

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
CAPÍTULO 1:INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. RESULTADOS ESPERADOS.....	6
1.6. METODOLOGÍA.....	7
CAPÍTULO 2:MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. DESCRIPCIÓN CLÁSICA DEL PROCESO DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS EN UN FLUIDO NEWTONIANO.....	9
2.1.1. Fuerza de aceleración o peso o centrifuga.....	11
2.1.2. Fuerza de flotación o empuje.....	11
2.1.3. Fuerza de arrastre.....	12
2.1.4. Factor dinámico de forma.....	13
2.1.5. Factor de corrección de velocidad de sedimentación sistema monomodal.....	15

2.1.6.	Velocidad de sedimentación corregida.....	16
2.2.	MÉTODOS DE MEDICIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA POR MÉTODOS ÓPTICOS.....	16
2.2.1.	Método Fotométrico	16
2.3.	REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS.....	18
2.4.	SISTEMAS POLIMODALES DE PARTÍCULAS.....	21
2.5.	MODELO TRIMODAL DE MICROPARTÍCULAS PLANTEADO POR BRAUER Y THIELE	22
2.5.1.	Factor de contraflujo.....	22
2.5.2.	Factor de turbulencia	23
2.6.	TEORÍA DLVO	24
2.7.	ERROR RELATIVO PORCENTUAL	25
CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA OBTENCIÓN DE DATOS		26
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CENTRIFUGA DE SEDIMENTACIÓN SHIMADZU SA-CP3.....	27
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PARTÍCULAS	30
3.3.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	34
3.3.1.	Sistemas monomodales	34
3.3.2.	Sistema trimodal.....	35
3.4.	INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE LA MUESTRA. 35	
3.4.1.	Balanza de laboratorio	35
3.4.2.	Agitador magnético	35
3.4.3.	Dispersador de partículas UltraTurrax	35
3.4.4.	Ultrahomogenizador Vibracell VCX500.....	36
3.4.5.	Espectrómetro de difracción láser HELOS	36

3.4.6.	Microscopio electrónico Zeiss GeminiSEM 300	36
3.4.7.	Medidor de pH WTW multilab 540	36
CAPITULO 4: DESARROLLO.....		37
4.1.	MODELACIÓN de los SISTEMAS de PARTÍCULAS	38
4.1.1.	Sistema Geltech 201	38
4.1.2.	Sistema Geltech 501	41
4.1.3.	Sistema geltech 1501	43
4.1.4.	Sistema trimodal.....	46
4.2.	CALCULO DE VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE PARTÍCULAS	49
4.2.1.	Velocidad del sistema monomodal Geltech 201	49
4.2.2.	Velocidad del sistema monomodal Geltech 501	50
4.2.3.	Velocidad del sistema monomodal Geltech 1501	51
4.2.4.	Velocidad del sistema trimodal	52
4.3.	FACTOR DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE BRAUER & THIELE	54
4.4.	FACTOR DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD EXPERIMENTAL	55
CAPITULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		56
5.1.	ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS MONOMODALES GELTECH 201, 501 Y 1501.....	57
5.2.	SISTEMA TRIMODAL DE PARTÍCULA	57
5.3.	VELOCIDADES DE SEDIMENTACIÓN	58
5.4.	VALIDEZ DE LOS FACTORES DE REDUCCIÓN DE BRAUER & THIELE	61
CONCLUSIONES.....		63
REFERENCIAS		67
ANEXOS		69

