

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	2
1.1.1 Objetivos Específicos .....	2
<b>1.2 Alcances</b> .....	2
<b>2. Metodología</b> .....	3
<b>3. Antecedentes</b> .....	5
3.1 Minera Centinela .....	7
<b>4. Marco Teórico</b> .....	10
4.1 Operaciones Mineras .....	10
4.2 ASARCO.....	13
4.3 Depreciación .....	14
<b>5. Análisis y Resultados</b> .....	16
5.1 Análisis de Equipos.....	17
5.1.1 Perforación.....	17
5.1.1.1. Perforadora Epiroc DMM3.....	19
5.1.1.2. Perforadora Epiroc DM45.....	21
5.1.1.3 Perforadora Epiroc Pit Viper 351 .....	23
5.1.1.4 Perforadora Epiroc Pit Viper 271 .....	25
5.1.1.5 Perforadora Atlas Coppco Roc L8.....	27
5.1.1.6 Perforadora Sandvik DR560 .....	29
5.1.2 Carguío.....	30
5.1.2.1. Pala Eléctrica P&H 4100 XPC.....	32
5.1.2.2. Excavadora Hidráulica KOMATSU PC5500.....	33
5.1.2.3. Excavadora Hidráulica KOMATSU PC8000.....	34
5.1.2.4. Cargador Frontal P&H L2350.....	37
5.1.2.5. Cargador Frontal CATERPILLAR 994K .....	38
5.1.2.6. Cargador Frontal CATERPILLAR 994F.....	39
5.1.3. Transporte.....	41
5.1.3.1. Camión de Extracción CATERPILLAR 797F.....	42
5.1.3.2. Camión de extracción CATERPILLAR 793F .....	43
5.1.3.3. Camión de extracción KOMATSU 930E.....	45

5.1.4 Servicios de Apoyo.....	46
5.1.4.1. Camión Aljibe/Aguatero.....	46
5.1.4.2. Bulldozer .....	47
5.1.4.3. Motoniveladora.....	47
5.1.4.4. Whelldozer .....	48
5.1.4.5. Excavadora Secundaria .....	49
5.2 Análisis de Datos.....	50
5.2.1 Análisis Equipos de Carguío .....	53
5.2.2 Análisis Equipos de Transporte.....	55
5.2.3 Análisisde Costos Perforación.....	59
5.2.4 Análisis Equipos de Apoyo .....	61
5.3 Desarrollo del Modelo .....	62
5.3.1 Calibración .....	64
5.4 Resultados .....	65
<b>6. Conclusión.....</b>	<b>69</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>70</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>71</b>
<b>9. Anexos .....</b>	<b>72</b>

## Índice Ilustraciones

Ilustración 1. Operaciones administradas y operadas por el grupo Antofagasta Minerals.....	6
Ilustración 2. Proyectos presentes y futuros del Distrito Minero Centinela. ....	7
Ilustración 3. Minera Centinela y sus rajos Esperanza (1), Tesoro (2), Tesoro Central (3) y Tesoro Mirador (4).....	8
Ilustración 4. Línea de óxidos de Minera Centinela.....	8
Ilustración 5. Línea de sulfuros de Minera Centinela.....	9
Ilustración 6. Esquema Actividades de Operación Minera .....	10
Ilustración 7. Perforación pozos de producción rajo Óxido Encuentro. ....	11
Ilustración 8. Tronadura Fase 02, Banco 2168 del rajo Óxido Encuentro. ....	12
Ilustración 9. Operación de carguío de minera, en Minera Centinela. ....	12

Ilustración 10. Transporte de material en equipo Caterpillar 793. ....	13
Ilustración 11. Matriz de costos de carguío y transporte. ....	63
Ilustración 12. Velocidad máxima cargado o vacío en subida, para un camión de extracción CAT 793F. ....	74
Ilustración 13. Velocidad máxima cargado o vacío en subida, para un camión de extracción CAT 797. ....	74
Ilustración 14. Velocidad máxima cargado o vacío en subida, para un camión de extracción Komatsu 930E. ....	75
Ilustración 15. Ventana de inicio formulario Visual Basic. ....	75
Ilustración 16. Ventana de configuración, operación de carguío y transporte. ....	76
Ilustración 17. Ventana de configuración, operación de perforación. ....	76
Ilustración 18. Ventana de selección, equipos de apoyo. ....	77

