

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Presentación del tema.....	1
1.2	Problemática	2
1.3	Alcances.....	4
1.4	Objetivo	5
1.4.1	Objetivo general.....	5
1.4.2	Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO 2	ANTECEDENTES	6
2.1	Descripción de la faena.....	6
2.1.1	Minera Centinela.....	6
2.1.2	Ubicación geográfica	6
2.1.3	Sistema de explotación y ritmo de producción anual.....	7
2.1.4	Métodos de procesamiento de minerales	7
2.2	Proyecto Esperanza Sur	9
2.2.2	Yacimiento.....	9
2.3	Caracterización de muestras del yacimiento.....	15
2.3.1	Análisis hiperespectral.....	15
2.3.2	Análisis mediante QEMSCAN.....	22
2.3.3	Análisis elemental.....	23
2.4	Indicador	25
2.4.1	Construcción del indicador	26
CAPÍTULO 3	METODOLOGÍA	29
3.1	Estudio exploratorio de datos.....	31
3.1.1	Identificación de las muestras.....	31
3.1.2	Análisis mineralógico	32
3.1.3	Análisis elemental.....	36
3.1.4	Estadísticas básicas	37
3.2	Estudio de continuidad y correlación.....	39
3.2.1	Estudio de continuidad espacial	39
3.2.2	Estudio de correlación entre variables.....	41
3.3	Procesamiento de la información	47
3.3.1	Enmascarado.....	47

3.3.2	Mineralogía hiperespectral	49
3.3.3	Análisis de firma espectral y creación de escalares	55
3.3.4	Comparación del conjunto de escalares vía mineralogía QEMSCAN	63
3.4	Agrupamiento de la información.....	65
3.5	Aplicación del Teorema de Bayes.....	67
3.5.1	Programa.....	67
3.6	Influencias de minerales en el indicador	69
3.6.1	Metodología de cálculo de influencias por mineral	69
3.7	Validación.....	70
3.7.1	Validación cruzada	70
3.8	Técnica de agrupación de las probabilidades puntuales.....	71
3.8.1	Alternativas de agrupación	72
3.8.2	Suma de errores acumulados.....	72
CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y ANÁLISIS		73
4.1	Agrupación de la información.....	73
4.1.1	Ley de molibdeno	73
4.1.2	Alteraciones.....	74
4.1.3	Escalares.....	75
4.2	Aplicación del Teorema de Bayes.....	79
4.2.1	Archivo de conteo de muestras dadas las condiciones	79
4.2.2	Archivo de conteo de muestras sobre la ley de corte	80
4.2.3	Archivo de cálculo de probabilidades	80
4.2.4	Asignación de probabilidades.....	81
4.2.5	Comentarios	81
4.3	Reclasificación de muestras.....	82
4.3.1	Determinación de probabilidades de mineralización.....	82
4.3.2	Aplicación	82
4.3.3	Resultados por alteración.....	84
4.3.4	Análisis	88
4.3.5	Comentarios	90
4.4	Influencia de minerales en el indicador	91
4.4.1	Análisis	91
4.4.2	Comentarios	92

4.5	Validación.....	92
4.5.1	Aplicación de la técnica	92
4.5.2	Resultados obtenidos	93
4.5.3	Comentarios	94
4.6	Técnica de agrupación de las probabilidades puntuales.....	95
4.6.1	Resultados.....	95
CAPÍTULO 5	CONCLUSIÓN	98
CAPÍTULO 6	BIBLIOGRAFÍA	100
CAPÍTULO 7	ANEXOS	103
Anexo A:	Firmas espectrales por mineral.....	103
Anexo B:	Polinomios para características de la firma espectral por mineral	110
Anexo C:	Comparación reflectancia escalar con análisis QEMSCAN.....	134
Anexo D:	Escalar representativo con análisis QEMSCAN	158
Anexo E:	Escalar representativo con ley de Molibdeno	168
Anexo F:	Curvas de densidad sobre la ley de corte de Molibdeno.....	174
Anexo G:	Programa.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Muestras según largo de compósito.....	31
Tabla 3.2	Información por muestra.....	31
Tabla 3.3	Resultados análisis QEMSCAN KBT.....	33
Tabla 3.4	Resultados análisis QEMSCAN SC.....	34
Tabla 3.5	Resultados análisis QEMSCAN	35
Tabla 3.6	Resultados análisis ICP-OES para KBT	36
Tabla 3.7	Resultados análisis ICP-OES para SC.....	37
Tabla 3.8	Resultados análisis ICP-OES	37
Tabla 3.9	Estadísticas básicas de la ley de molibdeno en las muestras	38
Tabla 3.10	Separación entre muestras	40
Tabla 3.11	Minerales que explican la variación por componentes en la alteración KBT	44
Tabla 3.12	Minerales que explican la variación por componentes en la alteración SC	46
Tabla 3.13	Minerales identificados en las muestras en el rango TIR	52
Tabla 3.14	Minerales identificados en las muestras en el rango SWIR.....	53
Tabla 3.15	Minerales considerados para el estudio	57
Tabla 3.16	Resumen de escalares representativos por mineral.....	62
Tabla 3.17	Valorización sobre las condiciones de pertenencia a las zonas de alta ley..	69
Tabla 4.1	Extracto de resultados de la cuenta de muestras.....	80
Tabla 4.2	Extracto de resultados de la cuenta de muestras sobre la ley de corte	80
Tabla 4.3	Extracto de resultados del cálculo de probabilidad	81

