

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
1.1.	Motivación	2
1.2.	Objetivos	2
1.2.1.	Objetivo general	2
1.2.2.	Objetivos específicos	2
1.3.	Alcances.....	3
2.	Antecedentes	4
2.1.	Planificación para minería a cielo abierto.....	4
2.1.1.	Metodología tradicional	4
2.1.2.	Metodología DBS.....	7
2.2.	Softwares a utilizar	12
2.2.1.	DOPPLER.....	12
2.2.2.	Vulcan.....	13
3.	Metodología.....	14
3.1.	Planificación minera desde la metodología tradicional	14
3.2.	Planificación minera desde la metodología DBS.....	19
4.	Definición de la envolvente económica para las metodologías de planificación.....	21
4.1	Introducción	21
4.2	Información base.....	21
4.2.1	Modelo de bloques.....	21
4.2.2	Modelo económico.....	23
4.3	Definición de pits anidados para metodología tradicional	24
4.3.1	Plan de producción a través de “Agendamiento por bloques”	30
4.3	Definición de plan de producción para metodología DBS	31
4.4.	Comparación de agendamientos en Doppler para ambas metodologías	35
5.	Diseño minero y operativización de los planes de producción en ambas metodologías.....	38
5.1	Introducción	38
5.2	Definición de parámetros para diseño minero	38
5.2.1	Parámetros de diseño de banco	38
5.2.2	Dimensionamiento de flota de carguío	39
5.2.3	Definición de ancho operacional y ancho de rampa.....	41
5.3	Diseño de fases y periodos para ambas metodologías	43
5.3.1	Diseño de fases de metodología tradicional.....	43

5.3.2	Diseño de periodos para metodología DBS	47
5.4.	Comparación de diseños para ambas metodologías	53
6.	Planes de producción suavizados y evaluación económica	56
6.1	Introducción	56
6.2	Secuencia de extracción y plan de producción para metodología tradicional	56
6.2	Secuencia de extracción y plan de producción para metodología DBS	57
6.3	Comparación y análisis entre las secuencias de extracción de ambas metodologías	59
6.4	Dimensionamiento flota de camiones y costo operacional de transporte	60
6.5.	OPEX resumido según dimensionamiento flota de servicios	64
6.6.	OPEX total según cada metodología.....	64
6.7.	Costos de inversión – CAPEX según cada metodología	66
6.8.	Flujo de caja (VAN) para ambas metodologías	69
6.8.1.	Tributación	70
6.8.2.	Flujos de caja metodología tradicional	70
6.8.3.	Flujos de caja metodología DBS.....	72
6.8.4.	Análisis y comparación de flujo de caja	73
7.	Conclusiones	76
8.	Bibliografía	78
9.	Anexos.....	80
9.1.	Anexo 1: Detalle de bancos para cada fase en metodología tradicional	80
9.2.	Anexo 2: Detalle de bancos por fase para metodología DBS.....	87
9.3.	Anexo 3: Detalle secuencia de extracción metodología tradicional con restricciones	96
9.4.	Anexo 4: Detalle secuencia de extracción metodología tradicional sin restricciones.....	109
9.5.	Anexo 5: Detalle secuencia de extracción metodología DBS con restricciones	111
9.6.	Anexo 6: Detalle secuencia de extracción metodología DBS sin restricciones	127
9.7.	Anexo 7: Plan de producción suavizado para ambas metodologías sin restricciones operacionales y dimensionamiento de sus camiones	138
9.8.	Anexo 8: Detalle de imágenes para el desarrollo por años en la secuencia de extracción la metodología tradicional	141
9.9.	Anexo 9: Detalle de imágenes para el desarrollo por años en la secuencia de extracción la metodología DBS.....	146
9.10.	Anexo 10: Metodología dimensionamiento Flota de Servicio	151
9.11.	Anexo 11: Dimensionamiento de equipos de servicio.....	152
9.12.	Anexo 12: Costos operacionales para la flota de servicio	154
9.12.1	Wheeldozer.....	154

9.12.2 Motoniveladoras	156
9.12.3 Bulldozers	157
9.12.4 Camiones aljibes	159
9.12.5 Pala de servicio	161
9.13. Anexo 13: CAPEX para casos sin restricciones operacionales	164
9.14. Anexo 14: Flujos de caja para casos sin restricciones operacionales	166
9.15. Anexo 15: Análisis de sensibilidad	169
9.15.1 Análisis de sensibilidad metodología tradicional	169
9.15.2 Análisis de sensibilidad metodología DBS	170
9.16. Anexo 16: Comparación y análisis entre casos original y caso definido para evaluación	173