## Índice de Figuras

Figura 1. Inputs y parámetros considerados para la obtención del costo unitario [USD/metro]. ....	18
Figura 2. Inputs y parámetros considerados para la obtención del costo unitario de producción de equipos de carguío sobre oruga [USD/tonelada]. ....	31
Figura 3. Inputs y parámetros considerados para la obtención del costo unitario de producción de equipos de carguío sobre ruedas [USD/TONELADA]. ....	36
Figura 4. Inputs y parámetros considerados para la obtención del costo unitario de producción [USD/tonelada]. ....	41

## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Distribución de costos mina, abril del 2018, en base a un valor de 1,99 USD/ton (izquierda) y abril del 2019 en base a un valor de 2,07 USD/ton (derecha) ....	16
Gráfico 2. Distribución de gastos de perforación. ....	18
Gráfico 3. Distribución de gastos de equipos de carguío sobre oruga. ....	31
Gráfico 4. Distribución de gastos para equipos de carguío sobre ruedas. ....	36
Gráfico 5. Distribución de gastos de la operación de transporte. ....	41
Gráfico 6. Rendimiento de perforación mes de junio 2018, perforadora Pit Viper 271 ....	51

Gráfico 7. Análisis de sensibilidad, equipos de carguío sobre oruga. ....	53
Gráfico 8. Análisis de sensibilidad, equipos de carguío sobre ruedas.....	54
Gráfico 9. Análisis de sensibilidad, equipos de transporte. ....	56
Gráfico 10. Análisis de sensibilidad de transporte por restricción de velocidad. ...	57
Gráfico 11. Análisis de sensibilidad de transporte por variación de pendiente.....	58
Gráfico 12. Análisis de sensibilidad de perforación. ....	60
Gráfico 13. Comparación de gastos reales v/s entregados por el modelo. ....	65

## Índice de Tablas

Tabla 1. Ítems de gastos de Minera Centinela. ....	3
Tabla 2. Norma ASARCO utilizada por Minera Centinela. ....	14
Tabla 3. Antecedentes perforadora Epiroc DMM3. ....	19
Tabla 4. Distribución gastos de mantenimiento perforadora Epiroc DMM3.....	19
Tabla 5. Resumen estadístico consumo combustible perforadora Epiroc DMM3. ....	19
Tabla 6. Gasto por consumo de aceros según diámetro de perforación perforadora Epiroc DMM3.....	20
Tabla 7. Resumen estadístico rendimiento perforadora Epiroc DMM3. ....	21
Tabla 8. Antecedentes perforadora Epiroc DM45- ....	21
Tabla 9. Distribución gastos de mantenimiento perforadora Epiroc DM45.....	21
Tabla 10. Resumen estadístico consumo combustible perforadora Epiroc DM45. ....	22
Tabla 11. Gasto por consumo de aceros según diámetro de perforación, perforadora Epiroc DM45.....	22
Tabla 12. Resumen estadístico rendimiento perforadora Epiroc DM45. ....	23
Tabla 13. Antecedentes perforadora Pit Viper 351 Diesel.....	23
Tabla 14. Distribución gastos de mantenimiento perforadora PV 351.....	23
Tabla 15. Resumen estadístico consumo de combustible perforadora PV 351. ...	24
Tabla 16. Gasto por consumo de aceros según diámetro de perforación, perforadora PV 351.....	24
Tabla 17. Resumen estadístico rendimiento de perforación perforadora PV 351. ....	25
Tabla 18. Antecedentes perforadora Pit Viper 271.....	25
Tabla 19. Distribución gastos de mantenimiento perforadora PV 271.....	25
Tabla 20. Resumen estadístico consumo de combustible perforadora PV 271. ...	26
Tabla 21. Gasto por consumo de aceros según diámetro de perforación, perforadora PV 271.....	26

