

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
1.2. Nomenclatura	5
1.2.1. Parámetros en general	5
1.2.2. Códigos relave sintético	6
1.2.3. Relaciones importantes	6
2. Marco teórico	7
2.1. Industria minera nacional	7
2.2. Mineralogía de pórfidos cupríferos	9
2.3. Procesamiento de minerales de cobre	10
2.3.1. Ruta hidrometalúrgica: lixiviación	10
2.3.2. Ruta pirometalúrgica: concentración	11
2.3.3. Problemas y desafíos	12
2.4. Reología	13
2.4.1. Definiciones preliminares	14
2.4.2. Modelos reológicos	15
2.4.3. Tixotropía y estados transientes	17
2.4.4. Reología de suspensiones y mezclas hiperconcentradas	19
2.5. Interacciones eléctricas y fisicoquímicas: Teoría DLVO	22
2.5.1. Fuerzas de van der Waals	22
2.5.2. Doble capa	23
2.5.3. Repulsión estérica	25
2.5.4. Contribución estructural	25
2.5.5. Potencial zeta ζ : Definición y medición	26
2.5.6. Interacciones iónicas y capacidad de intercambio de cationes	27
2.6. Arcillas	28
2.6.1. Caolinita	30
2.6.2. Montmorillonita	31
2.6.3. Abundancia en yacimientos de cobre	32
2.6.4. Problemas operacionales inducidos por arcillas	33
2.7. Agua de mar e interacción con arcillas	34
2.8. Caracterización mineralógica	36

3. Materiales y métodos	38
3.1. Materiales	38
3.1.1. Material particulado	38
3.1.2. Relaves sintéticos	39
3.1.3. Reactivos utilizados	41
3.2. Equipos	42
3.2.1. Caracterización potencial zeta ζ : STABINO	42
3.2.2. Caracterización reológica	42
3.3. Caracterización tamaño de partículas por FBRM	44
3.4. Procedimiento experimental general	45
3.5. Programa de pruebas	46
3.6. Protocolos experimentales	47
3.6.1. Caracterización reológica	48
3.6.2. Caracterización granulométrica por FBRM	51
3.6.3. Caracterización de potencial zeta	52
3.6.4. Preparación muestras	52
3.6.5. Determinación densidad de sólido	54
3.6.6. Pruebas con agua con NaCl	55
3.6.7. Pruebas con agua recirculada	55
3.7. Planteamiento del problema inverso	56
4. Resultados y discusión	58
4.1. Resultados teóricos	58
4.1.1. Análisis de errores asociados a la concentración volumétrica	58
4.1.2. Estimación de incertidumbre en la caracterización reológica	63
4.1.3. Caracterización granulométrica vía FBRM: Propagación de errores	65
4.1.4. Análisis de alcances y compatibilidad modelos reológicos	67
4.1.5. Validez de las mediciones según criterio de Taylor de estabilidad lineal	71
4.1.6. Problema inverso: Planteamiento y resolución	73
4.2. Resultados experimentales	78
4.2.1. Caracterización de la distribución del error en ϕ	78
4.2.2. Caracterización granulométrica vía FBRM	80
4.2.3. Caracterización de estabilidad de suspensiones vía potencial zeta, ζ	82
4.2.4. Evaluación de aplicabilidad de modelos reológicos	85
4.2.5. Impacto de la mineralogía en la reología de suspensiones arcillosas	88
4.2.6. Efecto de la salinidad del medio en la reología	92
4.2.7. Reología de suspensiones con tensión de fluencia τ_0	94
4.2.8. Suspensiones en agua re-procesada	100
5. Análisis de resultados y aplicaciones potenciales	102
5.1. Tendencias en suspensiones	102
5.1.1. Respecto a la caracterización granulométrica por FBRM	102
5.1.2. Respecto al contenido de arcillas y sal	103
5.1.3. Respecto a la interacción química arcilla-agua	106
5.2. Revisión de protocolo de caracterización reológica	107
5.2.1. <i>Wall slip</i>	108
5.2.2. Tixotropía de los materiales	108

5.3.	Aplicaciones potenciales	109
5.3.1.	Consideraciones para <i>blending</i> operacional de minerales arcillosos . . .	109
5.3.2.	Estimación de la incertidumbre	110
6.	Conclusiones	111
6.1.	Respecto a los resultados teóricos	111
6.2.	Respecto a los resultados experimentales	112
6.3.	Implicancias e impacto del trabajo	113
6.4.	Trabajo futuro	114
7.	Bibliografía	114
A.	Anexos	127
A.1.	Códigos Matlab: Cálculos	127
A.1.1.	Cálculo expansión de taylor orden 2 $\Delta\phi$	127
A.1.2.	Cómputo error de orden 2	128
A.1.3.	Análisis de sensibilidad $\Delta\phi$	129
A.1.4.	Cálculo de errores ΔC_p	130
A.1.5.	Código filtro de datos en reogramas	131
A.1.6.	Código ajuste paramétrico modelos con esfuerzo de fluencia	134
A.2.	Códigos Matlab: Figuras	136
A.2.1.	Código Figura 2.5 modelos reológicos	136
A.2.2.	Código figura 2.6 modelos reológicos (tixotropía)	138
A.2.3.	Código figura 4.7 modelo estructural de Quemada	139
A.3.	Resultados ajuste de parámetros	142
A.3.1.	Modelo de Bingham	142
A.3.2.	Modelo de Casson	147
A.3.3.	Modelo de Herschel-Bulkley	151
A.3.4.	Modelo de Quemada	155