

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Historia.....	1
1.2. Localización y Accesos .....	1
1.3. Clima, Flora y Fauna.....	1
1.4. Propiedad Minera .....	3
1.5. Geología Regional .....	4
1.6. Geología Local.....	5
1.7. Distrito Minero de Cabildo.....	6
1.8. Minería Actual .....	6
<b>2. Objetivos y alcances .....</b>	<b>10</b>
2.1. Objetivos Generales.....	10
2.2. Objetivos Específicos .....	10
2.3. Alcances.....	11
<b>3. Marco teórico .....</b>	<b>12</b>
3.1. Métodos de Explotación .....	12
3.2. Ritmo de Producción.....	20
3.3. Dimensionamiento de Equipos .....	22
3.4. Ventilación de Minas .....	25
<b>4. DESARROLLO .....</b>	<b>29</b>
4.1. Recursos y Reservas.....	29
4.2. Expansión de la Mina.....	34
4.3. Planta de Procesamiento .....	43
4.4. Infraestructura.....	44
4.5. Estimación de costo de operación.....	48
4.6. Estimación de costo de capital .....	51

4.7.	Implementación del proyecto .....	52
4.8.	Operación .....	54
4.9.	Evaluación Económica .....	56
4.10.	Oportunidades y Riesgos.....	61
	<b>5. Recomendaciones y Futuros Trabajos.....</b>	<b>62</b>
	<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>63</b>
	<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>64</b>
	<b>8. Anexos.....</b>	<b>65</b>
8.1.	Anexo A: Resumen de producción mensual de Mina Rafaela.....	65
8.2.	Anexo B: Información de Sondajes con Leyes de Cobre mayor a 0.5% .....	69
8.3.	Anexo C: Justificación geológica para estructuras tipo veta y mantos .....	73
8.4.	Anexo D: Aplicación de Método de Nicholas para selección de Método de Explotación.....	90
8.5.	Anexo E: Diseño de Método de Explotación.....	92
8.6.	Anexo F: Calculo de Ritmo Óptimo de Producción.....	103
8.7.	Anexo G: Dimensionamiento de Equipos Mina .....	105
8.8.	Anexo H: Selección de Equipos Planta de Procesamiento.....	111
8.9.	Anexo I: Planificación de la Producción.....	115
8.10.	Anexo J: Diagramas de Disparo.....	117
8.11.	Anexo K: Precio del Cobre .....	120
8.12.	Anexo L: Tarifa de Concentrados ENAMI .....	122
8.13.	Anexo M: Tarifa de Minerales Sulfurados de Cobre ENAMI .....	124
8.14.	Anexo N: Costos de Producción .....	126
8.15.	Anexo O: Venta de Mineral v/s Venta de Concentrado .....	134

8.16.	Anexo P: Flujo de Caja.....	136
8.17.	Anexo Q: Permisos Sectoriales .....	137
8.18.	Anexo R: Servidumbre de Ocupación .....	140
8.19.	Anexo S: Acta de Mensura de Pertenencias "Rafaela Uno al Cinco" 141	
8.20.	Anexo T: Calculo de Requerimiento de Ventilación.....	142
8.21.	Anexo U: Circuito de Ventilación para Labores de Shrinkage Stopping 144	
8.22.	Anexo V: Plano de Ubicación de Sondajes recomendados a realizar 145	

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1:	Ubicación Mina Rafaela.....	1
Tabla 2:	Detalle Concesiones mineras .....	3
Tabla 3:	Coordenadas linderos de "Rafaela Uno al Cinco" PSAD 56 .....	3
Tabla 4:	Coordenadas de servidumbre de ocupación PSAD 56 .....	4
Tabla 5:	Producción histórica de Mina Rafaela .....	7
Tabla 6:	Composición de aire puro y seco .....	25
Tabla 7:	Consumo de oxígeno en un individuo .....	25
Tabla 8:	Velocidad de ventilación .....	27
Tabla 9:	Resumen de campaña de sondajes año 2001 (8).....	30
Tabla 10:	Resumen de campaña de sondajes año 2012 (9) .....	31
Tabla 11:	Resumen de campaña de sondajes Externa.....	31
Tabla 12:	Resumen de estimación de recursos.....	33
Tabla 13:	Resumen de dimensionamiento de labores para Room and Pillar..	36
Tabla 14:	Dimensiones caserón de Shrinkage Stopping.....	39
Tabla 15:	Parámetros para cálculo de ritmo de producción.....	40
Tabla 16:	Cálculo de ritmo óptimo de producción con regla de Taylor .....	40

