

# Tabla de contenido

Resumen .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
Índice de figuras .....	vi
Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis .....	2
1.4. Estructura de la Tesis.....	2
Capítulo 2: Revisión bibliográfica .....	3
2.1. El proceso extractivo mediante máquinas LHD .....	3
2.1.1. Tipos de minería subterránea.....	3
2.1.2. Organización y estructuración de tareas.....	4
2.1.3. Automatización y desafíos operacionales .....	6
2.2. Navegación autónoma de LHD.....	7
2.2.1. Mapas y representación del entorno.....	7
2.2.2. Localización.....	8
2.2.3. Planificación de trayectorias.....	8
2.2.4. Navegación deliberativa y reactiva.....	9
2.2.5. Sistemas comerciales de navegación subterránea .....	10
2.3. Carga autónoma con LHD .....	11
2.3.1. Materiales granulares.....	11
2.3.2. Caracterización del material apilado .....	12
2.3.3. Excavación autónoma.....	13
2.3.4. Patentes.....	14
2.4. Esquemas de operación integrados .....	16
2.4.1. Planificación de la integración .....	16
2.4.2. Métodos de integración .....	16
2.4.3. Buenas prácticas .....	17
2.5. Robot Operating System (ROS) .....	18

Capítulo 3: Metodología y lineamientos de desarrollo.....	19
3.1. Infraestructura y equipos .....	19
3.1.1. Prototipo de laboratorio.....	19
3.1.2. Pruebas a escala real.....	22
3.2. Entrevista y obtención de conocimiento experto.....	23
3.3. Carga autónoma .....	25
3.4. Modelo de integración .....	26
Capítulo 4: Propuesta de modelo de integración.....	27
Capítulo 5: Implementación carga autónoma.....	30
5.1. Modelo conceptual.....	30
5.2. Análisis de excavación con operador humano.....	30
5.3. Algoritmo de excavación autónoma .....	34
5.4. Programación de software.....	37
5.4.1. Software prototipo de laboratorio.....	37
5.4.2. Software máquina escala real .....	37
5.4.3. Software común.....	38
Capítulo 6: Pruebas, resultados y análisis .....	42
6.1. Definición de métricas .....	42
6.2. Pruebas prototipo de laboratorio.....	43
6.3. Pruebas LHD real.....	48
6.3.1. Cargas autónomas en <i>stockpile</i> .....	48
6.3.2. Cargas autónomas en caserón.....	52
Capítulo 7: Conclusiones.....	56
Bibliografía.....	57