



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS MINEROS
MÓVILES PARA LA DETERMINACIÓN DEL REEMPLAZO ECONÓMICO ÓPTIMO
DE LOS EQUIPOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

LUCCIANO VALERY SALAS SALINAS

PROFESOR GUÍA:

SEBASTIÁN CARMONA CALDERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

LUIS LOPEZ GATICA

MANUEL REYES JARA

SANTIAGO DE CHILE

2016

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil de Minas

POR: Lucciano Valery Salas Salinas

FECHA: 23/07/2016

PROFESOR GUÍA: Sebastián Carmona Caldera

**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS MINEROS
MÓVILES PARA LA DETERMINACIÓN DEL REEMPLAZO ECONÓMICO
ÓPTIMO DE LOS EQUIPOS**

La presente memoria trata sobre la determinación de la vida útil económica óptima de los activos mineros móviles que operan en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. El estudio analiza todos los modelos de la flota de camiones y palas.

El motivo del estudio es darle la capacidad de discernimiento a la compañía para decidir en qué momento debe realizar el recambio de sus activos, y cuál de las opciones disponibles de reemplazo es la más rentable, generando competencia respecto del capital que se está perdiendo en caso de operar con algún activo más allá del tiempo óptimo determinado. De esta manera la compañía contará con un sustento financiero que podrá respaldar sus intenciones de reemplazar aquellos activos de bajo rendimiento y altos costos.

La metodología utilizada para realizar la investigación consistió en desarrollar un modelo de determinación del valor anual (VA) de elementos de costos, el cual definirá una vida útil económica (VUE). Luego para realizar las comparaciones se procede a realizar un análisis de reemplazo y conservación el cual definirá finalmente si es conveniente el reemplazo del activo.

Dentro de los principales resultados obtenidos se tiene que los camiones Komatsu 830 y 930 poseen una vida económica óptima de 82.222 y 98.715 horas operativas respectivamente, mientras que las palas Bucyrus 495HI, 495HR y P&H 4100XPC poseen una vida económica óptima de 60.411, 95.493 y 100.606 horas operativas respectivamente, estos resultados se contraponen a la estrategia de la compañía la cual considera que todos los activos mencionados anteriormente posee una vida útil económica de 100.000 horas operativas.

En el análisis de casos el estudio determinó que es más conveniente operar con camiones Komatsu 930 en la ruta entre el rajo Ujina y el tranque, mientras que en el caso de las palas determinó que es más conveniente la operación del modelo P&H respecto del Bucyrus 495HR.

ABSTRACT

This report is about the determination of the optimal economic life of mobile mining equipment currently owned Compañía Minera Dona Inés de Collahuasi. The study analyzes all models of trucks and shovels.

The aim of the study is to give the ability of discernment to the company to decide when to make the replacement of its assets and which of replacement options available is the most profitable, this will provide knowledge about the capital that is being lost if the company operated with any assets beyond the determined optimum time or due to a premature replacement.

The company with this study will have a scientific basis that can support their intentions to replace the assets with lower yield and high costs, giving to the company the ability to examine its entire fleet of assets, determining the operational cost that will have each of them.

The methodology used to conduct the research was to develop a model for determining the annual value (VA) of cost elements which define a useful economic life (VUE). Then for comparisons it proceeds to an analysis of replacement and conservation which define the convenience of replacement.

The study determined that Komatsu 830 and 930 trucks have an optimum economic life of 82.222 and 98.715 operating hours respectively, and in the case of the shovels the study determined that the equipment Bucyrus 495HI, 495HR and P&H 4100XPC possess a optimum economic life of 60.411, 95.493 and 100.606 operating hours respectively. These results are contrasted with the strategy of the company which considers all assets mentioned above have a lifespan of 100,000 operating hours.

The analysis showed that is more convenient to use Komatsu 930 on the route between the pit Ujina and the mining dam, while in the case of the shovels the study determined that is slightly more convenient the use of P&H 4100XPC versus Bucyrus 495HR.

Dedicado a mi madre Veronica.

*Por darme el ejemplo desde pequeño, y enseñarme que todo en
la vida es posible si se hace con amor y dedicación.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi por haber financiado esta memoria, a la gerencia de Planificación por haber creído en mis capacidades, y por entregarme su consejo, a los ingenieros de Gestión de Activos por acogerme de manera rápida y amable dentro de su equipo y por haberme entregado su conocimiento y paciencia de manera afectuosa, al área de gestión mina por darme su valioso consejo y evaluación cada vez que lo solicite.

También agradecer al área de despacho, por haberme hecho parte de su equipo en los momentos que estuve en su oficina, y por brindarme de manera desinteresada todo su conocimiento.

Le agradezco a mi familia y amigos por haberme acompañado y apoyado durante todo mi proceso universitario. Le doy las gracias mi novia por estar junto a mí en las buenas y en las malas, siempre entregándome mucho ánimo y cariño.

Finalmente agradezco a la secretaria docente del departamento de minería de la Universidad de Chile y al profesor Sebastián Carmona, por prestar ayuda y consejo siempre que se los solicite de manera muy amable y afectiva.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1	Introducción	1
1.1	Acerca de la compañía	1
1.2	Ubicación de instalaciones.....	3
1.2.1	Área cordillera	3
1.2.2	Área puerto	3
1.3	Visión y valores	4
1.4	Presidencia ejecutiva de la compañía	4
1.5	Motivación del estudio.....	5
1.6	Objetivos del estudio	6
1.6.1	Objetivo general	6
1.6.2	Objetivos específicos.....	6
1.7	Alcance	7
1.8	Estructura general	7
CAPITULO 2	Antecedentes	8
2.1	Costo del ciclo de vida.....	8
2.2	Activos en la compañía.....	9
2.2.1	Equipos de carguío	9
2.2.2	Equipos de transporte	11
2.3	Decisiones de reemplazo y conservación	13
2.3.1	Fundamentos del análisis de reemplazo	14
2.3.2	Vida útil económica.....	16
2.3.3	Realización de un análisis de reemplazo	19
2.3.4	Consideraciones adicionales en un análisis de reemplazo.....	20

2.3.5	Análisis de reemplazo realizado en un período definido.....	21
2.3.6	Resumen de la sección de análisis de reemplazo	21
2.4	Modelo de determinación del valor anual de elementos de costos	22
2.5	Depreciación y sus métodos de determinación.....	23
2.5.1	Terminología de depreciación	23
2.5.2	Depreciación en línea recta (LR).....	25
2.5.3	Depreciación de saldo decreciente (SD) y de saldo doble decreciente	26
2.6	Softwares utilizados en la compañía.....	27
2.6.1	Ellipse 8.6.....	27
2.6.2	Dispatch Fleet Management System	28
2.7	Marco teórico	29
2.7.1	Horómetro.....	29
2.7.2	Disponibilidad	30
2.7.3	Utilización	30
2.7.4	Costos de operación.....	30
2.7.5	Costos programados	31
2.7.6	Costos no programados	32
2.7.7	CAPEX.....	33
2.7.8	OPEX.....	33
2.7.9	Costo de oportunidad.....	34
2.7.10	Tasa de descuento e inflación.....	34
2.7.11	Documento Exhibit.....	35
2.7.12	Centro de costos	35
2.8	Plan de trabajo	36

CAPITULO 3	Metodología	37
3.1	Visión General	37
3.2	Paso 1 Plan de análisis	38
3.3	Paso 2 Selección y desarrollo de modelo.....	40
3.4	Paso 3 Aplicación del modelo	43
3.5	Paso 4 Análisis de reemplazo y conservación	44
3.6	Paso 5 Documentación y revisión de resultados.....	45
3.7	Paso 6 Implementación y monitoreo del análisis.....	46
CAPITULO 4	Recolección y análisis de datos.....	47
4.1	Modelo de determinación del valor anual de elementos de costos de camiones	48
4.1.1	Disponibilidad	48
4.1.2	Utilización	53
4.1.3	Costos afectados por contrato.....	53
4.1.4	Costos afectadas por inflación (IPC)	57
4.1.5	Depreciación.....	58
4.2	Modelo de determinación del valor anual de elementos de costos de palas	59
4.2.1	Disponibilidad	59
4.2.2	Utilización	64
4.2.3	Costos de operación.....	64
4.2.4	Costos no programados	65
4.2.5	Costos programados	66
4.2.6	Depreciación.....	67
4.2.7	CAPEX.....	68
4.3	Variables de comparación de modelos desarrollados	73
4.3.1	Costo de oportunidad aplicado a camiones	74

4.3.2	Costo de oportunidad aplicado a palas	77
4.3.3	Horas operativas	79
CAPITULO 5 Resultados		80
5.1	Vida útil económica óptima de los activos	80
5.1.1	Camión Komatsu 830 nuevo	81
5.1.2	Camión Komatsu 830 CA06	81
5.1.3	Camión Komatsu 930 nuevo	82
5.1.4	Camión Komatsu 930 CA47	82
5.1.5	Pala Bucyrus 495HI nueva	83
5.1.6	Pala Bucyrus 495HI PA03.....	83
5.1.7	Pala Bucyrus 495HR nueva.....	84
5.1.8	Pala Bucyrus 495HR PA09	84
5.1.9	Pala P&H 4100XPC	85
5.1.10	Pala P&H 4100XPC PA11	85
5.2	Vida útil económica óptima de activos estandarizados	86
5.2.1	Resultados de situación para comparar tipos de camión	87
5.2.2	Resultados de situación para comparar tipos de pala	88
CAPITULO 6 Análisis de resultados.....		91
6.1	Análisis de reemplazo y conservación en camiones	91
6.1.1	Análisis de reemplazo y conservación entre camiones del mismo tipo	92
6.1.2	Análisis de reemplazo y conservación entre camiones de diferente tipo	93
6.2	Análisis de reemplazo y conservación en palas	94
6.2.1	Análisis de reemplazo y conservación entre palas del mismo tipo	95
6.2.2	Análisis de reemplazo y conservación entre palas de diferente tipo	97

CAPITULO 7	Conclusiones	99
CAPITULO 8	Recomendaciones.....	101
CAPITULO 9	Bibliografía.....	102
CAPITULO 10	Anexos.....	103
A.	Tablas de tiempo panne no programado	103
B.	Tabla de actividades mantenimiento programado (MST)	107
C.	Tipo de información presente en documento exhibit.....	118
D.	Centros de costo utilizados	123
E.	Horas operativas activos de carguío y transporte	126
F.	Variación del IPC.....	127
G.	Stock componentes mayores.....	128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Utilización equipos de transporte	53
Tabla 2. Costos contractuales camión 830	54
Tabla 3. Costos contractuales camión 930	54
Tabla 4. Tramos tarifa de cobro de contrato Komatsu	56
Tabla 5. Costos actuales variables afectadas por IPC	57
Tabla 6. Utilización equipos de carguío	64
Tabla 7. Consumo promedio de energía por tipo de pala.....	64
Tabla 8. Costo por stock de componentes mayores.....	69
Tabla 9. Valor y frecuencia de cambio de componentes críticos	70
Tabla 10. Velocidad de camiones en ruta Ujina-Tranque	74
Tabla 11. Tiempo de ciclo camiones en ruta Ujina-Tranque	74
Tabla 12. Capacidad de tolva camiones Komatsu	74
Tabla 13. Rendimiento Operacional camiones Komatsu	75
Tabla 14. Cálculo de horas operativas.....	75
Tabla 15. Traslado anual de material en ruta Ujina-Tranque	75
Tabla 16. Costo anual de la tonelada trasladada en ruta Ujina- Tranque [USD/t]	76
Tabla 17. Rendimiento de las palas	77
Tabla 18. Horas operativas necesarias para cargar 27,7 [Mt]	77
Tabla 19. Diferencia de horas operativas necesarias para mover 27,7 [Mt]	78
Tabla 20. Costo por hora operativa palas Bucyrus PA03 y PA09.....	78
Tabla 21. Resultados camión Komatsu 830 nuevo.....	81
Tabla 22. Resultados camión Komatsu 830 CA06.....	81
Tabla 23. Resultados camión Komatsu 930 nuevo.....	82
Tabla 24. Resultados camión Komatsu 930 CA47.....	82
Tabla 25. Resultados pala Bucyrus 495HI	83
Tabla 26. Resultados pala Bucyrus 495HI PA03	83
Tabla 27. Resultados pala Bucyrus 495HR.....	84
Tabla 28. Resultados pala Bucyrus 495HR PA09.....	84
Tabla 29. Resultados pala P&H 4100XPC.....	85
Tabla 30. Resultados pala P&H 4100XPC.....	85

Tabla 31. Resultados camión Komatsu 830 nuevo con costo de oportunidad	87
Tabla 32. Resultados camión Komatsu 830 CA06 con costo de oportunidad	87
Tabla 33. Resultados pala Bucyrus 495HI nueva con costo de oportunidad	88
Tabla 34. Resultados pala Bucyrus 495HI PA03 con costo de oportunidad.....	88
Tabla 35. Resultados pala Bucyrus 495HR nueva con costos de oportunidad.....	89
Tabla 36. Resultados pala Bucyrus 495HR PA09 con costo de oportunidad	89
Tabla 37. Tabla resumen de principales resultados en camiones	90
Tabla 38. Tabla resumen de principales resultados en palas	90
Tabla 39. Tiempos de panne no programado de camiones agrupados anualmente.....	103
Tabla 40. Tiempos de panne no programado de palas agrupados anualmente.....	106
Tabla 41. Programa de mantenimiento camión Komatsu 830	107
Tabla 42. Programa de mantenimiento camión Komatsu 930	108
Tabla 43. Programa de mantenimiento pala Bucyrus 495HI.....	109
Tabla 44. Programa de mantenimiento pala Bucyrus 495HR	112
Tabla 45. Programa de mantenimiento pala P&H 4100XPC	115
Tabla 46. Ejemplo documento exhibit.....	118
Tabla 47. Centros de costos camión Komatsu 830.....	123
Tabla 48. Centros de costos camión Komatsu 930.....	123
Tabla 49. Centros de costos equipos de carguío.....	124
Tabla 50. Horas operativas de camiones	126
Tabla 51. Horas operativas de palas	127
Tabla 52. Variación del IPC	127
Tabla 53. Stock componentes mayores flota palas Bucyrus 495HI	128
Tabla 54. Stock componentes mayores flota palas Bucyrus 495HR.....	129
Tabla 55. Stock componentes mayores flota palas P&H 4100XPC.....	130

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas del valor anual de los elementos de costo que determinan la VUE	17
Gráfico 2. Disponibilidad de camiones nuevos	49
Gráfico 3. Comportamiento histórico desde año 2010 tiempo panne camiones	50
Gráfico 4. Tendencia tiempo panne no programado en camiones	50
Gráfico 5. Tiempo de mantenimiento programado	51
Gráfico 6. Disponibilidad histórica de flota de camiones	52
Gráfico 7. Tendencia curva de disponibilidad histórica flota de camiones.....	52
Gráfico 8. Vector de costos "Repuestos y componentes"	55
Gráfico 9. Tendencia vector "repuestos y componentes".....	55
Gráfico 10. Depreciación de camiones.....	58
Gráfico 11. Disponibilidad de palas nuevas	60
Gráfico 12. Tendencia del tiempo de panne no programado en palas.....	60
Gráfico 13. Tiempo de mantenimiento programado pala Bucyrus 495HI	61
Gráfico 14. Tiempo de mantenimiento programado pala Bucyrus 495HR.....	62
Gráfico 15. Tiempo de mantenimiento programado pala P&H 4100XPC.....	62
Gráfico 16. Disponibilidad histórica de flota de palas	63
Gráfico 17. Tendencia curva de disponibilidad histórica de flota de palas.....	63
Gráfico 18. Curva de tendencia costos no programados en equipos de carguío	65
Gráfico 19. Costo mantención programada pala Bucyrus 495HI.....	66
Gráfico 20. Costo mantención programada pala Bucyrus 495HR	66
Gráfico 21. Costo mantención programada pala P&H 4100XPC	67
Gráfico 22. Depreciación de palas.....	67
Gráfico 23. Programa de inversión pala Bucyrus 495HI	71
Gráfico 24. Programa de inversión pala Bucyrus 495HR	71
Gráfico 25. Programa de inversión pala P&H 4100XPC	71
Gráfico 26. Comportamiento CAPEX pala Bucyrus 495HI.....	72
Gráfico 27. Comportamiento CAPEX pala Bucyrus 495HR	72
Gráfico 28. Comportamiento CAPEX pala P&H 4100XPC	73
Gráfico 29. Costo de Oportunidad ruta Ujina-Tranque.....	76

Gráfico 30. Costo de oportunidad palas Bucyrus PA03 y PA09	78
Gráfico 31. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 830 nuevo	81
Gráfico 32. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 830 CA06	81
Gráfico 33. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 930 nuevo	82
Gráfico 34. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 930 CA47	82
Gráfico 35. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HI.....	83
Gráfico 36. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HI PA03.....	83
Gráfico 37. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HR	84
Gráfico 38. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HR PA09	84
Gráfico 39. Curvas del modelo desarrollado para pala P&H 4100XPC	85
Gráfico 40. Curvas del modelo desarrollado para pala P&H 4100XPC PA11	85
Gráfico 41. Curvas camión Komatsu 830 nuevo incluyendo costo de oportunidad	87
Gráfico 42. Curvas para camión Komatsu 830 CA06 incluyendo costo de oportunidad.....	87
Gráfico 43. Curvas pala Bucyrus 495HI nueva incluyendo costo de oportunidad.....	88
Gráfico 44. Curvas pala Bucyrus 495HI PA03 incluyendo costo de oportunidad.....	88
Gráfico 45. Curvas pala Bucyrus 495HR nueva incluyendo costo de oportunidad	89
Gráfico 46. Curvas pala Bucyrus 495HR PA09 incluyendo costo de oportunidad.....	89

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Rajo Rosario, botaderos y stocks	2
Ilustración 2. Ubicación geográfica de Collahuasi.....	3
Ilustración 3. Organigrama Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.....	4
Ilustración 4. Vista general pala Bucyrus 495HI.....	9
Ilustración 5. Vista general pala Bucyrus 495HR	10
Ilustración 6. Vista general pala P&H 4100XPC	10
Ilustración 7. Vista general camión Komatsu 830.....	12
Ilustración 8. Vista general camión Komatsu 930.....	12

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Valor anual total de costos.....	16
Ecuación 2. VA de la inversión.....	17
Ecuación 3. Ecuación completa VA total.....	18
Ecuación 4. Factores utilizados en el VA total de costos.....	18
Ecuación 5. Funciones Excel para el modelo de determinación de VA.....	18
Ecuación 6. Tasa de depreciación.....	25
Ecuación 7. Cargo anual de depreciación.....	25
Ecuación 8. Valor en libros después de t años.....	25
Ecuación 9. Máxima tasa de depreciación anual.....	26
Ecuación 10. Tasa de depreciación para el año t.....	26
Ecuación 11. Cargo anual de depreciación.....	26
Ecuación 12. Cargo anual de depreciación.....	26
Ecuación 13. Definición de disponibilidad.....	30
Ecuación 14. Definición de utilización.....	30

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Procedimiento de análisis de reemplazo y conservación.....	37
Diagrama 2. Plan de análisis.....	38
Diagrama 3. Selección y desarrollo del modelo.....	40
Diagrama 4. Aplicación del modelo.....	43
Diagrama 5. Análisis de Reemplazo & Conservación.....	44
Diagrama 6. Documentación & Revisión de Resultados.....	45
Diagrama 7. Implementación & Monitoreo del análisis.....	46

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 ACERCA DE LA COMPAÑÍA

La Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi es una empresa minera dedicada a la extracción y producción de concentrado de cobre y molibdeno. La explotación del mineral es a rajo abierto y se centra actualmente en los yacimientos Rosario y Ujina, ambos situados a 4.400 metros de altura sobre el nivel del mar en la zona altiplánica de la Región de Tarapacá, comuna de Pica, en el extremo norte de Chile.

Actualmente Collahuasi es la tercera mayor operación de cobre en el mundo, y el tercer mayor depósito de cobre del planeta en recursos minerales.

Collahuasi es una sociedad contractual minera perteneciente a Anglo American y a Glencore, cada una con un 44% de la propiedad, donde el 12% restante pertenece a Japan Collahuasi Resources B.V., todas ellas representadas en el directorio.

Anglo American es una de las mayores compañías mineras del mundo, su casa matriz está en el Reino Unido y cotiza principalmente en la bolsa de Londres. Su cartera de negocios abarca metales preciosos en los que es líder global en platino y diamantes; metales como el cobre y níquel; productos a granel de mineral de hierro, carbón metalúrgico y carbón térmico. Anglo American está comprometida con los más altos estándares de seguridad y responsabilidad en todos sus negocios, donde también busca marcar diferencia sostenible en el desarrollo de las comunidades cercanas a sus faenas. Sus operaciones mineras y extensa cartera de proyectos de crecimiento están localizadas en África, Sudamérica, Australia, Norteamérica y Asia.

Glencore es una de las empresas de recursos naturales más grandes del mundo. Es líder en la producción y comercialización de materias primas, con una cartera equilibrada de diversos activos industriales; cuenta con un posicionamiento sólido para crear valor agregado en cada etapa de la cadena de suministro, desde la obtención de materiales del subsuelo hasta el suministro de sus productos. Las actividades industriales y de marketing del grupo se apoyan en una red global de más de 90 oficinas situadas en más de 50 países. Sus operaciones diversificadas

abarcan sobre 150 explotaciones mineras y metalúrgicas, plataformas petrolíferas, granjas e instalaciones agrícolas. La empresa posee aproximadamente 190.000 trabajadores.

El consorcio japonés está encabezado por Mitsui & Co., Ltd., una de las mayores compañías de trading de la nación nipona, y comprende a las compañías Nippon Mining & Metals Co., Ltd. y Mitsui Mining & Smelting Co., Ltd.

En materia de relaciones nacionales Collahuasi posee una estrecha relación con las comunidades aledañas, prestándoles ayuda en infraestructura y desarrollo social, son numerosos los programas de inserción laboral para aquellas personas que estén terminando su periodo escolar.

Es importante mencionar que las operaciones de la compañía se encuentran en el altiplano de uno de los desiertos más áridos del mundo. Particularmente en el área cordillera, donde se ubican la mina, tranque, botaderos y planta concentradora, existen espacios de alto valor ambiental por su diversidad biológica, y es por este motivo que se tiene como objetivo estratégico alcanzar un desempeño sustentable, considerando las comunidades, el medio ambiente y recursos naturales.



Ilustración 1. Rajo Rosario, botaderos y stocks

1.2 UBICACIÓN DE INSTALACIONES

La Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi se distribuye en diferentes áreas y regiones de Chile. Las principales las operaciones mineras se concentran en el área cordillera, mientras que las operaciones de embarque están en el área puerto. Las operaciones corporativas son llevadas a cabo en instalaciones dentro de las ciudades de Santiago e Iquique.

1.2.1 ÁREA CORDILLERA

Sus instalaciones industriales y yacimientos se encuentran en la comuna de Pica, concentrando las actividades de la operación minera y procesamiento de material en Rosario y Ujina respectivamente.

1.2.2 ÁREA PUERTO

En Ujina está ubicada la planta concentradora, desde donde nace un mineroducto que se extiende a lo largo de 203 km hasta las instalaciones de filtrado y embarque de la compañía, situadas en Punta Patache, a unos 65 km al sur de Iquique, cuya labor es trasladar el concentrado de cobre. En este lugar se ubica también la planta de molibdeno y el terminal portuario donde se embarcan los productos procesados a los mercados internacionales.

Las oficinas principales de la compañía están ubicadas en Iquique, capital de la primera Región de Tarapacá. Además, la empresa cuenta con oficinas corporativas en la comuna de Pica, y en la ciudad de Santiago. Estas oficinas concentran labores acerca de recursos humanos y finanzas.



Ilustración 2. Ubicación geográfica de Collahuasi

1.3 VISION Y VALORES

Visión de la compañía. "Ser reconocida como empleador preferido, con personas comprometidas que trabajan en equipo para lograr el máximo rendimiento, líder entre los productores de cobre, maximizando el potencial de nuestros activos y al mismo tiempo demostrando un compromiso total con la seguridad, la comunidad, el medio ambiente y el desarrollo sostenible".

Valores Corporativos

- Seguridad.
- Respeto.
- Honestidad.
- Pasión.
- Reconocimiento.
- Responsabilidad.

1.4 PRESIDENCIA EJECUTIVA DE LA COMPAÑÍA

Como parte de la estructura organizacional a continuación se presenta el organigrama de la compañía.



Ilustración 3. Organigrama Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

1.5 MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO

La motivación de la presente memoria se encuentra alineada con la estrategia de la compañía, la cual está enfocada en maximizar el valor de la compañía en el largo plazo basándose en los siguientes pilares:

- Minimización de costos.
- Disminución de incertidumbre en los procesos productivos de la compañía.
- Desarrollo de un negocio sustentable en el largo plazo.

Actualmente la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi está operando sus activos mineros móviles considerando una vida útil especificada por los proveedores de estos.

Por lo general la vida útil recomendada por proveedores de activos mineros es genérica para todos sus clientes, es decir, a todos les recomiendan la misma vida útil, dejando de lado las diferentes situaciones operacionales en las que puedan verse sometidos sus activos.

Es debido a lo anterior que por medio del presente estudio Collahuasi busca determinar la vida útil sus activos mineros, contextualizando dicho parámetro a su situación geográfica y operacional.

De esta manera se buscará aumentar el valor de la compañía mejorando la estrategia de recambio de sus activos mineros móviles, determinando de manera más precisa y contextualizada su vida útil.

1.6 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la vida útil económica óptima de los activos mineros móviles utilizando modelos matemáticos de análisis del costo del ciclo de vida para aumentar el nivel de conocimiento que se tiene sobre los activos que operan en faena por parte del área de Gestión de Activos, área que se encarga de agregar valor a la compañía mediante el uso y cuidado de los activos en todo su ciclo de vida.

De esta forma la compañía podrá solicitar a sus accionistas, con un respaldo de ingeniería, el recambio de sus activos mineros más envejecidos y de menor rendimiento.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El análisis del costo del ciclo de vida del cual trata la presente memoria está justificado por el continuo aumento de los costos de operación y mantención asociados a los activos, esto se debe al progresivo deterioro que estos sufren con el pasar de sus horas operativas.

Si bien el principal objetivo del modelo es determinar la vida útil económica óptima de los activos, también debe colaborar a desarrollar una estrategia de recambio, y para ello el modelo debe:

- Construir y permitir visualizar el comportamiento y tendencia que seguirán los costos asociados a los activos, ya sea aquellos programados, no programados, y operativos.
- Precisar la magnitud de los costos incurridos por la compañía al operar por sobre o bajo la vida útil económica óptima.
- Diagnosticar cada uno de los activos que posee la compañía, y definir si es económicamente rentable la decisión de su reemplazo, y si ese fuese el caso determinar si el nuevo activo debe ser del mismo u otro modelo.
- Permitir evaluar económicamente el cambio en el modo de empleo y la extensión de vida útil de los activos analizados.

1.7 ALCANCE

El alcance de la presente memoria es la determinación de la vida útil económica óptima de todos los tipos de activos utilizados por el área de carguío y transporte, es decir, analizar todos los modelos de palas y camiones que posee la compañía.

En el caso de los camiones, se determinó la vida útil económica óptima de los modelos Komatsu 830 y 930, y en el caso de las palas electromecánicas se estudiaron los modelos Bucyrus 495HI, 495HR y P&H 4100XPC. Los análisis realizados permitirán comparar y determinar la mejor opción cuando se busque evaluar un posible reemplazo. Con lo anterior se podrá generar desde un punto de vista económico, una nueva política de reemplazo y monitoreo de los costos actuales de los activos mineros móviles.

Cabe mencionar que el presente estudio no busca aumentar u optimizar el movimiento mina desde el punto de vista de la producción, sino que busca mejorar el control y monitoreo de los costos del ciclo de vida de los activos utilizados por el área de carguío y transporte.

1.8 ESTRUCTURA GENERAL

El estudio se divide en los capítulos que se explican a continuación:

- **Capítulo 2.** Se hace una presentación de todos los contenidos considerados relevantes para el entendimiento del trabajo y de las actividades que se realizarán en los capítulos posteriores. También se hace referencia al análisis de ingeniería llevado a cabo para definir la toma de decisiones de reemplazo y conservación.
- **Capítulo 3.** Se determina el proceso requerido para realizar un análisis general del costo del ciclo de vida.
- **Capítulo 4.** Se hace referencia a la metodología que debe ser utilizada para la obtención de la información requerida. También se detalla la manera en que se deben manipular los datos para lograr eliminar el error, aumentando la representatividad de la información.
- **Capítulo 5.** Se presentan los principales resultados obtenidos.
- **Capítulo 6, 7 y 8.** Se realiza el análisis y conclusión de los resultados obtenidos, presentando recomendaciones respecto de posibles nuevos estudios.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES

2.1 COSTO DEL CICLO DE VIDA

El costo del ciclo de vida de los activos o Life Cycle Costing (LCC) está definido por la naturaleza de éstos, es decir, cuando se habla de activos fijos el análisis debe incluir costos tales como planificación, diseño, adquisición, mantenimiento, operación y otros costos relacionados al propietario, mientras que cuando se habla de activos móviles el análisis debe considerar costos por adquisición, mantenimiento, operación y disposición”.

En el presente estudio el costo del ciclo de vida incluye todos aquellos costos que deben ser considerados en activos mineros móviles.

“Aquí se trata de evaluar el período óptimo de reemplazo de equipos. Ello se justifica por el incremento en los costos de operación y mantención. El criterio a utilizar es la minimización del costo medio durante la vida del equipo. Factores tales como la depreciación y la inflación serán tomados en cuenta. El problema de optimización inicial considera la minimización del costo global considerando la compra, reventa, costos de operación y mantención del equipo considerado” (Pascual, 2005).

“El análisis del costo del ciclo de vida es una técnica de cálculo económico que permite optimizar la toma de decisiones asociadas a los procesos de diseño, selección, desarrollo y sustitución de los activos que conforman un sistema de producción. La misma propone evaluar de forma cuantitativa todos los costes asociados al período económico de vida útil esperado, expresados en unidades monetarias equivalentes anualizadas” (Kirt y Dellisola, 1996).

Por lo tanto, el costo del ciclo de vida es un proceso para determinar la suma de todos los costos asociados a algún activo o una de sus partes, donde dentro de estos costos se incluyen aquellos de adquisición, ensamblado, operación, mantención y disposición.

2.2 ACTIVOS EN LA COMPAÑÍA

2.2.1 EQUIPOS DE CARGUÍO

Según el área de planificación de largo plazo de la compañía, se consideran los siguientes criterios para la selección de los equipos mina a ser utilizados en los próximos períodos:

- Unidades de gran tamaño, acorde al tamaño de la futura operación.
- Tecnología probada, similar a lo actualmente utilizado en el rajo Rosario.

Para realizar el movimiento mina a largo plazo se consideran equipos de carguío electromecánicos, donde principalmente se contara con palas de cable de 73 [yd³] modelo Bucyrus o P&H. También se considera para el apoyo de la operación la utilización de cargadores frontales ML1850.

Actualmente la compañía cuenta con la siguiente flota de palas:

- 2 palas Bucyrus 495HI de 56 [yd³] (PA01 y PA04).
- 4 palas Bucyrus 495HR de 73 [yd³] (PA 05, PA 06, PA08, PA09 y PA10).
- 4 palas P&H 4100XPC de 73 [yd³] (PA11, PA12, PA13 y PA14).