Tabla 22. Resumen estadístico rendimiento de perforación perforadora PV 271.	27
Tabla 23. Antecedentes perforadora Atlas Coppco Roc L8.....	27
Tabla 24. Distribución gastos de mantenimiento perforadora ROC L8. ....	27
Tabla 25. Resumen estadístico consumo combustible perforadora Roc L8.....	28
Tabla 26. Gasto por consumo de aceros según diámetro de perforación, perforadora Roc L8.....	28
Tabla 27. Resumen estadístico rendimiento de perforación, perforadora Roc L8.	29
Tabla 28. Antecedentes perforadora Sandvik DR560. ....	29
Tabla 29. Distribución gastos de mantenimiento perforadora DR560. ....	29
Tabla 30. Resumen estadístico consumo de combustible perforadora DR560. ....	29
Tabla 31. Gasto por consumo de aceros de perforación según diámetro, perforadora DR560. ....	30
Tabla 32. Resumen estadístico rendimiento de perforación, perforadora DR560.	30
Tabla 33. Antecedentes Pala Eléctrica P&H 4100 XPC. ....	32
Tabla 34. Distribución gastos de mantenimiento Pala P&H 4100 XPC. ....	32
Tabla 35. Resumen estadístico consumo de energía pala P&H 4100 XPC. ....	32
Tabla 36. Resumen estadístico rendimiento de carguío pala P&H 4100 XPC. ....	33
Tabla 37. Antecedentes excavadora hidráulica Komatsu PC5500.....	33
Tabla 38. Distribución gastos de mantenimiento excavadora PC5500. ....	33
Tabla 39. Resumen estadístico consumo de combustible excavadora PC5500. ...	34
Tabla 40. Resumen estadístico rendimiento de carguío excavadora PC5500. ....	34
Tabla 41. Antecedentes excavadora hidráulica Komatsu PC8000.....	34
Tabla 42. Distribución gastos de mantenimiento excavadora PC8000. ....	35
Tabla 43. Resumen estadístico consumo de combustible excavadora PC8000. ...	35
Tabla 44. Resumen estadístico rendimiento de carguío excavadora PC8000. ....	35
Tabla 45. Antecedentes cargador frontal P&H L2350. ....	37
Tabla 46. Distribución de gastos de mantenimiento CF P&H L2350.....	37
Tabla 47. Resumen estadístico consumo de combustible CF P&H L2350. ....	37
Tabla 48. Resumen estadístico rendimiento de carguío CF P&H L2350. ....	38
Tabla 49. Antecedentes cargador frontal Caterpillar 994K.....	38
Tabla 50. Distribución gastos de mantenimiento CF CAT 994K.....	38
Tabla 51. Resumen estadístico consumo de combustible CF CAT 994K. ....	39
Tabla 52. Resumen estadístico rendimiento de carguío CF CAT 994K. ....	39
Tabla 53. Antecedentes cargador frontal Caterpillar 994F. ....	39

Tabla 54. Distribución gastos de mantenimiento CF CAT 994F.....	40
Tabla 55. Resumen estadístico consumo de combustible CF CAT 994F. ....	40
Tabla 56. Resumen estadístico rendimiento de carguío CF CAT 994F. ....	40
Tabla 57. Antecedentes camión de extracción Caterpillar 797F. ....	42
Tabla 58. Distribución gastos de mantenimiento CAEX CAT 797F.....	42
Tabla 59. Resumen estadístico consumo de combustible CAEX CAT 797F. ....	43
Tabla 60. Resumen estadístico vida útil neumáticos CAEX CAT 797F.....	43
Tabla 61. Antecedentes camión de extracción CAT 793F.....	43
Tabla 62. Distribución gastos de mantenimiento CAEX CAT 793F.....	44
Tabla 63. Resumen estadístico CAEX CAT 793F.....	44
Tabla 64. Resumen estadístico vida útil neumáticos CAEX CAT 793F.....	44
Tabla 65. Antecedentes camión de extracción Komatsu 930E. ....	45
Tabla 66. Distribución gastos de mantenimiento CAEX KOMATSU 930E. ....	45
Tabla 67. Resumen estadístico consumo de combustible CAEX Komatsu 930E. ....	45
Tabla 68. Resumen estadístico vida útil neumático CAEX Komatsu 930E. ....	46
Tabla 69. Antecedentes camión guatero CAT 777G. ....	46
Tabla 70. Antecedentes bulldozer CAT D11T. ....	47
Tabla 71. Antecedentes bulldozer CAT D10T2. ....	47
Tabla 72. Antecedentes motoniveladora CAT 16M. ....	48
Tabla 73. Antecedentes motoniveladora CAT 24M. ....	48
Tabla 74. Antecedentes whelldozer CAT 834K. ....	49
Tabla 75. Antecedentes whelldozer CAT854K. ....	49
Tabla 76. Antecedentes excavadora CAT 374L. ....	49
Tabla 77. Antecedentes excavadora CAT 349D. ....	50
Tabla 78. Extracto registro de carga de combustible. ....	51
Tabla 79. Valor hora equipos de carguío. ....	53
Tabla 80. Valor hora equipos de transporte. ....	55
Tabla 81. Valor hora equipos de perforación.....	59
Tabla 82. Valor hora equipo de servicio sobre oruga. ....	61
Tabla 83. Valor hora equipo de servicio sobre ruedas. ....	61
Tabla 84. Resumen de costo y gastos de perforación según modelo. ....	63
Tabla 85. Resumen de la operación del rajo Óxido Encuentro. ....	64
Tabla 86. Propuesta económica empresa N°1.....	66

