

Tabla de contenido

1. Capítulo: Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Alcances	2
1.3. Estructura de la memoria	3
2. Capítulo: Antecedentes	4
2.1. Economía de recursos agotables	4
3. Capítulo: Metodología	19
3.1. Planteamiento del modelo de agotamiento	19
3.2. Identificación de la información necesaria y recopilación	19
3.3. Análisis de la base de datos recopilada	19
3.4. Aplicación del modelo de agotamiento	20
3.5. Análisis de los resultados	20
3.6. Discusión sobre la validez e implicancias del modelo	20
4. Capítulo: Desarrollo	21
4.1. Planteamiento del modelo de agotamiento	21
4.2. Identificación de la información necesaria y recopilación	22
4.3. Análisis de la base de datos recopilada	24
4.4. Aplicación del modelo de agotamiento	40
5. Capítulo: Resultados	45
6. Capítulo: Análisis de los resultados	51
6.1. Análisis de impacto de supuestos	51
6.2. Análisis de casos de interés	57

6.3. Mejora del ajuste del modelo	62
6.4. Proyección del modelo	67
7. Capítulo: Discusión sobre la validez e implicancias del modelo	71
7.1. Validez del modelo	71
7.2. Implicancias del modelo	72
8. Capítulo: Conclusiones	76
9. Bibliografía	77
10. Anexo A: Base de datos	79
11. Anexo B: Determinación de funciones	89
12. Anexo C: Resultados análisis de supuestos	93
13. Anexo D: Resultados casos de interés	109
14. Anexo E: Resultados mejora del modelo	111
15. Anexo F: Resultados proyección del modelo	113
16. Anexo G: Resultados del modelo considerando tasa de descuento del mercado	114

Índice de tablas

1. Ejemplos clasificación de recursos naturales. Fuente Sweeney, 1992.	5
2. Obtención de datos	22
3. Producción de cobre mina por país con respecto a la producción mundial . .	25

4.	Reservas de cobre por país con respecto a las reservas mundiales.	28
5.	Gasto en exploración por país con respecto al gasto mundial en exploración de cobre	33
6.	Coeficientes de la función de nuevos descubrimientos	35
7.	Estadística de la Regresión	35
8.	Análisis de varianza función nuevos descubrimientos	36
9.	Coeficientes de la función de costos de explotación	38
10.	Estadística de la Regresión	39
11.	Análisis de varianza función costos	40
12.	Aplicación del modelo para competencia perfecta	45
13.	Aplicación del modelo para monopolio	46
14.	Ajuste del modelo	49
15.	Sensibilidad peso del ponderador IPM	51
16.	Sensibilidad peso del ponderador M.O	53
17.	Sensibilidad elasticidad	54
18.	Sensibilidad tasa de descuento	56
19.	Delta descubrimientos	63
20.	Ajuste del modelo	66
21.	Producción por periodo [Mil toneladas métricas de cobre]	79
22.	Porcentaje de la producción mundial	79
23.	Consumo mundial de cobre	80
24.	Reservas por periodo [Mil toneladas métricas de cobre]	81
25.	Porcentaje de las reservas mundiales	81
26.	Nuevos descubrimientos por periodo [Mil toneladas métricas de cobre]	82
27.	Descubrimientos acumulados por periodo [Mil toneladas métricas de cobre]	82
28.	Costos C1 nominales [\$/lb]	83

29.	Tasa de inflación, porcentaje anual de variación. Fuente: Banco Mundial . . .	83
30.	Tasa de cambio, UMN por US\$ promedio por período. Fuente: Banco Mundial	84
31.	Ponderador unitario considerando inflación y tasa de cambio	84
32.	Ponderador unitario del Índice de Precios al por Mayor de EEUU. Fuente: Gobierno de Chile	85
33.	C1 real considerando 50/50 ponderadores de inflación-T.C e IPM [\$/lb] . . .	85
34.	Gasto en exploración nominal [M\$]	86
35.	Costo de Mano de Obra para Chile, base 2014. Fuente: INE	86
36.	Ponderador unitario CMO por país considerando proporcionalidad al gasto en exploración	87
37.	Ponderador unitario costo de maquinaria de exploración en EEUU, base 2014. Fuente: BLS	87
38.	Gasto real considerando 50/50 ponderadores de CMO y maquinaria [M\$] . .	88
39.	$dx = a + bx + cw$	89
40.	$dx = e^a x^b w^c$	89
41.	$dx = e^a x^b e^{wc}$	90
42.	$dx = e^a e^{xb} e^{wc}$	90
43.	$C_1 = a + bq + cR$	91
44.	$C_1 = e^a q^b c^d$	91
45.	$C_1 = e^a e^{qb} r^c$	92
46.	$C_1 = e^a e^{qb} e^{rc}$	92
47.	Aplicación del modelo para C.P, peso 70 % ponderador IPM	93
48.	Aplicación del modelo para C.P, peso 60 % ponderador IPM	94
49.	Aplicación del modelo para C.P, peso 40 % ponderador IPM	95
50.	Aplicación del modelo para C.P, peso 30 % ponderador IPM	96
51.	Aplicación del modelo para C.P, peso 70 % ponderador MO	97