Índice de tablas

Tabla 4.1. Resumen de características del modelo de bloques “Mclaughlin_limit”	21
Tabla 4.2. Modelo económico a utilizar en la planificación	23
Tabla 4.3. Resumen de fases según revenue factor que abarcan	25
Tabla 4.4. Tonelaje de estéril y mineral por fase	29
Tabla 4.5. Resumen de las fases obtenidas a partir del agendamiento en Toposort	32
Tabla 5.1. Parámetros de diseño de los bancos	38
Tabla 5.2. Parámetros operacionales de carguío y dimensionamiento de cargadores frontales	40
Tabla 5.3. Componentes para definir el ancho operacional	41
Tabla 5.4. Componentes para definir el ancho de la rampa	42
Tabla 5.5. Resumen de tonelajes por fases definidas por diseño minero	46
Tabla 5.6. Resumen de tonelajes cubicados para los periodos de la metodología DBS	52
Tabla 5.7. Variaciones entre los resultados de Doppler y el diseño operativizado para el tonelaje por fase, su ley media y su REM en la metodología tradicional	54
Tabla 5.8. Variaciones entre los resultados de Doppler y el diseño operativizado para el tonelaje por fase, su ley media y su REM en la metodología DBS	54
Tabla 6.1. Detalle del plan de producción para la metodología tradicional	57
Tabla 6.2. Detalle del plan de producción para la metodología DBS	58
Tabla 6.3. Parámetros de velocidad para camión de transporte	61
Tabla 6.4. Parámetros operacionales para transporte	61
Tabla 6.5. Detalle de distancias por fases para metodología tradicional	61
Tabla 6.6. Detalle de distancias por periodos para metodología DBS	62

Tabla 6.7. Análisis de costo operacional del área de transporte para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	62
Tabla 6.8. Análisis de costo operacional del área de transporte para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	62
Tabla 6.9. Resumen del OPEX registrado por el área de servicios mina según caso evaluado	64
Tabla 6.10. OPEX del área de perforación y tronadura	64
Tabla 6.11. OPEX total para cada caso evaluado segpun metodología	65
Tabla 6.12. Detalle de inversiones por área para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	67
Tabla 6.13. CAPEX total para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales	67
Tabla 6.14. Detalle de inversiones por área para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	67
Tabla 6.15. CAPEX total para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	68
Tabla 6.16. Gastos de capital misceláneos	68
Tabla 6.17. Esquema a seguir para realizar el flujo de caja para cada caso.....	70
Tabla 6.18. Flujo de caja para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	71
Tabla 6.19. Flujo de caja para caso de metodología DBS con restricciones operacionales	72
Tabla 9.1. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 1	80
Tabla 9.2. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 2	80
Tabla 9.3. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 3	81
Tabla 9.4. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 4	82
Tabla 9.5. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 5	84
Tabla 9.6. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 1 de DBS	87
Tabla 9.7. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 2 de DBS	87
Tabla 9.8. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 3 de DBS	88
Tabla 9.9. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 4 de DBS.....	89
Tabla 9.10. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 5 de DBS	90
Tabla 9.11. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 6 de DBS.....	91
Tabla 9.12. Detalle de bancos que abarca la cubicación del diseño de la fase 7 de DBS	93
Tabla 9.13. Detalle de secuencia de extracción año 1 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	96
Tabla 9.14. Detalle de secuencia de extracción año 2 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	98
Tabla 9.15. Detalle de secuencia de extracción año 3 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	100
Tabla 9.16. Detalle de secuencia de extracción año 4 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	102

Tabla 9.17. Detalle de secuencia de extracción año 5 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	104
Tabla 9.18. Detalle de secuencia de extracción año 6 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	105
Tabla 9.19. Detalle de secuencia de extracción año 7 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	107
Tabla 9.20. Detalle de secuencia de extracción año 8 para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	108
Tabla 9.22. Detalle de secuencia de extracción año 7 para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	109
Tabla 9.23. Detalle de secuencia de extracción año 8 para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	110
Tabla 9.24. Detalle de secuencia de extracción año 1 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	111
Tabla 9.25. Detalle de secuencia de extracción año 2 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	114
Tabla 9.26. Detalle de secuencia de extracción año 3 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	116
Tabla 9.27. Detalle de secuencia de extracción año 4 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	118
Tabla 9.28. Detalle de secuencia de extracción año 5 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	121
Tabla 9.29. Detalle de secuencia de extracción año 6 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	123
Tabla 9.30. Detalle de secuencia de extracción año 7 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	124
Tabla 9.31. Detalle de secuencia de extracción año 8 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	125
Tabla 9.32. Detalle de secuencia de extracción año 9 para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	126
Tabla 9.33. Detalle de secuencia de extracción año 3 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	127
Tabla 9.34. Detalle de secuencia de extracción año 4 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	129
Tabla 9.35. Detalle de secuencia de extracción año 5 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	132
Tabla 9.36. Detalle de secuencia de extracción año 6 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	133
Tabla 9.37. Detalle de secuencia de extracción año 7 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	135