2.2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PALA BUCYRUS 495HI

- Pala eléctrica de cable, cuya potencia se obtiene de tendidos de alta tensión.
- Posee un consumo promedio de 588 [kWh].
- Volumen de balde 56 [yd³].



Ilustración 4. Vista general pala Bucyrus 495HI

2.2.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PALA BUCYRUS 495HR

- Pala eléctrica de cable, cuya potencia se obtiene de tendidos de alta tensión.
- Posee un consumo promedio de 792 [kWh].
- Volumen de balde 73 [yd³].

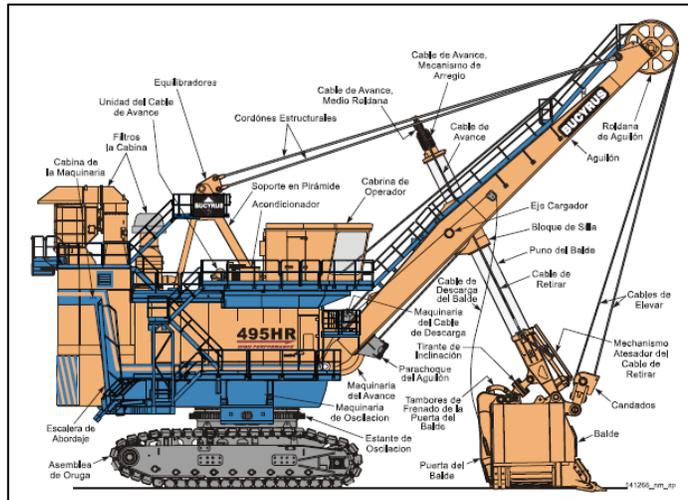


Ilustración 5. Vista general pala Bucyrus 495HR

2.2.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PALA P&H 4100XPC

- Pala eléctrica de cable, cuya potencia se obtiene de tendidos de alta tensión.
- Posee un consumo promedio de 906 [kWh].
- Volumen de balde 73 [yd³].

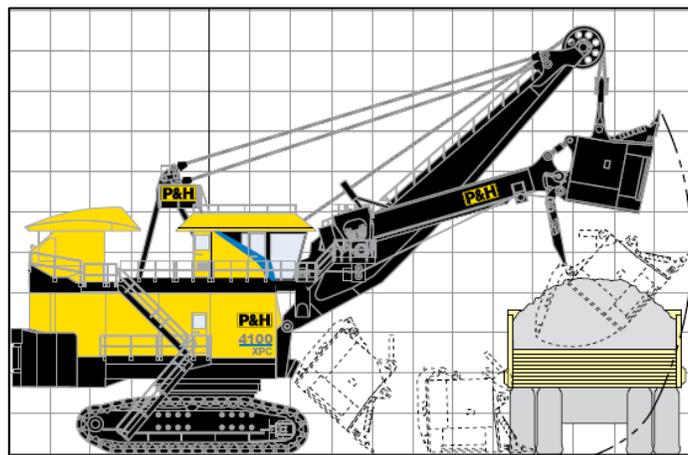


Ilustración 6. Vista general pala P&H 4100XPC

Los 3 modelos de palas electromecánicas empleadas en la operación utilizan 4 transmisiones principales, las cuales son:

- **Levante.** Mueve el balde a través del banco, durante la fase de excavación y proporciona el levante y la bajada controlada del carguío durante otras fases de operación.
- **Empuje.** Mueve el mango del balde hacia afuera o hacia dentro para controlar la profundidad de corte, también posiciona el balde sobre los camiones para vaciar la carga.
- **Giro.** Rota la pala entre las posiciones de excavación y vaciado. El sistema de giro utiliza dos transmisiones, una de 180° a la izquierda y la otra 180° a la derecha.
- **Propulsión.** Mueve la pala de una posición de excavación a otra. Dos mecanismos impulsores independientes proporcionan el avance, retroceso y giro.

2.2.2 EQUIPOS DE TRANSPORTE

Según planificación de largo plazo se espera seguir optando por equipos con capacidad de 305 [ton] de tolva, por lo tanto, el modelo que figura a largo plazo es el Komatsu 930.

Actualmente la compañía cuenta con una flota de 98 camiones distribuidos en los siguientes modelos:

- 14 camiones Komatsu 830.
- 80 camiones Komatsu 930.
- 4 camiones Liebherr T282C.

La presente memoria no analizara el modelo Liebherr debido a que su operación depende de un contrato de arriendo.

2.2.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CAMIÓN KOMATSU 830

- Posee un motor diésel de 4 tiempos.
- Potencia de Volante: 2.400 [HP].
- Consumo de combustible aproximado: 140 [lt/hr].
- Capacidad de carga: 217 [t].
- Capacidad Estanque de Combustible: 4.500 [lt].
- Peso Bruto: 377 [t].

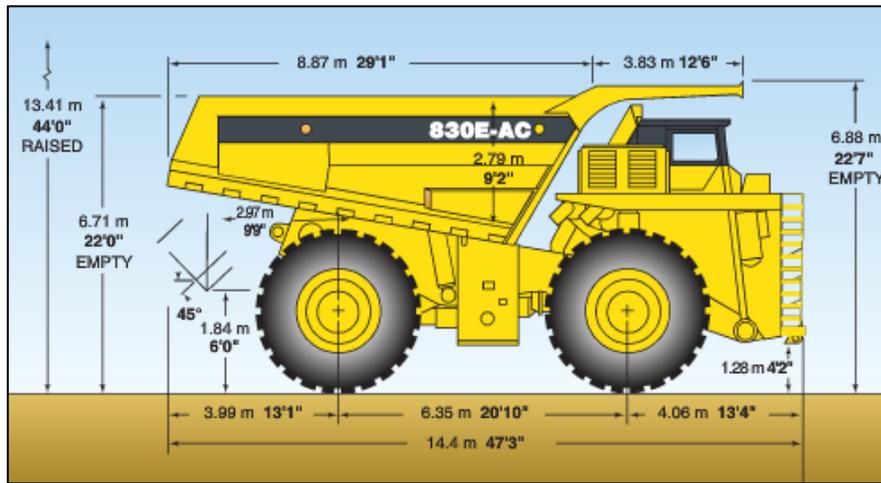


Ilustración 7. Vista general camión Komatsu 830

2.2.2.2 CARACTERISTICAS TÉCNICAS CAMIÓN KOMATSU 930

- Opera utilizando un motor diésel de 16 cilindros.
- Potencia de Volante: 2.550 [HP].
- Consumo de combustible aproximado: 207 [lt/hr].
- Capacidad de carga: 290 [t].
- Capacidad Estanque de Combustible: 4.543 [lt].
- Peso Bruto: 498 [t].

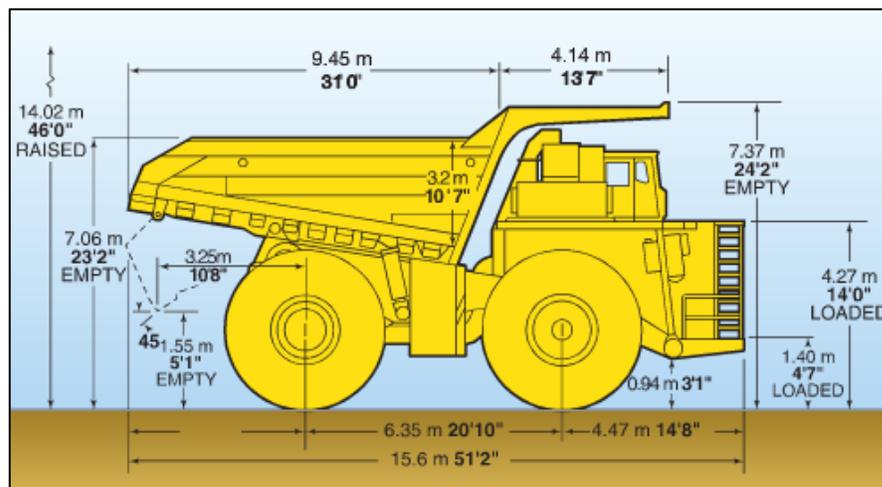


Ilustración 8. Vista general camión Komatsu 930

2.3 DECISIONES DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN

Uno de los análisis de ingeniería económica que se llevan a cabo con mayor frecuencia es el de reemplazo o conservación de un activo o sistema que se encuentre en uso. La pregunta fundamental que responde un análisis de reemplazo sobre un activo o sistema de uso actual es ¿debería reemplazarse ahora o más adelante?

Cuando un activo se encuentra en uso y su función es necesaria en el futuro, tendrá que reemplazarse en algún momento. Por lo tanto, en realidad un análisis de reemplazo responde la pregunta de cuándo, no si se reemplazará el activo o sistema.

Por lo común, en un análisis de reemplazo primero se toma la decisión económica de conservar o reemplazar ahora. Si la decisión consiste en reemplazar, el estudio está completo. Si la decisión consiste en conservar, las estimaciones del costo y la decisión se revisarán anualmente para garantizar que la decisión de conservar todavía sea económicamente correcta. Esta sección explica cómo llevar a cabo un análisis de reemplazo el año inicial y los años subsecuentes.

Un análisis de reemplazo es una aplicación del método VA (valor anual equivalente) de comparación de alternativas de vida diferente, el cual se basa en calcular el rendimiento anual uniforme que provocan los costos en un proyecto durante un período definido, es decir, el método anualiza los costos del proyecto de manera uniforme.

En un análisis de reemplazo con un periodo de estudio sin especificar, los VA se determinan con una técnica de evaluación de costo denominada análisis de vida útil económica (VUE). Cuando se especifica el periodo de estudio, el procedimiento difiere de cuando éste no se especifica. En esta sección examinaremos ambos tipos de procedimientos.

Cuando se habla de estudio de caso se hará referencia a realizar un análisis de reemplazo, el cual considera un equipo de la realidad expuesto a un posible reemplazo por un equipo del mismo modelo o mejorado.

2.3.1 FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS DE REEMPLAZO

La acción de realizar un análisis de reemplazo proviene de una necesidad, la cual deriva de variados propósitos, tales como:

1. **Rendimiento disminuido de los activos.** Con el paso del tiempo los activos sufren deterioro físico, lo cual provoca que estos deban ser sometidos a mantenciones cada vez más recurrentes y extensas, disminuyendo de esta manera su disponibilidad y rendimiento, lo cual provoca finalmente un aumento en los costos de operación y mantenimiento.
2. **Incumplimiento de requisitos.** Puede llegar el momento en que un activo no cumpla con los requisitos de la operación para lograr cumplir con las metas de corto y largo plazo, provocando la necesidad de realizar un reemplazo. Dentro de los requisitos se puede tener, velocidades de carguío y transporte, capacidades de carga, confiabilidad, etc.
3. **Obsolescencia de los activos.** Los activos van quedando obsoletos a medida que van desarrollándose nuevas tecnologías, es decir, su desempeño se va mostrando insuficiente cuando son comparados con nuevos activos introducidos al mercado.

Para lograr entender el análisis de reemplazo es necesario tener claro la siguiente terminología, debido a que será utilizada recurrentemente en las próximas secciones.

- **Defensor y retador.** Son las alternativas del análisis de reemplazo, las cuales son mutuamente excluyentes. Por un lado, el defensor representa al activo actualmente en operación, y por el otro el retador representa el posible reemplazo, el segundo puede ser un activo nuevo, del mismo u otro modelo respecto del defensor.
- **Valores anuales.** Es la medida económica utilizada para comparar al defensor con el retador. También puede ser utilizado como medida económica el CAUE (costo anual uniforme equivalente) debido a que dentro del estudio solo se consideran costos.
- **Vida útil económica (VUE).** Cuando se evalúa una alternativa la VUE corresponde al número de años en el cual se presenta el menor VA de costos.
- **Costo inicial del defensor.** Es el valor comercial actual. Dicho valor comercial puede ser obtenido desde valuadores profesionales, revendedores o liquidadores, los cuales posean la experiencia suficiente para valorizar activos usados. El valor de salvamento

calculado al final de un año se convierte en el valor comercial al principio del año siguiente.

- **Costo inicial del retador.** Corresponde a la cantidad de capital que deberá ser amortizada o recuperada al reemplazar al defensor con un retador. Por lo tanto, el costo inicial del retador será la inversión inicial necesaria para adquirir el activo.
- **Punto de vista externo.** Corresponde a la posición que debe tomar el analista de reemplazo para poder desarrollar el estudio de manera objetiva, por lo tanto, el análisis toma el punto de vista de un asesor de la compañía, el cual no posee conflictos de interés.

Para realizar un análisis de reemplazo en un periodo de tiempo definido es necesario realizar una serie de supuestos los cuales deben estar relacionados con el tipo de industria donde se haga el estudio. Como el contexto del presente estudio es una compañía minera se desarrollaron supuestos vinculados a su situación, es decir, a la vida útil que tendrá la mina.

Los supuestos realizados son los siguientes:

1. Aquellos costos correspondientes a servicios u contratos suministrados, deberán ser incluidos al análisis durante el tiempo de vida útil que posea la mina.
2. El retador con el cual se comparara al defensor deberá ser el mejor disponible en ese momento y en el futuro, es decir, cuando se realice la comparación el retador deberá corresponder a la mejor opción que se tenga respecto de la planificación de la compañía.
3. En caso de ser reemplazado el defensor por un retador, la acción deberá ser repetida para ciclos de vida subsecuentes hasta que la vida útil de la mina culmine.

Es de esperarse que no siempre todos los supuestos anteriores tendrán sentido, es por ello que cuando alguna de estas suposiciones pierda sentido, los cálculos para las diferentes alternativas deberán actualizarse.

Cuando el horizonte de estudio del análisis de reemplazo está limitado, es decir, el periodo de estudio es específico, las suposiciones anteriormente mencionadas pierden validez.

2.3.2 VIDA ÚTIL ECONÓMICA

La vida útil económica (VUE) es el número de años “n” donde se alcanza el mínimo de los costos del valor anual (VA) uniforme equivalente, siempre tomándose en cuenta costos vigentes para realizar el análisis de reemplazo.

Como los valores de “n” tanto para el defensor como para el retador no están preestablecidos, es necesario que sean determinados por medio de un análisis de reemplazo. Cuando han pasado los “n” años, la VUE indica que el activo debiese reemplazarse para minimizar los costos totales.

La VUE es también conocida como vida económica o vida de costo mínimo, una vez esta haya sido determinada, la VUE debiese ser la vida estimada aplicada en estudios de ingeniería económica. La VUE de los activos se determina calculando el VA total de sus costos una cantidad de años superior a la considerada como vida útil.

El VA total de costos corresponde a la suma de la recuperación de capital (RC), la cual corresponde al VA de la inversión inicial, con el VA del costo anual de operación (COA) estimado.

A continuación se presenta la ecuación que corresponde al VA total de costos:

$$VA \text{ total} = -\text{recuperación de capital} - VA \text{ del costo anual de operación}$$

$$VA \text{ total} = -RC - VA \text{ del COA}$$

Ecuación 1. Valor anual total de costos

A continuación se presenta de manera gráfica el comportamiento de las variables del VA total, donde se puede observar que una variable disminuye mientras la otra aumenta, generando así una curva producto cóncava.

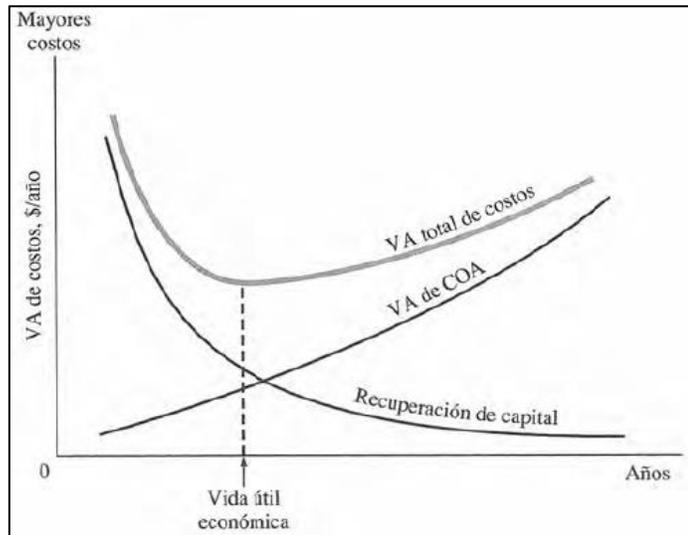


Gráfico 1. Curvas del valor anual de los elementos de costo que determinan la VUE

Los dos factores del VA observados en el gráfico anterior se calculan de la siguiente manera:

- **Costo disminuido de la recuperación de capital.** El VA de la inversión es la recuperación de capital; ésta disminuye su valor con cada año de posesión. El valor de salvamento S , que generalmente, disminuye con el paso de los años es el valor comercial (VC) calculado para ese año.

$$\text{Recuperación de capital} = -P \left(\frac{A}{P}, i, n \right) + S \left(\frac{A}{F}, i, n \right)$$

Ecuación 2. VA de la inversión

- **Incremento del costo del VA del COA.** Es de esperar que el costo anual de operación vaya en aumento con el correr de los años debido a que mientras más envejecidos están los activos mayor es su gasto por conceptos de mantención y consumo, por lo tanto, la estimación del COA, generalmente, va al alza con los años, aumentando el VA de este. Para calcular el VA de las series de los años 1, 2, 3,.... del COA, se debe determinar el valor presente de cada valor del COA con el factor “P/F”, y después redistribuir el valor P en los años de posesión, empleando el factor A/P.

La ecuación completa para el VA total de los costos en k años es:

$$Total\ VA\ VA_k = -P \left(\frac{A}{P}, i, k \right) + S_k \left(\frac{A}{F}, i, k \right) - \left[\sum_{j=1}^{i=k} COA_j \left(\frac{P}{F}, i, j \right) \right] \left(\frac{A}{P}, i, k \right)$$

Ecuación 3. Ecuación completa VA total

Donde P = Inversión inicial o valor comercial actual.

S_k = Valor de salvamento o valor comercial después de k años.

COA_j = Costo anual de operación por año j (j=1 a k).

Y los factores utilizados son:

$$Factor\ de\ fondo\ de\ amortización = \left(\frac{A}{F}, i, n \right) = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

$$Factor\ de\ recuperación\ de\ capital = \left(\frac{A}{P}, i, n \right) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$Factor\ de\ valor\ presente = \left(\frac{P}{F}, i, n \right) = \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right)$$

Ecuación 4. Factores utilizados en el VA total de costos

Cuando el activo es el defensor el valor comercial actual se emplea para P, y los valores comerciales futuros estimados de VC se sustituyen por los valores de S en todos los años.

Para realizar los cálculos de la VUE en Excel se debe utilizar la función PAGO, la cual se emplea de manera repetida para cada año en el cálculo de la recuperación de capital y del VA del COA.

La suma de éstos será el VA total para k años de posesión.

A continuación se muestran las funciones Excel necesarias para realizar el análisis de reemplazo para cada año k:

$$Recuperación\ de\ capital\ para\ el\ retador = PAGO(tasa\ de\ descuento, años, P, -VC_{en\ año\ k})$$

$$Recuperación\ de\ capital\ para\ el\ defensor = PAGO(tasa\ de\ descuento, años, actual_{VC}, -VC_{en\ año\ k})$$

$$VA\ del\ COA = -PAGO(tasa\ descuento, años, VPN(tasa\ descuento, año1_{COA}: añok_{COA} + 0))$$

Ecuación 5. Funciones Excel para el modelo de determinación de VA

Al finalizar el análisis de VUE se debe continuar con el análisis de reemplazo, donde se comienza a utilizar la siguiente nomenclatura: Alternativa del retador (R): VA_R para n_R años y alternativa del defensor (D): VA_D para n_D años.

2.3.3 REALIZACIÓN DE UN ANÁLISIS DE REEMPLAZO

Existen dos maneras de realizar un análisis de reemplazo, estas son con un periodo de tiempo específico o con un período de tiempo indefinido.

La determinación de reemplazo de un defensor por un retador proviene de un análisis de reemplazo. El estudio culmina en el momento que se escoja la alternativa de reemplazar al defensor por el retador, mientras que continua en el caso contrario, es decir, si se escoge continuar operando con el activo actual el estudio podría extenderse una cantidad de años igual a la vida del defensor n_D , período después del cual un retador reemplazará al defensor.

Se debe utilizar el valor anual y los valores de vida tanto del retador como del defensor en la aplicación de los procedimientos del análisis de reemplazo.

1. Se debe escoger la mejor opción entre los valores VA_R y VA_D . En el caso de que se haya escogido al retador, se debe reemplazar de manera inmediata al defensor, conservando por n_R años el retador, de esta manera se finaliza el análisis de reemplazo por completo. En el caso contrario, donde se escoge al defensor se debe conservar n_D años más el activo actual, y seguir los pasos 2 y 3.
2. En el caso que nos encontremos en el año n_D , y sean vigentes el costo inicial, valor comercial y COA, se debe reemplazar al defensor. Si no nos encontramos en el año n_D , se debe seguir conservando el activo defensor un año más, para volver a repetir el ejercicio. Lo anterior podría repetirse en varias ocasiones.
3. Si los valores y tendencias estimadas han variado, se deben actualizar las planillas para el cálculo de VA_R y VA_D , de esta manera se podría iniciar un nuevo análisis de reemplazo, volviendo al paso 1.

En caso de que se decida conservar al defensor (paso 1), se recomienda actualizar las planillas de estimación de VA después de un año de conservar al activo defensor (paso 2), también se recomienda iniciar nuevos análisis de reemplazo en caso de que se incorpore al mercado un nuevo abanico de posibilidades de reemplazo.

2.3.4 CONSIDERACIONES ADICIONALES EN UN ANÁLISIS DE REEMPLAZO

La mejor manera de plantear las preguntas de retención o reemplazo de activos es la siguiente: ¿Se debe reemplazar el activo ahora, dentro de 1 año, 2 años, 3 años, etc.? El procedimiento visto en la sección anterior tiene la capacidad de responder dicha pregunta, pero siempre y cuando los cálculos de n_R y n_D no varíen conforme pasan los años, es decir, en el momento en que se inicia el paso 1 de la sección 2.2.3 se responde la pregunta respecto al reemplazo para múltiples años, y es solo en el caso que las estimaciones necesarias para el cálculo de n_R y n_D varíen, cuando puede invertirse de manera prematura la decisión de retener el activo antes de n_D años.

Es natural pensar que en algún momento en el tiempo se deba realizar el reemplazo de todos los activos, esto siempre y cuando se siga manteniendo la necesidad de sus servicios y exista algún retador disponible a ser evaluado.

Puede existir la motivación de retener un activo debido a que se está a la espera de que salga al mercado algún retador que sea más interesante para el negocio, es decir, esperando que esté disponible un retador mejor que los ya existentes, con tecnología más avanzada, menores costos de operación, mejores negociaciones de contrato, etc. El análisis de reemplazo no se hace cargo de un inminente buen retador. Por lo tanto, es importante comprender las tendencias, avances y fuerzas competitivas que pueden complementar el resultado económico de un buen análisis de reemplazo.

2.3.5 ANÁLISIS DE REEMPLAZO REALIZADO EN UN PERÍODO DEFINIDO

Si bien en el desarrollo de esta investigación no existe el caso en que se tenga un período de estudio específico, es importante mencionarlo.

Cuando un análisis de reemplazo es acotado en el tiempo, 6 años por ejemplo, la determinación de los valores VA para el retador y defensor no se basan en la determinación de la vida útil económica (VUE), debido a que no se toma en cuenta lo que sucede con las alternativas posterior al período determinado para realizar el análisis de reemplazo. Se podría decir que los servicios prestados por los activos no son requeridos más allá del período de estudio. Aquellos supuestos hechos en la sección 2.3.1 no se ajustan cuando el período de análisis es limitado. A continuación se muestra el procedimiento que debe ser seguido en caso se tenga un período de estudio establecido.

1. **Opciones sucesivas y valores VA.** Se deben considerar todas las maneras de utilizar al defensor y al retador durante el período de estudio especificado. De esta manera puede existir una o varias opciones; mientras más extensa es la ventana del estudio más complejo se hace el análisis.
2. **Elección de la mejor opción.** Se calcula el VA de todas las opciones dentro del período de estudio, para luego elegir la opción con el mínimo costo.

2.3.6 RESUMEN DE LA SECCIÓN DE ANÁLISIS DE REEMPLAZO

Es importante mencionar que el análisis de reemplazo debe hacerse comparando al mejor retador disponible con el defensor, donde el mejor retador (económicamente) será aquel que posea el menor valor anual (VA) de costos en algún período de años. En el momento que se tenga tanto la vida útil económica (VUE) esperada restante del defensor como la vida útil económica (VUE) estimada del retador se deben determinar los valores VA durante estos años, para finalmente proceder a realizar el análisis de reemplazo.

El análisis de vida útil económica (VUE) debe ser realizado tanto en los activos defensores como retadores, es desde este análisis donde se determina la mejor cantidad de años de servicios tanto del retador como del defensor, dicha cantidad de años está definida por el menor VA total de costos. Los valores n_R , n_D , VA_R y VA_D que resultan son utilizados en el procedimiento del análisis de reemplazo.

2.4 MODELO DE DETERMINACIÓN DEL VALOR ANUAL DE ELEMENTOS DE COSTOS

El modelo posee una estructura contable, similar a un flujo de caja, el cual contiene variables y factores que permiten realizar una estimación de los costos en que se debe incurrir a lo largo de la vida de un activo.

Existe una gran cantidad de diferentes modelos, cada uno de ellos está construido con fines y para activos diferentes, es por ello que se recomienda confeccionar un modelo para cada aplicación en específico.

El modelo debe cumplir con:

- Representar certeramente al activo, es decir, incluir sus costos por mantención, operación, restricciones y limitaciones.
- Ser de fácil comprensión, para que de esta manera pueda ser posible destacar aquellas variables que influyen mayormente en los costos.
- Ser fácilmente analizable, para que de esta manera se puedan tomar las mejores decisiones.

Es de gran importancia que previo a la selección del modelo a ser confeccionado se debe tener claro el propósito del análisis y el tipo de información que se requiere. El modelo debe ser validado respecto a la aplicabilidad de variables, factores, constantes y relaciones empírica.

2.5 DEPRECIACIÓN Y SUS MÉTODOS DE DETERMINACIÓN

La depreciación es la pérdida de valor de los activos que puede ser producida por diferentes causas como son técnicas y económicas. Las causas técnicas representan la paulatina disminución de rendimiento del activo en su función dentro del proceso productivo, por otro lado el envejecimiento económico u obsolescencia representa la depreciación por causas externas. El monto de la depreciación anual D_t no representa un flujo de efectivo real, ni refleja necesariamente el patrón del uso real del activo durante su posesión.

Las compañías recuperan en libros sus inversiones de capital en activos tangibles (equipos, infraestructura, edificaciones) mediante el proceso de deprecación. Si bien el monto de depreciación no es un flujo de efectivo real, el proceso de depreciar un activo explica la pérdida del valor del activo debido a su antigüedad, uso y obsolescencia. Un activo puede conservar excelentes condiciones a lo largo del tiempo, pero eso no implica que mantenga su valor.

Existen 3 métodos utilizados para depreciar activos, los cuales serán descritos a partir de la siguiente sección.

2.5.1 TERMINOLOGÍA DE DEPRECIACIÓN

A continuación se presentan algunas definiciones básicas para la comprensión de los diferentes métodos de depreciación.

Depreciación en libros y depreciación para efecto de impuestos. Son los términos empleados para diferenciar los propósitos por los cuales se aplica el ejercicio de reducir el valor del activo. El ejercicio de depreciar activos se realiza por dos razones:

1. Para llevar una contabilidad financiera dentro de una empresa o negocio, este propósito está asociado a la depreciación en libros.
2. Para cálculos de carácter impositivo por disposiciones gubernamentales, este propósito se asocia a la depreciación para efectos tributarios.

Ambos propósitos de depreciación pueden o no utilizar el mismo método de depreciación.

Normalmente los métodos de depreciación utilizados para obtener la depreciación en libros son en línea recta (LR) y saldos decrecientes (SD), mientras que para definir el monto de la depreciación para efectos de impuestos se utilizan métodos aprobados gubernamentalmente.

“En Estados Unidos y muchos países industrializados, la depreciación del impuesto anual es deducible de impuestos; es decir, se resta del ingreso cuando se calcula la cantidad de impuestos que se adeuda cada año. Sin embargo, el monto de la depreciación para efecto de impuestos debe calcularse con un método aprobado por el gobierno”.

Costo inicial o base no ajustada. Es el valor que se obtiene al sumar todos los costos en los que se incurre para dejar operativo un activo (precio de compra, despacho, instalación y otros costos directos depreciables). Se hace referencia a “base no ajustada” cuando a un activo no se le ha aplicado ninguna especie de depreciación.

Valor en libros (VL). Representa la diferencia entre el costo inicial y los cargos por depreciación acumulados con el tiempo.

Valor de mercado. Es la cantidad de capital en la que puede venderse el activo en el mercado abierto.

Período de recuperación (n). Es la vida del activo para los propósitos de depreciación e impuestos. Es fijada por la autoridad.

Tasa de depreciación o tasa de recuperación (d_t). Es la fracción del valor inicial del activo, retirada periódicamente por medio de la depreciación de los libros contables. Esta tasa puede ser constante o no.

Valor de salvamento o residual (S). Valor esperado neto o valor de mercado al final de la vida útil del activo. Puede expresarse como porcentaje del costo inicial o como un monto.

2.5.2 DEPRECIACIÓN EN LÍNEA RECTA (LR)

La depreciación en línea recta debe su nombre debido a que el valor en libros disminuye de manera lineal conforme pasan los años en la edad del activo. Posee una tasa de depreciación d_t constante cada año del período de recuperación n .

$$d = \frac{1}{n}$$

Ecuación 6. Tasa de depreciación

Para propósitos de depreciación en libros este método representa de excelente manera el valor en libros de cualquier activo a lo largo del número de años estimado. Los parámetros y cálculos de este método de depreciación son los siguientes:

$$D_t = (B - S)d$$

$$D_t = \frac{B - S}{n}$$

Ecuación 7. Cargo anual de depreciación

Donde $t =$ año ($t = 1, 2, \dots, n$).

$D_t =$ Cargo anual de depreciación.

$B =$ Costo inicial o base no ajustada.

$S =$ Valor de salvamento estimado.

$d =$ Tasa de depreciación $= 1/n$.

$n =$ Período de recuperación.

Como el activo se deprecia la misma cantidad todos los años, el valor en libros después de t años de servicio queda de la siguiente manera:

$$VL_t = B - (t * D_t)$$

Ecuación 8. Valor en libros después de t años

2.5.3 DEPRECIACIÓN DE SALDO DECRECIENTE (SD) Y DE SALDO DOBLE DECRECIENTE

El método de saldo decreciente también es conocido como el método de porcentaje uniforme o fijo.

La depreciación del método SD acelera la reducción del valor del activo debido a que la depreciación anual se determina multiplicando el valor en libros al principio de cada año por un porcentaje fijo (uniforme) d , expresado en forma decimal. Si $d = 0.1$, entonces cada año se elimina el 10% del valor en libros. Por lo tanto, la cantidad de depreciación disminuye cada año.

