

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Motivación del trabajo.....	2
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Alcances.....	3
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	Minera Escondida Ltda.....	4
2.1.1	Superintendencia de Planificación a Largo Plazo.....	5
2.1.2	Años y fases prioritarias a simular con tecnología autónoma.....	6
2.2	Simulación de procesos.....	7
2.2.1	Conceptos de simulaciones.....	7
2.2.2	Modelo de simulación de eventos discretos.....	8
2.2.3	Ventajas y desventajas del uso de simulaciones.....	8
2.2.4	Elementos clave para el éxito del uso de simulaciones.....	8
2.3	Delphos Open Pit Simulator.....	9
2.3.1	Layout de la mina.....	9
2.3.2	Flota de equipos de carguío y transporte.....	10
2.3.3	Plan de extracción.....	10
2.3.4	Reportes.....	11
2.4	Modelo de clasificación de horas.....	11
2.4.1	Índices operacionales.....	12
2.5	Automatización y control de procesos.....	14
2.5.1	Fuerzas impulsoras de la automatización en minería.....	14
2.5.2	Camiones autónomos.....	14
2.5.3	Simulaciones y experiencia previa en operaciones con flotas de equipos de transporte autónomos.....	25
2.6	Estudio conceptual de la implementación de un sistema de camiones autónomos en distrito Minera Escondida.....	31
2.6.1	Análisis conceptual técnico.....	31
2.6.2	Análisis económico.....	36
3	METODOLOGÍA.....	39
3.1	Actualización de topografía y trazado de rutas.....	39
3.2	Plan de producción.....	39

3.3	Modelamiento usando <i>software</i> de simulación.....	39
3.4	Simulaciones.....	40
3.5	Análisis de resultados	40
4	CASO DE ESTUDIO.....	41
4.1	Casos a simular	41
4.2	Plan de producción.....	41
4.3	Rendimiento de chancadores	41
4.4	Equipos de carguío.....	42
4.5	Equipos de transporte manuales.....	42
4.5.1	Tiempos fijos de actividades y <i>matching</i> entre palas y camiones manuales	43
4.6	Equipos de transporte autónomos	44
4.6.1	Tiempos fijos de actividades y <i>matching</i> entre palas y camiones autónomos.....	45
4.7	<i>Layout</i> de la faena	46
5	RESULTADOS Y ANÁLISIS	49
5.1	Casos base.....	49
5.1.1	FY 2024	49
5.1.2	FY 2025	53
5.1.3	FY 2026.....	57
5.1.4	FY 2027	61
5.1.5	FY 2028.....	65
5.2	Casos con proyecto	69
5.2.1	FY 2024 – Escondida Norte en operación de manera autónoma	70
5.2.2	FY 2025 – Escondida Norte en operación de manera autónoma	75
5.2.3	FY 2026 – EN y fases P11 y N18 de Escondida en operación de manera autónoma 78	
5.2.4	FY 2026 – EN y fase S4 de Escondida en operación de manera autónoma.....	83
5.2.5	FY 2027 – EN y fases P11, P11s y N18 de Escondida en operación de manera autónoma	87
5.2.6	FY 2027 – EN y fases S4 y N17 de Escondida en operación de manera autónoma	92
5.2.7	FY 2028 – EN y fases P11s y N18 de Escondida en operación de manera autónoma 96	
5.2.8	FY 2028 – EN y fases S4 y N17 de Escondida en operación de manera autónoma 100	
5.2.9	FY 2028 – EN y Escondida (2 sistemas) en operación de manera full autónoma	104
6	DISCUSIÓN.....	107
6.1	Casos base.....	107

6.2	Casos con proyecto	108
6.2.1	Escondida Norte	108
6.2.2	Escondida	110
7	CONCLUSIÓN	115
8	BIBLIOGRAFÍA	118
9	ANEXOS	120
9.1	Modelo de simulación (Tesis Doctoral de Juliana Parreira, 2013).....	120
9.1.1	Layout de la mina	122
9.2	Parámetros ingresados al modelo de (Evaluación para análisis económico del impacto de tecnologías autónomas de transporte elaborado por Haultrax)	123
9.3	Parámetros de distribuciones de frecuencia.....	124
9.3.1	Distribución Uniforme.....	124
9.3.2	Distribución Normal	124
9.3.3	Distribución Triangular	124
9.3.4	Distribución Gamma	125
9.3.5	Distribución Weibull	125
9.4	Plan de producción.....	126
9.4.1	FY 2024	126
9.4.2	FY 2025	128
9.4.3	FY 2026.....	130
9.4.4	FY 2027	132
9.4.5	FY 2028	134
9.5	Topografías por año simulado	136
9.5.1	FY 2024	136
9.5.2	FY 2025	137
9.5.3	FY 2026.....	138
9.5.4	FY 2027	139
9.5.5	FY 2028.....	140
9.6	Rutas por año simulado.....	141
9.6.1	Casos Base	141
9.6.2	Casos con proyecto.....	146
9.7	Tiempos de ciclo	155
9.7.1	Casos Base	155
9.7.2	Casos con proyecto.....	160
9.8	Análisis exploratorio de cantidad de camiones adicionales requeridos para alcanzar la producción del caso base	169

9.8.1	FY 2024 – Escondida Norte en operación de manera autónoma	169
9.8.2	FY 2025 – Escondida Norte en operación de manera autónoma	170
9.8.3	FY 2026 – EN y fases P11 y N18 de Escondida en operación de manera autónoma 171	
9.8.4	FY 2026 – EN y fase S4 de Escondida en operación de manera autónoma.....	172
9.8.5	FY 2027 – EN y fases P11, P11s y N18 de Escondida en operación de manera autónoma	173
9.8.6	FY 2027 – EN y fases S4 y N17 de Escondida en operación de manera autónoma 174	
9.8.7	FY 2028 – EN y fases P11s y N18 de Escondida en operación de manera autónoma 175	
9.8.8	FY 2028 – EN y fases S4 y N17 de Escondida en operación de manera autónoma 176	
9.8.9	FY 2028 – EN y Escondida (2 sistemas) en operación de manera full autónoma	177