Tabla 9.38. Detalle de secuencia de extracción año 8 para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales	136
Tabla 9.39. Detalle del plan de producción de la metodología tradicional sin restricciones operacionales	138
Tabla 9.40. Análisis de costo operacional del área de transporte para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	139
Tabla 9.41. Detalle de plan de producción para la metodología DBS sin restricciones operacionales	139
Tabla 9.42. Análisis de costo operacional del área de transporte para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	140
Tabla 9.43. Dimensionamiento de flota de servicio para caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	152
Tabla 9.44. Dimensionamiento de flota de servicio para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	152
Tabla 9.45. Dimensionamiento de flota de servicio para caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	153
Tabla 9.46. Dimensionamiento de flota de servicio para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	153
Tabla 9.47. Parámetros económicos de un wheeldozer.....	154
Tabla 9.48. Costo operacional asociado a los wheeldozeres en el caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	154
Tabla 9.49. Costo operacional asociado a los wheeldozeres en el caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	154
Tabla 9.50. Costo operacional asociado a los wheeldozeres en el caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	155
Tabla 9.51. Costo operacional asociado a los wheeldozeres en el caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	155
Tabla 9.52. Parámetros económicos para las motoniveladoras	156
Tabla 9.53. Costo operacional asociado a las motoniveladoras en el caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	156
Tabla 9.54. Costo operacional asociado a las motoniveladoras en el caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	156
Tabla 9.55. Costo operacional asociado a las motoniveladoras en el caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	157
Tabla 9.56. Costo operacional asociado a las motoniveladoras en el caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	157
Tabla 9.57. Parámetros económicos de un bulldozer	158
Tabla 9.58. Costo operacional asociado a los bulldozeres en el caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	158

Tabla 9.59. Costo operacional asociado a los bulldozers en el caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	158
Tabla 9.60. Costo operacional asociado a los bulldozers en el caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	159
Tabla 9.61. Costo operacional asociado a los bulldozers en el caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	159
Tabla 9.62. Parámetros económicos de un camión aljibe	159
Tabla 9.63. Costo operacional asociado al camión aljibe en el caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	160
Tabla 9.64. Costo operacional asociado al camión aljibe en el caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	160
Tabla 9.65. Costo operacional asociado al camión aljibe en el caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	160
Tabla 9.66. Costo operacional asociado al camión aljibe en el caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	161
Tabla 9.67. Parámetros económicos de la pala de servicio	161
Tabla 9.68. Costo operacional asociado a pala de servicio en el caso de metodología tradicional con restricciones operacionales.....	162
Tabla 9.69. Costo operacional asociado a pala de servicio en el caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	162
Tabla 9.70. Costo operacional asociado a pala de servicio en el caso de metodología DBS con restricciones operacionales.....	162
Tabla 9.71. Costo operacional asociado a pala de servicio en el caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	163
Tabla 9.72. Detalle de inversiones por área para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales.....	164
Tabla 9.73. CAPEX total para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales	164
Tabla 9.74 . Detalle de inversiones por área para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales	164
Tabla 9.75. CAPEX total para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales	165
Tabla 9.76. Flujo de caja para caso de metodología tradicional sin restricciones operacionales	166
Tabla 9.77. Flujo de caja para caso de metodología DBS sin restricciones operacionales.....	167
Tabla 9.78. Análisis de sensibilidad para el precio del oro en la metodología tradicional.....	169
Tabla 9.79. Análisis de sensibilidad para el Costo Planta en la metodología tradicional	170
Tabla 9.80. Análisis de sensibilidad para el precio del oro en la metodología DBS	171
Tabla 9.81. Análisis de sensibilidad para el Costo Planta en la metodología DBS	171

Índice de ecuaciones

Ecuación 2.1. “Problema de agendamiento de bloques de mina cielo abierto”	8
Ecuación 2.2. “Problema de agendamiento de producción con restricción de precedencia”	9
Ecuación 2.3. “Problema general con restricción de precedencia”	9
Ecuación 2.4. “Programa lineal en base a GPCP”	10
Ecuación 3.1. Determinación del beneficio por bloque.....	14
Ecuación 3.2. Ley de corte.....	14
Ecuación 3.3. Ley marginal	15
Ecuación 3.4. Requerimiento en m ³ para el dimensionamiento de flota carguío	17
Ecuación 3.5. Fórmula para el cálculo del ancho operacional	18
Ecuación 3.6. Fórmula para calcular el ancho de rampa	19