Tabla 4.4 Extracto de resultados asignación de probabilidades a las muestras	81
Tabla 4.5 Análisis por cuadrante en resultados de alteración KBT	86
Tabla 4.6 Análisis por cuadrante en resultados de alteración SC	87
Tabla 4.7 Análisis por cuadrante de los resultados comparando las dos metodologías	90
Tabla 4.8 Influencia de minerales en el indicador según alteración	91
Tabla 4.9 RMSE de las diez iteraciones.....	93
Tabla 4.10 RMSE acumulado de las diez iteraciones	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1 Ubicación Minera Centinela (Minera Centinela, 2014)	7
Figura 2.2 Procesos productivos Minera Centinela (Minera Centinela, 2014).....	8
Figura 2.3 Geología de superficie de la zona aledaña al yacimiento Telégrafo (Münchmeyer & Valenzuela, 2009)	10
Figura 2.4 Sección 7.456.620 N del Yacimiento Telégrafo indicando litología y sentido de desplazamiento de la falla Telégrafo. TDS: techo de sulfuro (Münchmeyer & Valenzuela, 2009)	11
Figura 2.5 Sección 7.456.170 N, indicando litología, techo de sulfuros (TDS) y pit final del proyecto (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	11
Figura 2.6 Alteración, sección 7.456.170 N (Geología del yacimiento esperanza, 2012)	12
Figura 2.7 Zona de óxidos (verde) y mixto (mostaza) (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	13
Figura 2.8 Zona de sulfuros (morado) (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	13
Figura 2.9 Bloques de leyes de molibdeno mayores a 80 [ppm] (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.10 Bloques de leyes de molibdeno mayores a 200 [ppm] (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.11 Leyenda: leyes de molibdeno [ppm] (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.12 Sección del modelo de bloques de leyes de molibdeno mayores a 200 [ppm] (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.13 Distribución de bloques $CuT \geq 0.2\%$ en sulfuros (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.14 Distribución de bloques $CuT \geq 0.5\%$ en sulfuros (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.15 Leyenda: leyes de CuT (Geología del yacimiento esperanza, 2012).	14
Figura 2.16 Esquema del fenómeno de espectroscopía de reflectancia (Laukamp 2012).	16
Figura 2.17 Ejemplo de minerales resultantes de la espectroscopía de reflectancia (Hylogger-3) (Laukamp 2012).	16
Figura 2.18 Sistema Hylogger-3 (CSIRO CHILE-AMTC, Proyecto 4.2 Caracterización Mineralógica Avanzada, 2016)	18

