

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	OBJETIVOS Y ALCANCES.....	11
3.	ANTECEDENTES GENERALES DE LA FAENA.....	13
4.	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	25
4.1.	Logística de una Operación Minera Subterránea.....	25
4.2.	Centros de Distribución y Abastecimiento.....	26
4.3.	Tráfico en los Principales Túneles de Accesos de una Operación.....	27
4.4.	Simulación de Eventos Discretos Aplicados a la Minería.....	28
4.5.	Simulación de Tráfico aplicado a la Minería.....	30
4.6.	Software de Simulación DSim Subterráneo.....	31
4.7.	Variables Aleatorias y Distribuciones de Probabilidad.....	34
4.8.	Teorías de Colas o Líneas de Espera.....	35
4.9.	Indicadores de Desempeño Logístico y Control de Gestión.....	37
4.10.	Normativa General de Tráfico Túnel de Acceso.....	39
5.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	41
5.1.	Logística de Transporte de Personal.....	41
5.2.	Logística Abastecimiento de Suministros e Insumos.....	43
6.	VARIABLES INFLUYENTES DEL SISTEMA.....	46
7.	MODELO DE SIMULACIÓN.....	53
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	64
8.1.	Logística de Personal.....	64
8.1.1.	Tiempo de Esperas Promedio Control de Acceso.....	65
8.1.2.	Capacidad de Flujo Túnel de Acceso Principal.....	68
8.1.3.	Capacidad de Ingreso de Personal.....	70
8.1.4.	Utilización del Túnel de Acceso.....	71
8.1.5.	Tiempos de Viaje - Control de Acceso Manual Ingreso Mina (CM).....	72
8.1.6.	Tiempos de Viaje - Control de Acceso Automatizado Ingreso Mina (CA).....	76
8.1.7.	Variación de Producción.....	77
8.2.	Suministro e Insumos.....	82
8.2.1.	Diagnóstico Inicial de la Operación.....	82
8.2.2.	Factor Multiplicativo de Viajes.....	85
8.2.3.	Desafíos de la Logística en la Industria.....	86
8.2.4.	Abastecimientos y Desarrollo de Proveedores.....	88

8.2.5.	Administración y Gestión de Contratos.....	90
8.2.6.	Oportunidades de Mejora en la Logística de Suministros.....	92
8.3.	Limitantes y Oportunidades de Mejora.....	94
9.	CONCLUSIONES.....	96
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	98
11.	ANEXOS.....	100

Índice de Ecuaciones

Ecuación 5.1. Factor de utilización del túnel de acceso.	35
Ecuación 5.2. Probabilidad que existan “n” vehículos en el sistema.	35
Ecuación 5.3. Número medio de vehículos en el sistema.	35
Ecuación 5.4. Tiempo medio de espera de los vehículos en el sistema.	36

Índice de Figuras

Figura 3.1. Layout general de la faena.	14
Figura 3.2. Ciclo proyectado abastecimiento suministros interior mina.	15
Figura 3.3. Ciclo proyectado transporte de personas interior mina.	15
Figura 3.4. Consumo hormigón - Plan minero 140,000 [tpd].	16
Figura 3.5. Consumo shotcrete - Plan minero 140,000 [tpd].	17
Figura 3.6. Consumo acero - Plan minero 140,000 [tpd].	18
Figura 3.7. Consumo de emulsión - Plan minero 140,000 [tpd].	19
Figura 3.8. Consumo de Anfo, dinamita - Plan minero 140,000 [tpd].	19
Figura 3.9. Consumo de accesorios de tronadura - Plan minero 140,000 [tpd].	20
Figura 3.10. Representación esquemática buses de traslado de personal.	21
Figura 4.1. Interfaz de visualización DSim Subterráneo.	33
Figura 5.1. Metodología de trabajo establecida para el estudio.	42
Figura 5.2. Metodología de trabajo para estudio de suministros.	43
Figura 6.1. Layout general mina caso de estudio.	46
Figura 6.2. Ubicaciones de los paraderos considerados para transporte de personal.	47
Figura 6.3. Capacidad de flujo del túnel de acceso principal.	48
Figura 6.4. Cantidad de equipos presentes en el sistema.	49
Figura 6.5. velocidad de transporte de los buses a lo largo del túnel de acceso.	50
Figura 6.6. Elementos que originan tiempos de espera a lo largo del recorrido.	51
Figura 6.7. interacción de variables en un único sistema integrado.	52
Figura 7.1. Etapas para la construcción del modelo de simulación.	54
Figura 7.2. Modelo conceptual simulación de transporte de personas.	56
Figura 7.3. Trayecto considerado para la validación.	60
Figura 7.4. Gráfico de distancias a los paraderos del barrio cívico norte.	60
Figura 7.5. Gráfico de tiempos de viaje interior mina (escenario 1).	62
Figura 7.6. Gráfico de tiempos de viaje interior mina (escenario 2).	63
Figura 8.1. Ubicación control de acceso para ingreso de personal al interior mina.	64
Figura 8.2. Gráfico tiempo esperas promedio (sensibilidad tiempo atención control).	65
Figura 8.3. Gráfico magnitud tiempo atención en el control de acceso.	66
Figura 8.4. Gráfico tiempo esperas promedio (sensibilidad número de equipos).	67
Figura 8.5. Gráfico tiempo esperas promedio (capacidad de pasajeros).	68