Tabla 17: Cálculo de ritmo óptimo de producción con regla de Mackenzie ....	41
Tabla 18: Cálculo de ritmo óptimo de producción con regla de López-Jimeno .....	41
Tabla 19: Detalle equipos requeridos para perforación y extracción de mineral.....	41
Tabla 20: Resumen de requerimiento de caudal de ventilación para Mina Rafaela.....	42
Tabla 21: Desglose de costo de producción actual y estimado.....	49
Tabla 22 Desglose de estimación de costo de desarrollo para labor de 2,5x2,5m.....	49
Tabla 23: Estimación de Costo de Capital Mina .....	51
Tabla 24: Dotación requerida para trabajo en la mina.....	54
Tabla 25: Dotación requerida para trabajo en la planta .....	55
Tabla 26: Dotación requerida para trabajo administrativo.....	55
Tabla 27: Parámetros utilizados para evaluación económica de caso base....	56
Tabla 28: Estimación de Costo de Capital Planta .....	59
Tabla 29: Estimación costo de operación de planta.....	60
Tabla 30: Detalle de sondajes recomendados a realizar.....	62
Tabla 31: Resumen de producción mensual de Mina Rafaela.....	65
Tabla 32: Resumen de tramos de sondajes con leyes de cobre superior a 0.5%.....	69
Tabla 33: Definición Estructura Tren al Sur 1.....	73
Tabla 34: Definición Estructura Tren al Sur 2.....	75
Tabla 35: Definición Estructura Tren al Sur 3.....	77
Tabla 36: Definición Estructura Galápagos 1 .....	78
Tabla 37: Definición Estructura Galápagos 2 .....	80
Tabla 38: Definición Estructura Galápagos 3 .....	82
Tabla 39: Definición Estructura Fortaleza 1 .....	83
Tabla 40: Definición Estructura Fortaleza 2 .....	85
Tabla 41: Definición Estructura Fortaleza 3 .....	86
Tabla 42: Parámetros de entrada para Método de Nicholas caso Vetas .....	90

Tabla 43: Resultados de aplicación de Método de Nicholas para el caso Vetas .....	90
Tabla 44: Parámetros de entrada para Método de Nicholas caso Mantos .....	91
Tabla 45: Resultados de aplicación de Método de Nicholas para el caso Mantos .....	91
Tabla 46: Resultados de diseño de Room and Pillar .....	94
Tabla 47: Clasificación de roca según RQD .....	96
Tabla 48: Determinación de coeficiente JN .....	96
Tabla 49: Determinación del coeficiente JR.....	96
Tabla 50: Determinación del coeficiente JA.....	97
Tabla 51: Cálculo de Q' .....	99
Tabla 52: Factores de ajuste para cálculo de N' .....	99
Tabla 53: Dimensiones proyectada de labores.....	100
Tabla 54: Valores de radio hidráulico y N' .....	100
Tabla 55: Costos utilizados para cálculo de VAN v/s Ritmo de producción....	103
Tabla 56: Estimación de ley de corte .....	103
Tabla 57: Relación entre ritmo mina y VAN .....	104
Tabla 58: Características Jumbo Sandvik DD2711 .....	105
Tabla 59: Características de frente de perforación para Room and Pillar .....	106
Tabla 60: Rendimiento y número de jumbos requeridos .....	106
Tabla 61: Características perforadora YT-27 .....	107
Tabla 62: Tiempo de perforación con maquina YT-27 .....	107
Tabla 63: Producción con máquina perforadora YT-27.....	107
Tabla 64: Características LHD Toro 007 .....	108
Tabla 65: Dimensionamiento de equipos LHD .....	109
Tabla 66: Características Dumper 16TD.....	109
Tabla 67: Dimensionamiento de equipos Dumper .....	110
Tabla 68: Rendimiento Dumper .....	110
Tabla 69: Características buzón de acopio de mineral de alimentación de Chancado Primario .....	111
Tabla 70: Características de Chancador primario.....	111