Índice de figuras

Figura 2.1. Ejemplo de cono flotante	5
Figura 2.2 Ejemplo de Lerchs y Grossman	6
Figura 2.3. Demostración grafica de heurística Sliding Window	11
Figura 3.1. Ejemplo modelo de bloques	14
Figura 3.2. Ejemplo de pits anidados en 3D	15
Figura 3.3. Ejemplo de gráfico de valor y tonelaje por pit.....	15
Figura 3.4. Ejemplo de extracción por “Best case”	16
Figura 3.5. Dimensionamiento de ancho operacional	18
Figura 3.6. Dimensionamiento del ancho de rampa para el pit.....	18
Figura 3.7. Ejemplo de operativización de fases en Vulcan	19
Figura 4.1. Vista isométrica del modelo de bloques “Mclaughlin_limit” de la librería Minelib.....	22
Figura 4.3. Gráfica de valor y tonelaje por pit ordenado según revenue factor	24
Figura 4.4. Representación 3D del modelo según revenue factors	25
Figura 4.5. Vista de corte en plano YZ de fase 1	26
Figura 4.6. Vista de corte en plano Xz de fase 1	26
Figura 4.7. Vista de corte en plano YZ de fase 2	26
Figura 4.8. Vista de corte en plano XZ de fase 2	27
Figura 4-9. Vista de corte en plano YZ de fase 3.....	27
Figura 4-10. Vista de corte en plano XZ de fase 3.....	27
Figura 4.11. Vista de corte en plano YZ de fase 4	28

Figura 4.12. Vista de corte en plano XZ de fase 4	28
Figura 4.13. Vista de corte en plano YZ de fase 5	28
Figura 4.14. Vista de corte en plano XZ de fase 5	29
Figura 4.15. Vista frontal en corte YZ de las fases escogidas	30
Figura 4.16. Plan de producción a partir del agendamiento por bloques.....	31
Figura 4.17. Vista frontal del modelo de bloques y sus periodos de extracción dado por el agendamiento por bloques	31
Figura 4.18. Plan de producción definido a través de la herramienta Toposort para el agendamiento directo de bloques	32
Figura 4.19. Vista isométrica de los periodos de extracción para la optimización en Toposort	33
Figura 4.20. Vista corte YZ de los periodos de extracción para la optimización en Toposort.....	33
Figura 4.21. Vista corte XY de los periodos de extracción para la optimización en Toposort.....	34
Figura 4.22. Vista isométrica del estéril y mineral para la optimización en Toposort	34
Figura 4.23. Vista en corte YZ del estéril y mineral para la optimización en Toposort	35
Figura 4.24. Vista corte XY del estéril y mineral para la optimización en Toposort.....	35
Figura 4.25. “Slice” en eje YZ que muestra sector de interés con altas leyes para el material ubicado sobre topografía.....	36
Figura 4.26. “Slice” en eje YZ que muestra sector de interés con altas leyes para el pit más pequeño	36
Figura 4.27. “Slice” en eje YZ que muestra sector de interés con altas leyes para el pit más grande	37
Figura 5-1. Estructura de parámetros de bancos y rampas en un pit	39
Figura 5.2. Imagen referencial de cargador frontal CAT 988K	40
Figura 5.3. Imagen referencial de camión Komatsu HD605-8	40
Figura 5.4. Posición Camión-Cargador para definir el ancho operacional	42
Figura 5.5. Estructura gráfica de rampa de transporte.....	42
Figura 5.6. Diseño de la fase 1 tradicional.....	43
Figura 5.7. Diseño de la fase 2 tradicional.....	44
Figura 5.8. Diseño de la fase 3 tradicional.....	44
Figura 5.9. Diseño de la fase 4 tradicional.....	45
Figura 5.10. Diseño de la fase 5 tradicional.....	45
Figura 5.11. Vista en planta del diseño de fases para la metodología tradicional	46
Figura 5.12. Vista del pit final a partir del diseño realizado en Vulcan para la metodología tradicional	47
Figura 5.13. Vista de sectores que quedaron fuera del diseño de la metodología tradicional en el pit más profundo.	47
Figura 5.14. Diseño la primera fase en la metodología DBS	48
Figura 5.15. Diseño de la segunda fase de la metodología DBS	48
Figura 5.16. Diseño de la tercera fase de la metodología DBS	49