Figura 8.6. Gráfico capacidad de flujo túnel de acceso principal.....	68
Figura 8.7. Gráfico capacidad de flujo túnel de acceso (diferentes tiempos de control).....	69
Figura 8.8. Gráfico capacidad de ingreso de personal (diferentes tiempos de control).	70
Figura 8.9. Gráfico utilización del túnel de acceso.	71
Figura 8.10. Gráfico utilización del túnel de acceso (flota de buses).....	72
Figura 8.11. Gráfico tiempos de llegada a paraderos interior mina (CM).....	73
Figura 8.12. Gráfico componentes del tiempo de ciclo promedio (CM).....	74
Figura 8.13. Tiempo de viaje a paraderos interiores (sensibilidad velocidades) - CM.	75
Figura 8.14. Gráfico tiempos de llegada a paraderos interior mina (CA).	76
Figura 8.15. Gráfico componentes del tiempo de ciclo promedio (CA).	77
Figura 8.16. Gráfico desglose estimación de tiempo en turno de 8 h.....	78
Figura 8.17. Gráfico efectos en la productividad según tiempo atención control acceso.	78
Figura 8.18. Gráfico efectos en la producción según cantidad de vehículos (CM).....	79
Figura 8.19. Gráfico efectos en la producción según velocidad máxima (CM).	80
Figura 8.20. Gráfico efectos de las horas efectivas de trabajo en la productividad.	81
Figura 8.21. Gráfico efectos de la productividad en la producción.....	81
Figura 8.22. Diagrama ilustrativo para la logística de suministros.	83
Figura 8.23. Interfaz de visualización simulación transporte de cargas peligrosas.....	84
Figura 8.24. Diagrama esquemático de flujo para transporte de explosivo.	87
Figura 8.25. Diagrama esquemático de flujo para transporte de hormigón.	89
Figura 8.26. Gráfico eficiencia del tamaño del camión y la productividad mensual	94
Figura 11.1. Esquema general infraestructura interior mina.	100
Figura 11.2. Esquema nivel de producción, transporte y ventilación.....	100

Índice de Tablas

Tabla 3.1. Dotación por Turno para el año 2028.....	21
Tabla 3.2. Requerimientos de traslado de vehículos menores.....	22
Tabla 3.3. Vehículos requeridos para el transporte de RISES.	23
Tabla 4.1. Resumen comparativo sobre el potencial de ambas herramientas.	32
Tabla 4.2. Variables aleatorias generadas en la simulación.	33
Tabla 4.3. Variables aleatorias generadas en la simulación.	34
Tabla 6.1. Tiempos de esperas ingreso túnel de acceso.	52
Tabla 7.1. Variables aleatorias generadas en la simulación.	57
Tabla 7.2. Distancia trayecto terminal superficie - paradero interior.	61
Tabla 8.1. Componentes del tiempo de ciclo equipos de transporte.	64
Tabla 8.2. Requerimientos de traslados diarios para personal e insumos.	82
Tabla 11.1. Componentes principales script de simulación.	101