Existe un máximo para la tasa de depreciación anual, dicho máximo determinara lo que se conoce como método de saldo doble decreciente (SDD).

$$d_{max} = \frac{2}{n}$$

Ecuación 9. Máxima tasa de depreciación anual

Los parámetros y cálculos de este método de depreciación son los siguientes:

$$d_t = d(1 - d)^{t-1}$$

Ecuación 10. Tasa de depreciación para el año t

$$D_t = (d)VL_{t-1}$$

Ecuación 11. Cargo anual de depreciación

Si el valor en libro VL_{t-1} no se conoce, el cargo anual de depreciación es:

$$D_t = (d)B(1 - d)^{t-1}$$

Ecuación 12. Cargo anual de depreciación

Es importante notar el hecho de que el valor en libros nunca será cero en caso de ser utilizado el método SD para depreciar un activo. Las funciones DDB (B, S, n, t, d) y DB (B, S, n, t) de Excel se usan para desplegar cantidades de depreciación para años específicos.

2.6 SOFTWARES UTILIZADOS EN LA COMPAÑÍA

Para la confección del presente estudio deben ser utilizados dos software de la compañía, los cuales son: Mincom Ellipse y Dispatch Fleet Management System.

2.6.1 ELLIPSE 8.6

Software que permite a la compañía enfrentar desafíos propios de la operación minera, principalmente apoyando áreas de mantenimiento, confiabilidad, finanzas y abastecimiento.

Ellipse permite optimizar los procesos relacionados con el mantenimiento, tanto en el área mina como el área planta. El software posibilita la acción de realizar un seguimiento a centros de costos apoyando fuertemente las áreas de contabilidad, control de desembolsos y finanzas.

Con respecto al abastecimiento Ellipse proporciona apoyo a las áreas de contrato. En las áreas de gestión de bodegas el software está facultado para realizar un seguimiento cíclico de los materiales presentes en el lugar.

Finalmente, el software presta un gran apoyo a la operación de mantenimiento llevando un seguimiento estricto de las ordenes de trabajo programadas e imprevistas, manejando el nivel de aprobación de cada una de las actividades.

Para el presente estudio el software fue utilizado principalmente para hacer un seguimiento de las mantenciones programadas e imprevistas, de esta manera se extrajo de la base de datos del software los programas de mantenimiento de los activos estudiados, valorizando la duración (horas) y costo de cada una de las actividades que estos posee.

2.6.2 DISPATCH FLEET MANAGEMENT SYSTEM

Software utilizado principalmente por el área de Despacho mina el cual permite y ayuda a gestionar la operación de los camiones en la mina.

Dispatch optimiza la estrategia de operación a través del procesamiento de información de manera independiente a la intervención de los usuarios. El software utiliza 3 modelos para crear un plan maestro teórico de circuitos optimizados de producción y velocidades de alimentación en el turno en tiempo real. Los 3 modelos trabajan de manera conjunta para obtener la máxima productividad de los camiones en la mina.

Modelos del sistema:

- Modelo de la ruta crítica, entrega la mejor ruta o ruta más corta, manejando datos topográficos de la mina.
- Modelo de programación lineal, maneja los cambios variables que dependen del tiempo y permite escoger la ruta óptima. Dentro de las variables que considera se encuentran velocidades de excavación y tiempos en ruta de camiones.
- Modelo de programación dinámica, permite llevar a tiempo real la asignación de camiones creada por la programación lineal.

Por lo tanto, el software permite mantener la configuración de la mina en buen estado.

El software se utilizó para extraer de su base de datos tiempos de traslados en diferentes rutas, y tiempos y tipos de panne que tuvieron cada uno de los activos de la mina durante cierto período de tiempo.

2.7 MARCO TEÓRICO

A continuación se mencionarán algunas definiciones necesarias para la correcta comprensión de los siguientes capítulos. Las definiciones estarán enfocadas y relacionadas al objetivo del presente estudio.

2.7.1 HORÓMETRO

El horómetro es un dispositivo, con o sin programación, que cuenta con un contador interno de tiempo, el mismo que se va incrementando de acuerdo a la señal de entrada, la cual indica si el equipo se encuentra en funcionamiento o no. La información que entrega el horómetro es desplegada, generalmente, a través de un visualizador.

Estos dispositivos son utilizados principalmente para controlar las intervenciones de mantenimiento que están sujetas a programa. El mantenimiento como una disciplina integradora ha tenido un vertiginoso desarrollo en la industria minera, debido a que es la encargada de garantizar buenas cifras de disponibilidad a largo plazo del equipamiento de las empresas. Por lo tanto, lo anterior implica un aumento en la vida útil de los equipos y menores costos de mantenimiento por imprevistos.

La aplicación del horómetro es el conteo de horas, minutos y segundos de funcionamiento continuo de equipos y sistemas. Este valor es importante para el cálculo de costos y gastos en que incurren los equipos en aquellas actividades donde el tiempo es un factor de consumo de recursos.

Cuando el presente estudio haga referencia al horómetro de los activos, no se referirá al dispositivo que mide el tiempo, sino que se referirá a la cifra que despliega dicho artefacto, es decir, se referirá a la cifra de tiempo de funcionamiento del motor de los activos.

2.7.2 DISPONIBILIDAD

Objetivo principal de mantenimiento, es definida como la medida que nos indica cuánto tiempo está un equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase. Normalmente se expresa en porcentaje.

Por lo tanto, el tiempo total que un activo está disponible se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad [\%]} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo Total}}$$

Ecuación 13. Definición de disponibilidad

2.7.3 UTILIZACIÓN

Hace referencia a la porción de tiempo disponible que el equipo realmente está trabajando u operando. Generalmente, esta variable es presentada en porcentaje, y dependerá exclusivamente del área operativa, y no de su estado mecánico, es decir, el activo puede estar en perfecto estado y aun así presentar bajos porcentajes de utilización.

$$\text{Utilización [\%]} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Disponible}}$$

Ecuación 14. Definición de utilización

2.7.4 COSTOS DE OPERACIÓN

Son aquellos costos en que incurre un activo adquirido, durante su vida útil, con objeto de realizar los procesos de producción, incluyendo aquellos necesarios para un correcto mantenimiento de sus componentes.

Dentro de los costos de operación más importantes tenemos los siguientes:

- **Gastos técnicos y administrativos.** Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica y administrativa de una empresa, tales como, supervisores, electricistas, mecánicos, etc.
- **Materiales de consumo.** Son aquellos gastos en artículos de consumo, necesarios para el funcionamiento de la compañía, tales como: combustibles, lubricantes, electricidad, etc.

En el presente estudio cuando se hace referencia a los costos de operación nos referiremos principalmente a materiales de consumo, mano de obra operativa y gastos técnicos y administrativos, dejando fuera del desglose los costos de mantenimiento, ya que son considerados en otras categorías, como costos programados y no programados.

2.7.5 COSTOS PROGRAMADOS

Son aquellos costos asociados al mantenimiento programado. Dentro de la compañía se manejan programas de mantención para cada uno de los activos, estos son llamados MSTs (Maintenance Schedule Tasks).

Los MSTs son extraídos desde el software Ellipse, donde se indica la siguiente información de cada una de las actividades:

- Procedimiento a seguir.
- Grupo de trabajo que realizara la actividad.
- Frecuencia de la actividad.
- Calendarizaciones pasadas y futuras.
- Horas hombre requeridas.
- Duración de la actividad.

2.7.5.1 MANTENIMIENTO PROGRAMADO

El mantenimiento programado es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan sobre un equipo o instalación siguiendo un programa establecido, según el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros recorridos, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo.

Entre los tipos de actividad que suele incluir un mantenimiento programado encontramos los siguientes:

- Limpiezas técnicas de equipos.
- Sustitución de elementos sometidos a desgaste, como rodamientos, cojinetes, tolvas, dientes de balde, etc.
- Reemplazo de componentes mayores como bastidores, motores, plumas, zapateras, etc.
- Comprobación del estado interior de determinados elementos por medio de inspecciones cíclicas.

Este tipo de mantenimiento sistemático se sustituye en algunas ocasiones por mantenimientos por condición donde primero se verifica el equipo y luego se interviene en él sólo si presenta síntomas de fallo que lo justifiquen.

2.7.6 COSTOS NO PROGRAMADOS

Son aquellos costos asociados a mantenimiento no programado, por lo general este tipo de costos va en aumento con el correr de las horas operativas de los activos, esto se explica por el incremento del deterioro de componentes críticos y malas prácticas operacionales.

2.7.6.1 MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO

Se refiere a todas aquellas actividades de reparación y reemplazo que deben ser realizadas y que no se encuentran en el programa de mantenimiento. Por lo general este tipo de mantenimiento se va haciendo más costoso con el correr de las horas operativas en los activos.

Las actividades no programadas son costosas debido a que se aplican medios y recursos de forma desordenada, aumentando los costos de mano de obra, reparaciones y componentes.

Es posible disminuir este tipo de procedimiento con buenas políticas de mantenimiento tanto predictivas como preventivas.

2.7.6.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

No es un tipo de mantenimiento, sino un estilo de realizar mantenimiento de forma sistematizada.

Tiene por misión mantener un nivel de disponibilidad determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos críticos en el momento más oportuno.

2.7.6.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Tipo de mantenimiento que persigue conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de los componentes críticos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables representativas del estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

2.7.7 CAPEX

El CAPEX (Capital Expenditure) hace referencia a todos aquellos gastos de capital generados para adquirir o mejorar los activos productivos, con el fin de aumentar la capacidad o eficiencia de una empresa.

En el presente estudio por políticas estratégicas de la compañía se considera como CAPEX a todas aquellas inversiones mayores efectuadas por componentes y equipos nuevos, también se considera como CAPEX a ciertas mantenciones de componentes críticos que requieren altas inversiones.

2.7.8 OPEX

El OPEX (Operating Expenses) hace referencia a los costos continuos que deben ser realizados para mantener el funcionamiento de un negocio, es decir, se refiere a los costos asociados con el mantenimiento de equipos y gastos de consumibles necesarios para la producción y funcionamiento del negocio.

En el presente estudio se considera como OPEX a todos aquellos costos relacionados con la mano de obra, supervisión, operación y materiales de consumo necesarios para mantener la producción de los activos analizados.

2.7.9 COSTO DE OPORTUNIDAD

El costo de oportunidad se entiende como aquel costo en que se incurre al tomar una decisión y no otra. Es aquel valor o utilidad que se sacrifica por elegir una alternativa A y despreñar una alternativa B. Tomar un camino significa que se renuncia al beneficio que ofrece el camino descartado.

En toda decisión que se tome hay una renunciación implícita a la utilidad o beneficios que se hubieran podido obtener si se hubiera tomado cualquier otra decisión. Para cada situación siempre hay más de un forma de abordarla, y cada forma ofrece una utilidad mayor o menor que las otras, por consiguiente, siempre que se tome una u otra decisión, se habrá renunciado a las oportunidades y posibilidades que ofrecían las otras, que bien pueden ser mejores o peores

Cuando el presente estudio se refiere al costo de oportunidad en los modelos de análisis de reemplazo hace referencia a aquel beneficio de una alternativa que se deja de percibir al tomar otra alternativa.

En el caso de activos de carguío y transporte el costo de oportunidad aplicado en los modelos es aquel en el que se incurre al dejar de mover cierta cantidad de material a costo definido (USD/t), por ejemplo, si con un camión Komatsu 930 se puede transportar 1.000 [t/día] de material y con un camión Komatsu 830 se puede 700 [t/día] de material, entonces se debe aplicar un costo de oportunidad al camión Komatsu 830 por dejar de mover la diferencia de 300 [t/día].

2.7.10 TASA DE DESCUENTO E INFLACIÓN

La tasa de descuento corresponde a la tasa utilizada para descontar los flujos futuros de efectivo mediante la técnica del valor presente neto, mientras que la tasa de inflación es el aumento anual porcentual del nivel general de precios, normalmente medido a través del índice de precios al consumo (IPC) u otro índice similar.

Debido a la política estratégica de la compañía es que todos los proyectos son evaluados a una tasa de descuento del 8%.

2.7.11 DOCUMENTO EXHIBIT

Documento actualizado mes a mes y cerrado anualmente en la compañía, el cual posee información sobre la operación de la compañía. Para el presente estudio este documento se utilizó para extraer datos de disponibilidad, utilización, consumo de combustible y fungibles de los activos de carguío y transporte. Para la investigación se utilizaron exhibit desde el año 2007.

2.7.12 CENTRO DE COSTOS

Los centros de costos son cuentas a las cuales se les cargan transacciones, pagos e ingresos. Cada una de las áreas de la compañía cuenta con un centro de costo específico, al igual que cada una de las vicepresidencias.

Por lo tanto, cada transacción que se haga dentro de la compañía deberá tener asociado un centro de costos específico.

Los centros de costos se desglosan en función a los siguientes parámetros:

- Área operativa del equipo o responsable (mantención, planificación, control vicepresidencia, etc.).
- Tipo de proceso (dirección, carguío, transporte, tronadura, etc.).
- Descripción del gasto, lo cual hace referencia al elemento de gasto específico (filtro, remuneraciones, pasajes, combustible, materiales, componentes, neumáticos, herramientas, etc.).

En el capítulo de anexos sección D es posible observar los centros de costo que utilizan cada uno de los diferentes activos.

2.8 PLAN DE TRABAJO

1. Determinar el objetivo y alcance de la investigación.
2. Estudio y análisis bibliográfico sobre equipo a ser estudiado.
3. Identificación de variables y costos relevantes.
4. Generación de un modelo económico.
5. Identificación de personas competentes respecto a variables involucradas.
6. Recopilación de datos asociados a las variables relevantes.
7. Ajuste del modelo económico y análisis estadístico.
8. Determinación vida útil económica de los equipos en la compañía.
9. Comparación de alternativas de reemplazo.
10. Generación de políticas de reemplazo ajustadas a la planificación de largo plazo.
11. Recomendación de proyectos que utilicen como base la presente investigación.

CAPITULO 3 METODOLOGÍA

3.1 VISIÓN GENERAL

Para realizar un análisis de reemplazo y conservación se debe seguir un proceso de seis pasos. Los primeros 4 pasos componen la fase de “Planificación & Desarrollo”, mientras que los últimos dos pasos componen la fase de “Documentación & Monitoreo”. Los seis pasos que componen el proceso se pueden observar en el siguiente diagrama:



Diagrama 1. Procedimiento de análisis de reemplazo y conservación

Todos los pasos pueden ser iterados en función a la necesidad que se tenga. Cada vez que se asuma algún factor nuevo del modelo en cualquiera de los pasos, se debe documentar rigurosamente, de esta manera se facilita el proceso iterativo y la interpretación de los resultados.

El análisis de vida útil económica (VUE) es una actividad multidisciplinaria, donde el analista que lleva a cabo la investigación debe estar familiarizado con el proceso al cual pertenece el activo, es decir, conocer los factores típicos que influyen en los costos y las principales fuentes de información.

Es importante mencionar que dependiendo del activo al cual está dirigido el análisis de reemplazo es que se van a determinar algunas de las fuentes principales de información, por ejemplo, en el caso de palas y camiones los datos deben ser obtenidos desde áreas de mantención mina, mientras que en el caso de equipos de apoyo como bulldozers o retroexcavadoras los datos pueden ser obtenidos desde áreas de servicios operacionales u gestión mina.

3.2 PASO 1 PLAN DE ANÁLISIS

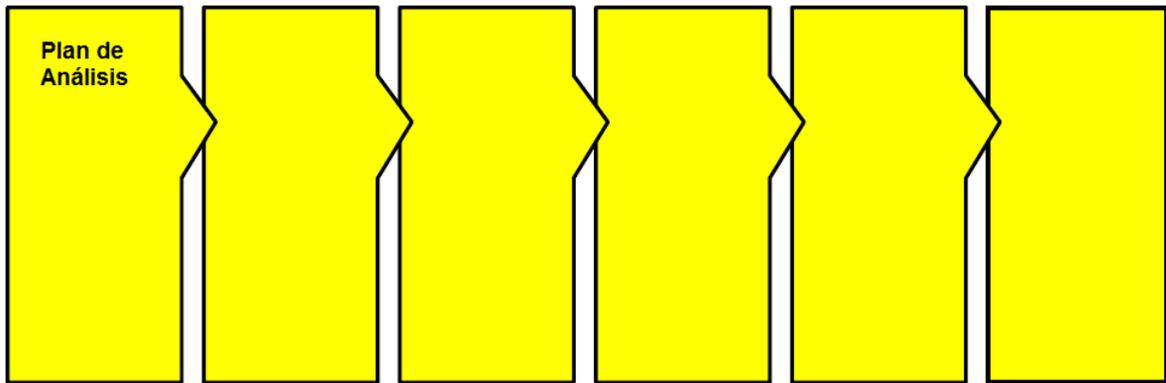


Diagrama 2. Plan de análisis

El análisis de vida útil económica (VUE) comienza desarrollando un plan, el cual le da dirección, propósito y alcance al estudio. El plan deberá definir los objetivos del análisis en función a los resultados que se espera obtener, esto ayudara a gestionar las futuras decisiones.

A continuación se presentan algunos de los objetivos que se recomienda buscar obtener por medio del análisis de vida útil económica:

1. Elaboración de la curva de los costos del ciclo de vida de los activo, dichos costos son aquellos asociados a la inversión, mantención, contratos, operación y desvinculación.
2. Evaluar, comparar e identificar el impacto económico que poseen ciertos costos sobre el resultado del análisis de vida útil económica, es decir, determinar aquellas variables que infieren más directamente sobre la decisión de reemplazo.
3. Desarrollar un modelo que permita decidir el momento más conveniente de realizar el reemplazo de activos basado en variables económicas (VAN) y técnicas.
4. Desarrollar un modelo que permita evaluar económicamente la extensión en la vida útil de los activos por medio de overhauls u cambio de sus usos operativos.
5. Monitorear el estado actual de todos los activos de la compañía en términos económicos, es decir, determinar el costo de operación existente real y futuro de los activos.

Antes de comenzar a desarrollar un modelo de determinación de valores anuales (VA) de costos que nos permita realizar un análisis del ciclo de vida de los activos es necesario lo siguiente:

1. Definir los alcances del análisis a ser realizado en función a la naturaleza del activo a ser estudiado, es decir, determinar el período de tiempo que será considerado en el estudio, identificar la naturaleza del activo (fijo o móvil), determinar los tipos de costos que serán considerados y la forma de cómo estos se agruparán en el modelo para desarrollar una estructura contable adecuada.
2. Proveer una estimación de los recursos necesarios que permitirán llevar a cabo un correcto análisis, es decir, definir tiempo requerido en horas hombre del analista, cantidad y calidad de información, y tipos de software requerido.
3. Determinar las áreas de la empresa u compañía desde donde se solicitara información, para de esta manera generar de manera oportuna los permisos de su obtención.

Los clientes que recibirán los resultados finales del análisis deben revisar que la planificación cumpla con sus necesidades, para que una vez se encuentren con el producto no se genere descontento por disconformidad.

3.3 PASO 2 SELECCIÓN Y DESARROLLO DE MODELO

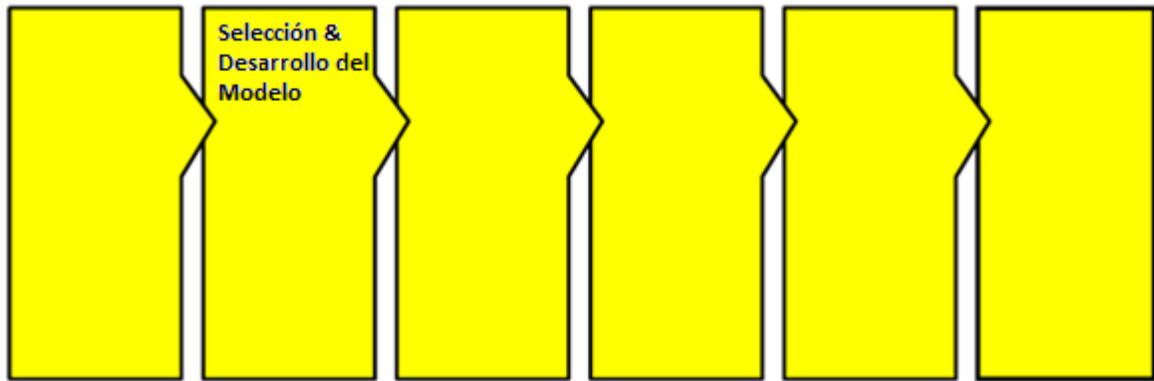


Diagrama 3. Selección y desarrollo del modelo

El proceso que se lleva a cabo al realizar un análisis de vida útil económica es el siguiente:

1. Desarrollar un modelo de determinación del valor anual de los costos asociados a los activos.
2. Realizar un análisis de reemplazo en base a los resultados económicos obtenidos con el modelo de determinación de valores anuales.
3. Teniendo conocimiento del comportamiento de los costos, y de la vida útil económica óptima se toma la decisión de reemplazo o conservación de los activos.

Por lo tanto, en el paso dos se buscará seleccionar y desarrollar el modelo de determinación del valor anual de elementos de costos que permitirá cumplir con los objetivos del análisis de reemplazo.

El modelo confeccionado deberá permitir realizar un análisis de la vida útil económica (VUE), facultando la visualización del comportamiento de los valores anuales en función a los años en que fue sometido a análisis el activo en cuestión.

Pasos a seguir para la definición del modelo:

1. Crear una estructura contable que permita identificar todas aquellas categorías de costos más relevantes en las diferentes fases del ciclo de vida. Puede incluso considerarse el hecho de desglosar las diferentes categorías de costos con el objetivo de identificar los diferentes costos de manera individual. Las categorías que sean escogidas deben tener relación con la calidad y tipo de información disponible, si se quisiera analizar un activo el cual está fuertemente relacionado a temas contractuales entonces se recomienda crear una categoría de costos exclusiva a contratos, de lo contrario no sería necesario. Por ejemplo, en el caso del análisis de palas en el presente estudio se consideraron como categorías de costos aquellos asociados a la operación, mantenimiento programado, mantenimiento no programado y de oportunidad, donde los costos por mantenimiento no programado fueron estimados en base a la tendencia de la información histórica.
2. Se debe seleccionar el método a ser utilizado cuando se quieran crear curvas de tendencia, definiendo el tipo de curva, ya sea exponencial, logarítmica, lineal, etc., y datos considerados suficientes para su creación. Por ejemplo, en el presente estudio las líneas de tendencia de la disponibilidad son logarítmicas, debido a que en la operación esta variable si bien disminuye en función del tiempo no lo hace de manera abrupta en la realidad.
3. Cuando se cuente con un vector de costos contractual asociados a los activos, lo ideal es utilizar un software que permita crear una curva de tendencia que se apegue lo más posible al comportamiento real, es por ello que se recomienda utilizar el software @Risk para confeccionar curvas de tendencia de vectores de costos. Por ejemplo, en el presente estudio en el caso de los camiones, existe una variables de costos contractuales por “reparaciones y componentes” la cual posee un vector de cobro en función al horómetro de los equipos, debido a que la variable afecta en gran medida el modelo de determinación de valores anuales es que se debió confeccionar una curva de tendencia que se apegara al comportamiento real lo más posible, y para ello se utilizó el software @Risk.

4. Por lo general los activos analizados están relacionados al horómetro que poseen, por lo tanto, se recomienda que la estructura contable a ser desarrollada en el modelo debe estar relacionada a las horas operativas de los activos. A modo de ejemplo en el presente estudio para vincular la estructura contable con el horómetro de los activos se definieron curvas de disponibilidad y utilización para cada uno de los activos analizados.
5. Se debe escoger el tipo de depreciación a ser utilizado por el modelo, se recomienda en caso de realizar estudios tributarios usar el método de depreciación por saldo decreciente doble, mientras que para el estudios de casos teóricos es recomendable depreciar según el método por saldo decreciente.
6. Es importante mencionar que cuando se quiera realizar un análisis de reemplazo y conservación comparando activos con diferente rendimiento u capacidad es necesario incluir la categoría de costo de oportunidad al modelo, ya que de esta manera se hace factible la comparación, por otro lado, en caso de querer comparar activos con capacidad similar no es necesario incluir la variables de costo de oportunidad. Para entender esta idea se recomienda atender la sección 7.9.2.
7. Finalmente, es necesario revisar el modelo y sus alcances para asegurar que serán alcanzados aquellos objetivos planteados inicialmente.

Por lo tanto basado en lo anterior, en el presente paso la metodología debe cumplir con lo siguiente:

1. Obtención de los datos desde las diferentes fuentes de información, y desarrollo de sus curvas de tendencia de manera justificada. La duración anual de las curvas de tendencia debe tener relación con el objetivo del estudio, es decir, si la vida útil del activo analizado es de 10 años, las curvas de tendencia desarrolladas deben tener una extensión recomendable que doblen dicha edad.
2. Desarrollo de las curvas principales del modelo: Depreciación, costos asociados y costos totales, siendo la tercera la suma de las dos primeras. Estas curvas deben ser confeccionadas siguiendo el proceso detallado en la sección 2.3.2.

3.4 PASO 3 APLICACIÓN DEL MODELO

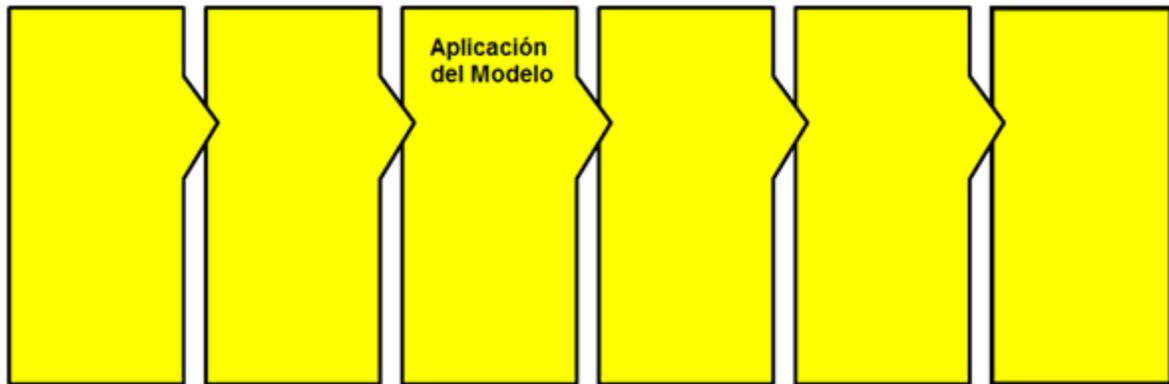


Diagrama 4. Aplicación del modelo

Una vez se ha desarrollado el modelo, y se cuente con una vida útil económica preliminar del activo se debe proceder a validar el modelo.

Si es posible, se recomienda validar las curvas de tendencia desarrolladas con información histórica de la compañía, es decir, contraponer las curvas de tendencia con el comportamiento histórico de algún activo antiguo del mismo o similar modelo.

También se aconseja revisar los resultados entregados por el modelo y verificar su coherencia, ratificando que los resultados estén alineados con los objetivos del análisis. De esta manera se faculta la posibilidad de realizar un análisis de reemplazo correcto.

Una vez se hallan validado y ajustado los últimos detalles de funcionamiento del modelo recién se podrá contar con la vida útil económica óptima del activo, la cual está definida por dos variables:

- Valor Anual (VA) total de costos mínimo.
- Horómetro/Año en el cual se alcanza el mínimo VA.

Ambas variables serán utilizadas como input en el análisis de reemplazo detallado en el siguiente paso.

3.5 PASO 4 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN

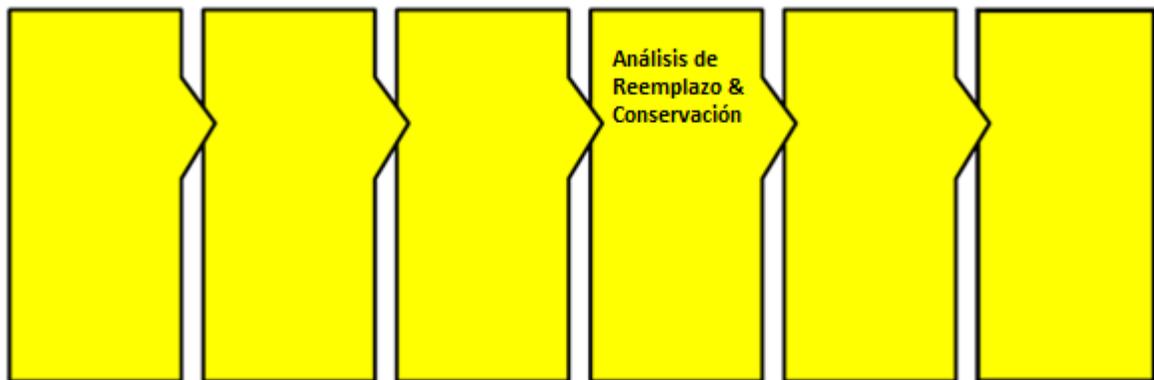


Diagrama 5. Análisis de Reemplazo & Conservación

En este paso se debe realizar el análisis de reemplazo y conservación tomando como input los resultados entregados por el modelo de determinación de valores anuales de los costos asociados a los activos estudiados, modelo cuyo desarrollo se centra en los pasos anteriormente descritos.

El procedimiento para realizar un análisis de reemplazo aplicando el modelo de determinación de valores anuales es el de la sección 2.3.3.

El análisis de reemplazo y conservación compara los resultados obtenidos del modelo, entregando como veredicto la opción más conveniente. Dentro de las opciones que el presente análisis baraja se encuentran:

- La conservación del activo actual por una cantidad n de años adicionales.
- El reemplazo inmediato del activo actual por uno nuevo del mismo u otro modelo.

La decisión tomada por medio del análisis de reemplazo y conservación indicara que la opción más conveniente es aquella que posee el valor anual de costos más bajo al comparar los mínimos de las opciones analizadas. También el análisis indicara la cantidad de años que deberá ser utilizado el activo nuevo u actual dependiendo de cuál haya sido la decisión.

3.6 PASO 5 DOCUMENTACIÓN Y REVISIÓN DE RESULTADOS

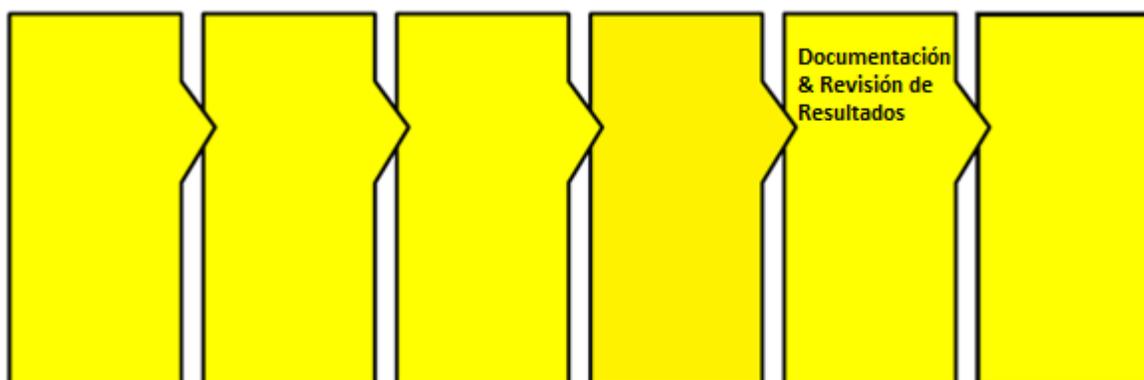


Diagrama 6. Documentación & Revisión de Resultados

Los resultados del modelo deben ser documentados de tal manera que permita a los usuarios entender de manera clara las implicancias del análisis, comprendiendo también las restricciones e incertidumbre que posee el modelo.

