

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Alcances.....	2
2. MARCO TEORICO	4
2.1. Elementos básicos en el diseño de una mina a cielo abierto	4
2.1.1. Banco.....	4
2.1.2. Angulo global del talud.....	5
2.1.3. Angulo interrampa	5
2.1.4. Angulo cara de banco.....	5
2.1.5. Ancho de berma	5
2.1.6. Altura de Banco.....	5
2.2. Rampa.....	5
2.2.1. Ancho de rampa	6
2.2.2. Sentido del camino.....	7
2.2.3. Switchback	7
2.3. Algoritmo de Lerchs & Grossman.....	7
2.3.1. Pit Final y Beneficio Económico	8
2.3.2. Valor Actual Neto (VAN).....	8
2.4. Maching Learning	8
2.5. Redes neuronales artificiales	9
2.6. Redes Neuronales de Base Radial	11
2.7. Arreglo Ortogonal	13
2.7.1. Diseño ortogonal	14
2.8. Medición del error de pronóstico.....	14
2.8.1. Error absoluto.....	14
2.8.2. MAPE.....	15
2.8.3. RMSE.....	15
3. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Procedimientos.....	16

3.2. Recursos utilizados	17
3.2.1. Maptex Vulcan	17
3.2.2. IBM SPSS Statistics	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1. Base de Datos	19
4.2. Diseño Ortogonal	21
4.3. Diseño de escenarios	24
4.4. Modelo de Red Neuronal de Base Radial	29
4.4.1. Variables de entrenamiento	30
4.4.2. Entrenamiento 36 Casos	31
4.4.3. Entrenamiento 72 Casos	33
4.4.4. Entrenamiento 108 Casos	36
4.5. Modelo de predicción de diseño	38
4.6. Validación de Modelos	41
4.7. Evaluación método predictivo de mejor y peor caso	44
4.8. Logros del modelo	45
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. Conclusiones	47
5.2. Recomendaciones	48
REFERENCIAS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes geométricos del talud minero.....	4
Figura 2: Elementos de una rampa.....	6
Figura 3 Esquema de las Redes Neuronales.....	10
Figura 4 Esquema de una Red Neuronal de Base Radial.....	11
Figura 5 Representación de las neuronas ocultas en la red RBF	12
Figura 6 Vista en planta del pit optimo	20
Ilustración 7 Vista isométrica del caso número 12 del plan ortogonal	25
Figura 8 Comparación entre los diseños del pit 21 (rojo) y 28 (verde)	28
Figura 9 Grafico beneficio vs tonelaje	29
Figura 10 Casos reservados de la variable beneficio, diferencia entre casos reales y predichos, y error respectivo.	32
Figura 11 Grafico de barras de la cantidad de casos por respectivo error	34
Figura 12 Casos reservados de la variable beneficio, diferencia entre casos reales y predichos, y error respectivo	35
Figura 13 Grafico de dispersión de los errores absolutos para las 3 variables estudiadas... ..	35
Figura 14 Casos reservados de la variable beneficio, diferencia entre casos reales y predichos, y error respectivo.	38
Figura 15 Vista en planta del mejor y peor modelos de Marvin.....	41
Figura 16 Grafico de dispersión variable beneficio.	42
Figura 17 Grafico de dispersión variable finos de Cu.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros Pit Optimiser de Vulcan	19
Tabla 2 Recursos pit óptimos	20
Tabla 3 Resumen de los factores que inciden en el diseño ortogonal.....	22
Tabla 4 Diseño ortogonal	23
Tabla 5 Parámetros de diseño.....	24
Tabla 6 Resultados de 36 diseños realizados	25
Tabla 7 Selección de casos con mayor y menor beneficio.....	27
Tabla 8 Resumen variables afectan el entrenamiento de la red neuronal	30
Tabla 9 Partición de casos para entrenamiento de red neuronal	31
Tabla 10 Resumen modelo 36 casos	31
Tabla 11 Partición de casos para entrenamiento de red neuronal	33
Tabla 12 Resumen modelo 72 casos	34
Tabla 13 Partición de datos para el entrenamiento de la red neuronal.....	36
Tabla 14 Resumen modelo 108 casos	36
Tabla 15 Configuración de diseño para el mejor escenario..	39
Tabla 16 Configuración de diseño para el escenario.....	39
Tabla 17 Resumen del modelo de predicción para mejor y peor escenario.....	40
Tabla 18 Comparación modelos.....	42
Tabla 19 Cinco peores escenarios del modelo predictivo.	44
Tabla 20 Importancia variables independientes	45