Tabla 71: Características de buzón de acopio de mineral para chancado secundario .....	111
Tabla 72: Características de chancador secundario.....	111
Tabla 73: Características de harnero vibratorio primario .....	112
Tabla 74: Características chancador terciario.....	112
Tabla 75: Características de harnero vibratorio secundario.....	112
Tabla 76: Características molino de boas principal.....	112
Tabla 77: Características de hidrociclones.....	113
Tabla 78: Características de molino de bolas de remolienda .....	113
Tabla 79: Características de acondicionador.....	113
Tabla 80: Características de celda de flotación .....	114
Tabla 81: Dimensiones y tonelaje de cada caserón de Shrinkage Stopping....	115
Tabla 82: Requerimiento de desarrollo previo a explotación de caserón .....	115
Tabla 83: Secuencia de desarrollos para la preparación de caserón de Shrinkage Stopping.....	116
Tabla 84: Equivalencia de explosivos a Amongaletina al 60% medida en gramos (10).....	118
Tabla 85: Gasto de explosivo para diferentes largos de perforación .....	118
Tabla 86: Rendimientos esperados de tronadura.....	119
Tabla 87: Resumen de costo de producción Mina Rafaela año 2019 expresado en USD/Ton.....	127
Tabla 88: Resumen de costo de producción Mina Rafaela año 2020 expresado en USD/Ton.....	128
Tabla 89: Parámetros para análisis de opciones de venta .....	134
Tabla 90: Evaluación Económica caso Venta de Mineral ROM.....	135
Tabla 91: Flujo de caja de proyecto de expansión Mina Rafaela.....	136
Tabla 92: Permisos Sectoriales por Organismo.....	137
Tabla 93: Requerimiento de ventilación por utilización de equipos con motor de combustión interna.....	142
Tabla 94: Requerimiento de ventilación por respiración humana.....	142
Tabla 95: Requerimiento de ventilación por producción .....	143

Tabla 96: Requerimiento de ventilación por consumo de explosivos .....	143
--	-----

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Climograma Cabildo (2) .....	2
Figura 2: Diagrama de temperatura de Cabildo (2) .....	3
Figura 3: Columna estratigráfica de Formación Lo Prado (3).....	5
Figura 4: Gráfico de producción histórica de Mina Rafaela .....	8
Figura 5: Gráfico de producción histórica de finos Mina Rafaela.....	8
Figura 6: Plano de principales labores en Mina Rafaela .....	9
Figura 7: Gráfico de Sistema de Clasificación de Morrison .....	13
Figura 8: Diagrama de flujo de Sistema de Clasificación de Hartman.....	14
Figura 9: Layout típico de caserón de Shrinkage Stopping (7).....	16
Figura 10: Layout típico de Room and Pillar (7) .....	18
Figura 11: Sección Este-Oeste de calles de Room and Pillar con rumbo Norte-Sur.....	35
Figura 12: Disposición en planta y parámetros de diseño Room and Pillar ....	36
Figura 13: Sección transversal de caserón de Shrinkage Stopping .....	37
Figura 14: Sección longitudinal de caserón de Shrinkage Stopping .....	38
Figura 15 Vista en planta caserón Shrinkage Stopping .....	39
Figura 16: Secuencia de explotación de Shrinkage Stopping .....	40
Figura 17: Diagrama en bloque de procesos.....	43
Figura 18: Estructura organizacional Mina Rafaela.....	54
Figura 19: Sensibilidad del VAN a la variación de la ley de Mineral .....	57
Figura 20: Sensibilidad del VAN a la variación de la Recuperación Metalúrgica .....	57
Figura 21: Sensibilidad del VAN a la variación del Precio del Cobre .....	58
Figura 22 Sensibilidad del VAN al Ritmo de Explotación .....	58
Figura 23: Estructura Tren al Sur 1 .....	73
Figura 24: Estructura Tren al Sur 2 .....	76
Figura 25: Estructura Tren al Sur 3 .....	77