El reporte debe contener lo siguiente:

- Breve resumen de los principales objetivos, resultados, conclusiones y recomendaciones del análisis.
- Exponer el objetivo del análisis llevado a cabo, describir el activo e incluir el área a la cual pertenece. Indicar los supuestos y restricciones.
- Describir el modelo de manera resumida, supuestos, estructura contable y métodos de estimación utilizados.
- Presentar las conclusiones relacionadas con el objetivo del análisis, y una lista de recomendaciones.

Para comprobar la robustez y validez del análisis se debe realizar una revisión formal del modelo, y para asegurar la objetividad de la revisión es recomendable que esta sea llevada a cabo por una persona diferente a la del analista creador.

La revisión deberá focalizarse en los elementos de la estructura contable y en los supuestos realizados, así de esta manera se podrá asegurar que la manipulación y selección de los datos fue la correcta.

3.7 PASO 6 IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREO DEL ANÁLISIS

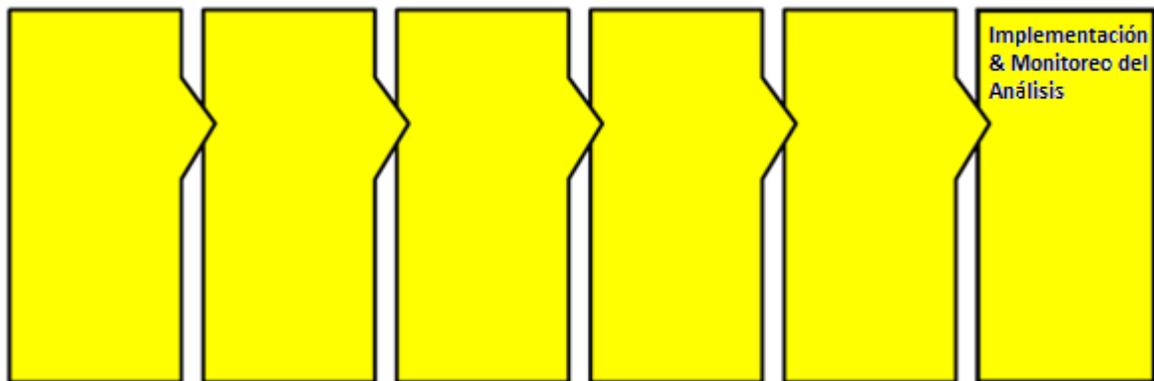


Diagrama 7. Implementación & Monitoreo del análisis

En todos aquellos casos donde el análisis de reemplazo y conservación definió que era más conveniente conservar aquellos activos que actualmente se encuentran en operación, se recomienda que el estudio deba ser revalidado de manera anual, ya que la decisión de reemplazo puede ser aplazada u adelantada en función a la información que se tenga en el momento del análisis.

La forma de implementar los resultados finales del estudio va a depender el objetivo de este, por un lado se puede examinar el estado económico que posee toda la flota de activos, determinando cuales deben ser dados de baja de manera inmediata, cuales se debe dejar en reserva, y cual en operación, por otro lado es posible gestionar una nueva política de recambio de activos, ya que se conoce una nueva vida útil de estos.

Otra de las muchas implementaciones posibles, es la de evaluar la conveniencia de extender la vida útil de los activos sometiendo a estos a overhauls u cambios en su funcionalidad final.

CAPITULO 4 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El presente capítulo tendrá por objetivo exponer la fuente de información y metodología de desarrollo de cada variable por separado que integra el modelo de determinación del valor anual de elementos de costos de los activos.

A grandes rasgos se puede decir que fueron desarrollados dos tipos de modelo, uno para los equipos de carguío, y otro para los equipos de transporte, es decir, para palas y camiones respectivamente.

Debido a la diferencia de horas operativas que tienen unos activos con respecto a otros es que existe diferencia en la calidad de las tendencias construidas. Por ejemplo, por un lado se tienen tipos de equipos de transporte que han sido utilizados en la compañía por más de 15 años, como es el caso de los camiones Komatsu 830, versus otro tipo de camión como es el caso del Komatsu 930 que lleva 10 años en la operación, esto provoca que la calidad y cantidad de información influya sobre las tendencias construidas.

Con respecto a lo anterior, cuando se cuenta con información con muchos años de antigüedad esta puede contener una gran cantidad de ruido, debido a que el tipo de información almacenada a recorrido diferentes estrategias de la compañía, provocando que no necesariamente se generen tendencias claras, por ejemplo respecto a los costos. En ciertos períodos se contó con exhaustivas sumas de capital en materia de mantenimiento, mientras que en otros períodos fue escaso, por lo tanto, no es recomendable tomar información con muchos años de antigüedad, más bien se recomienda tomar la información correspondiente a la última estrategia de la compañía.

Antes de comenzar a analizar las variables principales de los modelos, es importante mencionar una gran diferencia entre la situación de camiones y palas, por un lado los equipos de transporte dentro de la compañía están sujetos a grandes contratos, por lo que ésta no se hace cargo directamente de los costos de reparación, mantención, reemplazo de componentes, ni de mano de obra, ya que todos esos servicios son realizados por parte de contratistas. Por el lado de los equipos de carguío, si bien la compañía cuenta con contratos de mantenimiento ésta si se hace cargo de gran parte de los costos de reparación, mantención y reemplazo de componentes críticos, incluyendo así la mano de obra.

4.1 MODELO DE DETERMINACIÓN DEL VALOR ANUAL DE ELEMENTOS DE COSTOS DE CAMIONES

En el presente estudio se construyeron dos modelos correspondientes a los equipos de transporte, estos son respectivamente para camiones del tipo Komatsu 830 y Komatsu 930.

En esta sección se presentaran la fuente y metodología de manipulación de los datos requeridos para definir cada una de las variables insertas en el modelo aplicado a los equipos de transporte.

4.1.1 DISPONIBILIDAD

Para el cálculo de la disponibilidad se consideró como parámetro que el tiempo total o nominal corresponde a 8.760 horas (365 días y 24 horas).

Con respecto a esta variable se construyeron curvas de tendencia para dos casos, uno en donde los activos de transporte están nuevos, y otro donde los activos poseen algún grado de antigüedad. Esto debido a que los equipos antiguos han sido sometidos a diferentes estrategias de mantenimiento, y por lo tanto, programas de mantenimiento (MSTs).

Es por lo anterior que los activos nuevos son aquellos donde sólo influye la actual estrategia de mantenimiento permitiendo así la construcción de su curva de disponibilidad utilizando los actuales MSTs, mientras que en los activos con algún grado de antigüedad se tomara el comportamiento de su curva de disponibilidad histórica la cual será tendida hacia al futuro.

4.1.1.1 CAMIONES NUEVOS

Para la construcción de las curvas de disponibilidad en activos nuevos de ambos tipos de camión en función a las horas operativas se tomó como input la siguiente información:

1. Tendencia del tiempo de panne no programado.
2. Tiempo de mantención programada (actual estrategia de mantenimiento).

Así con la información anterior se construye, finalmente la curva de disponibilidad que presentaran los activos desde el primer año en que estos comiencen a operar.

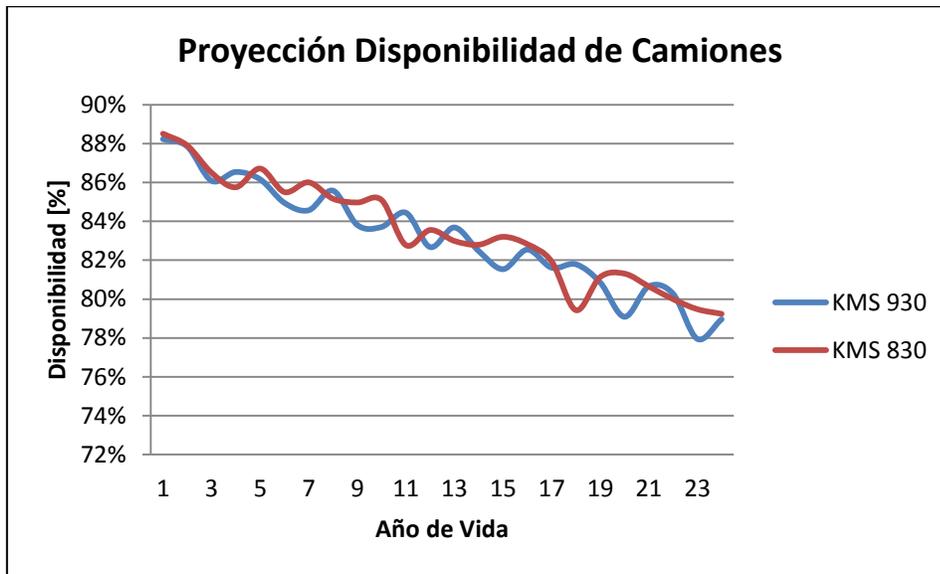


Gráfico 2. Disponibilidad de camiones nuevos

4.1.1.1.1 Tendencia del tiempo de panne no programado

La tendencia del tiempo de panne no programado fue construida en base a información extraída del software Dispatch, es desde ésta plataforma digital que se extrae toda la información operacional actualizada de la mina.

Desde Dispatch se extrajo el tiempo total de panne no programado de manera anual de cada uno de los camiones, así de esta manera agrupándolos por modelo de camión y por año se construyeron curvas de tendencia.

Se consideró que no se construirán dos curvas de tendencia diferente para cada tipo de camión debido a que ambos tipos al ser similares y del mismo fabricante debiesen tener comportamientos semejantes.

Las tablas confeccionadas desde donde provienen las curvas de tendencia se pueden observar en la sección de anexos A.

A continuación se muestra el comportamiento histórico y tendencia que sigue el tiempo de panne no programado en camiones:

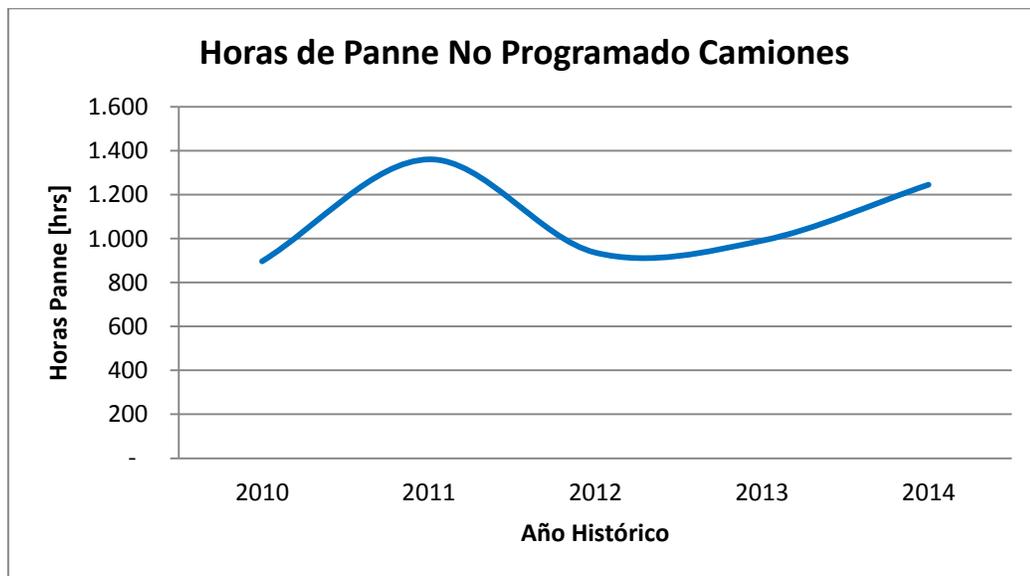


Gráfico 3. Comportamiento histórico desde año 2010 tiempo panne camiones

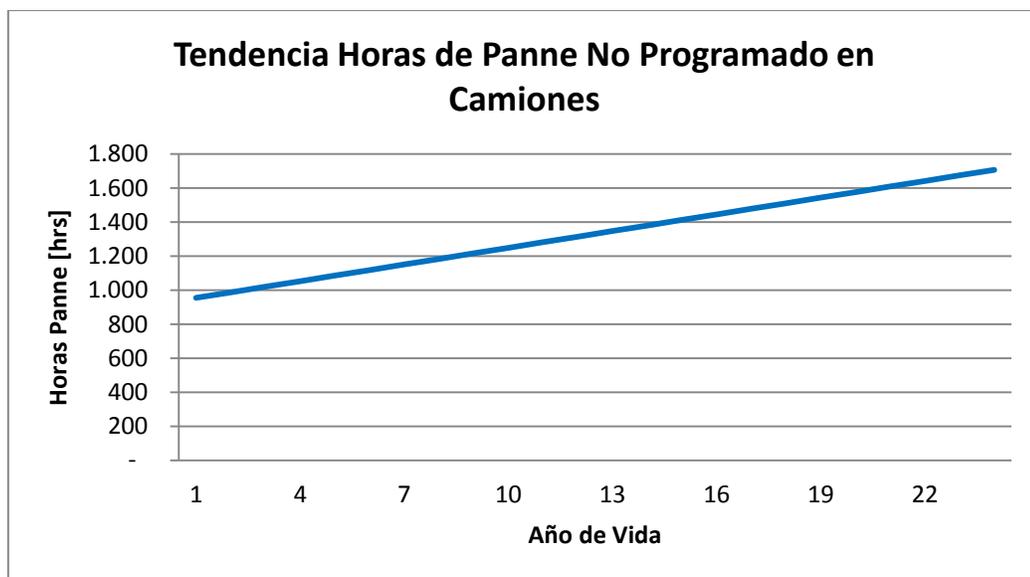


Gráfico 4. Tendencia tiempo panne no programado en camiones

4.1.1.1.2 Tiempo de mantención programa

El tiempo de mantención programada fue definido con ayuda del software Ellipse, desde donde se extrajo el programa de mantenimiento (MST) y las horas de duración de cada una de las actividades, de esta forma se pudo estimar la duración de las mantenciones programadas de manera anual.

En la sección de anexos B se pueden observar los programas de mantenimiento (MST) de los camiones Komatsu 830 y 930.

A continuación se muestra el comportamiento del tiempo con respecto a la mantención programada:

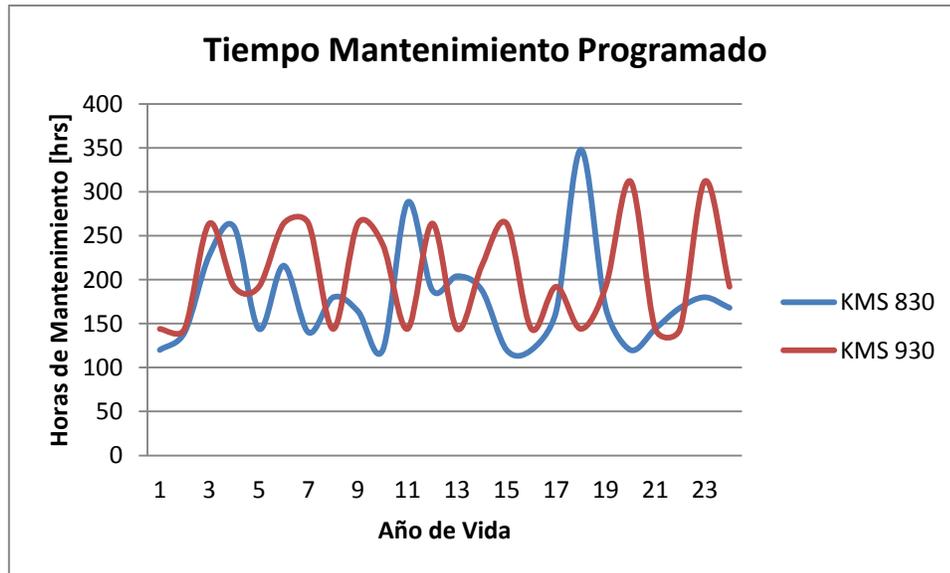


Gráfico 5. Tiempo de mantenimiento programado

4.1.1.2 CAMIONES ANTIGUOS

Para la construcción de las curvas de disponibilidad de los dos tipos de camión se utilizó el comportamiento histórico que han presentado ambas flotas. La información sobre el comportamiento histórico de la disponibilidad en camiones fue extraída desde los documentos “Exhibit” de la compañía desde el año 2007.

En la sección de anexos C se puede observar el tipo de información extraída desde documentos Exhibit.

A continuación se muestra el comportamiento histórico y tendencia de la disponibilidad de ambas flotas estudiadas.

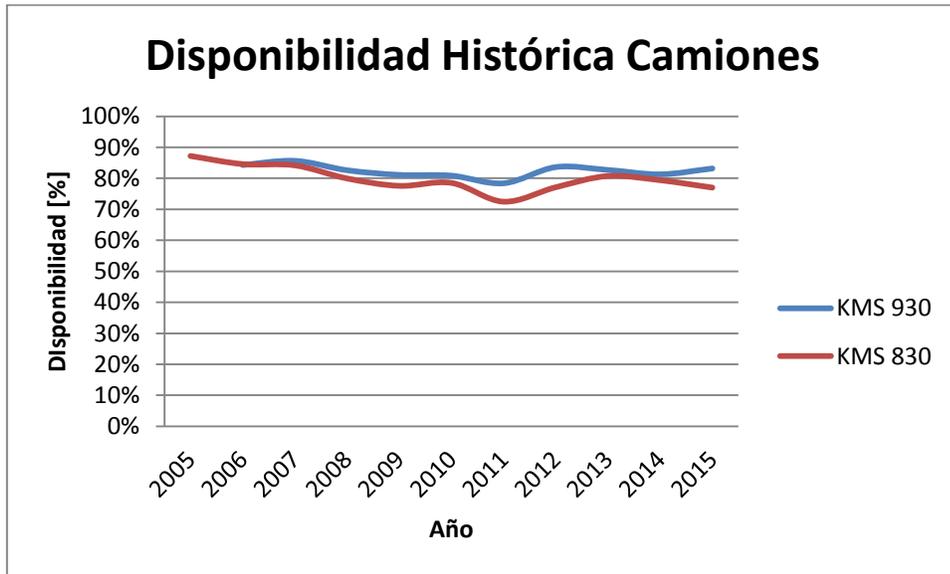


Gráfico 6. Disponibilidad histórica de flota de camiones

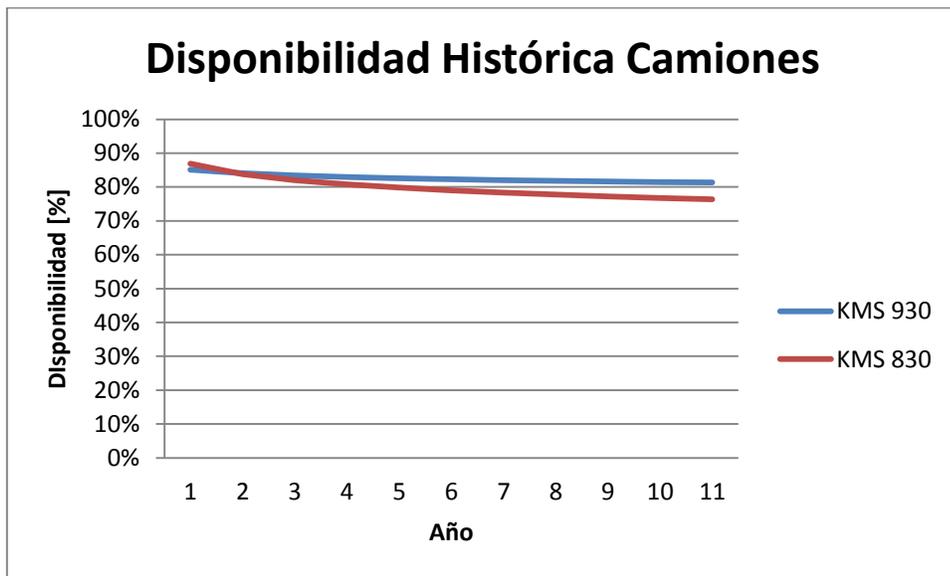


Gráfico 7. Tendencia curva de disponibilidad histórica flota de camiones

4.1.2 UTILIZACIÓN

La utilización asignada dentro del modelo de determinación del valor anual de elementos de costos es la aplicada durante el año 2015. Como la utilización es independiente del estado mecánico de los activos, y solo depende de los requerimientos de la operación mina, se determinó que para el presente estudio lo más acertado es emplear el factor de utilización del año anterior.

Tabla 1. Utilización equipos de transporte

Equipo	Utilización
Camión KMS 830	74%
Camión KMS 930	86%

4.1.3 COSTOS AFECTADOS POR CONTRATO

Aquellos tipos de costos afectados por contrato no verán su valor monetario modificado con el paso de los años debido a que el valor contractual dependerá exclusivamente de la duración de los diferentes acuerdo, es por lo anterior que el presente estudio considera como supuesto el hecho de que las actuales situaciones contractuales se mantendrán en el tiempo.

Los costos afectados por contrato que están incluidos dentro de los modelos desarrollados son:

- Reparación y servicio de neumáticos.
- Precio del combustible.
- Mano de obra Komatsu.
- Repuestos y componentes.
- Acceso al pool de componentes.
- Reparaciones Estructurales.
- Otros contratos de mantención mina.

Los valores manejados para cada uno de los costos anteriores son extraídos desde los centros de costo asociado tanto a los camiones 830 como a los 930. Es importante mencionar el hecho de que en los centros de costos son cargadas transacciones a nivel de tipo de flota, por lo tanto, al momento de ingresar el costo al modelo predictivo este debe ser ponderado por el número de equipos operativo perteneciente a la flota, así se obtendrá el costo en que incurren los equipos de manera individual.

Con respecto al precio de combustible existe una condición contractual con la empresa Copec, donde se fijó un precio de 0.58 [USD/litro de combustible], por lo tanto, el costo anual por combustible es afectado tanto por las horas operativas anuales de los activos y por el precio contractual de éste.

A continuación se presenta una tabla con los costos ajustados por contrato:

Tabla 2. Costos contractuales camión 830

Costos afectados por contrato camión 830 [USD]	
Reparación de neumáticos	\$ 72.320
Mano de Obra Komatsu	\$ 6.653
Pool de componentes	\$ 31.124
Otros contratos mantención	\$ 78.554

Tabla 3. Costos contractuales camión 930

Costos afectados por contrato camión 930 [USD]	
Reparación de neumáticos	\$ 35.054
Servicio Neumáticos	\$ 33.160
Mano de Obra Komatsu	\$ 6.653
Pool de componentes	\$ 36.973
Reparaciones Estructurales	\$ 96.912
Otros Contratos Servicio Mantención Mina	\$ 40.758

Existe otro costo el cual es afectado por contrato, y que posee una gran influencia sobre el modelo de determinación del valor anual de elementos de costos, dicho costo es el de “Repuestos y Componentes”, el cual está asociado a un acuerdo actual con la empresa Komatsu.

El costo de repuestos y componentes funciona como un vector, el cual posee una tarifa asociada a un intervalo de horas operativas, por lo tanto, si un camión posee una cierta cantidad de horas operativas va a pertenecer a cierto intervalo del vector el cual posee una tarifa determinada [USD/hora operativa].

A continuación se encuentra el vector de costos “Repuestos y Componentes”:

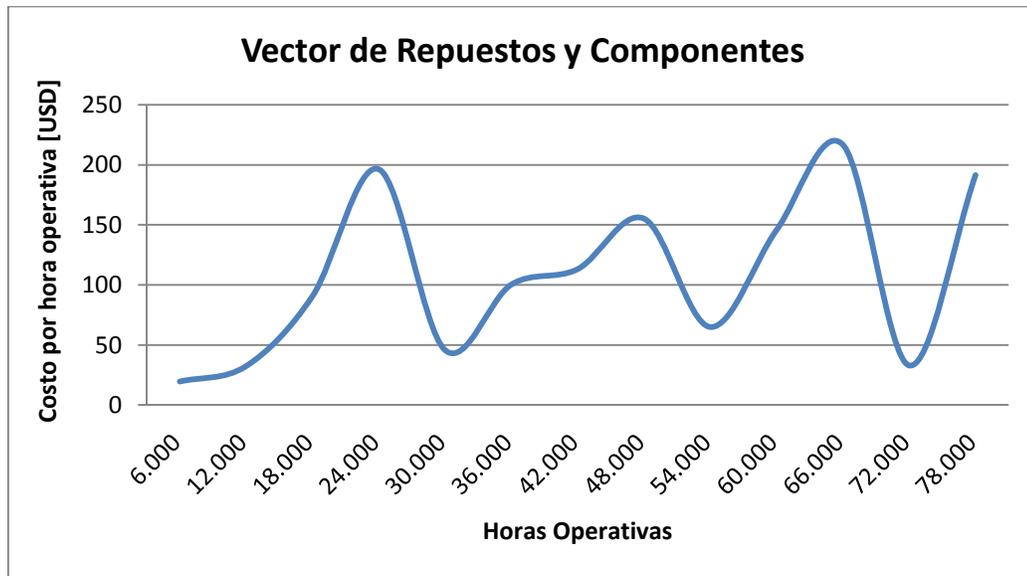


Gráfico 8. Vector de costos "Repuestos y componentes"

Como se observa en la gráfica anterior solo se tiene el vector hasta las 78.00 horas operativas lo cual es insuficiente para realizar el presente estudio, y es debido a lo anterior que con ayuda del software llamado @Risk se logra obtener la tendencia de dicho vector, quedando de la siguiente manera:

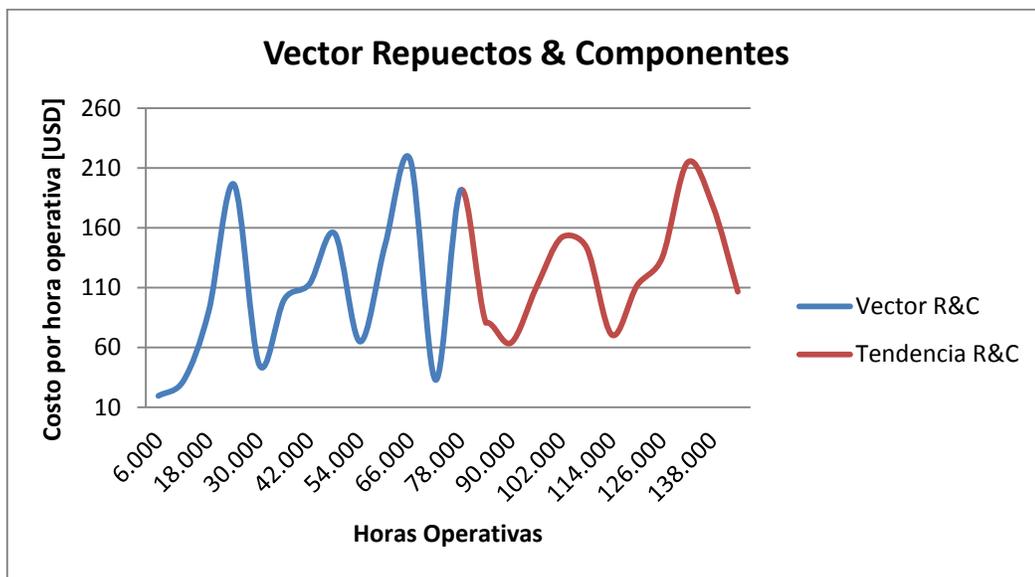


Gráfico 9. Tendencia vector "repuestos y componentes"

El contrato que posee la compañía con Komatsu consiste en que independiente de la cantidad de repuestos y componentes que se reparen o reemplacen en cierta cantidad de tiempo, sólo se cobrará por la tarifa establecida.

Entonces bajo el contrato establecido Komatsu intentara mantener buenas políticas de confiabilidad en sus equipos, para que de esta manera se tenga que reemplazar y reparar la menor cantidad de componentes, pudiendo cobrar así la tarifa que ellos mismo establecieron, mientras que por el lado de la compañía el trato es conveniente debido a que Komatsu no tan solo está manteniendo sus activos, sino que está haciendo todo lo posible por mantener los equipos operativos, lo que culmina finalmente en la obtención de altos porcentajes de disponibilidad, lo cual es uno de los grandes objetivos de la compañía.

Por lo tanto, el contrato que se tiene con Komatsu finalmente corresponde a cobros por tramo, donde la tarifa es la siguiente:

Tabla 4. Tramos tarifa de cobro de contrato Komatsu

Tarifa contrato Komatsu [USD/hop]			
Tramos [horas operativas]		Tarifa [USD/Hop]	
1	0	6.000	19,5
2	6.001	12.000	32,3
3	12.001	18.000	90,5
4	18.001	24.000	196,3
5	24.001	30.000	45,8
6	30.001	36.000	100,3
7	36.001	42.000	113,1
8	42.001	48.000	155,2
9	48.001	54.000	64,9
10	54.001	60.000	145,7
11	60.001	66.000	216,7
12	66.001	72.000	32,9
13	72.001	78.000	191,5
14	78.001	84.000	80,7
15	84.001	90.000	63,9
16	90.001	96.000	110,1
17	96.001	102.000	151,8
18	102.001	108.000	143,4
19	108.001	114.000	70,5
20	114.001	120.000	111,7
21	120.001	126.000	135,1
22	126.001	132.000	214,5

4.1.4 COSTOS AFECTADAS POR INFLACIÓN (IPC)

En esta sección se detallan los costos que son afectados por inflación (IPC), donde es importante mencionar que todos ellos inicialmente tienen su valoración en peso chileno, para luego ser transformada a la divisa estadounidense con el valor que en el momento de desarrollo del análisis de reemplazo posee esta última.

Las variables afectadas por IPC son:

- Remuneración de operadores y supervisores.
- Adquisición anual de neumáticos, lubricantes y nitrógeno.
- Compra de aros y cadenas.

Todas estas variables el día de hoy tienen el siguiente valor:

Tabla 5. Costos actuales variables afectadas por IPC

Costos afectados por contrato camión 830 [USD]	
Operadores y supervisores	\$ 373.500
Neumáticos	\$ 137.969
Lubricantes	\$ 38.366
Nitrógeno	\$ 1.199
Aros y cadenas	\$ 1.726

Cabe mencionar que la inflación aplicada a las variables mencionadas anteriormente será del 3% anual, cifra escogida debido a que es la media de la variación del IPC de los últimos 7 años, consultar sección de anexos F. En la sección 10.6 de anexos es posible observar la variación del IPC de los últimos años.

4.1.5 DEPRECIACIÓN

Ambos tipos de camión fueron depreciados utilizando el método de saldo decreciente explicado en el capítulo 2. Por políticas internas de la empresa la compañía considera con valor nulo todo aquel activo de la operación sometido a grandes cargas después de los 7 años de operación.

Por lo tanto, para seguir con el lineamiento estratégico de la compañía es que al terminar el séptimo año de vida operativa, los activos van a haber perdido el 90% de su valor inicial, es decir, si en un activo se invirtieron 6.000.000 [USD] al cabo de 7 años tendrá un valor de 600.000 [USD].

A continuación se presentan las curvas de depreciación correspondiente a los camiones Komatsu 830 y 930.

