
ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	2
1.2	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4	OBJETIVOS.....	5
1.4.1	<i>Objetivo General</i>	5
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	5
1.5	ALCANCES	5
1.6	METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	7
2	DESARROLLO DEL TEMA	8
2.1	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1	<i>Diseño de Minas a Cielo Abierto</i>	8
2.1.2	<i>Algoritmo Lerch & Grossman</i>	9
2.1.3	<i>Principales componentes de la geometría del talud</i>	10
2.1.4	<i>Inteligencia artificial (IA)</i>	15
2.1.5	<i>Redes Neuronales</i>	15
2.1.6	<i>Redes Neuronales de Perceptrón Multicapa</i>	17
2.1.7	<i>Entrenamiento</i>	20
2.1.8	<i>Software</i>	20
2.1.9	<i>Arreglo ortogonal</i>	21
2.1.10	<i>Medición del error de pronóstico</i>	23
2.1.11	<i>Trabajos Anteriores</i>	25
2.2	METODOLOGÍA.....	27
2.3	RESULTADOS.....	29
2.3.1	<i>Base de datos</i>	29
2.3.2	<i>Arreglo ortogonal</i>	33
2.3.3	<i>Diseño de los escenarios</i>	37
2.3.4	<i>Estructura de la Red neuronal de Perceptrón Multicapa (RNPM)</i>	42
2.3.5	<i>Entrenamiento de red neuronal con distintos escenarios de datos</i>	43
2.3.6	<i>Resultado del entrenamiento de 36, 74, 110 y 180 casos</i>	43
2.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRONÓSTICO	50
2.5	RESULTADOS MEMORIA RICARDO MORENO Y RONALD GONZÁLEZ.....	56

3	CONCLUSIONES	61
4	REFERENCIAS	64
5	APÉNDICES	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CANTIDAD DE CASOS GENERALES Y DE ARREGLOS GENERADOS A PARTIR DE FACTORES CON DOS NIVELES.....	22
TABLA 2.2 COMPARACIÓN MODELOS MEMORIA RICARDO MORENO	25
TABLA 2.3 COMPARACIÓN MODELOS MEMORIA RONALD GONZÁLEZ	26
TABLA 2.4 VARIABLES DE LA BASE DE DATOS UTILIZADAS	29
TABLA 2.5 VALORES INGRESADOS A PIT OPTIMIZER.....	30
TABLA 2.6 ESCENARIOS DE PRECIOS EN PIT OPTIMIZER.....	31
TABLA 2.7 PIT ÓPTIMO	32
TABLA 2.8 FACTORES Y NIVELES PRINCIPALES DE UN RAJO	33
TABLA 2.9 DISEÑO FACTORIAL DE 36 ESCENARIOS.....	35
TABLA 2.10 NOMENCLATURA DE VARIABLES DE DISEÑO DE UN RAJO	36
TABLA 2.11 RESULTADO VARIABLES PTI ÓPTIMO SELECCIONADO	38
TABLA 2.12 VARIABLES DE DISEÑO DE UN PIT.....	38
TABLA 2.13 ESCENARIOS CON MEJORES Y PEORES RETORNOS ECONÓMICOS.....	39
TABLA 2.14 DISEÑO ORTOGONAL DE LOS MEJORES Y PEORES ESCENARIOS.....	41
TABLA 2.15 ARQUITECTURA DE LA RED NEURONAL	42
TABLA 2.16 VARIABLES DE ENTRENAMIENTO DEL PERCEPTRÓN MULTICAPA.	43
TABLA 2.17 PARTICIÓN DE LOS DATOS, CASO 1.....	44
TABLA 2.18 PREDICCIÓN CASO 1.	44
TABLA 2.19 PARTICIÓN CASO 2.....	45
TABLA 2.20 PREDICCIONES CASO 2.....	46
TABLA 2.21 PARTICIÓN CASO 3.....	47
TABLA 2.22 PREDICCIONES CASO 3.....	47
TABLA 2.23 PARTICIÓN CASO 4.....	49
TABLA 2.24 PREDICCIONES CASO 4.....	49
TABLA 2.25 MEDICIONES DE ERROR DE CADA CASO.	50

TABLA 2.26 RANGO DE VALORES DEL BENEFICIO REAL DE CADA CASO.....	55
TABLA 2.27 RESULTADOS MEMORIA REALIZADA POR RONALD GONZÁLEZ.	57
TABLA 2.28 RESULTADOS PREDICCIÓN 108 ESCENARIOS.	57
TABLA 2.29 RESULTADOS MEMORIA REALIZADA POR RICARDO.	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2.1 MODELO DE BLOQUES VALORIZADO CON LA TÉCNICA LERCH & GROSSMAN.	10
ILUSTRACIÓN 2.2 GEOMETRÍA TÍPICA DE UN RAJO Y LOS ELEMENTOS RELACIONADOS ENTRE EL ÁNGULO GLOBAL DEL TALUD, ÁNGULO INTER-RAMPA Y LA GEOMETRÍA DE BANCOS.	11
ILUSTRACIÓN 2.3 DISEÑO DE SWITCHBACK EN RAMPA.	14
ILUSTRACIÓN 2.4 SISTEMA GLOBAL DEL PROCESO DE UNA RED NEURONAL.	16
ILUSTRACIÓN 2.5 MODELO DE NEURONA ARTIFICIAL ESTÁNDAR.	17
ILUSTRACIÓN 2.6 ARQUITECTURA DEL PERCEPTRÓN MULTICAPA.....	18
ILUSTRACIÓN 2.7 GRÁFICO PIT BY PIT PARA DEFINIR PIT ÓPTIMO.	31
ILUSTRACIÓN 2.8 LAYER 2 DEL PIT ÓPTIMO SELECCIONADO.	32
ILUSTRACIÓN 2.9 BENEFICIO DE CADA PIT Y SUS LEYES DE AU Y CU.....	40
ILUSTRACIÓN 2.10 DISEÑO EN VULCAN DE UN ESCENARIO.....	42
ILUSTRACIÓN 2.11 RESULTADOS PREDICCIÓN CASO 1.....	45
ILUSTRACIÓN 2.12 RESULTADOS PREDICCIÓN CASO 2.....	46
ILUSTRACIÓN 2.13 RESULTADOS CASO 3.	48
ILUSTRACIÓN 2.14 RESULTADOS CASO 4.	50
ILUSTRACIÓN 2.15 GRÁFICO MEDICIÓN DEL EEM CASO 1.	51
ILUSTRACIÓN 2.16 GRÁFICO MEDICIÓN DEL EEM CASO 2.	52
ILUSTRACIÓN 2.17 GRÁFICO MEDICIÓN DEL EEM CASO 3.	53
ILUSTRACIÓN 2.18 GRÁFICO MEDICIÓN DEL EEM CASO 4.	54
ILUSTRACIÓN 2.19 DISTRIBUCIÓN DE BASE DE DATOS PROPIA Y EXTERNA.	55
ILUSTRACIÓN 2.20 RANGO DE PREDICIONES DE CADA CASO Y SU DIFERENCIA.....	56
ILUSTRACIÓN 2.21 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE REDES NEURONALES.	59
ILUSTRACIÓN 2.22 RESULTADOS DEL MLP CON BASE DE DATOS PROPIA Y BASE DE DATOS COMPLEMENTADA.	60