puesta en operación de un R.T.A.C.	245
9.5 Ciclos límite y reacciones oscilantes	248
9.6 El reactor de flujo tipo "tapón". Sensibilidad paramétrica	250
9.7 Reactores tubulares. Efecto de las desviaciones de un flujo tipo "tapón"	253
9.8 Control de la difusión o control cinético. Efecto de la temperatura	255
9.9 Propagación de las zonas de reacción	258
<i>Símbolos</i>	261
<i>Bibliografía</i>	261
<b>10 Optimización: comentarios finales</b>	<b>263</b>
10.1 Introducción	263
10.2 Problemas de producción y rendimiento	264
10.3 Reacción exotérmica reversible	269
10.4 Conclusión	278
<i>Símbolos</i>	280
<i>Bibliografía</i>	281
<b>Índice</b>	<b>283</b>