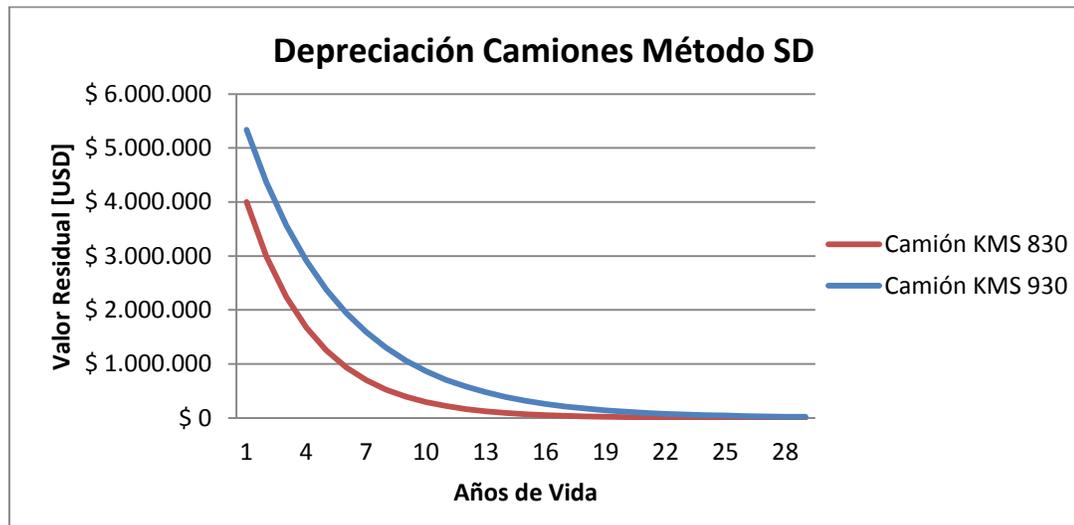


Gráfico 10. Depreciación de camiones

4.2 MODELO DE DETERMINACIÓN DEL VALOR ANUAL DE ELEMENTOS DE COSTOS DE PALAS

En el presente estudio se construyeron tres modelos correspondientes a los equipos de carguío, estos son respectivamente para palas del tipo Bucyrus 495HI, Bucyrus 495HR y P&H 4100XPC.

En esta sección se presentaran la fuente y metodología de manipulación de los datos requeridos para definir cada una de las variables insertas en el modelo aplicado a los equipos de carguío.

4.2.1 DISPONIBILIDAD

Esta variable es tratada de la misma manera como sucedió con los camiones, es decir, se diseñaron dos curvas de disponibilidad por cada tipo de pala analizada, una correspondiente a la disponibilidad que seguirán los equipos nuevos y la otra que seguirán los equipos antiguos.

Para el cálculo de la disponibilidad se consideró como parámetro que el tiempo total o nominal corresponde a 8.760 horas (365 días y 24 horas).

4.2.1.1 PALAS NUEVAS

Para la construcción de las curvas de disponibilidad para los activos nuevos de carguío se utilizó como input la siguiente información:

1. Tendencia del tiempo de panne no programado.
2. Tiempo de mantención programada (actual estrategia de mantenimiento).

Así finalmente, se obtiene la curva de disponibilidad que presentaran las palas nuevas desde el primer año que comiencen a estar operativas.

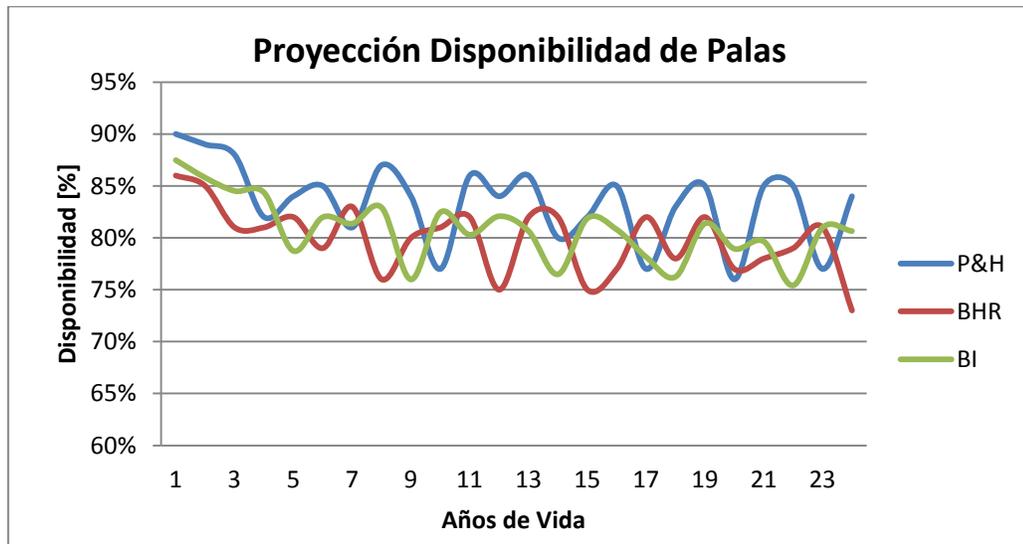


Gráfico 11. Disponibilidad de palas nuevas

4.2.1.1.1 Tendencia del tiempo de panne no programado

Al igual que en el caso de los camiones la curva de tendencia del tiempo de panne no programado se construyó en base a información extraída desde la base de datos del software Dispatch.

Las tablas confeccionadas desde donde provienen las curvas de tendencia se pueden observar en Anexos, sección A.

A continuación se muestra la curva de tendencia que sigue el tiempo de panne no programado en palas:

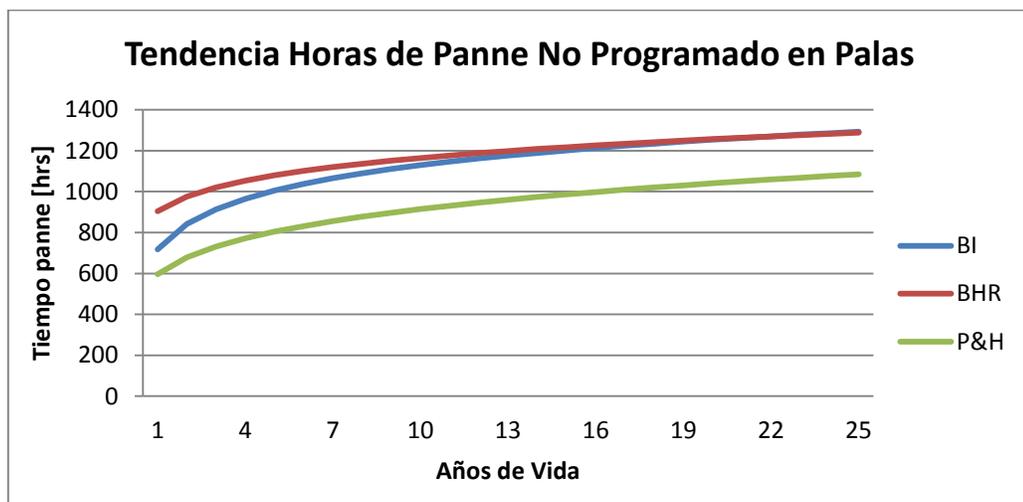


Gráfico 12. Tendencia del tiempo de panne no programado en palas

4.2.1.1.2 Tiempo de mantención programa

El tiempo de mantención programada fue definido con ayuda del software Ellipse, desde donde se extrajo el programa de mantenimiento (MST) y las horas de duración de cada una de las actividades, de esta forma se pudo estimar la duración de las mantenciones programadas de manera anual.

En la sección de anexos B se puede observar el programa de mantenimiento (MST) de las palas Bucyrus 495HI, Bucyrus 495HR y P&H 4100XPC.

A continuación se muestra el comportamiento del tiempo necesario para llevar a cabo el mantenimiento programado en los 3 tipos de pala.

Comportamiento curva de mantención pala Bucyrus 495HI:

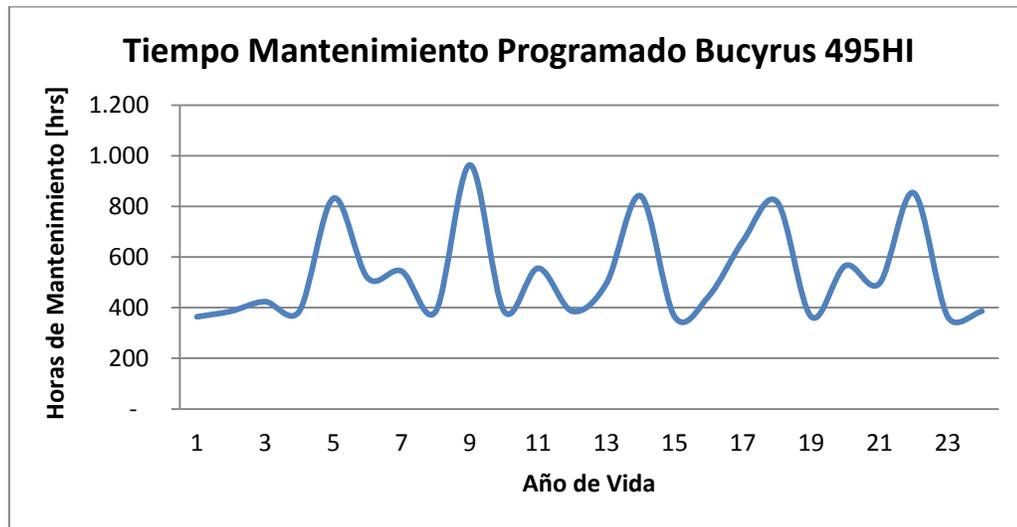


Gráfico 13. Tiempo de mantenimiento programado pala Bucyrus 495HI

Comportamiento curva de mantención pala Bucyrus 495HR:

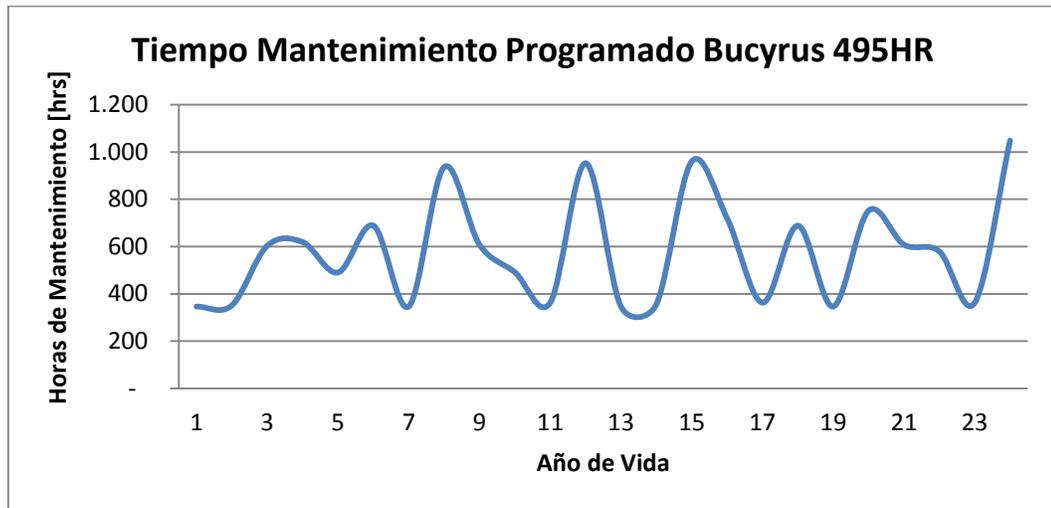


Gráfico 14. Tiempo de mantenimiento programado pala Bucyrus 495HR

Comportamiento curva de mantención pala P&H 4100XPC:

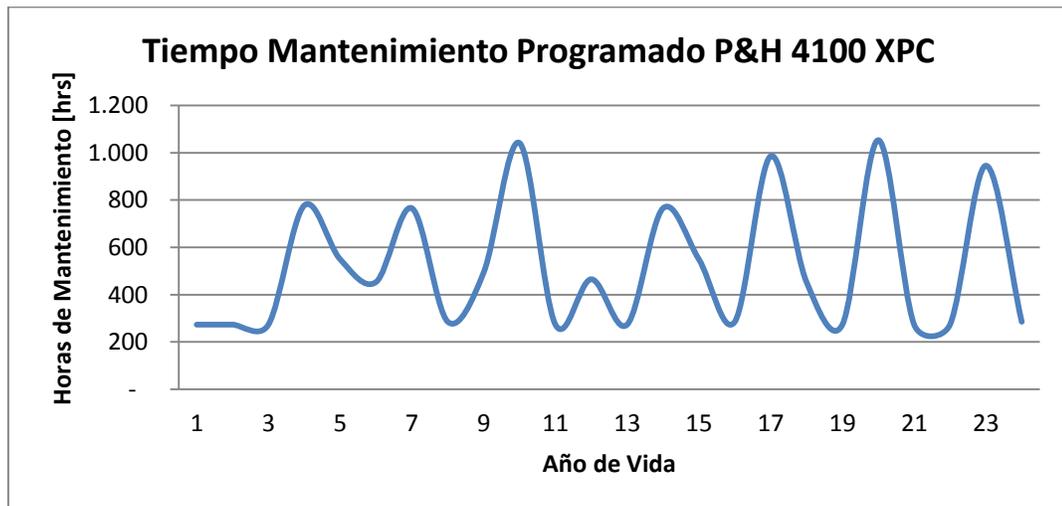


Gráfico 15. Tiempo de mantenimiento programado pala P&H 4100XPC

4.2.1.2 PALAS ANTIGUAS

Para la construcción de las curvas de disponibilidad de los tres tipos de pala se utilizó el comportamiento histórico que han presentado las tres flotas. La información sobre el comportamiento histórico de la disponibilidad en palas fue extraída desde los documentos “Exhibit” de la compañía desde el año 2007.

A continuación se muestra el comportamiento histórico y tendencia de la disponibilidad de las flotas estudiadas:

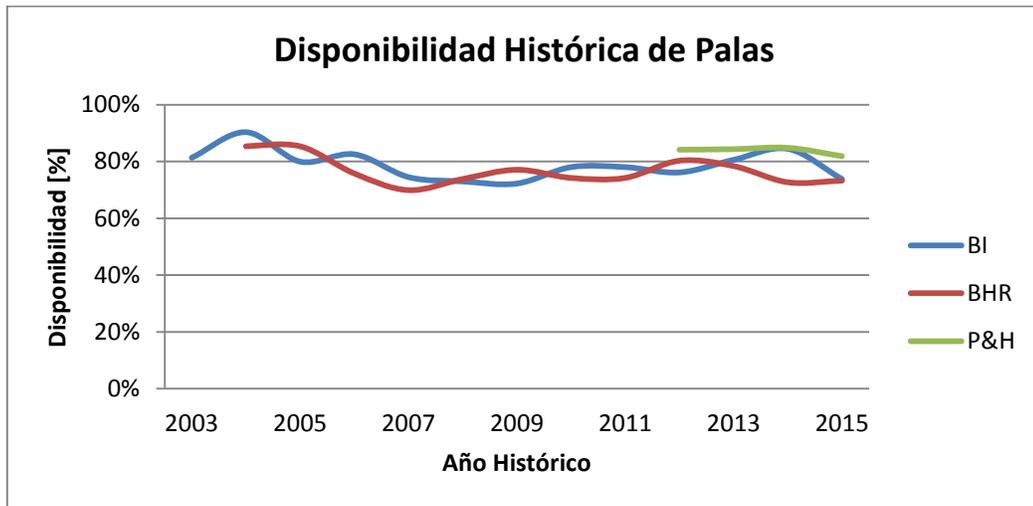


Gráfico 16. Disponibilidad histórica de flota de palas

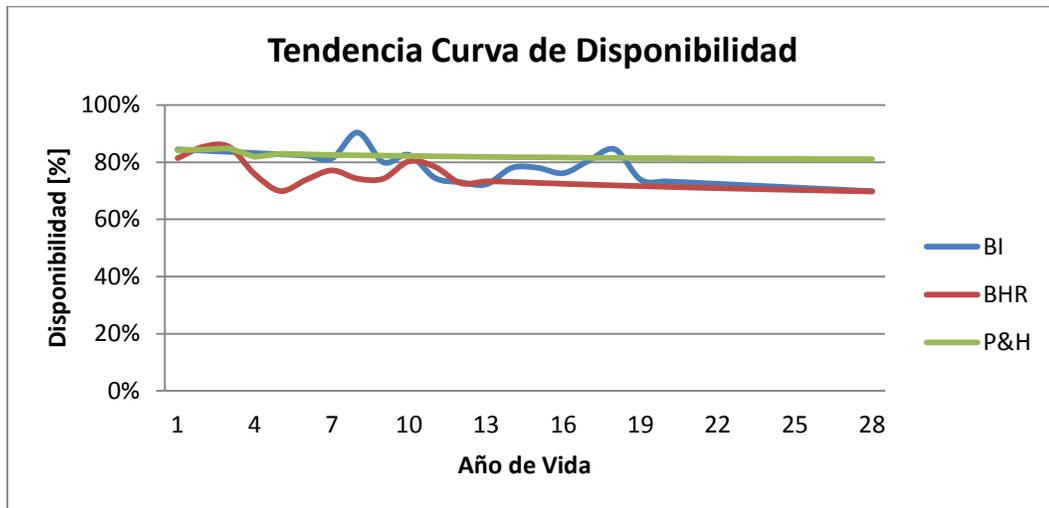


Gráfico 17. Tendencia curva de disponibilidad histórica de flota de palas

4.2.2 UTILIZACIÓN

La utilización aplicada al modelo de determinación del valor anual de costos fue aquella que se usó el año 2015, ya que esta variable no depende del estado mecánico del activo, si no que depende de la realidad de la operación. Por lo tanto, lo más indicado es aplicar el factor de utilización del último año de la mina.

Tabla 6. Utilización equipos de carguío

Equipo	Utilización
Pala Bucyrus 495HI	70%
Pala Bucyrus 495HR	80%
Pala P&H 4100XPC	85%

4.2.3 COSTOS DE OPERACIÓN

Son todos aquellos costos en que incurren los activos de carguío para mantener el negocio de la compañía operativo, dichos costos son:

- Costos por mano de obra (operadores, supervisores y mantenedores).
- Consumo de electricidad.

El primero de los costos nombrados anteriormente solo se ve afectado por concepto de inflación, actualmente cada pala posee un costo anual de 1.744.501 [USD] el cual va a ir aumentando con respecto a un IPC dado del 3%.

El segundo costo solo se ve afectado por términos de contrato, ya que el precio de la energía eléctrica al cual transa la compañía está estipulado por medio de acuerdos contractuales. El precio de la energía es de 0,101 [USD/kWh].

Por lo tanto, el costo por energía dependerá principalmente de las horas operativas anuales que trabajen los activos de carguío, y el consumo promedio por hora del tipo de equipo.

Tabla 7. Consumo promedio de energía por tipo de pala

Consumo de Energía [kWh/Hop]	
Pala BI	588
Pala BHR	791
Pala P&H	905

4.2.4 COSTOS NO PROGRAMADOS

Para la construcción de curvas de tendencia de costos no programados de los equipos de carguío se debió utilizar el software Ellipse, donde dentro de su plataforma de centros de costos se pueden filtrar aquellos costos que son considerados programados.

Por lo tanto, en un principio se extrae la información desde Ellipse en formato Excel, para luego iniciar un proceso de filtrado de tipos de costos, donde el objetivo es dejar sólo aquellos que no son programados.

En la sección de anexos D se puede apreciar cuales son los centros de costos asociados a los equipos de carguío.

Aquellos costos que son considerados no programados son los asociados a los siguientes centros de costos:

- Lubricantes.
- Otros Materiales.
- Repuestos Eléctricos.
- Repuestos Materiales de Desgaste.
- Repuestos Mecánicos.

De esta manera las curvas de tendencia obtenidas de costos no programados son:

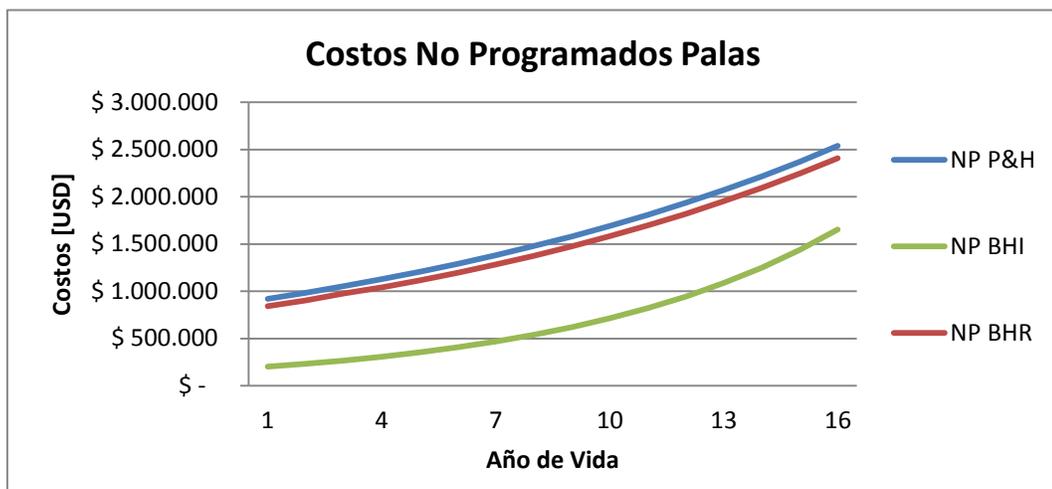


Gráfico 18. Curva de tendencia costos no programados en equipos de carguío

4.2.5 COSTOS PROGRAMADOS

Para la construcción de este tipo de costos se utilizó el software Ellipse para extraer los programas de mantenimiento de los equipos de carguío. Se deben valorizar cada una de las actividades que poseen los programas de mantenimiento.

El programa de mantenimiento se debe valorizar con información extraída desde los centros de costos de los equipos de carguío, dentro de las tablas de Excel se deberá obtener la media de los costos en que se incurrió por cada actividad.

Cuando se quiera valorizar una actividad es recomendable darle mayor énfasis a los costos encontrados de los últimos años.

A continuación se presentan los costos de mantenimiento programado de la flota de palas:



Gráfico 19. Costo mantención programada pala Bucyrus 495HI



Gráfico 20. Costo mantención programada pala Bucyrus 495HR



Gráfico 21. Costo mantención programada pala P&H 4100XPC

4.2.6 DEPRECIACIÓN

Con respecto a la depreciación de los activos de carguío es importante mencionar que los valores de la palas nuevas modelos Bucyrus 495HR y P&H 4100XPC son muy similares, por lo tanto, se consideró que ambos poseen la misma curva de depreciación.

Los tres tipos de palas analizados son depreciados por medio del método de saldo decreciente, donde nuevamente por concepto de política estratégica de la compañía se busca que el valor de los activos terminado el séptimo año de operación sea del 10% de su valor inicial.

A continuación se presentan las curvas de depreciación correspondiente a las palas Bucyrus 495HI, 495HR y P&H 4100XPC.

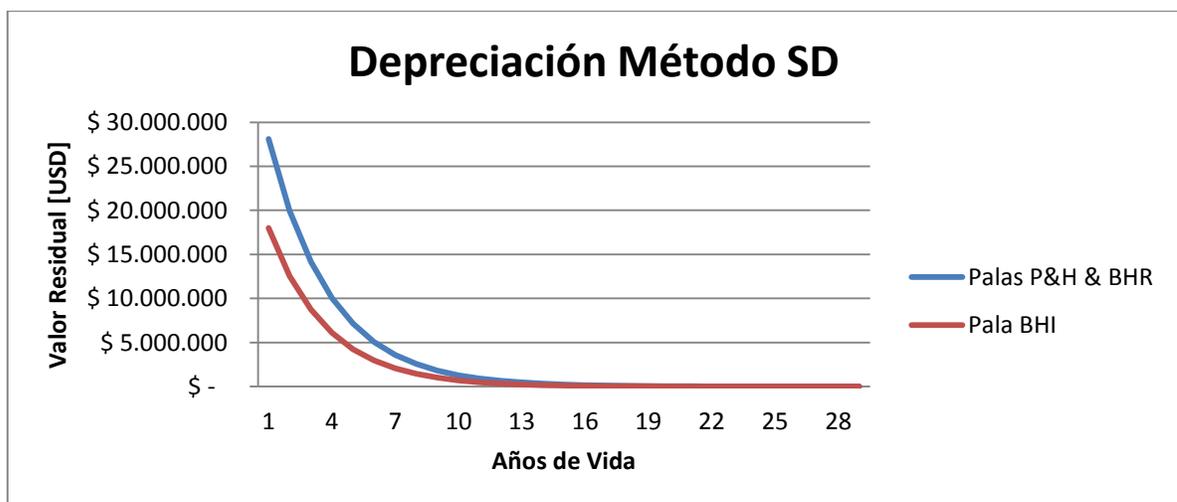


Gráfico 22. Depreciación de palas

4.2.7 CAPEX

La compañía considera que toda inversión en componentes mayores o equipos nuevos que tengan un valor sobre los 100.000 [USD] están asociados al CAPEX, esta inversión puede ser hecha para reparaciones o compra de equipos nuevos.

El presente estudio considera dentro de la variable CAPEX lo siguiente:

- Costo por stock de componentes mayores reparados.
- Costo por inversión de nuevos componentes mayores críticos.

Los componentes mayores por lo general poseen un stock asociado, estos componentes almacenados normalmente son reparados, y muchas veces el costo de su reparación se encuentra por sobre los 100.000 [USD]. Cada una de las 3 flotas de palas posee un stock específico de componentes mayores reparados, y cada uno de estos stock puede ser valorizado en función al costo de reparación de los componentes mayores almacenados.

Los componentes mayores críticos serán aquellos que, si bien, pueden ser reparados de vez en cuando estos nunca serán dejados en stock debido a su alto costo, perdiendo sentido el hecho de dejar en stock componentes valorizados sobre medio millón de dólares.

Los componentes considerados críticos son:

1. Pluma.
2. Mango.
3. Balde y tapa balde.
4. Zapatas.
5. Bastidores
6. Coronas de giro.
7. Tambor Hoist.
8. Planetarios.
9. Motores swing y hoist.

Por lo tanto, para fabricar el costo por CAPEX se debió valorizar el stock de cada una de las flotas y definir el programa de compra de componentes críticos nuevos.

4.2.7.1 VALORIZACIÓN STOCK FLOTA DE PALAS

La compañía maneja un stock definido de componentes mayores reparados relativamente homogéneo en el tiempo, estos componentes en stock tienen por finalidad darle continuidad a la operación en caso de que algún componente falle por imprevisto, o para estar preparados por un reemplazo programado futuro.

El sistema de stock de componentes mayores es cíclico, es decir, siempre habrá un componente operando, otro en stock y otro en reparación, por lo tanto, cuando se necesita realizar un reemplazo, el componente en stock pasa a ser instalado, el averiado es enviado a reparar y el que se estaba reparando es enviado a faena para ser almacenado en stock.

Para obtener el stock de componentes mayores dentro de la compañía se debe consultar al área de contratos y abastecimiento mina, donde se maneja la cantidad y costo de reparación de cada uno de los componentes.

A continuación se presenta el costo por stock de componentes mayores de las 3 flotas de palas:

Tabla 8. Costo por stock de componentes mayores

Valoración Stock Componentes Mayores	
Equipo	Stock Reparables
Pala BHI	\$ 233.350
Pala BHR	\$ 246.502
Pala P&H	\$ 167.375

El costo por stock será considerado anualmente en la estructura contable del modelo construido.

En la sección de anexos G es posible observar los componentes mayores que la compañía busca poseer por estrategia siempre en stock.

4.2.7.2 PROGRAMA DE INVERSIONES DE COMPONENTES CRÍTICOS

Una de las variables que impacta más fuertemente el modelo es el programa de inversión de componentes mayores críticos.

El programa de inversiones mayores dependerá del lineamiento estratégico de la compañía, ya que es el lineamiento respecto del mantenimiento el que dice cuántas veces puede ser reparado un componente crítico antes de ser reemplazado.

Actualmente en la compañía se está reparando de 3 a 4 veces un componente crítico antes de reemplazarlo por uno nuevo. Los costos de las reparaciones de componentes críticos están considerados en el ítem “Costos Programados”.

A continuación se presenta una tabla con el valor y frecuencia de cambio de los componentes críticos:

Tabla 9. Valor y frecuencia de cambio de componentes críticos

Valor y frecuencia de cambio de componentes críticos						
Componente	Pala P&H 4100XPC	Frecuencia [hop]	Pala Bucyrus 495HR	Frecuencia [hop]	Pala Bucyrus 495HI	Frecuencia [hop]
Pluma	\$ 1.900.000	50.000	\$ 1.710.000	50.000	\$ 1.520.000	50.000
Mango	\$ 1.520.000	80.000	\$ 1.368.000	80.000	\$ 1.216.000	80.000
Tapa Balde	\$ 400.000	20.000	\$ 360.000	20.000	\$ 320.000	20.000
Zapatas	\$ 1.357.000	60.000	\$ 1.982.000	60.000	\$ 1.085.600	60.000
Bastidores	\$ 1.522.000	50.000	\$ 1.369.800	50.000	\$ 1.217.600	50.000
Motor Swing	\$ 450.000	80.000	\$ 405.000	80.000	\$ 360.000	80.000
Motor Hoist	\$ 550.000	80.000	\$ 495.000	80.000	\$ 440.000	80.000
Balde	\$ 2.300.000	20.000	\$ 2.070.000	20.000	\$ 1.840.000	20.000
Corona Giro	\$ 1.000.000	50.000	\$ 900.000	50.000	\$ 800.000	50.000
Tambor Hoist	\$ 1.000.000	50.000	\$ 900.000	37.500	\$ 800.000	37.500
Planetario Hoist	\$ 935.000	60.000	\$ 850.000	60.000	\$ 748.000	60.000

Por lo tanto, según la tabla anterior se fabrican los siguientes programas de inversión:

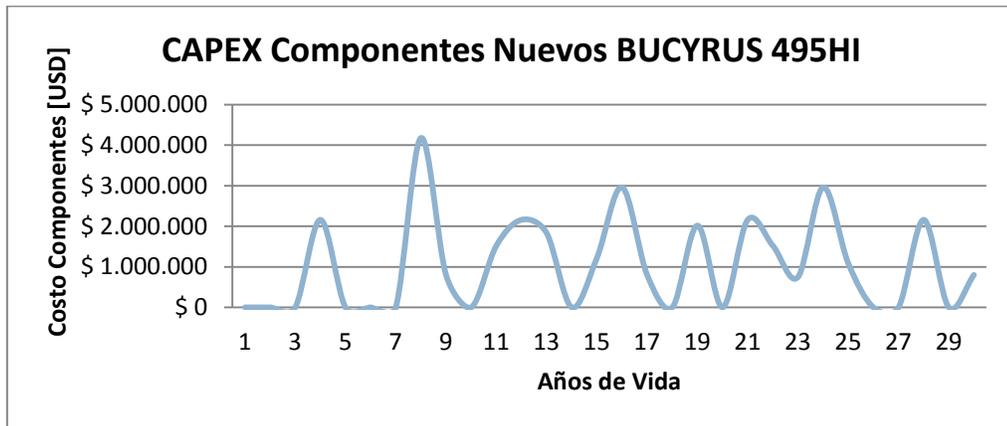


Gráfico 23. Programa de inversión pala Bucyrus 495HI

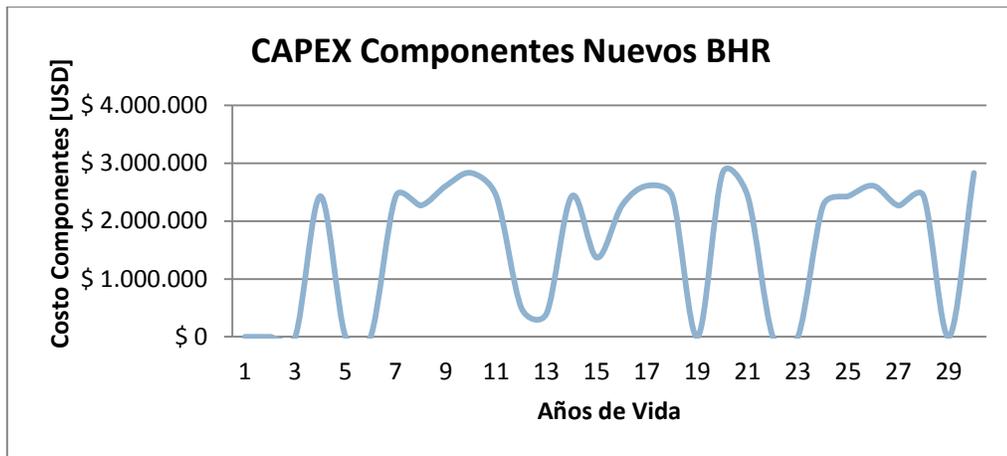


Gráfico 24. Programa de inversión pala Bucyrus 495HR

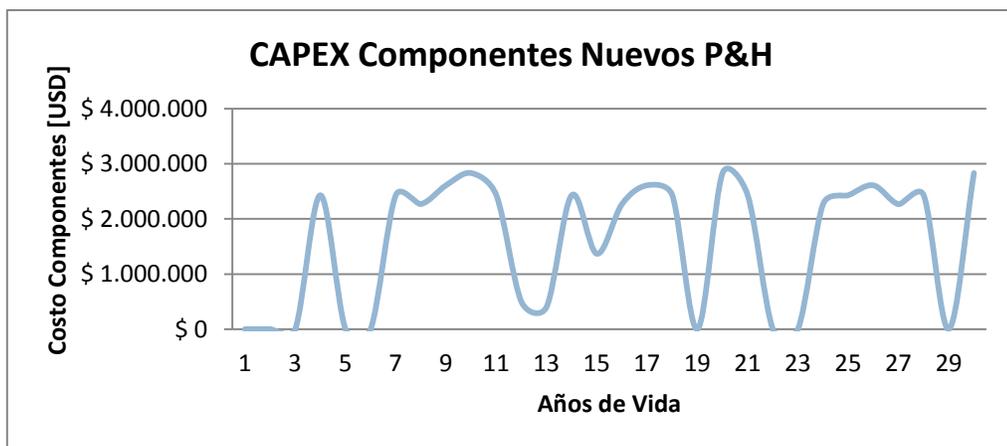


Gráfico 25. Programa de inversión pala P&H 4100XPC

El programa de inversiones debe ser suavizado debido a que posee muchos altos y bajos, lo cual afecta la toma de decisión del modelo al buscar el mínimo valor anual de costos. Además por lo general, los componentes si bien deben ser adquiridos para generar un reemplazo, muchas veces se atrasa o adelanta la decisión.