Figura 2.19 Tecnologías espectrales en el mercado (CSIRO CHILE-AMTC, Proyecto 4.2 Caracterización Mineralógica Avanzada, 2016)	19
Figura 2.20 Rango de detección de grupos de minerales en silicatos (Harris, 2014).....	20
Figura 2.21 Rango de detección de grupos de minerales para no silicatos (Harris, 2014).	20
Figura 2.22 Visualización de imagen digital junto a espectro de una muestra (Huntington, 2013).....	21
Figura 2.23 Interfaz general TSG, resumen estadísticas totales (Huntington, 2013).	22
Figura 2.24 Diagrama de funcionamiento del QEMSCAN (Ayling et al., 2012)	23
Figura 2.25 Diagrama ICP-OES	24
Figura 2.26 Ejemplo de la relación entre la información hiperespectral y el mineral de oro en Kanowna Belle (Quigley, et al., 2013).	26
Figura 2.27 Ejemplo de datos geoquímicos en un indicador de oro (Hill et al., 2014). ...	28
Figura 3.1 Esquema de la metodología de trabajo	29
Figura 3.2 Sección de 200 [m] de grosor del perfil 7.456.170 N de modelo de alteraciones	32
Figura 3.3 Resultados análisis QEMSCAN KBT	33
Figura 3.4 Resultados análisis QEMSCAN SC	34
Figura 3.5 Resultados análisis QEMSCAN	35
Figura 3.6 Histograma de leyes de molibdeno por alteración	38
Figura 3.7 Semivariograma de molibdeno, caso Chuquicamata (Carrasco, 2010)	40
Figura 3.8 Semivariograma de molibdeno en yacimiento Esperanza Sur, según alteraciones (García, 2015).....	41
Figura 3.9 Diez primeras componentes del ACP para la alteración KBT	43
Figura 3.10 Diez primeras componentes del ACP para la alteración SC	45
Figura 3.11 Proceso de enmascarado	48
Figura 3.12 Comparación firma espectral de una muestra cualquiera, en relación a una zona fuera de mineral.....	48
Figura 3.13 Ejemplo de aplicación de TSA, referencia de muscovita.....	49
Figura 3.14 Grupos minerales detectados por el TSA. a) Grupos minerales en el rango SWIR. b) Grupos minerales en el rango TIR.....	50
Figura 3.15 Grupos minerales detectados por el TSA en la alteración KBT. a) Grupos minerales en el rango SWIR. b) Grupos minerales en el rango TIR.....	51
Figura 3.16 Grupos minerales detectados por el TSA en la alteración SC. a) Grupos minerales en el rango SWIR. b) Grupos minerales en el rango TIR.....	52
Figura 3.17 Minerales identificados en el rango SWIR.....	53
Figura 3.18 Minerales identificados en el rango TIR	53
Figura 3.19 Minerales identificados en el rango SWIR, alteración KBT	54
Figura 3.20 Minerales identificados en el rango SWIR, alteración SC	54
Figura 3.21 Minerales identificados en el rango TIR, alteración KBT	55
Figura 3.22 Minerales identificados en el rango TIR, alteración SC	55
Figura 3.23 Información generada por bandeja, ejemplo muestra 187	56
Figura 3.24 Firma espectral referencial del yeso.....	57

Figura 3.25 Ejemplo de ajuste polinomial de sexto grado para la característica 2212D del yeso en rango SWIR	59
Figura 3.26 Comparación concentración QEMSCAN de yeso en relación al escalár 2212D.....	60
Figura 3.27 Comparación concentración QEMSCAN de yeso en relación al escalár 1940D.....	61
Figura 3.28 Comparación escalares y composición de cuarzo según QEMSCAN.....	63
Figura 3.29 Comparación escalares y composición de cuarzo según QEMSCAN en alteración KBT.....	64
Figura 3.30 Comparación escalares y composición de cuarzo según QEMSCAN en alteración SC.....	64
Figura 3.31 Representación gráfica general de discretizar la información en dos categorías con dos grupos cada una	65
Figura 3.32 Representación gráfica llevada al caso de estudio de separar la información en dos categorías con dos grupos cada una.....	65
Figura 3.33 Representación gráfica de la generalización de discretizar la información en tres categorías con dos grupos cada una	66
Figura 3.34 Representación gráfica de discretizar la información en tres categorías con dos grupos cada una, llevado al caso de estudio.....	66
Figura 4.1 KDE de leyes de molibdeno muestreadas, con la intersección de una recta roja y azul se muestra el punto de cambio de pendiente y l determinación de la ley de corte.	74
Figura 4.2 Nube de puntos del escalár de longitud de onda 8263W y reflectancia del escalár 8623D para el cuarzo en la alteración KBT	76
Figura 4.3 Nube de puntos del escalár de longitud de onda 8263W y reflectancia del escalár 8623D para el cuarzo en la alteración KBT, junto a la ley de molibdeno en escala de color	77
Figura 4.4 Curvas de nivel del KDE para cuarzo en alteración KBT	78
Figura 4.5 Gráfico de KDE superpuesto a la nube de puntos para escalares de cuarzo en KBT con una ley de corte de molibdeno de 150 [ppm].....	78
Figura 4.6 KDE sobre resultados de probabilidades en alteración KBT.....	83
Figura 4.7 KDE sobre resultados de probabilidades en alteración SC.....	84
Figura 4.8 Resultados de probabilidad KBT.....	85
Figura 4.9 Resultados de probabilidad SC.....	87
Figura 4.10 KDE de los datos sin segregar por alteración	88
Figura 4.11 Comparación de metodologías. a) Gráfico sin separar muestras por alteración. b) Gráfico separando muestras por alteración, en color verde la alteración KBT y en color negro la alteración SC	89
Figura 4.12 Validación cruzada de k iteraciones	94
Figura 4.13 Aplicación de sumas acumuladas	96
Figura 5.1 Diagrama simplificado de la metodología utilizada	99
Figura 7.1 Firma espectral de referencia de albita con valles identificados	103
Figura 7.2 Firma espectral de referencia de anortoclasa con valles identificados.....	104
Figura 7.3 Firma espectral de referencia de biotita con valles identificados	104