A.- DATOS SUMINISTRADOS POR LA CENTRIFUGA SHIMADZU SA-CP3	70
A1 Datos sistema monomodal Geltech 201	70
A2 Datos sistema monomodal Geltech 501	72
A3 Datos sistema monomodal Geltech 1501	74
A4 Datos del sistema trimodal	74
B.- MEMORIA DE CÁLCULO.....	82
B1 Cálculo de velocidad de sedimentación del sistema monomodal Geltech 201	82
B2 Cálculo de velocidad de sedimentación del sistema monomodal Geltech 501	83
B3 Cálculo de velocidad de sedimentación del sistema monomodal Geltech 1501	85
B4 Cálculo de velocidad de sedimentación del sistema trimodal	86
C.- FACTORES DE CORRECCIÓN DE VELOCIDAD	89
C1 Factor de corrección de velocidad de Bauer & Thiele.....	89
C2 Factor de corrección de velocidad experimental	92
D.- ERROR RELATIVO PORCENTUAL	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de cuerpo libre de una partícula esférica sumergida en un fluido viscoso. Fuente: elaboración propia	10
Figura 2.2 Grafico de distribución acumulativa, Fuente: DIN ISO 9276-1	19
Figura 2.3 Grafico de distribución incremental de partícula, Fuente: Dr.-Ing. Matthias Stieß, Mechanische Verfahrenstechnik- Partikeltechnologie 1	20
Figura 2.4 sistema polimodal. Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007)	21
Figura 3.1 Shimadzu SA-CP3. Fuente: Laboratorios del Arbeitsgruppe Mechanische Verfahrenstechnik an der Technische Universtät Dresden.....	27
Figura 3.2 Esquema de la centrifuga Shimadzu SA-CP3. Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	28
Figura 3.3 Fotografía del microscopio electrónico del sistema de partículas Geltech 201. Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	32
Figura 3.4 Fotografía del microscopio electrónico del sistema de partículas Geltech 501. Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	33
Figura 3.5 Fotografía del microscopio electrónico del sistema de partículas Geltech 1501. Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	33
Figura 5.1 Fotografía de un sistema bimodal Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 distribución acumulativa e incremental de partículas Geltech 201 Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	31
Gráfico 3.2 distribución acumulativa e incremental de partículas Geltech 501 Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	31
Gráfico 3.3 distribución acumulativa e incremental de partículas Geltech 1501 Fuente: Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	32
Gráfico 4.1 Diagrama de extinción relativa para ensayo con partículas Geltech 201. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	39
Gráfico 4.2 Diagrama incremental de partículas para sistemas de partículas Geltech 201. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	40
Gráfico 4.3 Diagrama acumulativo para sistemas de partículas Geltech 201. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	40
Gráfico 4.4 Diagrama de extinción relativa para ensayo con partículas Geltech 501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-P3. MVT-TU Dresden.	42
Gráfico 4.5 Diagrama incremental para sistemas de partículas Geltech 501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	42
Gráfico 4.6 Diagrama acumulativo para sistemas de partículas Geltech 501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	43

Gráfico 4.7 Diagrama de extinción relativa para ensayo con partículas Geltech 1501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	44
Gráfico 4.8 Diagrama incremental para sistemas de partículas Geltech 1501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3.	45
Gráfico 4.9 Diagrama acumulativo para sistemas de partículas Geltech 1501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	45
Gráfico 4.10 Diagrama de extinción relativa para ensayo trimodal. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	47
Gráfico 4.11 Diagrama incremental de partículas para el sistema trimodal de partículas. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	48
Gráfico 4.12 Diagrama acumulativo de partículas del sistema trimodal. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	48
Gráfico 5.1 Diagrama incremental de los sistemas monomodales, superpuestos a diagrama incremental del sistema trimodal. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Exponente n del factor de Richardson & Zaki. Fuente: Bernhardt, 1994 “Particle Size Analysis, Classification and sedimentation method”	15
Tabla 3.1 Datos técnicos de la centrifuga Shimadzu SA-CP3 Fuente: Elaboración propia a partir del manual de la centrifuga Shimadzu SA-CP3.....	29
Tabla 3.2 Tamaño de los sistemas de partículas utilizados Fuente:Salinas-Salas G. Sedimentationsverhalten von Submikrometerpartikeln in wässrigen Suspensionen Dissertation; Technische Universität Dresden (2007).....	30
Tabla 4.1 Parámetros iniciales para el ensayo Geltech 501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.....	38
Tabla 4.2 Representación de datos extraídos de la centrifuga Shimadzu SA-CP3 Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden	39
Tabla 4.3 Parámetros iniciales para el ensayo Geltech 501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.....	41
Tabla 4.4 Parámetros iniciales para el ensayo Geltech 1501. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	43
Tabla 4.5 Diámetros representativos sistemas monomodales. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3.	46
Tabla 4.6 Parámetros iniciales para el ensayo trimodal. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.....	46
Tabla 4.7 Diámetro representativos sistema trimodal. Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.	49
Tabla 4.8 Factores de reducción de velocidad experimental Fuente: elaboración propia a partir de los datos otorgados por la centrifuga Shimadzu SA-CP3, MVT-TU Dresden.....	55
Tabla 5.1 Valores del error asociado para los diferentes tamaños de diámetros representativos. Fuente: elaboración propia.	61
Tabla 0.1 Datos del ensayo monomodal Geltech 201. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MVT-TU Dresden	70

Tabla 0.2 Datos del ensayo monomodal Geltech 501. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MVT-TU Dresden.	72
Tabla 0.3 Datos del ensayo monomodal Geltech 1501. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MVT-TU Dresden.	74
Tabla 0.4 Datos del ensayo trimodal. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MVT-TU Dresden.	74