Finalmente, a continuación se presenta el comportamiento del costo por CAPEX, el cual incluye el costo por stock de componentes mayores y el costo del programa de inversiones de componentes críticos suavizado en un período de 4 años:

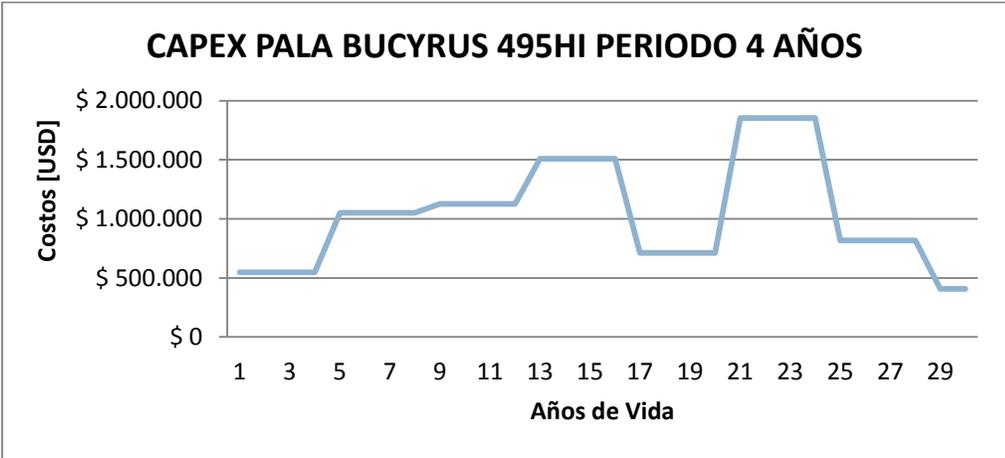


Gráfico 26. Comportamiento CAPEX pala Bucyrus 495HI

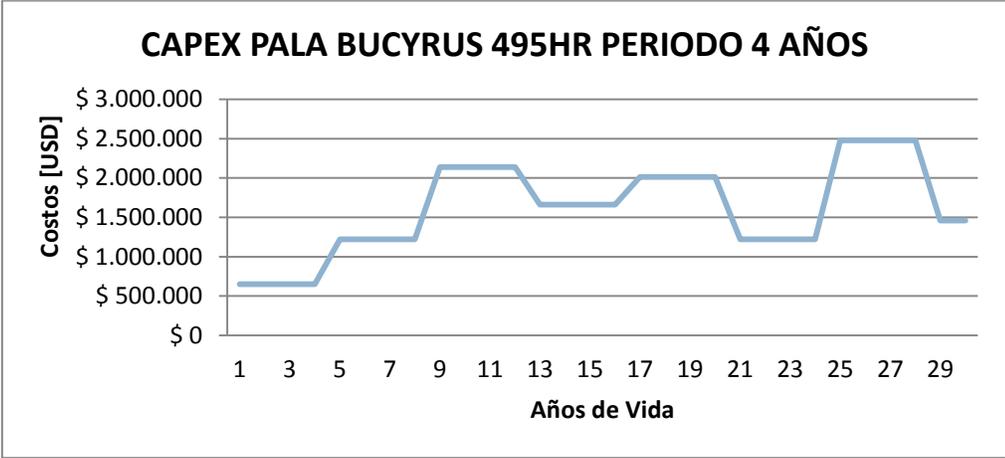


Gráfico 27. Comportamiento CAPEX pala Bucyrus 495HR

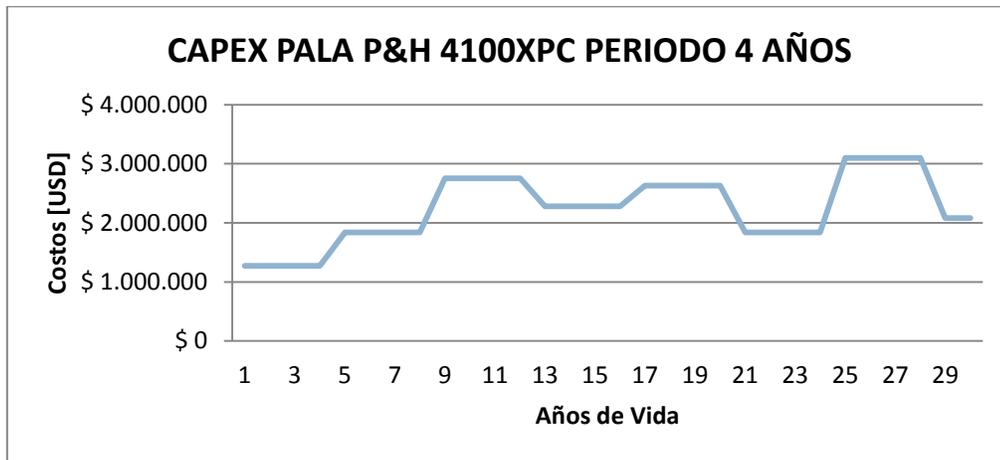


Gráfico 28. Comportamiento CAPEX pala P&H 4100XPC

4.3 VARIABLES DE COMPARACIÓN DE MODELOS DESARROLLADOS

Esta sección se referirá a aquellas variables necesarias para realizar una comparación de dos activos con diferentes capacidades o rendimientos, la comparación se elabora para lograr obtener un análisis de reemplazo y conservación completo.

En el presente estudio cuando se observa el caso de los equipos de transporte, es necesario comparar dos tipos de camión con capacidades de tolva y velocidades diferentes, por lo tanto, para lograr comparar ambas realidades se le debe aplicar un costo de oportunidad a la opción con capacidad o rendimiento menor.

En el caso de los equipos de carguío se deben comparar 3 tipos de palas, donde cada una de ellas posee un rendimiento [t/hop] diferente. Por lo tanto, se les deberá aplicar un costo de oportunidad a aquellos 2 modelos con menor rendimiento.

Es importante mencionar que para realizar la comparación entre ambos tipos de activo se debe buscar un escenario común para realizar el ejercicio, es decir, se debe enmarcar la operación de ambos activos a la misma situación operacional.

4.3.1 COSTO DE OPORTUNIDAD APLICADO A CAMIONES

El costo de oportunidad aplicado en la comparación de camiones Komatsu 830 versus los Komatsu 930 deberá ser aplicado en los primeros, debido a que presentan menores velocidades de traslado y capacidades de tolva.

El escenario planteado para realizar la comparación entre ambos tipos de camión es el que actualmente se está utilizando en la operación de la compañía para mover material estéril.

Por lo tanto, se compararan ambos tipos de camión en la ruta que actualmente están transitando sólo camiones Komatsu 830, ruta que comprende el traslado de estéril desde el Rajo Ujina hacia el muro del tranque de relaves, ruta la cual posee una distancia aproximada de 9,8 kilómetros.

Antes de comenzar con el estudio de confrontación de opciones se debe recalcar que la comparación estudiada será entre camiones Komatsu 830 antiguos versus Komatsu 930 nuevos.

A continuación se presentan los parámetros operacionales de ambos camiones en la ruta antes expuesta:

Tabla 10. Velocidad de camiones en ruta Ujina-Tranque

Velocidades camiones en ruta Ujina-Tranque		
Camión	Velocidad lleno [kms/hr]	Velocidad vacío [kms/hr]
KMS 830	28,3	30,3
KMS 930	28,8	34,5

Tabla 11. Tiempo de ciclo camiones en ruta Ujina-Tranque

Tiempo de ciclo de camiones			
Camión	Tiempo ciclo ida [hrs]	Tiempo ciclo vuelta [hrs]	Tiempo ciclo total [hrs]
KMS 830	0,35	0,32	0,67
KMS 930	0,34	0,28	0,62

Tabla 12. Capacidad de tolva camiones Komatsu

Capacidad de tolva [t]	
KMS 830	217
KMS 930	307

Lo anterior entrega como resultado los siguientes rendimientos operacionales en la ruta entre Rajo Ujina y muro del tranque de relaves:

Tabla 13. Rendimiento Operacional camiones Komatsu

Rendimiento promedio en ruta Ujina-Tranque	
Camión	Rendimiento [t/hop]
KMS 830	224
KMS 930	287

Como el objetivo es comparar ambos tipos de camión en la ruta antes expuesta, a continuación se mostrará la cantidad de tonelaje que es capaz de transportar un camión Komatsu 930 anualmente versus lo que transportar el camión Komatsu 830.

Tabla 14. Cálculo de horas operativas

Cálculo de horas operativas		
Parámetro	KMS 830 antiguo	KMS 930 nuevo
Disponibilidad	79%	83%
Utilización	74%	86%
Hop	5.113	6.284

Lo que implica finalmente que los camiones son capaces de trasladar la siguiente cantidad de material en la ruta analizada:

Tabla 15. Traslado anual de material en ruta Ujina-Tranque

Traslado de material en Ruta Ujina-Tranque [t/año]	
KMS 830	1.142.865
KMS 930	1.805.713

Entonces, existe una diferencia anual de aproximadamente 660.000 toneladas, lo que se puede valorizar a través de proporciones dependiendo del costo por tonelada que tenga cada camión 830 a ser analizado.

Por ejemplo si tomamos el camión CA06 el cual corresponde a un Komatsu 830, su curva de costo por tonelada en función del tiempo es la siguiente:

Tabla 16. Costo anual de la tonelada trasladada en ruta Ujina- Tranque [USD/t]

Costo por tonelada trasladada ruta Ujina-Tranque [USD/t]							
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
KMS 830 CA06	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1

Por lo tanto, finalmente se obtiene el costo oportunidad anual que debe ser aplicado a los camiones Komatsu 830 relacionado al escenario planteado, donde los camiones Komatsu 830 deben trasladar 600.000 toneladas adicionales anualmente.

A continuación se presenta el costo de oportunidad que debe ser aplicado en el camión Komatsu 830 CA06 en el caso que sea comparado con un camión Komatsu 930 para realizar el traslado de material entre Ujina y el muro del tranque de relaves.

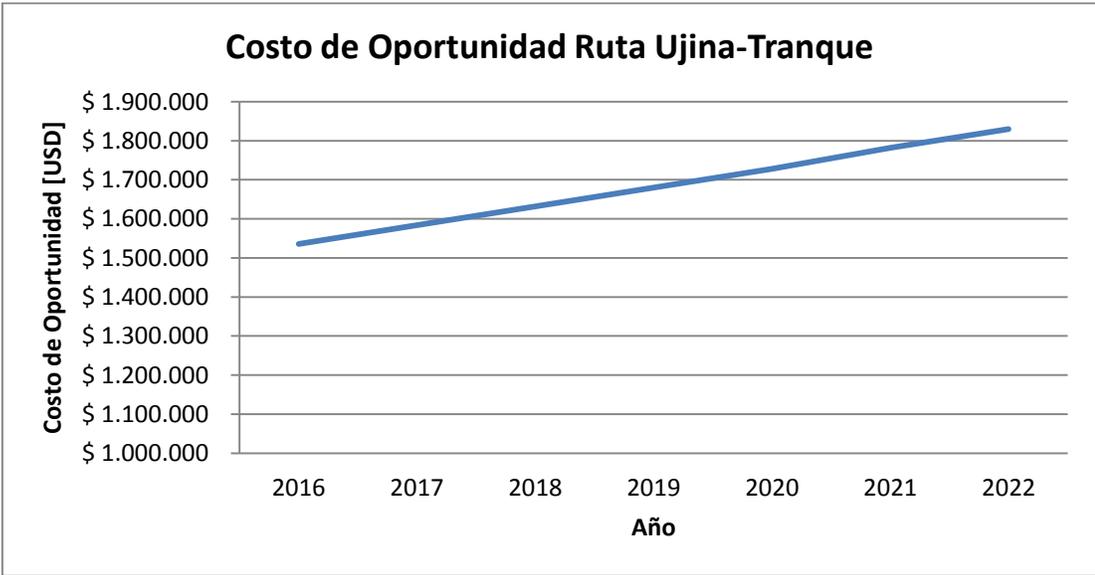


Gráfico 29. Costo de Oportunidad ruta Ujina-Tranque

Es importante mencionar que se debe realizar el mismo procedimiento anterior si se quisiera comparar cualquiera de los camiones Komatsu 830 actualmente en operación en la ruta estudiada versus un camión nuevo Komatsu 930, donde la única diferencia existente sería el costo por tonelada anual que posee cada camión 830 actualmente en uso.

4.3.2 COSTO DE OPORTUNIDAD APLICADO A PALAS

El costo de oportunidad aplicado en la comparación de palas Bucyrus 495HI, Bucyrus 495HR y P&H 4100XPC deberá ser aplicado en aquellas palas con más bajo rendimiento, es decir, sobre las palas Bucyrus.

El escenario planteado para realizar la comparación es la de cargar 27,7 [Mt] midiendo las horas operativas que le toma a cada tipo de pala cargar dicho material. La cifra fue escogida debido a que es lo que carga normalmente una pala P&H en un año.

Antes de comenzar el estudio de confrontación de opciones se debe recalcar cuáles serán las comparaciones a ser realizadas.

- Pala antigua PA03 Bucyrus 495HI versus pala nueva P&H.
- Pala antigua PA09 Bucyrus 495HR versus pala nueva P&H.

A continuación se presentan los parámetros operacionales de las palas que son necesarios para realizar la comparación:

Tabla 17. Rendimiento de las palas

Rendimiento promedio anual	
Pala	Rendimiento [t/hop]
Bucyrus 495HI	3.217
Bucyrus 495HR	4.435
P&H 4100XPC	4.713

Tabla 18. Horas operativas necesarias para cargar 27,7 [Mt]

Horas operativas necesarias para cargar 27.7 [Mt]	
Rendimiento t/hop	Hop Necesarias [hop]
Bucyrus 495HI	8.601
Bucyrus 495HR	6.238
P&H 4100XPC	5.871

Por lo tanto, se genera el siguiente déficit de horas operativas en las palas Bucyrus:

Tabla 19. Diferencia de horas operativas necesarias para mover 27,7 [Mt]

Diferencia de horas operativas necesarias para cargar 27.7 Mt	
Pala	Diferencia Hop [hop]
Bucyrus 495HI	2.731
Bucyrus 495HR	368

Ahora para poder continuar con el estudio de comparación se presenta el costo que posee cada pala por hora operativa:

Tabla 20. Costo por hora operativa palas Bucyrus PA03 y PA09

Costo por hora operativa palas Bucyrus Antiguas							
Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bucyrus 495HI PA03	\$ 1.465	\$ 1.550	\$ 1.809	\$ 1.731	\$ 1.598	\$ 1.813	\$ 2.000
Bucyrus 495HR PA09	\$ 1.274	\$ 1.371	\$ 1.330	\$ 1.264	\$ 1.566	\$ 1.325	\$ 1.257

Por lo tanto, finalmente se contará con el costo de oportunidad que debe ser aplicado a los modelos de determinación del valor anual de elementos de costos. A continuación se muestra la curva que representa el costo de oportunidad que deberá ser aplicado a las palas Bucyrus PA03 y PA09 cuando se comparen con una pala nueva P&H para mover 27,7 [Mt].

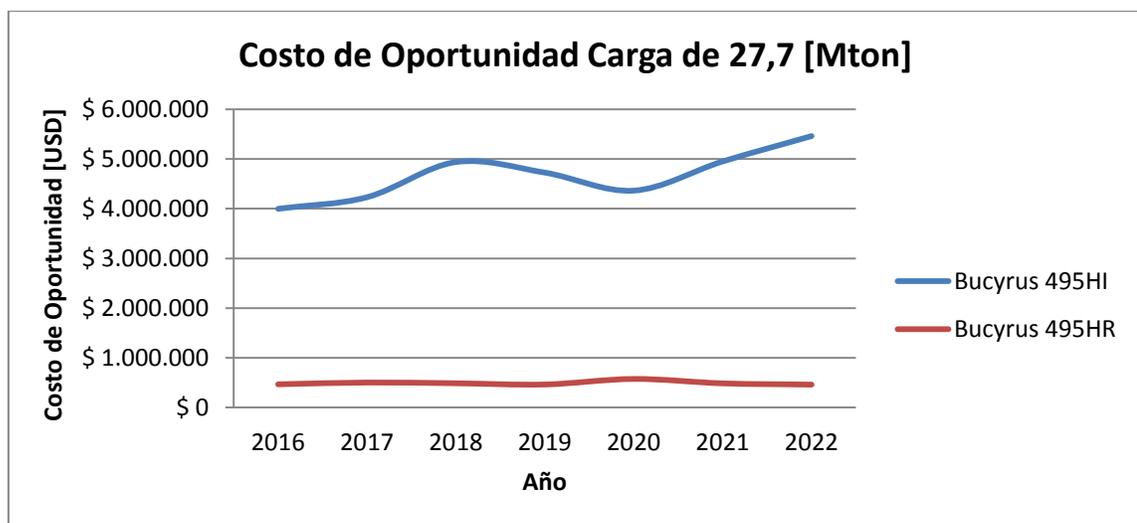


Gráfico 30. Costo de oportunidad palas Bucyrus PA03 y PA09

4.3.3 HORAS OPERATIVAS

Es de vital importancia contar con las horas operativas que poseen los activos antiguos dentro de la compañía ya que de esta manera podremos saber en qué situación se encuentran respecto a:

- Depreciación.
- Costos Programados.
- Costos No programados.
- CAPEX.

Para obtener las horas operativas de los activos de la compañía se debe utilizar el software Ellipse, donde en una de sus plataformas se hace un listado de todos los equipos del área de carguío y transporte, indicando las hora operativas acumuladas que posee cada uno.

En la sección de anexos E se presentan las horas operativas acumuladas obtenidas del software Ellipse actualizadas al día 08-06-2016.

CAPITULO 5 RESULTADOS

En este capítulo se presentaran los principales resultados del presente estudio. Por un lado se mostrará la vida útil económica óptima de cada uno de los activos analizados, es decir, de los diferentes tipos de equipos utilizados por el área de carguío y transporte, donde dichos resultados fueron obtenidos empleando modelos de determinación del valor anual de los elementos de costos.

El modelo desarrollado en el presente estudio consideró en todos los activos analizados una tasa de descuento del 8%, debido a que la compañía evalúa todos los proyectos con ese parámetro.

Los resultados de cada una de las secciones siguientes contarán con el gráfico resultante del modelo desarrollado, donde se puede visualizar el mínimo valor anual de los costos asociado al equipo, también se verá indicado el año correspondiente y cifra del valor anual mínimo.

5.1 VIDA ÚTIL ECONÓMICA ÓPTIMA DE LOS ACTIVOS

En esta sección se presentará la vida útil económica óptima de todos los tipos de camiones y palas utilizando en la operación. Los parámetros de vida útil y valores anuales presentados a continuación no están facultados para ser utilizados en una comparación con otro tipo de equipo, solo pueden ser utilizados para comparar la mejor opción entre activos del mismo modelo, debido que para poder ser comparados con otro tipo, se debe nivelar a los activos a una cierta condición, lo cual se hará en secciones posteriores.

A continuación se presenta la vida útil económica óptima y el valor anual mínimo de los costos asociados a los todos los tipos de activos del área de carguío y transporte:

5.1.1 CAMIÓN KOMATSU 830 NUEVO

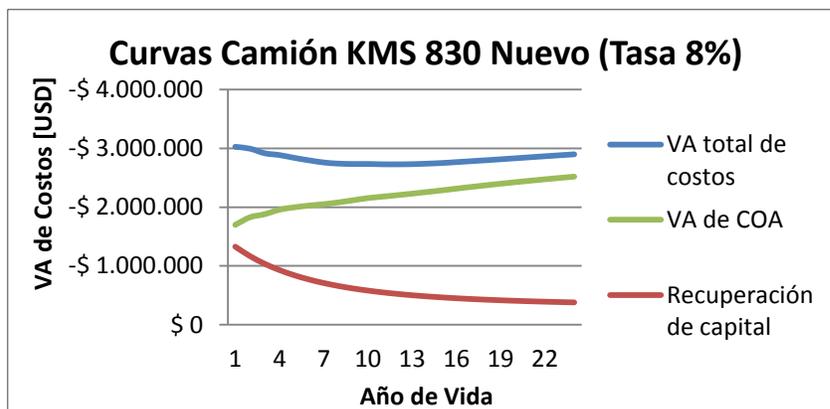


Gráfico 31. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 830 nuevo

Tabla 21. Resultados camión Komatsu 830 nuevo

Mínimo VA de Costos	\$ -2.740.132
Año	14
Horas Operativas	82.222

5.1.2 CAMIÓN KOMATSU 830 CA06

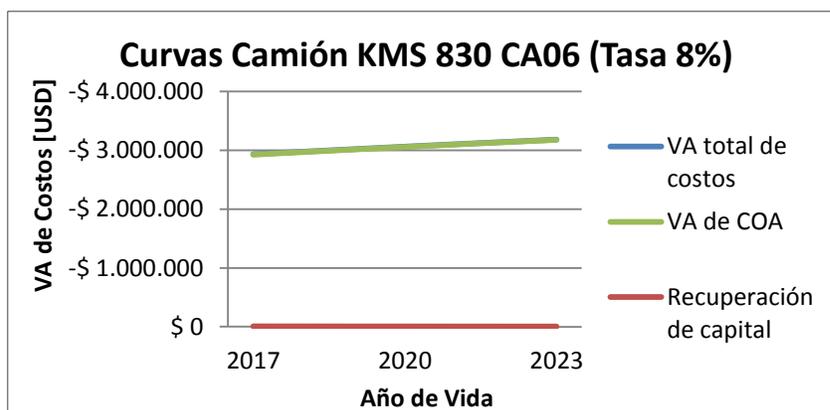


Gráfico 32. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 830 CA06

Tabla 22. Resultados camión Komatsu 830 CA06

Horas Operativas Acumuladas	101.656
Mínimo VA de Costos	\$ -2.933.704
Año del Mínimo VA	1
Horas Operativas Adicionales	0

5.1.3 CAMIÓN KOMATSU 930 NUEVO

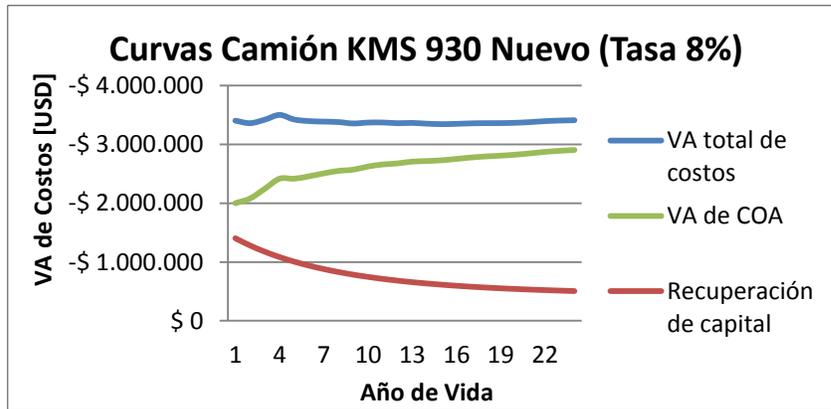


Gráfico 33. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 930 nuevo

Tabla 23. Resultados camión Komatsu 930 nuevo

Mínimo VA de Costos	\$ -3.349.795
Año	16
Horas Operativas	98.715

5.1.4 CAMIÓN KOMATSU 930 CA47

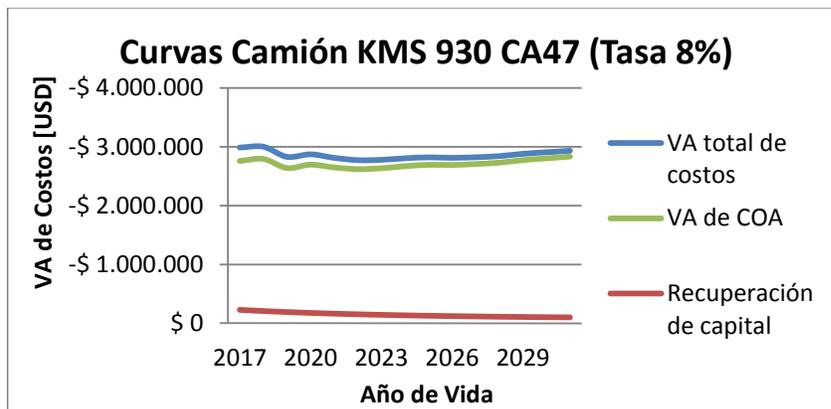


Gráfico 34. Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 930 CA47

Tabla 24. Resultados camión Komatsu 930 CA47

Horas Operativas Acumuladas	54.491
Mínimo VA de Costos	\$ -2.778.771
Año del Mínimo VA	7
Horas Operativas Adicionales	41.349

5.1.5 PALA BUCYRUS 495HI NUEVA

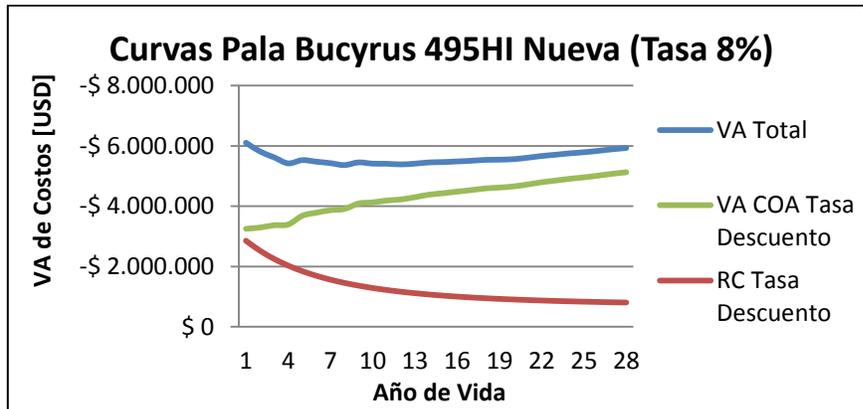


Gráfico 35. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HI

Tabla 25. Resultados pala Bucyrus 495HI

Mínimo VA de Costos	\$ -5.386.686
Año	12
Horas Operativas	60.411

5.1.6 PALA BUCYRUS 495HI PA03

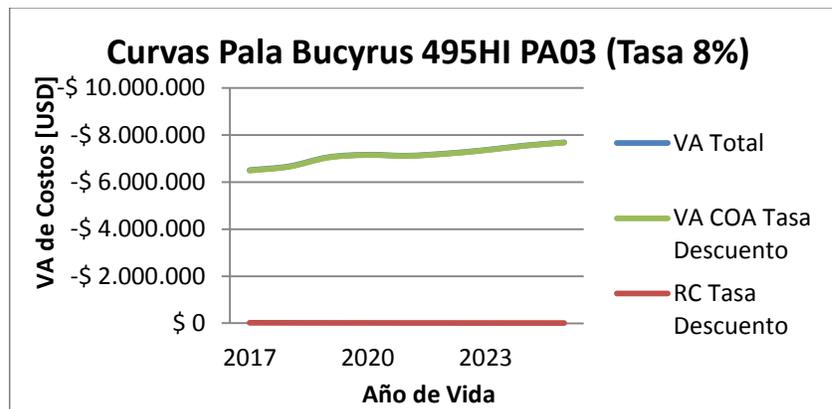


Gráfico 36. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HI PA03

Tabla 26. Resultados pala Bucyrus 495HI PA03

Horas Operativas Acumuladas	105.836
Mínimo VA de Costos	\$ -6.509.125
Año del Mínimo VA	1
Horas Operativas Adicionales	0