Figura 7.4 Firma espectral de referencia de caolinita con valles identificados	105
Figura 7.5 Firma espectral de referencia de cuarzo con valles identificados	105
Figura 7.6 Firma espectral de referencia de fengita con valles identificados	106
Figura 7.7 Firma espectral de referencia de flogopita con valles identificados.....	106
Figura 7.8 Firma espectral de referencia de labradorita con valles identificados	107
Figura 7.9 Firma espectral de referencia de montmorillonita con valles identificados..	107
Figura 7.10 Firma espectral de referencia de muscovita con valles identificados	108
Figura 7.11 Firma espectral de referencia de oligoclasa con valles identificados	108
Figura 7.12 Firma espectral de referencia de yeso con valles identificados	109
Figura 7.13 Polinomio ajustado a los 9040 [nm].....	110
Figura 7.14 Polinomio ajustado a los 8350 [nm].....	110
Figura 7.15 Polinomio ajustado a los 9620 [nm].....	111
Figura 7.16 Polinomio ajustado a los 9920 [nm].....	111
Figura 7.17 Polinomio ajustado a los 13830 [nm].....	112
Figura 7.18 Polinomio ajustado a los 9080 [nm].....	112
Figura 7.19 Polinomio ajustado a los 9600 [nm].....	113
Figura 7.20 Polinomio ajustado a los 8725 [nm].....	113
Figura 7.21 Polinomio ajustado a los 2250 [nm].....	114
Figura 7.22 Polinomio ajustado a los 2360 [nm].....	114
Figura 7.23 Polinomio ajustado a los 1916 [nm].....	115
Figura 7.24 Polinomio ajustado a los 1400 [nm].....	115
Figura 7.25 Polinomio ajustado a los 1915 [nm].....	116
Figura 7.26 Polinomio ajustado a los 2207 [nm].....	116
Figura 7.27 Polinomio ajustado a los 8623 [nm].....	117
Figura 7.28 Polinomio ajustado a los 12300 [nm].....	117
Figura 7.29 Polinomio ajustado a los 8490 [nm].....	118
Figura 7.30 Polinomio ajustado a los 12800 [nm].....	118
Figura 7.31 Polinomio ajustado a los 12500 [nm].....	119
Figura 7.32 Polinomio ajustado a los 9275 [nm].....	119
Figura 7.33 Polinomio ajustado a los 1412 [nm].....	120
Figura 7.34 Polinomio ajustado a los 1915 [nm].....	120
Figura 7.35 Polinomio ajustado a los 2212 [nm].....	121
Figura 7.36 Polinomio ajustado a los 2440 [nm].....	121
Figura 7.37 Polinomio ajustado a los 1914 [nm].....	122
Figura 7.38 Polinomio ajustado a los 2246 [nm].....	122
Figura 7.39 Polinomio ajustado a los 2324 [nm].....	123
Figura 7.40 Polinomio ajustado a los 8500 [nm].....	123
Figura 7.41 Polinomio ajustado a los 8750 [nm].....	124
Figura 7.42 Polinomio ajustado a los 9940 [nm].....	124
Figura 7.43 Polinomio ajustado a los 1415 [nm].....	125
Figura 7.44 Polinomio ajustado a los 2212 [nm].....	125
Figura 7.45 Polinomio ajustado a los 1910 [nm].....	126
Figura 7.46 Polinomio ajustado a los 2200 [nm].....	126
Figura 7.47 Polinomio ajustado a los 1915 [nm].....	127

