

Índice

1 – Introducción	1
1.1. Aplicaciones en Ingeniería Química	3
1.1.1. Reactores químicos	4
1.1.2. Reactores bioquímicos	6
1.1.3. Tuberías con gas/líquido	6
1.1.4. Extractores líquido/líquido	6
1.2. Organización de esta tesis	7
2- Modelado de flujos multicomponentes - Revisión Histórica	8
2.1. Ecuaciones de conservación locales	8
2.2. Modelos homogéneos <i>drift-flux</i>	10
2.3. El modelo de dos fluidos	11
2.4. Sistemas polidispersos	14
2.5. Modelado de los términos de rotura y coalescencia	17
2.5.1. Rotura de partículas	18
2.5.2. Coalescencia de partículas	26
3 – Modelos para flujos multicomponentes	31
3.1. Modelo de dos fluidos para un sistema multicomponente	31
3.1.1. Promediados	31
3.1.2. Función indicadora de fase	32
3.1.3. Ecuaciones promediadas	32
3.1.4. Variables promediadas	33
3.1.5. Ecuaciones de balance promediadas	34
3.2. Ecuación de Boltzmann o Ecuación de Balance de Población	38
3.2.1. Formulación de ecuaciones discretas	39
3.2.1.a <i>Fuente de partículas por transferencia de masa in terfacial</i>	44
3.2.1.b <i>Fuente de partículas por rotura</i>	45
3.2.1.c <i>Fuente de partículas por coalescencia</i>	46
3.3. Formulación para un sistema multicomponente polidisperso	47
3.3.1 Fase dispersa formada por una especie química	47
3.3.2 Fase dispersa formada por varias especies químicas	48
3.3.2.a <i>Fuente de partículas por cambio en las variables in ternas</i>	50
3.3.2.b <i>Fuente de partículas por rotura</i>	51
3.3.2.c <i>Fuente de partículas por coalescencia</i>	52
3.4. Discretización del modelo de dos fluidos	54
3.4.1. Fase dispersa formada por una especie química	54
3.4.1.a <i>Velocidad neta de producción de momento por</i>	54

<i>transferencia de masa interfacial</i>	57
3.4. 1.b <i>Fuente de momento interfacial</i>	57
3.4.1.c <i>Fuente neta de momento por rotura</i>	58
3.4.1.d <i>Fuente neta de momento por coalescencia</i>	60
3.4.2. Fase dispersa formada por varias especies químicas	61
3.5. Modelo de tres y cuatro campos	63
2.5.1. Ecuación de Boltzmann o Ecuación de Balance de Población	63
2.5.1.a <i>Fuente de partículas por transferencia de masa interfacial</i>	65
2.5.1.b <i>Fuente de partículas por rotura</i>	65
2.4.1.c <i>Fuente de partículas por coalescencia</i>	66
3.5.2. Modelo de dos fluidos	69
4 – Sistema homogéneo	69
4.1. Introducción	69
4.2. Modelo matemático para un sistema homogéneo	70
4.2.1. Ecuación de transporte de densidad numérica de partículas	71
4.2.2. Balance de masa	72
4.2.3. Ecuaciones constitutivas o leyes de cierre	72
4.2.3.a <i>Tasa de rotura inducida por turbulencia</i>	74
4.2.3.b <i>Función distribución de tamaño de hijas</i>	74
4.2.3.c <i>Tasa de colisión turbulenta</i>	74
4.2.3.d <i>Eficiencia de la coalescencia turbulenta</i>	75
4.3. Método numérico	79
4.4. Resultados numéricos	90
4.5. Conclusiones	
5 - Desarrollo de las fases en un conducto vertical	91
5.1. Introducción	91
5.2. Modelo matemático	93
5.2.1. Ecuación de transporte de densidad numérica de burbujas	93
5.2.2. Balance de masa	93
5.2.3. Modelo de dos fluidos	93
5.2.4. Ecuaciones constitutivas o leyes de cierre	94
5.2.4.a <i>Rotura de burbujas</i>	94
5.2.4.b <i>Coalescencia de burbujas</i>	96
5.2.4.c <i>Momento interfacial</i>	98
5.2.5. Modelo unidimensional. Promediado de las ecuaciones en el área del conducto	101
5.3. Método Numérico	105
5.4. Resultados numéricos	114
5.5. Conclusiones	

6 – Distribución radial de las fases en un conducto vertical	116
6.1. Introducción	116
6.2. Modelo matemático	117
6.2.1. Modelo de dos fluidos	117
6.2.2. Ecuaciones constitutivas o leyes de cierre	117
6.2.2.a <i>Momento interfacial</i>	118
6.2.2.b <i>Tensores de tensiones</i>	120
6.2.2.c <i>Condiciones de salto</i>	121
6.3. Método Numérico	122
6.3.1. Ecuaciones en coordenadas cilíndricas	122
6.3.2. Condiciones de contorno	123
6.3.3. Ley logarítmica de pared para flujos de dos fases	124
6.3.4. Proceso de cálculo	126
6.3.5. Comentarios sobre el modelo	132
6.4. Resultados numéricos	133
6.4.1. Datos experimentales de Serizawa <i>et al.</i> (1975a, 1975b)	133
6.4.2. Datos experimentales de Zun. (1990)	135
6.4.3. Datos experimentales de Liu & Bankoff (1993a, 1993b)	136
6.4.4. Datos experimentales de Liu. (1990)	137
6.5. Conclusiones	140
7 – Conclusiones finales	141
Nomenclatura	145
Referencias	149
Agradecimientos	157