5.1.7 PALA BUCYRUS 495HR NUEVA

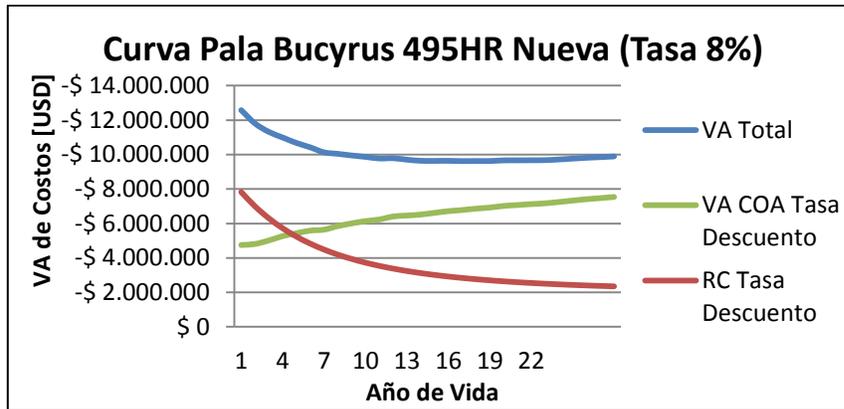


Gráfico 37. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HR

Tabla 27. Resultados pala Bucyrus 495HR

Mínimo VA de Costos	\$ -9.619.154
Año	17
Horas Operativas	95.493

5.1.8 PALA BUCYRUS 495HR PA09

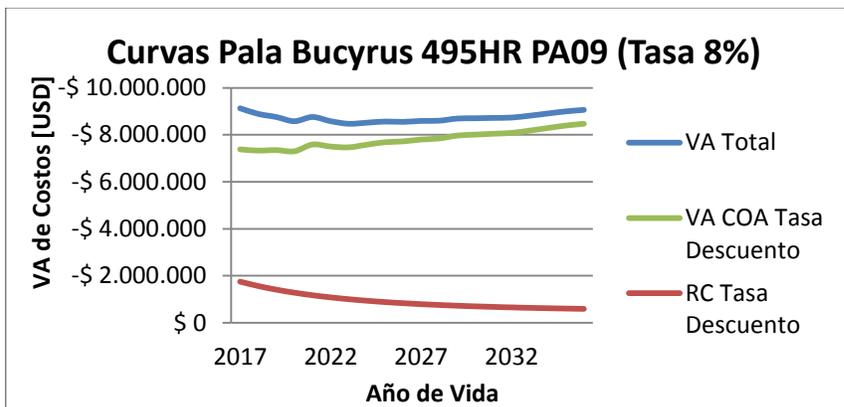


Gráfico 38. Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HR PA09

Tabla 28. Resultados pala Bucyrus 495HR PA09

Horas Operativas Acumuladas	34.522
Mínimo VA de Costos	\$ -8.472.464
Año del Mínimo VA	7
Horas Operativas Adicionales	39.028

5.1.9 PALA P&H 4100XPC

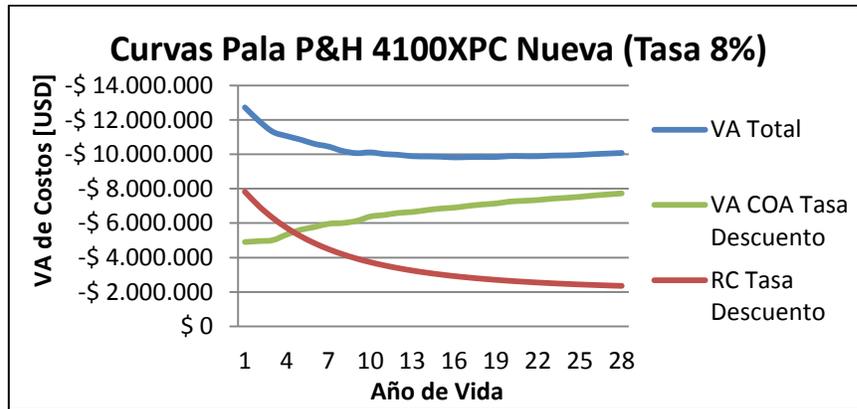


Gráfico 39. Curvas del modelo desarrollado para pala P&H 4100XPC

Tabla 29. Resultados pala P&H 4100XPC

Mínimo VA de Costos	\$ -9.819.871
Año	16
Horas Operativas	100.918

5.1.10 PALA P&H 4100XPC PA11

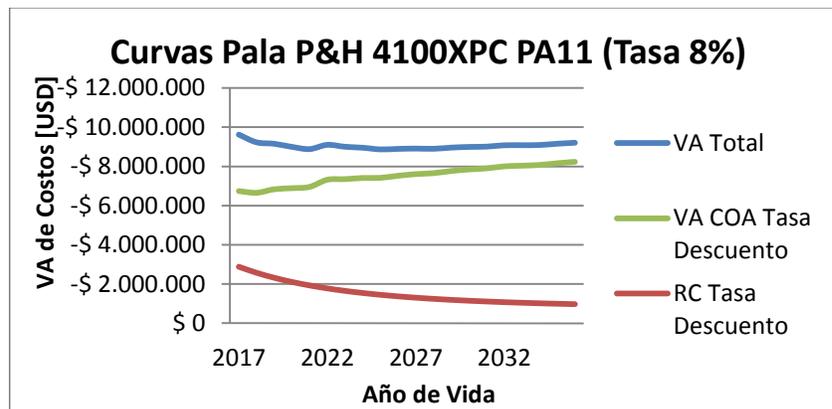


Gráfico 40. Curvas del modelo desarrollado para pala P&H 4100XPC PA11

Tabla 30. Resultados pala P&H 4100XPC

Horas Operativas Acumuladas	29.769
Mínimo VA de Costos	\$ -8.900.900
Año del Mínimo VA	12
Horas Operativas Adicionales	74.811

5.2 VIDA ÚTIL ECONÓMICA ÓPTIMA DE ACTIVOS ESTANDARIZADOS

A diferencia de la sección anterior, en esta los activos son estandarizados a una situación específica para poder ser comparados con otros tipos de equipo, es decir, los activos son nivelados para operar bajo una situación determinada, permitiendo la comparación entre camiones y palas con diferentes rendimientos y capacidades.

En el caso de los equipos de transporte, a sus modelos de determinación de valor anual se les incluyo la variable de costo de oportunidad para poder comparar diferentes tipos de camión, dicho costo se le aplico específicamente a los modelos Komatsu 830, ya que son estos lo que poseen menor capacidad de transporte de mineral.

La situación planteada para comparar camiones fue transportar 1,8 millones de toneladas de material desde el rajo Ujina hacia el muro del tranque de relaves, de esta forma el costo de oportunidad aplicado a camiones Komatsu 830 se basa en el costo adicional en que se debe incurrir al mover el volumen objetivo de material versus haberlo hecho con un camión Komatsu 930 nuevo.

Por otro lado, para poder realizar una comparación entre los equipos de carguío, se aplicó un costo de oportunidad en aquellos tipos de pala que poseen el menor rendimiento de las opciones, es decir, en el presente estudio dicho costo de oportunidad fue aplicado a las palas tipo Bucyrus 495HI y HR debido a que ambos tipos presentan un menor rendimiento respecto a la pala P&H.

La situación planteada para comparar palas fue cargar un total de 27,7 millones de toneladas de material, donde las palas tipo Bucyrus requieren mayor cantidad de horas operativas para lograrlo. De esta forma el costo de oportunidad aplicado a las palas Bucyrus se basa en el costo por hora operativa adicional en que se debe incurrir al cargar el volumen objetivo de material versus haberlo hecho con una pala P&H nueva.

5.2.1 RESULTADOS DE SITUACIÓN PARA COMPARAR TIPOS DE CAMIÓN

5.2.1.1 CAMIÓN KOMATSU 830 NUEVO CON COSTO DE OPOTUNIDAD

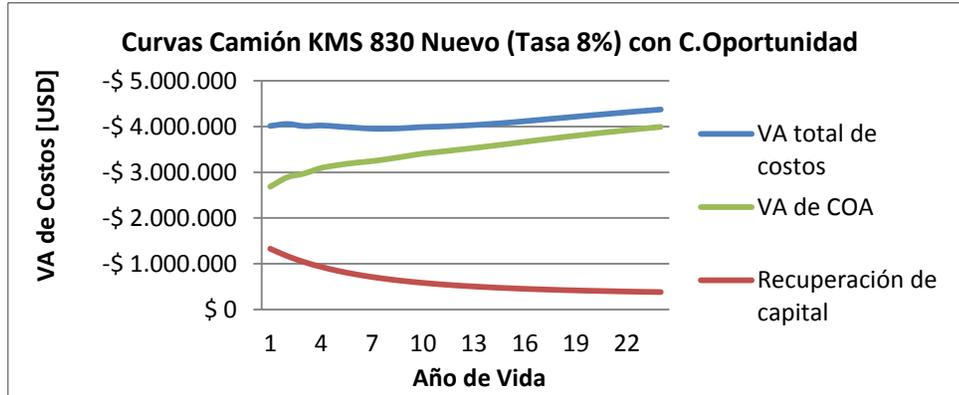


Gráfico 41. Curvas camión Komatsu 830 nuevo incluyendo costo de oportunidad

Tabla 31. Resultados camión Komatsu 830 nuevo con costo de oportunidad

Mínimo VA de Costos	\$ -3.952.578
Año	8
Horas Operativas	47.647

5.2.1.2 CAMIÓN KOMATSU 830 CA06 CON COSTO DE OPORTUNIDAD

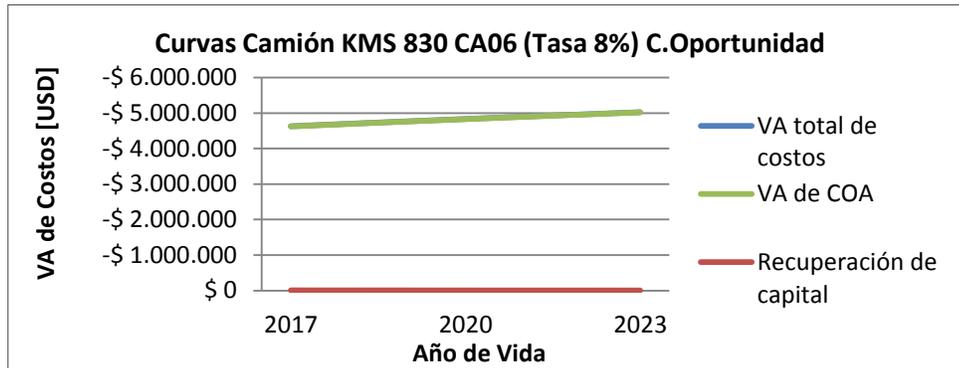


Gráfico 42. Curvas para camión Komatsu 830 CA06 incluyendo costo de oportunidad

Tabla 32. Resultados camión Komatsu 830 CA06 con costo de oportunidad

Horas Operativas Acumuladas	101.656
Mínimo VA de Costos	\$ -4.631.078
Año	1
Horas Operativas Adicionales	0

5.2.2 RESULTADOS DE SITUACIÓN PARA COMPARAR TIPOS DE PALA

5.2.2.1 PALA BUCYRUS 495HI NUEVA CON COSTO DE OPORTUNIDAD

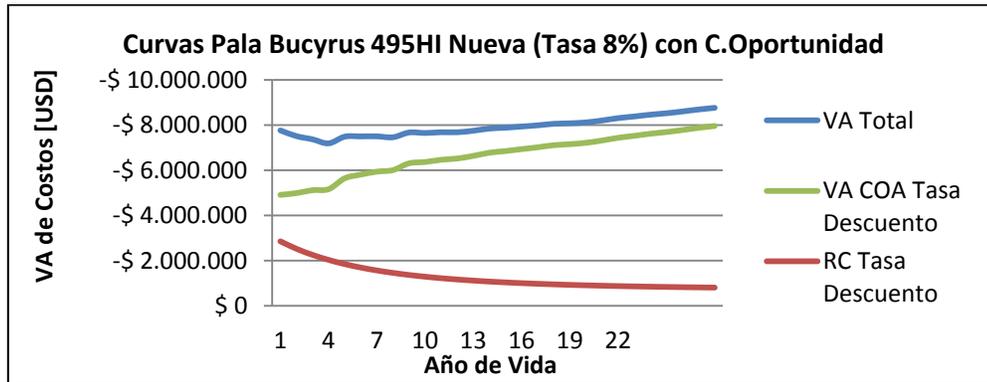


Gráfico 43. Curvas pala Bucyrus 495HI nueva incluyendo costo de oportunidad

Tabla 33. Resultados pala Bucyrus 495HI nueva con costo de oportunidad

Mínimo VA de Costos	\$ -7.191.054
Año	4
Horas Operativas	20.921

5.2.2.2 PALA BUCYRUS 495HI PA03 CON COSTO DE OPORTUNIDAD

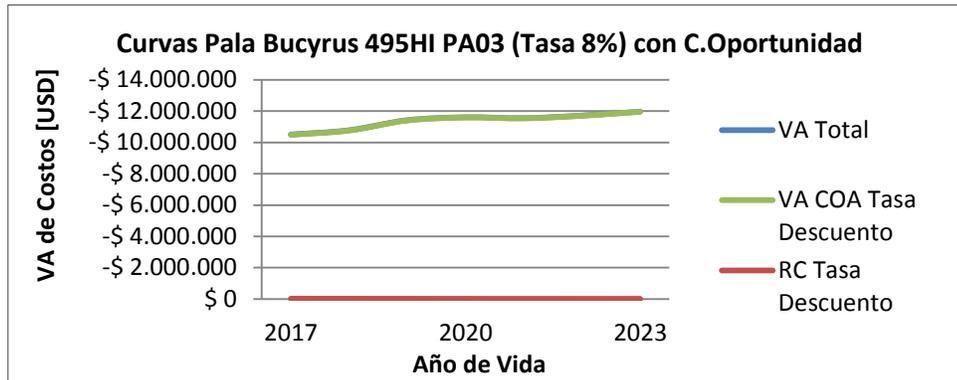


Gráfico 44. Curvas pala Bucyrus 495HI PA03 incluyendo costo de oportunidad

Tabla 34. Resultados pala Bucyrus 495HI PA03 con costo de oportunidad

Horas Operativas Acumuladas	101.656
Mínimo VA de Costos	\$ -10.508.466
Año	1
Horas Operativas Adicionales	0

5.2.2.3 PALA BUCYRUS 495HR NUEVA CON COSTO DE OPORTUNIDAD

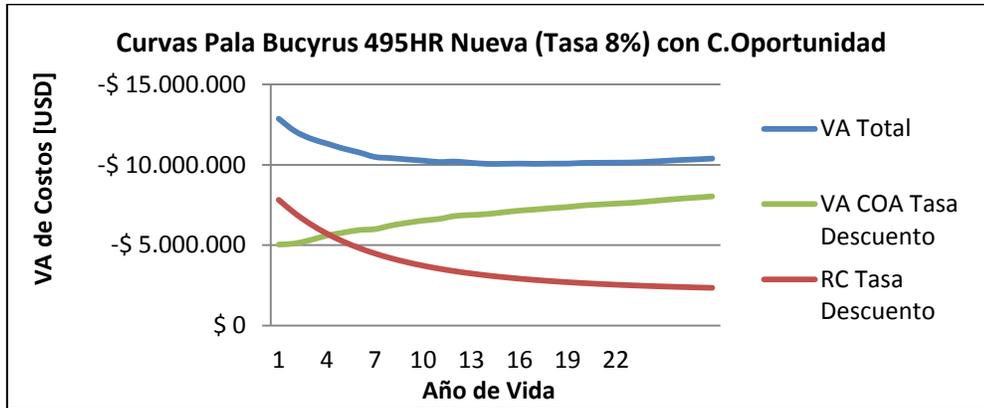


Gráfico 45. Curvas pala Bucyrus 495HR nueva incluyendo costo de oportunidad

Tabla 35. Resultados pala Bucyrus 495HR nueva con costos de oportunidad

Mínimo VA de Costos	\$ -10.063.216
Año	17
Horas Operativas	95.493

5.2.2.4 PALA BUCYRUS 495HR PA09 CON COSTO DE OPORTUNIDAD

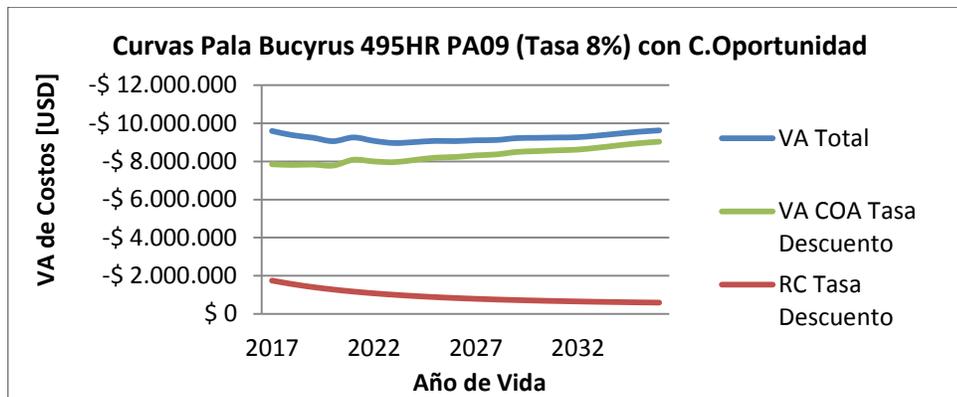


Gráfico 46. Curvas pala Bucyrus 495HR PA09 incluyendo costo de oportunidad

Tabla 36. Resultados pala Bucyrus 495HR PA09 con costo de oportunidad

Horas Operativas Acumuladas	34.522
Mínimo VA de Costos	\$ -8.965.045
Año	7
Horas Operativas Adicionales	39.028

A continuación se presentan dos tablas resumen con los principales resultados para facilitar la comprensión del siguiente capítulo:

Tabla 37. Tabla resumen de principales resultados en camiones

Tabla Resumen Resultados Camiones			
Camión	Parámetro	Sin C. Oportunidad	Con C. Oportunidad
Camión Komatsu 830 Nuevo	VA mínimo	\$ 2.740.132	\$ 3.952.578
	Año del mínimo VA	14	8
Camión Komatsu 830 CA06	VA mínimo	\$ 2.933.704	\$ 4.631.078
	Año del mínimo VA	1	1
Camión Komatsu 930 Nuevo	VA mínimo	\$ 3.349.795	-
	Año del mínimo VA	16	-
Camión Komatsu 930 CA47	VA mínimo	\$ 2.778.771	-
	Año del mínimo VA	7	-

Tabla 38. Tabla resumen de principales resultados en palas

Tabla Resumen Resultados en Palas			
Pala	Parámetro	Sin C. Oportunidad	Con C. oportunidad
Pala Bucyrus 495HI nueva	VA mínimo	\$ 5.386.686	\$ 7.191.054
	Año del mínimo VA	12	4
Pala Bucyrus 495HI PA03	VA mínimo	\$ 6.509.125	\$ 10.508.466
	Año del mínimo VA	1	1
Pala Bucyrus 495HR nueva	VA mínimo	\$ 9.619.154	\$ 10.063.216
	Año del mínimo VA	17	17
Pala Bucyrus 495HR PA09	VA mínimo	\$ 8.472.464	\$ 8.965.045
	Año del mínimo VA	7	7
Pala Bucyrus P&H 4100XPC nueva	VA mínimo	\$ 9.819.871	-
	Año del mínimo VA	16	-
Pala Bucyrus P&H 4100XPC PA11	VA mínimo	\$ 8.900.900	-
	Año del mínimo VA	12	-

CAPITULO 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo tratara sobre los principales resultados obtenidos desde los modelos desarrollados para la determinación del valor anual de elementos de costos de los activos utilizados para realizar la actividad de carguío y transporte.

El análisis desarrollado a continuación lleva por nombre “análisis de reemplazo y conservación”, y consiste principalmente en la determinación de la mejor opción planteada para cada situación, es decir, en función a un abanico de opciones el análisis determinara que es lo más conveniente:

- Conservar el activo actual, definiendo la cantidad de tiempo que le queda de su vida útil.
- Reemplazar el activo actual de manera inmediata, determinando el equipo de reemplazo y su vida útil económica.

6.1 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN EN CAMIONES

En esta sección se analizara la decisión de reemplazo o conservación de camiones en función a los datos obtenidos desde los modelos de determinación del valor anual de costos.

El presente estudio analizo dos situaciones diferentes para determinar la conveniencia o no del reemplazo, las cuales son:

- Análisis de reemplazo y conservación entre camiones del mismo tipo.
- Análisis de reemplazo y conservación entre camiones de diferente tipo.

6.1.1 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN ENTRE CAMIONES DEL MISMO TIPO

6.1.1.1 COMPARACIÓN ENTRE CAMIONES KOMATSU 830

De la tabla número 37 se puede notar que el VA mínimo del camión Komatsu 830 nuevo es de \$2.740.132 en el año 14, mientras que el VA mínimo del camión Komatsu 830 CA06 es de \$2.933.704 en el año 1.

Lo anterior implica que es conveniente reemplazar de manera inmediata el camión CA06 debido a que se está perdiendo desde \$193.572 por cada año que pasa, cifra que va en aumento debido a que el VA de los costos del camión 830 CA06 va en un aumento constante como se puede apreciar en el gráfico llamado “Curvas del modelo desarrollado para el camión Komatsu 830 CA06”.

Otra cosa que se puede apreciar del resultado obtenido, es que la vida útil económica óptima de los camiones Komatsu 830 nuevos es de 14 años, los que implica 82.222 horas operativas.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre camiones Komatsu 830 se obtiene que:

El activo camión Komatsu 830 CA06 debe ser reemplazo de manera inmediata por un camión Komatsu 830 nuevo, donde la vida económica óptima del último es de 14 años, lo cual equivale a 82.222 horas operativas.

El producto del análisis realizado tiene sentido, debido a que el horómetro del camión CA06 es de 101.656 horas, cifra la cual está muy por encima del óptimo económico encontrado de los camiones Komatsu 830 (82.222 hop).

6.1.1.2 COMPARACIÓN ENTRE CAMIONES KOMATSU 930

De la tabla número 37 se puede notar que el VA mínimo del camión Komatsu 930 nuevo es de \$3.349.795 en el año 16, mientras que el VA mínimo del camión Komatsu 930 CA47 es de \$2.778.771 en el año 7.

Lo anterior implica que se debe seguir operando con el camión CA47 debido a que su mínimo VA es menor al del camión Komatsu 930 nuevo. Otra cosa que se puede notar es que la vida útil económica óptima de los camiones Komatsu 930 nuevos es de 16 años, los cuales equivalen a 98.715 horas operativas.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre camiones Komatsu 930 se obtiene que:

Se debe conservar el camión CA47 por los siguientes 7 años, lo cual equivale a 41.349 horas, para luego recién ser reemplazado por un camión Komatsu 930 nuevo el cual posee una vida óptima de 16 años, lo cual equivale a 98.715 horas operativas.

El producto del análisis anterior tiene sentido debido a que el camión CA47 recién posee un horómetro de 54.491 horas, por lo tanto, aún conserva gran parte de su valor como activo.

6.1.2 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN ENTRE CAMIONES DE DIFERENTE TIPO

Se debe recordar que la situación a la cual se niveló la comparación corresponde a la operación de traslado de material desde el Rajo Ujina hacia el muro del tranque de relaves. En esta sección se utilizarán aquellos resultados donde se consideró la variable costo de oportunidad.

De la tabla número 37 se puede notar que el VA mínimo del camión Komatsu 830 nuevo es de \$3.952.578 en el año 8, mientras que el VA mínimo del camión Komatsu 930 nuevo es de \$3.349.795 en el año 16, también se puede observar que el VA mínimo del camión Komatsu 830 CA06 es de \$4.631.078 en el año 1.

Lo anterior implica que es más conveniente operar con camiones Komatsu 930 nuevos, ya que poseen un VA menor al de los camiones Komatsu 830 nuevos. Otra cosa que podemos notar es que si se compara un camión Komatsu 930 nuevo versus el camión Komatsu 830 CA06 es más conveniente operar con el primero.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre camiones Komatsu se obtiene que:

En la ruta planteada anteriormente es más conveniente operar con camiones Komatsu 930 nuevos, los cuales poseen una vida útil económica de 16 años, lo cual equivale a 98.715 horas operativas.

El producto del análisis anterior tiene sentido debido a que sin ser aplicado el costo de oportunidad sobre los camiones Komatsu 830 ya era más conveniente operar con los Komatsu 930. También era lógico esperar que el mínimo VA del CA06 fuese mayor al de un Komatsu 830 nuevo debido a que el primero ya posee un horómetro de 101.656 horas.

6.2 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN EN PALAS

En esta sección se analizara la decisión de reemplazo o conservación de palas en función a los datos obtenidos desde los modelos de determinación del valor anual de costos.

El presente estudio analizo dos situaciones diferentes para determinar la conveniencia o no del reemplazo, las cuales son:

- Análisis de reemplazo y conservación entre palas del mismo tipo.
- Análisis de reemplazo y conservación entre palas de diferente tipo.

6.2.1 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN ENTRE PALAS DEL MISMO TIPO

6.2.1.1 COMPARACIÓN ENTRE PALAS BUCYRUS 495HI

De la tabla número 38 se puede notar que el VA mínimo de la pala Bucyrus 495HI nueva es de \$5.386.686 en el año 12, mientras que el VA mínimo de la pala Bucyrus 495HI PA03 es de \$6.509.125 en el año 1.

Lo anterior implica que es más conveniente reemplazar de manera inmediata la pala PA03 debido a que se está perdiendo desde \$1.122.439 por cada año que pasa, cifra que va en aumento según el gráfico “Curvas del modelo desarrollado para pala Bucyrus 495HI PA03”.

Otra cosa que se puede apreciar del resultado obtenido es que la vida útil económica óptima de la pala Bucyrus 495HI nueva es de 12 años, lo cual equivale a 60.411 horas operativas según sus curvas de disponibilidad y utilización.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre palas Bucyrus 495HI se obtiene que:

Si la operación no requiere de equipos de carguío adicional es conveniente reemplazar de manera inmediata la pala PA03, y su reemplazo debe ser operado por los siguientes 12 años, lo cual equivale a 60.411 horas operativas, vida útil económica óptima de la pala Bucyrus 495HI.

Lo anterior tiene sentido debido a que la pala PA03 posee un horómetro de 105.836, cifra la cual está muy por sobre el óptimo encontrado en las palas Bucyrus 495HI (60.411).

6.2.1.2 COMPARACIÓN ENTRE PALAS BUCYRUS 495HR

De la tabla número 38 se puede notar que el VA mínimo de la pala Bucyrus 495HR nueva es de \$9.619.154 en el año 17, mientras que el VA mínimo de la pala Bucyrus 495HR PA09 es de \$8.472.464 en el año 7.

Lo anterior implica que es más conveniente seguir operando con la pala PA09 por los siguientes 7 años, lo cual equivale a 39.028 horas operativas según sus curvas de disponibilidad y utilización. Otra cosa que se puede apreciar del resultado obtenido es que la vida útil económica

óptima de la pala Bucyrus 495HR nueva es de 17 años, lo cual equivale a 95.493 horas operativas.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre palas Bucyrus 495HR se obtiene que:

Se debe seguir operando con la pala PA09 por los siguientes 7 años, luego de ese período debe ser reemplazada por una pala Bucyrus 495HR nueva la cual posee una vida útil económica óptima de 106.606 horas operativas.

Lo anterior tiene sentido debido a que la pala PA09 recién posee un horómetro de 34.522, lo cual está muy por debajo de la vida útil económica encontrada en las palas Bucyrus 495HR (106.606).

6.2.1.3 COMPARACIÓN ENTRE PALAS P&H 4100XPC

De la tabla número 38 se puede notar que el VA mínimo de la pala P&H 4100XPC nueva es de \$9.819.871 en el año 16, mientras que el VA mínimo de la pala P&H 4100XPC PA11 es de \$8.900.900 en el año 12.

Lo anterior implica que es más conveniente seguir operando con la pala PA11 por los siguientes 12 años, lo cual equivale a 74.811 horas operativas según sus curvas de disponibilidad y utilización. También podemos notar que la vida útil económica óptima de las palas P&H 4100XPC es de 16 años, lo cual equivale a 100.918 horas operativas.

Por lo tanto, del análisis de reemplazo y conservación de la comparación entre palas P&H 4100XPC se obtiene que:

Se debe seguir operando con la pala PA11 por los siguientes 12 años, para luego ser reemplazada por una pala P&H, la cual deberá ser operada por los siguientes 16 años.

Lo anterior tiene sentido debido a que la pala PA11 recién posee un horómetro de 29.769, lo cual está muy por debajo de la vida útil económica encontrada en las palas P&H 4100XPC (100.918).

6.2.2 ANÁLISIS DE REEMPLAZO Y CONSERVACIÓN ENTRE PALAS DE DIFERENTE TIPO

La situación que se planteó para la comparación de palas consiste en el carguío de 27,7 millones de toneladas de material, lo cual se hizo para nivelar la operación, permitiendo de este modo una confrontación entre diferentes tipos de palas. Debido a lo anterior es que las comparaciones hechas en esta sección incluirán la variable costo de oportunidad.

De la tabla número 38 se puede notar que los VA mínimos de:

- Las palas Bucyrus 495HI nueva y Bucyrus 495HI PA03 son \$7.191.054 en el año 4 y \$10.508.466 en el año 1 respectivamente.
- Las palas Bucyrus 495HR nueva y Bucyrus 495HR PA09 son \$10.063.216 en el año 17 y \$8.965.045 en el año 7 respectivamente.
- Las palas P&H 4100XPC nueva y P&H 4100XPC PA11 son \$9.819.771 en el año 16 y \$8.900.900 en el año 12 respectivamente.

Por lo tanto, si comparamos los equipos nuevos de los tres tipos de pala, la opción más conveniente es operar con las Bucyrus 495HI, esto es debido a que la situación que se planteó no valoriza el hecho de que la pala demore más tiempo en cumplir el objetivo, por lo tanto, la pala Bucyrus 495HI nueva si bien se tomará más tiempo para cargar los 27,7 millones de toneladas su operación será más económica.

Normalmente, lo anterior no ocurre ya que se debe seguir un plan minero, entonces si se hubiese limitado el tiempo del carguío de 27,7 millones de toneladas ya no habría sido la opción económicamente más rentable ya que implicaría la compra de una pala Bucyrus 495HI adicional.

Entonces, si limitáramos el hecho de que la operación se deba hacer en un periodo definido de tiempo, la alternativa de la pala Bucyrus 495HI nueva queda fuera por lo anteriormente expuesto, mientras que las otras 2 opciones siguen estando facultadas para ser analizadas.

Según los datos anteriores es más conveniente operar con una pala P&H 4100XPC nueva que con la Bucyrus 495HR nueva, aunque su diferencia en términos económicos no es marcada, ya que distan uno del otro por tan solo \$64.145 anuales.

Por lo tanto, esta decisión no sólo debe ser basada en términos económicos, sino que es necesario complementarla con términos operacionales.

No debemos olvidar que la pala P&H posee mayor rendimiento [t/hop], por lo tanto, si dejamos fuera el factor económico, en términos de producción sigue liderando como la mejor opción, aunque si lo que se busca es menores costos de mantenimiento entonces la opción que debiese ser tomada es la de la pala Bucyrus 495HR.

Finalmente, la decisión a priori sobre qué pala es más conveniente operar al tener que cargar 27,7 millones de toneladas en un período definido de tiempo es la pala P&H 4100XPC.

CAPITULO 7 CONCLUSIONES

Para concluir el presente estudio se puede decir que desde ahora en adelante se tiene conocimiento sobre los tipos de activos del área de carguío y transporte que son más convenientes en función a su vida útil y costo anual. Ayudando a tomar la mejor decisión cuando se tenga que escoger por qué activo se debe reemplazar alguno ya obsoleto o dado de baja.

Al conocer la vida útil económica óptima de los activos se podrá tener conocimiento acerca de cuáles son los activos dentro de la compañía que derechamente están en continuo ascenso de su valor anual de costos, cuales están aún descendiendo dicho valor y cuales se encuentran cerca del óptimo, de esta manera se podrá tener presente cuanto capital se está perdiendo en el caso de operar con algún activo más allá del tiempo óptimo, y cuando se estará perdiendo por concepto de valor de capital al reemplazar un activo de manera apresurada.