Figura 7.48 Polinomio ajustado a los 2348 [nm].....	127
Figura 7.49 Polinomio ajustado a los 1412 [nm].....	128
Figura 7.50 Polinomio ajustado a los 8350 [nm].....	128
Figura 7.51 Polinomio ajustado a los 8750 [nm].....	129
Figura 7.52 Polinomio ajustado a los 9650 [nm].....	129
Figura 7.53 Polinomio ajustado a los 9990 [nm].....	130
Figura 7.54 Polinomio ajustado a los 1940 [nm].....	130
Figura 7.55 Polinomio ajustado a los 1748 [nm].....	131
Figura 7.56 Polinomio ajustado a los 1448 [nm].....	131
Figura 7.57 Polinomio ajustado a los 1536 [nm].....	132
Figura 7.58 Polinomio ajustado a los 2412 [nm].....	132
Figura 7.59 Polinomio ajustado a los 2112 [nm].....	133
Figura 7.60 Comparación escalar 8450H.....	134
Figura 7.61 Comparación escalar 9040D.....	134
Figura 7.62 Comparación escalar 9620H.....	135
Figura 7.63 Comparación escalar 9920H.....	135
Figura 7.64 Comparación escalar 13830H.....	136
Figura 7.65 Comparación escalar 8725H.....	136
Figura 7.66 Comparación escalar 9600D.....	137
Figura 7.67 Comparación escalar 9080D.....	137
Figura 7.68 Comparación escalar 1916D.....	138
Figura 7.69 Comparación escalar 2250D.....	138
Figura 7.70 Comparación escalar 2360D.....	139
Figura 7.71 Comparación escalar 1400D.....	139
Figura 7.72 Comparación escalar 1915D.....	140
Figura 7.73 Comparación escalar 2207D.....	140
Figura 7.74 Comparación escalar 8490H.....	141
Figura 7.75 Comparación escalar 8623D.....	141
Figura 7.76 Comparación escalar 12300D.....	142
Figura 7.77 Comparación escalar 12500H.....	142
Figura 7.78 Comparación escalar 12800H.....	143
Figura 7.79 Comparación escalar 9275H.....	143
Figura 7.80 Comparación escalar 1412D.....	144
Figura 7.81 Comparación escalar 1915D.....	144
Figura 7.82 Comparación escalar 2212D.....	145
Figura 7.83 Comparación escalar 2440D.....	145
Figura 7.84 Comparación escalar 1914D.....	146
Figura 7.85 Comparación escalar 2246D.....	146
Figura 7.86 Comparación escalar 2324D.....	147
Figura 7.87 Comparación escalar 8500H.....	147
Figura 7.88 Comparación escalar 8750H.....	148
Figura 7.89 Comparación escalar 9170D.....	148
Figura 7.90 Comparación escalar 9940H.....	149
Figura 7.91 Comparación escalar 1415D.....	149

Figura 7.92 Comparación escalar 2212D.....	150
Figura 7.93 Comparación escalar 1910D.....	150
Figura 7.94 Comparación escalar 1412D.....	151
Figura 7.95 Comparación escalar 1915D.....	151
Figura 7.96 Comparación escalar 2200D.....	152
Figura 7.97 Comparación escalar 2348D.....	152
Figura 7.98 Comparación escalar 8350H.....	153
Figura 7.99 Comparación escalar 8750H.....	153
Figura 7.100 Comparación escalar 9650H.....	154
Figura 7.101 Comparación escalar 9900H.....	154
Figura 7.102 Comparación escalar 1448D.....	155
Figura 7.103 Comparación escalar 1536D.....	155
Figura 7.104 Comparación escalar 1748D.....	156
Figura 7.105 Comparación escalar 1940D.....	156
Figura 7.106 Comparación escalar 2212D.....	157
Figura 7.107 Comparación escalar 2412D.....	157
Figura 7.108 Escalar de albita en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN	158
Figura 7.109 Escalar de albita en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	158
Figura 7.110 Escalar de anortoclasa en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	159
Figura 7.111 Escalar de anortoclasa en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	159
Figura 7.112 Escalar de caolinita en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN	160
Figura 7.113 Escalar de caolinita en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	160
Figura 7.114 Escalar de cuarzo en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN	161
Figura 7.115 Escalar de cuarzo en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	161
Figura 7.116 Escalar de labradorita en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	162
Figura 7.117 Escalar de labradorita en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	162
Figura 7.118 Escalar de mica blanca en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	163
Figura 7.119 Escalar de mica blanca en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	163
Figura 7.120 Escalar de mica negra en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	164
Figura 7.121 Escalar de mica negra en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	164