Figura 5.17. Diseño de la cuarta fase de la metodología DBS.....	49
Figura 5.18. Diseño de la quinta fase de la metodología DBS	50
Figura 5.19. Diseño de la sexta fase de la metodología DBS	51
Figura 5.20. Diseño de la séptima fase de la metodología DBS	51
Figura 5.21. Vista en planta del diseño realizado para las fases de la metodología DBS.....	52
Figura 5.22. Vista de “slice” en eje YZ que muestra el pit final alcanzado por el diseño de la metodología DBS.....	53
Figura 5.23. Vista de “slice” en eje YZ que muestra sectores que quedaron fuera del diseño de la metodología DBS.....	53
Figura 6.1. Plan de producción suavizado para la metodología tradicional	57
Figura 6.2. Plan de producción suavizado para la metodología DBS	58
Figura 6.3. Periodos de secuencia de extracción de la metodología tradicional	59
Figura 6.4. Periodos de secuencia de extracción de la metodología DBS.....	60
Figura 6.5. Comparación de costos operacional en el área de transportes por periodos en ambas metodologías	63
Figura 6.6. Comparación del OPEX total para cada metodología en todos sus periodos	66
Figura 6.7. Detalle de la comparación de OPEX total en ambas metodologías del año 1 al 8	66
Figura 6.8. Comparación de CAPEX total para ambas metodologías.....	69
Figura 6.9. Comparación de flujos de caja anuales entre ambas metodologías	74
Figura 6.10. Comparación de ingresos por venta entre ambas metodologías	74
Figura 9.1. Plan de producción suavizado para la metodología tradicional sin restricciones operacionales	138
Figura 9.2. Plan de producción suavizado para la metodología DBS sin restricciones operacionales	140
Figura 9.3. Gráfica de extracción realizada en el año 1 de la metodología tradicional con restricciones operacionales	141
Figura 9.4. Gráfica de extracción realizada en el año 2 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	141
Figura 9.5. Gráfica de extracción realizada en el año 3 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	142
Figura 9.6. Gráfica de extracción realizada en el año 4 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	142
Figura 9.7. Gráfica de extracción realizada en el año 5 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	143
Figura 9.8. Gráfica de extracción realizada en el año 6 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	143
Figura 9.9. Gráfica de extracción realizada en el año 7 de la metodología tradicional con restricciones operacionales.....	144

Figura 9.10. Gráfica de extracción realizada en el año 8 de la metodología tradicional con restricciones operacionales	144
Figura 9.11. Gráfica de extracción realizada en el año 9 de la metodología tradicional con restricciones operacionales	145
Figura 9.12. Vista isométrica de extracción realizada a lo largo de todos los periodos de la metodología tradicional con restricciones operacionales	145
Figura 9.13. Gráfica de extracción realizada en el año 1 de la metodología DBS con restricciones operacionales	146
Figura 9.14. Gráfica de extracción realizada en el año 2 de la metodología DBS con restricciones operacionales	146
Figura 9.15. Gráfica de extracción realizada en el año 3 de la metodología DBS con restricciones operacionales	147
Figura 9.16. Gráfica de extracción realizada en el año 4 de la metodología DBS con restricciones operacionales	147
Figura 9.17. Gráfica de extracción realizada en el año 5 de la metodología DBS con restricciones operacionales	148
Figura 9.18. Gráfica de extracción realizada en el año 6 de la metodología DBS con restricciones operacionales	148
Figura 9.19. Gráfica de extracción realizada en el año 7 de la metodología DBS con restricciones operacionales	149
Figura 9.20. Gráfica de extracción realizada en el año 8 de la metodología DBS con restricciones operacionales	149
Figura 9.21. Gráfica de extracción realizada en el año 9 de la metodología DBS con restricciones operacionales	150
Figura 9.22. Vista isométrica de extracción realizada a lo largo de todos los periodos de la metodología DBS con restricciones operacionales	150
Figura 9.23. Resumen de análisis de sensibilidad para metodología tradicional	170
Figura 9.24. Resumen de análisis de sensibilidad para metodología DBS	172
Figura 9.25. Plan de producción para la optimización obtenida con Sliding Window para DBS con nuevas capacidades	173
Figura 9.26. Vista YZ de los periodos en la optimización de Toposort y Sliding Window	174
Figura 9.27. Vista XY de los periodos en la optimización de Toposort y Sliding Window	174
Figura 9.28. Vista isométrica del estéril y mineral en la optimización de Toposort y Sliding Window	175
Figura 9.29. Vista YZ del estéril y mineral en la optimización de Toposort y Sliding Window	176