Figura 26: Estructura Galápago 1 .....	78
Figura 27: Estructura Galápagos 2.....	81
Figura 28: Estructura Galápago 3.....	82
Figura 29: Estructura Fortaleza 1 .....	84
Figura 30: Estructura Fortaleza 2 .....	85
Figura 31: Estructura Fortaleza 3 .....	86
Figura 32: Mantos mineralizados asociados a vetas 1 y 6, vista al Norte.....	87
Figura 33: Mantos mineralizados asociados a vetas 2, 3 y 4, vista al Norte .	87
Figura 34: Manto mineralizado asociado a veta 5, vista al Norte .....	88
Figura 35: Manto mineralizado asociado a veta 7, vista al Norte .....	88
Figura 36: Mantos mineralizados asociados a vetas 8 y 9, vista al Norte.....	89
Figura 37: Disposición y parámetros de diseño Room and Pillar.....	92
Figura 38: Gráfico para obtención de factor A.....	97
Figura 39: Gráfico para obtención de factor B.....	98
Figura 40: Gráfico para obtención de factor C .....	98
Figura 41: Gráfico de estabilidad para diseño de caserón de Shrinkage Stoping.....	100
Figura 42: Secuencia construcción desarrollos para Shrinkage Stoping-Parte 1 .....	101
Figura 43: Secuencia construcción desarrollos para Shrinkage Stoping-Parte 2 .....	101
Figura 44: Secuencia construcción desarrollos para Shrinkage Stoping-Parte 3.....	102
Figura 45: Secuencia construcción desarrollos para Shrinkage Stoping-Parte 4.....	102
Figura 46: Gráfico de Ritmo mina v/s VAN.....	104
Figura 47: Vista de equipo jumbo Sandvik DD2711 .....	105
Figura 48: Perforadora YT-27.....	106
Figura 49: Equipo LHD Sandvik LH410 .....	108
Figura 50: Equipo dumper 16TD .....	109
Figura 51: Diagrama de disparo sección 3,5[m]x3,5[m], vista frontal.....	117



Figura 52: Diagrama de disparo sección 3,5[m]x3,5[m], vista en planta .....	117
Figura 53: Diagrama de disparo sección 3,5[m]x3,5[m], vista perfil .....	118
Figura 54: Evolución del precio del cobre .....	120
Figura 55: Gráfico de distribución de costos de producción Mina Rafaela año 2019.....	126
Figura 56: Gráfico de distribución de costos de producción Mina Rafaela año 2020.....	129
Figura 57: Gráfico relación entre costo de producción y producción en Mina Rafaela años 2019 y 2020. ....	130
Figura 58: Gráfico de costo de producción v/s producción desde enero 2019 a diciembre 2020.....	131
Figura 59: Gráfico de consumo de petróleo v/s producción desde enero 2020 a diciembre 2020. ....	131
Figura 60: Gráfico de consumo de explosivo v/s producción desde enero 2020 a diciembre 2020. ....	132
Figura 61: Gráfico de costo de mano de obra v/s producción desde enero 2020 a diciembre 2020. ....	132
Figura 62: Gráfico de productividad v/s costo producción desde enero 2019 a diciembre 2020.....	133
Figura 63: Carátula de sentencia de Servidumbre de Ocupación .....	140
Figura 64: Circuito de Ventilación para labores de Shrinkage Stoping .....	144
Figura 65: Ubicación de sondajes recomendados a realizar .....	145