

# Tabla de contenido

Tabla de contenido .....	v
Índice de Tablas .....	viii
Índice de Figuras .....	x
Capítulo 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Alcances .....	2
1.3. Estructura de trabajo .....	3
Capítulo 2 .....	4
2. Antecedentes .....	4
2.1. Planificación minera en minas a cielo abierto .....	4
2.1.1. Horizontes de planificación .....	5
2.1.2. Metodología tradicional .....	6
2.2. Programación lineal .....	9
2.2.1. Branch and Cut .....	10
2.3. Programación lineal en minería a cielo abierto .....	10
2.3.1. Formulación general MILP del problema OPMPSP .....	12
2.3.2. Enfoques para resolver OPMPSP desde la programación lineal entera mixta.....	17
2.3.3. Modelamiento de stockpiles y mezcla.....	19
2.3.4. Incorporación de opciones de expansión.....	21
2.3.5. Selección y compra de equipos .....	26
2.3.6. Modelo multiobjetivo jerarquizado.....	27
2.4. Aporte de la memoria .....	32
Capítulo 3 .....	34
3. Metodología .....	34
3.1. Planteamiento del modelo matemático.....	34

3.2.	Implementación en Python .....	36
3.3.	Caso de estudio.....	38
Capítulo 4	.....	39
4.	Modelo matemático .....	39
4.1.	Conjuntos, variables y parámetros .....	39
4.2.	Función objetivo.....	44
4.3.	Restricciones .....	47
Capítulo 5	.....	59
5.	Caso de estudio .....	59
5.1.	Descripción de caso de estudio.....	59
5.2.	Descripción de escenarios.....	64
5.3.	Análisis de resultados de escenarios.....	67
5.3.1.	Escenario con una capacidad planta sin stockpiles .....	67
5.3.2.	Escenario con una capacidad planta con stockpiles .....	68
5.3.3.	Escenario con una expansión de capacidad planta sin stockpiles .....	74
5.3.4.	Escenario con una expansión de capacidad planta con stockpiles .....	74
5.3.5.	Escenario con una expansión de capacidad planta con stockpiles, optimización simple .....	80
5.3.6.	Escenario con una expansión de capacidad planta con stockpiles, optimización jerárquica.....	82
5.3.7.	Resumen.....	85
Capítulo 6	.....	91
6.	Conclusiones y trabajo futuro.....	91
Capítulo 7	.....	94
7.	Bibliografía .....	94
Capítulo 8	.....	99
8.	Anexos .....	99
8.1.	Anexo A: Modelo de costos mina y planta.....	99
8.2.	Anexo B: Regla de Taylor .....	101
8.3.	Anexo C: Hill of Value.....	101
8.4.	Anexo D: Costo capital de los camiones .....	102
8.5.	Anexo E: Resultados escenario con una capacidad planta sin stockpiles.....	107

8.6.	Anexo F: Resultados escenario con una expansión planta sin stockpiles.....	108
8.7.	Anexo G: Resultados escenario con una expansión planta con stockpiles, optimización simple.....	109
8.8.	Anexo H: Resultados escenario con una expansión planta con stockpiles, optimización jerárquica .....	121
8.9.	Anexo I: Corrección a posteriori ley stockpiles .....	130
8.10.	Anexo J: Parámetros Gurobi .....	132