Figura 7.122 Escalar de montmorillonita en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	165
Figura 7.123 Escalar de montmorillonita en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	165
Figura 7.124 Escalar de oligoclasa en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN.....	166
Figura 7.125 Escalar de oligoclasa en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	166
Figura 7.126 Escalar de yeso en alteración KBT, en color concentración del mineral según QEMSCAN	167
Figura 7.127 Escalar de yeso en alteración SC, en color concentración del mineral según QEMSCAN	167
Figura 7.128 Escalares de albita, en color concentración de Molibdeno.....	168
Figura 7.129 Escalares de anortoclasa, en color concentración de Molibdeno.....	169
Figura 7.130 Escalares de caolinita, en color concentración de Molibdeno	169
Figura 7.131 Escalares de cuarzo, en color concentración de Molibdeno	170
Figura 7.132 Escalares de labradorita, en color concentración de Molibdeno	170
Figura 7.133 Escalares de micas blancas, en color concentración de Molibdeno.....	171
Figura 7.134 Escalares de micas negras, en color concentración de Molibdeno	171
Figura 7.135 Escalares de montmorillonita, en color concentración de Molibdeno	172
Figura 7.136 Escalares de oligoclasa, en color concentración de Molibdeno	172
Figura 7.137 Escalares de yeso, en color concentración de Molibdeno.....	173
Figura 7.138 Curvas de densidad de escalares de albita para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	174
Figura 7.139 Curvas de densidad de escalares de albita para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno	174
Figura 7.140 Curvas de densidad de escalares de anortoclasa para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	175
Figura 7.141 Curvas de densidad de escalares de anortoclasa para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	175
Figura 7.142 Curvas de densidad de escalares de caolinita para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno	176
Figura 7.143 Curvas de densidad de escalares de caolinita para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno	176
Figura 7.144 Curvas de densidad de escalares de cuarzo para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno	177
Figura 7.145 Curvas de densidad de escalares de cuarzo para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno	177
Figura 7.146 Curvas de densidad de escalares de labradorita para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	178
Figura 7.147 Curvas de densidad de escalares de labradorita para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	178
Figura 7.148 Curvas de densidad de escalares de micas blancas para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	179

Figura 7.149 Curvas de densidad de escalares de micas blancas para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	179
Figura 7.150 Curvas de densidad de escalares de micas negras para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	180
Figura 7.151 Curvas de densidad de escalares de micas negras para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	180
Figura 7.152 Curvas de densidad de escalares de montmorillonita para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	181
Figura 7.153 Curvas de densidad de escalares de montmorillonita para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	181
Figura 7.154 Curvas de densidad de escalares de oligoclasa para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	182
Figura 7.155 Curvas de densidad de escalares de oligoclasa para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	182
Figura 7.156 Curvas de densidad de escalares de yeso para alteración SC sobre la ley de corte de Molibdeno.....	183
Figura 7.157 Curvas de densidad de escalares de yeso para alteración KBT sobre la ley de corte de Molibdeno.....	183
Figura 7.158 Interfaz de ingreso de datos.....	184

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Teorema de Bayes	27
Ecuación 3.1 Semivariograma teórico univariable.....	39
Ecuación 3.2 Semivariograma experimental univariable	39
Ecuación 3.3 Teorema de Bayes	68
Ecuación 3.4 Aplicación Teorema de Bayes	68
Ecuación 3.5 Posibles valores para los minerales según los escalares.....	68
Ecuación 3.6 Minerales considerados.....	68
Ecuación 3.7 Componentes para definir pertenencia al área.....	68
Ecuación 3.8 Aplicación del Teorema de Bayes con la definición de Laplace	68
Ecuación 3.9 Simplificación.....	68
Ecuación 3.10 Cuenta final del algoritmo	69
Ecuación 3.11 CUSUM	72
Ecuación 4.1 RMSE para cada grupo	92
Ecuación 4.2 RMSE para j grupos	93