52.	Aplicación del modelo para C.P, peso 60 % ponderador MO	98
53.	Aplicación del modelo para C.P, peso 40 % ponderador MO	99
54.	Aplicación del modelo para C.P, peso 30 % ponderador MO	100
55.	Aplicación del modelo para C.P, elasticidad de -0,23	101
56.	Aplicación del modelo para C.P, elasticidad de -0,31	102
57.	Aplicación del modelo para C.P, elasticidad de -0,47	103
58.	Aplicación del modelo para C.P, elasticidad de -0,55	104
59.	Aplicación del modelo para C.P, tasa de descuento 3 %	105
60.	Aplicación del modelo para C.P, tasa de descuento 4 %	106
61.	Aplicación del modelo para C.P, tasa de descuento 6 %	107
62.	Aplicación del modelo para C.P, tasa de descuento 7 %	108
63.	Aplicación del modelo caso miope	109
64.	Aplicación del modelo caso sin exploración	110
65.	Aplicación del modelo con mejora caso competencia perfecta	111
66.	Aplicación del modelo con mejora caso monopolístico	112
67.	Aplicación del modelo con mejora caso competencia perfecta	113
68.	Aplicación del modelo con mejora caso monopolístico	113
69.	Aplicación del modelo con tasa de descuento del mercado para competencia perfecta incluyendo mejora propuesta	114
70.	Aplicación del modelo con tasa de descuento del mercado para monopolio incluyendo mejora propuesta	115

Índice de figuras

1.	Curva de precios para costo de extracción igual a cero. Fuente: Pyndick 1997.	13
----	---	----

2.	Actividad exploratoria y reservas probadas- caso inicial Ro grande.Fuente: Pyndick 1997.	16
3.	Actividad exploratoria y reservas probadas- caso inicial Ro pequeño. Fuente: Pyndick 1997.	17
4.	Metodología	19
5.	Producción de cobre mina por país. Fuente: Servicio Geológico de E.E.U.U. .	24
6.	Producción Total. Fuente: Servicio Geológico de E.E.U.U.	26
7.	Consumo de cobre refinado. Fuente: COCHILCO	27
8.	Reservas de cobre por país. Fuente: Servicio Geológico de E.E.U.U.	27
9.	Reservas totales de cobre. Fuente: Servicio Geológico de E.E.U.U.	29
10.	Nuevos descubrimientos de cobre. Fuente: Elaboración propia	30
11.	Descubrimientos totales acumulados de cobre. Fuente: Elaboración propia . .	30
12.	Costos C_1 reales por país. Fuente: Elaboración propia	31
13.	Gasto real en exploración por país. Fuente: Elaboración propia	32
14.	Fuente: Elaboración propia.	34
15.	Fuente: Elaboración propia.	34
16.	Fuente: Elaboración propia.	37
17.	Fuente: Elaboración propia.	38
18.	Relación entre abundancia y ley de mienerales. Fuente: Skinner,1976.	39
19.	Producción. Fuente: Elaboración propia	46
20.	Reservas. Fuente: Elaboración propia	47
21.	Descubrimientos acumulados. Fuente: Elaboración propia	47
22.	Gasto en exploración. Fuente: Elaboración propia	48
23.	Precio. Fuente: Elaboración propia	48
24.	Renta económica.Fuente: Elaboración propia	50
25.	Sensibilidad peso del ponderador IPM. Fuente: Elaboración propia	52

26.	Sensibilidad ponderador M.O. Fuente: Elaboración propia	53
27.	Sensibilidad elasticidad. Fuente: Elaboración propia	55
28.	Sensibilidad tasa de descuento. Fuente: Elaboración propia	56
29.	Producción caso miope. Fuente: Elaboración propia	58
30.	Reservas caso miope. Fuente: Elaboración propia	58
31.	Descubrimientos acumulados caso miope. Fuente: Elaboración propia	59
32.	Gasto en exploración caso miope. Fuente: Elaboración propia	59
33.	Precio caso miope. Fuente: Elaboración propia	60
34.	Producción caso sin exploración. Fuente: Elaboración propia	61
35.	Reservas caso sin exploración. Fuente: Elaboración propia	61
36.	Precio caso sin exploración. Fuente: Elaboración propia	62
37.	Producción caso con delta. Fuente: Elaboración propia	64
38.	Reservas caso con delta. Fuente: Elaboración propia	64
39.	Descubrimientos acumulados caso con delta. Fuente: Elaboración propia	65
40.	Gasto en exploración caso con delta. Fuente: Elaboración propia	65
41.	Precio caso con delta. Fuente: Elaboración propia	66
42.	Proyección producción. Fuente: Elaboración propia	68
43.	Proyección reservas. Fuente: Elaboración propia	68
44.	Proyección descubrimientos acumulados. Fuente: Elaboración propia	69
45.	Proyección gasto en exploración. Fuente: Elaboración propia	69
46.	Proyección Precio. Fuente: Elaboración propia	70
47.	Fuente: Elaboración propia	73
48.	Fuente: Elaboración propia	74