Tabla 87. Evaluación propuesta económica N°1 utilizando el modelo. ....	66
Tabla 88. Propuesta económica empresa N°2. ....	66
Tabla 89. Evaluación propuesta económica empresa N°2 utilizando el modelo. ...	67
Tabla 90. Propuesta económica empresa N°3. ....	67
Tabla 91. Evaluación propuesta económica empresa N°3 utilizando el modelo. ...	67
Tabla 92. Valorización del gasto de carguío, transporte y servicios mediante el modelo del proyecto rajo Mirador Fase 4. ....	68
Tabla 93. Detalle gastos de mantenimiento perforadora DMM3. ....	77
Tabla 94. Detalle gastos de mantenimiento perforadora PV351. ....	78
Tabla 95. Detalles de gastos de mantenimiento perforadora DR560. ....	79
Tabla 96. Detalle gastos de mantenimiento perforadora Roc L8. ....	80
Tabla 97. Detalle gastos de mantenimiento perforadora DM45. ....	81
Tabla 98. Detalle gastos de mantenimiento perforadora PV271. ....	82
Tabla 99. Detalle gastos de mantenimiento pala eléctrica P&H 4100 XPC. ....	83
Tabla 100. Detalle gastos de mantenimiento excavadora KOMATSU PC5500. ...	84
Tabla 101. Detalle gastos de mantenimiento excavadora KOMATSU PC8000. ...	85
Tabla 102. Detalle gastos de mantenimiento CF P&H L2350. ....	86
Tabla 103. Detalle gastos de mantenimiento CF CAT 994K. ....	87
Tabla 104. Detalle gastos de mantenimiento CF CAT 994F. ....	88
Tabla 105. Detalle gastos de mantenimiento CAEX CAT 797F. ....	89
Tabla 106. Detalle gastos de mantenimiento CAEX CAT 793F. ....	90
Tabla 107. Detalles gastos de mantenimiento CAEX KOMATSU 930E. ....	90
Tabla 108. Detalle gastos de mantenimiento camión aljibe CAT 777G. ....	91
Tabla 109. Detalle gastos de mantenimiento Bulldozer CAT D10T2. ....	92
Tabla 110. Detalle gastos de mantenimiento Bulldozer CAT D11T. ....	93
Tabla 111. Detalle gastos de mantenimiento Motoniveladora CAT 24M. ....	94
Tabla 112. Detalle gastos de mantenimiento Motoniveladora CAT 16M. ....	95
Tabla 113. Detalle gastos de mantenimiento Whelldozer CAT 834K. ....	96
Tabla 114. Detalle gastos de mantenimiento Whelldozer CAT 854K. ....	97
Tabla 115. Detalle gastos de mantenimiento Excavadora CAT 374L. ....	98
Tabla 116. Detalle gastos de mantenimiento Excavadora CAT 349D. ....	99

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Depreciación método Lineal. ....	14
Ecuación 2. Tasa de depreciación para método de saldos decrecientes. ....	14
Ecuación 3. Depreciación método saldos decrecientes. ....	15
Ecuación 4. Valor actualizado para método de saldos decrecientes. ....	15
Ecuación 5. Depreciación método de la suma de los dígitos. ....	15
Ecuación 6. Valor depreciado por producto producido. ....	15
Ecuación 7. Depreciación para el método basado en las unidades producidas. ....	15
Ecuación 8. Factor de ajuste. ....	64