La compañía al tener conciencia sobre la vida útil económica óptima de sus activos con bases científicas de ingeniería, podrá solicitar el reemplazo de aquellos activos más costosos a sus principales accionistas, teniendo la facultad de demostrarles con modelos matemáticos cuanto capital están perdiendo si no se acceden a aceptar lo solicitado. De esta manera el estudio facilitará la negociación que tendrá la compañía con sus accionistas cuanto se solicite la renovación de sus activos más costosos.

El presente estudio ayudará a la operación minera respecto de la decisión de que activos deben ser utilizado, es decir, ahora que se tiene conocimiento de cuáles de los activos presentes en la compañía son más costosos, se puede confeccionar un ranking que permita priorizar en aquellos activos más rentables. También más allá de confeccionar un ranking, con el estudio se puede determinar que activos derechamente hay que dar de baja y cuales conviene dejar en stand by.

Desde ahora la compañía tendrá mayor conciencia sobre el costo anual que poseen sus activos de carguío y transporte por concepto de mantención e inversión de componentes. Pudiendo de esta manera identificar qué variables impactan más fuertemente los costos anuales de los activos, lo cual permitirá descubrir nuevas oportunidades de mejora respecto a contratos, procesos o insumos.

Durante el desarrollo del estudio se crearon curvas de disponibilidad en base a programas de mantenimiento y tendencia de pannes no programados, el método utilizado para la obtención de las curvas podrá complementar el que actualmente ocupa el área de planificación de mediano y largo plazo, obteniéndose así curvas proyectadas de disponibilidad más precisas.

Como el estudio permite visualizar el comportamiento que tendrá el valor anual de costos de los activos más allá del tiempo óptimo de reemplazo es posible decidir hasta qué punto más allá del tiempo óptimo se considera aceptable operar, lo anterior es comentado debido a los actuales períodos de escasez de capital.

Finalmente se puede concluir a modo general que el modelo dentro de la compañía resulto ser aplicable, alcanzando un correcto nivel de precisión y quedando facultado para ser replicado. Es necesario recalcar que el presente estudio sólo aplica para activos con una vida útil determinada, dejando fuera aquellos que son fijos u que pueden ser sometidos a overhaul.

CAPITULO 8 RECOMENDACIONES

En aquellos activos donde el análisis de reemplazo y conservación entregó como resolución conservarlos, se recomienda someterlos anualmente al mismo estudio, monitoreando de esta manera la decisión que toma el modelo desarrollado.

Como se puede apreciar en el presente estudio, se tomó como ejemplo solo un equipo con algún grado de antigüedad de cada uno de los tipos de activos estudiados, por lo tanto, se recomienda aplicar el análisis a toda la flota de palas y camiones que actualmente posee la compañía.

Se le aconseja a la compañía tomar ventaja del hecho que desde ahora cuenta con un modelo de determinación del valor anual de costos, lo cual la faculta para emprender nuevos estudios relacionados a la determinación de vida útil económica respecto a otro tipo de flotas, como por ejemplo, cargadores frontales, perforadoras, retroexcavadoras, etc.

Cuando se quiera determinar la flota requerida para ciertas operaciones o trayectos se recomienda utilizar el presente estudio para complementar la decisión sobre qué modelo de equipo utilizar, escogiendo de esta manera aquel más rentable.

Se sugiere estudiar aquellas variables que más fuertemente impactan sobre los costos cargados a los activos, pudiendo de esta manera mejorar y optimizar procesos, contratos u estrategias de adquisición de insumos.

Finalmente, se recomienda utilizar los modelos desarrollados para estudios más profundos dirigidos a diferentes áreas, por ejemplo, es posible evaluar la prolongación en la vida útil de los activos por medio de una estrategia de overhauls u analizar si es conveniente modificar la función de los activos.

CAPITULO 9 BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, F. E. (2009). *Desarrollo de una base metodológica para el establecimiento de un modelo de confiabilidad y de evaluación de riesgo como parte de un Sistema de Gestión de Integridad de Activos para la industria de Petróleo y Gas*. Caracas, Venezuela.
2. AL-Chalabi, H. (2014). *Reliability and Life Cycle Cost Modelling of Mining Drilling Rigs*. (L. U. Technology, Ed.) Sweden.
3. Blank, L., & Tarquin, A. (2012). *Engineering Economy*. New York: McGraw Hill Companies, Inc.
4. Gransber, D. (2015). *Mayor equipment life-cycle cost analysis*. Iowa.
5. Emblemavag, J. (2003). *Life-Cycle Costing.Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Cost and Risks*. Canada : John Wiley & sons, inc.
6. Gransber, D. (2015). *Mayor equipment life-cycle cost analysis*. Iowa, Estados Unidos.
7. Jardine, A. (s.f.). *Life cycle cost/profit improvement throuh asset replacement*. Toronto , Canada.
8. Aliguillen, K. H., & Lino, S. L. (2014). *Planeamiento de la Gestión del Ciclo de Vida de los Equipos*. (F. d. Vega, Ed.) Peru.
9. Kemps, B. (2012). *Life Cycle Costing, An Effective Asset Management Tool*.
10. Meruane, V. (s.f.). *Gestión de activos físicos*. Santiago , Chile.
11. Gerencia de planificación y medio ambiente, Collahuasi. (2014). *Life of Mine*. Iquique, Chile .
12. Parra, C. (s.f.). *Ingeniería de Fiabilidad Aplicada Al Proceso de Análisis de Coste de Ciclo de Vida. Revisión de Modelos Básicos*. (E. d. Universidad de Sevilla, Ed.) España.
13. Pascual, R. (2005). *El arte de mantener*. Santiago , Chile.

CAPITULO 10 ANEXOS

ANEXO A. TABLAS DE TIEMPO PANNE NO PROGRAMADO

Tabla 39. Tiempos de panne no programado de camiones agrupados anualmente

Tiempo de panne no programado de camiones agrupado anualmente [hrs]								
Camión	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
CA01	1.317	1.047	1.485	2.425	1.478	935	1.404	948
CA02	1.736	1.229	-	349	1.192	927	902	1.113
CA03	1.442	1.332	1.487	1.405	1.304	922	984	1.132
CA04	1.532	1.138	1.456	1.580	1.130	1.058	842	1.377
CA05	1.575	1.221	117	80	1.274	836	988	906
CA06	1.477	1.102	223	155	1.134	839	969	1.788
CA07	1.606	1.719	1.292	1.459	987	785	1.230	1.014
CA08	1.349	1.130	1.598	1.268	1.010	936	1.180	779
CA09	1.623	1.503	1.170	1.216	1.576	845	1.501	908
CA10	-	-	-	-	-	-	-	-
CA11	1.320	1.204	804	1.935	1.658	1.038	1.517	814
CA12	1.729	1.386	969	994	761	1.055	924	2.082
CA13	1.366	1.107	1.284	-	-	-	-	-
CA14	1.371	1.048	-	-	-	-	-	-
CA15	1.525	1.579	951	1.915	1.270	1.196	812	1.219
CA16	1.626	1.602	1.677	2.491	1.173	1.089	746	674
CA17	1.424	1.436	-	1.284	1.398	1.880	1.596	1.116
CA18	1.283	1.267	1.258	1.209	1.445	924	1.971	1.181
CA19	-	-	-	-	-	-	-	-
CA20	1.753	1.587	1.144	1.543	1.680	708	1.663	1.427
CA21	1.379	1.406	771	1.358	1.371	925	1.043	1.118
CA22	1.215	1.551	1.328	2.205	1.367	817	1.235	738
CA23	1.353	1.621	1.305	1.514	1.133	1.165	1.399	1.280
CA24	1.564	1.268	642	1.588	1.229	1.037	1.322	1.517
CA25	1.517	1.336	1.134	1.163	1.082	622	1.027	1.010
CA26	1.527	1.117	1.060	1.786	922	1.172	1.392	1.278
CA27	1.421	1.586	1.376	1.715	1.623	896	771	954
CA28	1.522	942	915	1.008	1.153	945	1.009	1.105
CA29	1.281	1.193	1.302	1.533	1.476	1.228	1.122	974
CA30	1.697	1.113	1.392	3	1.133	868	910	1.027
CA31	1.245	1.250	273	-	-	-	-	-
CA32	1.342	1.044	997	1.726	1.354	1.192	1.397	609

Camión	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
CA33	1.776	1.444	995	1.913	2.144	1.020	1.179	1.136
CA34	1.539	1.110	921	1.313	2.027	949	1.591	1.379
CA35	1.597	1.307	1.101	2.146	1.845	882	1.287	1.550
CA36	1.517	2.155	795	-	-	-	-	-
CA37	1.105	1.276	887	2.110	1.574	1.229	1.210	1.863
CA38	1.744	1.415	1.233	295	791	1.245	1.555	1.627
CA39	1.816	2.607	-	-	-	-	-	-
CA40	2.551	1.577	3.295	2.594	1.452	2.012	960	-
CA41	2.359	1.664	2.073	6.134	1.633	2.450	2.295	-
CA42	3.041	1.475	2.339	2.211	2.441	3.001	1.791	-
CA43	2.556	1.417	1.682	1.891	1.419	1.867	772	-
CA44	2.571	2.176	3.234	2.602	2.318	3.239	4.409	2.980
CA45	3.180	4.370	1.363	1.495	2.154	2.092	3.273	3.219
CA46	1.785	3.091	1.468	3.373	1.048	1.376	2.721	1.194
CA47	1.627	1.259	1.448	1.961	1.137	1.122	2.395	958
CA48	3.565	2.185	1.906	2.529	3.970	2.272	1.653	3.925
CA49	1.927	1.934	2.163	2.904	2.131	3.094	3.964	2.497
CA50	1.435	1.074	1.245	1.843	1.341	1.044	1.314	1.215
CA51	3.664	916	-	-	-	-	-	-
CA52	2.688	1.950	2.549	6.401	1.679	3.292	4.079	2.819
CA53	1.418	1.908	2.355	2.410	2.270	3.228	3.921	2.706
CA54	2.395	1.329	1.847	1.424	2.489	2.923	3.475	2.438
CA55	834	2.554	1.381	1.069	1.217	1.640	785	860
CA56	750	2.377	1.746	2.101	906	1.364	1.468	1.232
CA57	754	887	1.380	2.289	1.095	1.161	1.324	973
CA58	543	1.824	1.322	1.770	1.099	862	1.784	1.038
CA59	401	1.277	1.487	1.764	1.096	983	839	1.309
CA60	346	1.510	2.511	1.792	1.663	946	2.140	841
CA61	380	1.056	2.012	1.451	926	1.061	866	3.782
CA62	232	1.124	2.033	1.090	822	1.196	1.322	2.126
CA63	295	1.142	2.111	2.178	1.208	943	1.533	809
CA64	68	608	1.329	1.944	1.152	1.243	2.095	1.135
CA65	-	970	922	-	-	-	-	-
CA66	-	541	644	-	-	-	-	-
CA67	-	1.254	1.342	1.346	860	1.369	1.477	870
CA68	-	550	1.890	1.645	944	771	1.131	693
CA69	-	538	1.569	1.409	1.142	891	1.420	702
CA70	-	419	1.078	1.766	801	1.334	1.392	503
CA71	-	503	1.475	1.936	1.011	705	1.332	984
CA72	-	377	1.413	1.282	1.513	1.372	828	2.172
CA73	-	186	1.300	1.729	1.296	1.648	1.688	715

Camión	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
CA74	-	117	959	1.302	1.191	795	2.280	907
CA75	-	228	977	2.328	870	1.026	1.016	1.496
CA76	-	154	890	1.896	950	1.377	842	739
CA77	-	88	595	1.720	1.264	1.142	1.543	697
CA78	-	248	1.511	1.653	883	1.426	1.348	822
CA79	-	-	1.356	1.336	819	741	1.236	850
CA80	-	106	1.161	1.221	626	1.403	913	951
CA81	-	105	1.340	719	835	884	1.381	1.357
CA82	-	244	729	1.328	1.095	1.173	1.512	896
CA83	-	70	908	1.225	801	1.167	948	1.057
CA84	-	91	557	1.575	959	661	1.379	1.015
CA85	-	266	1.040	1.416	667	761	1.535	1.183
CA86	-	-	901	828	812	774	625	960
CA87	-	-	930	909	675	1.054	2.174	783
CA88	-	-	592	1.802	684	1.167	1.198	1.073
CA89	-	-	493	993	984	1.167	1.077	874
CA90	267	960	1.627	2.109	-	-	-	-
CA91	-	-	1.685	1.567	680	822	1.867	1.324
CA92	-	-	323	674	1.442	941	1.364	678
CA93	-	-	301	632	880	982	1.401	699
CA94	-	-	412	1.625	839	1.388	934	741
CA95	-	-	1.159	1.023	574	722	1.255	634
CA96	-	-	378	1.829	898	1.021	996	808
CA97	-	-	845	1.204	839	702	1.277	634
CA98	-	-	207	932	1.083	1.039	1.445	2.264
CA99	-	-	203	1.103	1.101	699	1.869	790
CA100	-	-	207	880	959	1.261	576	1.082
CA101	-	-	221	1.323	1.221	1.050	784	706
CA102	-	-	134	1.086	987	617	1.015	887
CA103	-	-	462	994	1.452	596	1.019	756
CA104	-	-	-	663	3.156	503	78	2.996
CA105	-	-	-	1.067	2.996	339	36	1.180
CA106	-	-	-	250	2.003	395	181	1.980
CA107	-	-	-	-	1.920	164	82	1.667
CA108	-	-	-	219	1.403	801	1.404	977
CA109	-	-	-	287	656	736	637	842
CA110	-	-	-	265	413	938	1.097	945
CA111	-	-	-	70	467	1.580	594	692
CA112	-	-	-	245	560	652	694	383
CA113	-	-	-	-	460	772	877	1.302
CA114	-	-	-	-	426	796	1.083	696

Camión	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
CA115	-	-	-	-	145	424	931	378
CA116	-	-	-	-	357	469	1.030	655
CA117	-	-	-	-	176	961	711	922
CA118	-	-	-	-	142	448	560	794
CA119	-	-	-	-	75	472	599	635
CA120	-	-	-	-	61	926	566	635
CA121	-	-	-	-	105	439	640	565
CA122	-	-	-	-	93	389	1.353	575
CA123	-	-	-	-	-	112	491	625
CA124	-	-	-	-	-	160	679	479
CA125	-	-	-	-	-	79	575	731
CA126	-	-	-	-	-	129	552	678
CA127	-	-	-	-	-	36	561	1.060
CA128	-	-	-	-	-	27	625	385
CA129	-	-	-	-	-	-	450	407
CA130	-	-	-	-	-	-	919	618
CA131	-	-	-	-	-	-	304	516
CA132	-	-	-	-	-	-	338	558
CA133	-	-	-	-	-	-	249	423

Tabla 40. Tiempos de panne no programado de palas agrupados anualmente

Tiempo de panne no programado en palas agrupado anualmente [hrs]												
Pala/ Año	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
PA01	1062	1732	1244	1909	1930	1048	838	1339	1130	745	93	1425
PA02	1006	1767	1182	2163	2515	1425	1485	2634	1400	995		
PA03	1819	1883	1644	2157	2878	1291	1183	1541	1051	1012	938	
PA04	2241	2066	1184	1391	1382	1031	1107	989	635	1093	470	1202
PA05	942	1395	1465	2827	1407	1209	1419	1694	802	768	1447	1626
PA06	2113	1303	1793	2447	1874	1638	1537	1283	937	1102	1312	1386
PA08						650	1367	938	991	1207	1035	1300
PA09							1010	1056	815	770	1006	1146
PA10							230	944	1034	871	1717	589
PA11								524	869	687	602	534
PA12								299	898	697	455	552
PA13										634	588	1003
PA14										55	466	676

ANEXO B. TABLA ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PROGRAMADO (MST)

Tabla 41. Programa de mantenimiento camión Komatsu 830

Mantenimiento programado camión Komatsu 830			
Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MTCA35	250	CA0020	PM 250 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0030	PM 500 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0070	PM 750 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0040	PM 1000 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0080	PM 1250 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0090	PM 1500 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0100	PM 1750 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0050	PM 2000 HORAS 830E ELÉCTRICOS
MTCA35	250	CA0021	PM 250 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0031	PM 500 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0071	PM 750 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0041	PM 1000 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0081	PM 1250 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0091	PM 1500 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0101	PM1750 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0051	PM 2000 HORAS 830E MECÁNICOS
MTCA35	250	CA0022	PM 250 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0032	PM 500 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0072	PM 750 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0042	PM 1000 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0082	PM 1250 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0092	PM 1500 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0102	PM1750 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0052	PM 2000 HORAS 830E CAB, A/C & CALEF
MTCA35	250	CA0024	PM 250 HORAS 830E MOTOR DIESEL
MTCA35	250	CA0034	PM 500 HORAS 830E MOTOR DIESEL
MTCA35	250	CA0074	PM 750 HORAS 830E MOTOR DIESEL
MTCA35	250	CA0044	PM 1000 HORAS 830E MOTOR DIESEL
MTCA35	21000	CA0136	MODULO
MTCA35	10000	CA0122	ARMADURA IZQUIERDA
MTCA35	10000	CA0122	ARMADURA DERECHA
MTCA35	25000	CA0131	CILINDRO DE LEVANTE TOLVA IZQUIERDO
MTCA35	25000	CA0131	CILINDRO DE LEVANTE TOLVA DERECHO
MTCA35	18000	CA0137	MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO
MTCA35	18000	CA0137	MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO
MTCA35	16000	CA0139	SUSPENSIÓN DELANTERA IZQUIERDA

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MTCA35	16000	CA0139	SUSPENSIÓN DELANTERA DERECHA
MTCA35	35000	CA0140	SUSPENSIÓN TRASERA IZQUIERDA
MTCA35	35000	CA0140	SUSPENSIÓN TRASERA DERECHA
MTCA35	15000	CA0141	TOLVA

Tabla 42. Programa de mantenimiento camión Komatsu 930

Mantenimiento programado camión Komatsu 930			
Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MTCA100	250	CA0344	PM 750 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	250	CA0314	PM 500 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	500	CA0311	PM 500 HORAS 930E MECÁNICOS
MTCA100	500	CA0310	PM 500 HORAS 930E ELÉCTRICOS
MTCA100	500	CA0312	PM 500 HORAS 930E CAB, A/C & CALEF
MTCA100	250	CA0304	PM 250 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	250	CA0334	PM 2000 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	500	CA0051	PM 2000 HORAS 930E MECÁNICOS
MTCA100	500	CA0050	PM 2000 HORAS 930E ELÉCTRICOS
MTCA100	500	CA0052	PM 2000 HORAS 930E CAB, A/C & CALEF
MTCA100	250	CA0374	PM 1750 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	250	CA0364	PM 1500 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	500	CA0361	PM 1500 HORAS 930E MECÁNICOS
MTCA100	500	CA0360	PM 1500 HORAS 930E ELÉCTRICOS
MTCA100	500	CA0362	PM 1500 HORAS 930E CAB, A/C & CALEF
MTCA100	250	CA0354	PM 1250 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	250	CA0324	PM 1000 HORAS 930E MOTOR DIESEL QSK 78
MTCA100	500	CA0321	PM 1000 HORAS 930E MECÁNICOS
MTCA100	500	CA0320	PM 1000 HORAS 930E ELÉCTRICOS
MTCA100	500	CA0322	PM 1000 HORAS 930E CAB, A/C & CALEF
MTCA100	17000	CA0408	MODULO
MTCA100	18000	CA0413	CAMBIO TOLVA
MTCA100	40000	CA0412	CAMBIO SUSP. TRASERA IZQUIERDA
MTCA100	40000	CA0412	CAMBIO SUSP. TRASERA DERECHA
MTCA100	19500	CA0411	CAMBIO SUSP. DELANTERA IZQUIERDA
MTCA100	19500	CA0411	CAMBIO SUSP. DELANTERA DERECHA
MTCA100	28000	CA0409	CAMBIO MOTOR DE TRACCIÓN IZQUIERDO
MTCA100	28000	CA0409	CAMBIO MOTOR DE TRACCIÓN DERECHO
MTCA100	40000	CA0131	CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO
MTCA100	40000	CA0131	CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE DERECHO

Tabla 43. Programa de mantenimiento pala Bucyrus 495HI

Mantenimiento programado pala Bucyrus 495HI			
Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA01	2040000	CLLBI	CAMBIO DE CABLES DE LEVANTE PALA 495HI
MCPA01	2252500	CLEBI	CAMBIO DE CABLES DE EMPUJE 495HI
MCPA01	2805000	CLRBI	CAMBIAR CABLES DE RECOGE PALA 495HI
MCPA01	40000	PA0100	C/PLANETARIO PROPEL DER PALAS 495HI
MCPA01	40000	PA0101	C/PLANETARIO PROPEL IZQ PALAS 495HI
MCPA01	18500	PA0113	CAMBIO EJE EXTENSION HOIST PALAS 495HI
MCPA01	25000	PA0114	CAMBIO TAMBOR CROWD PALAS 495HI
MCPA01	18500	PA0115	C/EJE Y CORONA INT HOIST PALAS 495HI
MCPA01	37500	PA0116	CAMBIO TAMBOR Y CORONA HOIST PALAS 495HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPCM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPDM1	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 6000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 2000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 2500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPCE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPDE1	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 6000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 1000 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 1500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 2000 HORAS FLOTA HI

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 2500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPCI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 3000 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 3500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 4000 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 4500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 5000 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 5500 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPDI1	INSPECC. ESTRUCT. DE 6000 HORAS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 500 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 1000 HRS
MCPA01	500	PAPBL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 1500 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 2000 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 2500 HRS
MCPA01	500	PAPCL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 3000 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 3500 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 4000 HRS
MCPA01	500	PAPBL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 4500 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 5000 HRS
MCPA01	500	PAPAL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 5500 HRS
MCPA01	500	PAPDL1	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 6000 HRS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA MAQ. 500 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MAQ. 1000 HORAS
MCPA01	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA MAQ. DE 1500 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA MAQ. DE 2000 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 2500 HORAS
MCPA01	500	PAPCC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 3000 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 3500 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 4000 HORAS
MCPA01	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 4500 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 5000 HORAS
MCPA01	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 5500 HORAS
MCPA01	500	PAPDC1	MANTENCIÓN CAB. Y SALA DE MÁQ. DE 6000 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 500 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 1000 HORAS
MCPA01	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 1500 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 2000 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 2500 HORAS
MCPA01	500	PAPCA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 3000 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 3500 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 4000 HORAS
MCPA01	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 4500 HORAS

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 5000 HORAS
MCPA01	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 5500 HORAS
MCPA01	500	PAPDA1	MANTENCIÓN A/ACONDICIONADO DE 6000 HORAS
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 1000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 1500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 2000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 2500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPCB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5000 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5500 HRS FLOTA HI
MCPA01	500	PAPDB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 6000 HRS FLOTA HI
MCPA01	121	SPI105	MANT Y PBA OPERAC CUATRIMESTRAL SPI
MCPA01	35	SPI102	INSPECCIÓN MENSUAL DE EXTINTORES
MCPA01	30000	PA0103	CAMBIO MOTOR PROPEL IZQ. PALAS 495HI
MCPA01	30000	PA0102	CAMBIO MOTOR PROPEL DER. PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0111	CAMBIO MOTOR CROWD PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0110	CAMBIO MOTOR GIRO IZQ. PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0109	CAMBIO MOTOR GIRO DER. PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0108	CAMBIO TRANSMISION GIRO IZQ. PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0107	CAMBIO TRANSMISION GIRO DER. PALAS 495HI
MCPA01	25000	PA0112	CAMBIO TRANSMISION CROWD PALAS 495HI
MCPA01	10000	PA0106	CAMBIO CORREDERA PALAS 495HI
MCPA01	20000	PA0104	CAMBIO MANGO PALAS 495HI

Tabla 44. Programa de mantenimiento pala Bucyrus 495HR

Mantenimiento programado pala Bucyrus 495HR			
Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA10	2890000	CLLHR	CAMBIO DE CABLE LEVANTE FLOTA 495HR
MCPA10	2422500	CLEHR	CAMBIAR CABLE EMPUJE PALAS 495HR
MCPA10	3230000	CLRHR	CAMBIO CABLES DE RECOGE FLOTA 495HR
MCPA10	40000	PA0400	C/PLANETARIO PROPEL DER PALAS 495HR
MCPA10	40000	PA0401	C/PLANETARIO PROPEL IZQ PALAS 495HR
MCPA10	25000	PA0413	CAMBIO TAMBOR CROWD PALAS 495HR
MCPA10	15000	PA0414	CAMBIO PLANETARIO HOIST PALAS 495HR
MCPA10	37000	PA0415	CAMBIO TAMBOR Y CORONA HOIST PALAS 495HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPCM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPDM2	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 6000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 2000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 2500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPCE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPDE2	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 6000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 500HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 1000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 1500HRS FLOTA HR

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 2000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 2500HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPCI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 3000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 3500HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 4000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 4500HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 5000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 5500HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPDI1	MANTENCIÓN ESTRUCTURAL PAUTA 6000HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 500 HRS HR
MCPA10	500	PAPAL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 1000 HRS HR
MCPA10	500	PAPBL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 1500 HRS HR
MCPA10	500	PAPAL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 2000 HRS HR
MCPA10	500	PAPAL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 2500 HRS HR
MCPA10	500	PAPCL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 3000 HRS HR
MCPA10	500	PAPAL2	PAUTA MANTENCIÓN LUBRICACION DE 3500 HRS HR
MCPA10	500	PAPAL2	PM MANTENCIÓN 4000 HRS
MCPA10	500	PAPBL2	PM MANTENCIÓN 4500 HRS
MCPA10	500	PAPAL2	PM MANTENCIÓN 5000 HRS
MCPA10	500	PAPAL2	PM MANTENCIÓN 5500 HRS
MCPA10	500	PAPDL2	PM MANTENCIÓN 6000 HRS
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 1000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 1500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 2000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 2500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPCC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 3000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 3500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 4000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 4500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 5000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 5500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPDC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 6000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 1000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 1500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 2000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 2500 HRS FLOTA 495HR

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA10	500	PAPCA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 3000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 3500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 4000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 4500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 5000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 5500 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPDA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 6000 HRS FLOTA 495HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 1000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 1500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 2000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 2500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPCB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5000 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5500 HRS FLOTA HR
MCPA10	500	PAPDB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 6000 HRS FLOTA HR
MCPA10	121	SPI105	MANT Y PBA OPERAC CUATRIMESTRAL SPI
MCPA10	35	SPI102	INSPECCIÓN MENSUAL DE EXTINTORES
MCPA10	30000	PA0403	CAMBIO MOTOR PROPEL IZQ. PALAS 495HR
MCPA10	30000	PA0402	CAMBIO MOTOR PROPEL DER. PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0411	CAMBIO MOTOR CROWD PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0410	CAMBIO MOTOR GIRO IZQ. PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0409	CAMBIO MOTOR GIRO DER. PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0408	CAMBIO TRANSMISION GIRO IZQ. PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0407	CAMBIO TRANSMISION GIRO DER. PALAS 495HR
MCPA10	25000	PA0412	CAMBIO TRANSMISION CROWD PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0406	CAMBIO CORREDERA PALAS 495HR
MCPA10	20000	PA0404	CAMBIO MANGO PALAS 495HR

Tabla 45. Programa de mantenimiento pala P&H 4100XPC

Mantenimiento programado pala P&H 4100XPC			
Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA14	3600000	CLLXPC	CAMBIO DE CABLES DE LEVANTE PALAS P&H
MCPA14	35000	PA0700	C/PLANETARIO PROPEL DER. PALAS 4100XPC
MCPA14	35000	PA0701	C/PLANETARIO PROPEL IZQ. PALAS 4100XPC
MCPA14	35000	PA0718	CAMBIO TRANSMISION HOIST PALAS 4100XPC
MCPA14	50000	PA0719	C/TAMBOR CORONA LEVANTE PALAS 4100XPC
MCPA14	500	PAPAM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA DE 500 HORAS FLOTA
MCPA14	500	PAPEM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDM3	MANTENCIÓN MECANICA PAUTA 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUAT 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5000 HRS FLOTA PH
MCPA14	500	PAPAE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDE3	MANTENCIÓN ELÉCTRICA PAUTA 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 3000 HRS FLOTA P&H

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA14	500	PAPAI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDI1	PAUTA ESTRUCTURAL DE 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDL3	MANTENCIÓN LUBRICACION 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDC1	MANTENCIÓN CABINAS PAUTA 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 4000 HRS FLOTA P&H

Equipment Ref	Freq	Std Job	Task Description
MCPA14	500	PAPBA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDA1	MANTENCIÓN A/C PAUTA 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEB1	INSPECCION BALDE PAUTA 1000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA 1500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEB1	INSPECCION BALDE PAUTA 2000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA 2500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPCB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 3500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPBB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 4500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPEB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPAB1	INSPECCION BALDE PAUTA DE 5500 HRS FLOTA P&H
MCPA14	500	PAPDB1	INSPECCION BALDE PAUTA 6000 HRS FLOTA P&H
MCPA14	121	SPI105	MANT Y PBA OPERAC CUATRIMESTRAL SPI
MCPA14	35	SPI102	INSPECCIÓN MENSUAL DE EXTINTORES
MCPA14	30000	PA0703	CAMBIO MOTOR PROPEL IZQ. PALAS 4100XPC
MCPA14	30000	PA0702	CAMBIO MOTOR PROPEL DER. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0716	CAMBIO MOTOR HOIST DEL. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0717	CAMBIO MOTOR HOIST TRAS. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0714	CAMBIO MOTOR CROWD PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0712	CAMBIO MOTOR GIRO IZQ. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0711	CAMBIO MOTOR GIRO DER. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0713	CAMBIO MOTOR GIRO TRAS. PALAS 4100XPC
MCPA14	30000	PA0709	C/TRANSMISION GIRO IZQ. PALAS 4100XPC
MCPA14	30000	PA0708	C/TRANSMISION GIRO DER. PALAS 4100XPC
MCPA14	30000	PA0710	C/TRANSMISION GIRO TRAS. PALAS 4100XPC
MCPA14	35000	PA0715	CAMBIO TRANSMISION CROWD PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0707	CAMBIO CORREDERA IZQ. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0706	CAMBIO CORREDERA DER. PALAS 4100XPC
MCPA14	20000	PA0704	CAMBIO MANGO PALAS 4100XPC
MCPA14	5000	PA0705	CAMBIO BALDE PALAS 4100XPC

ANEXO C. TIPO DE INFORMACIÓN PRESENTE EN DOCUMENTO EXHIBIT

Tabla 46. Ejemplo documento Exhibit

LOADING EXHIBIT 5: MINE KEY OPERATIONAL DATA	Plan Tot 16	2.017 Total	2.018 Total	2.019 Total	2.020 Total
MOVEMENT [kt]					
Shovel 56 Yd3	28.977	28.488	9.874	0	0
Shovel 73 Yd3	94.546	97.915	104.313	106.085	108.449
Shovel 73 PH Yd3	107.551	131.062	142.164	147.672	136.348
Shovel KMS PC 8000	0	0	1.077	9.600	9.600
FEL, MLT L-1850	7.477	15.295	21.636	19.874	23.875
Total Movement	238.551	272.761	279.064	283.230	278.271
N° of					
Shovels 56 yd3	3	2	1	0	0
Shovels73 HR yd3 [units]	4	4	4	4	4
Shovels73 PH yd3 [units]	4	5	5	5	5
Shovels KMS PC8000 [units]	1	1	1	1	1
FEL MLT, L-1850[units]	2	2	3	3	3
EQUIPMENT PHYSICAL AVAILABILITY (%)					
Average-Global	77,5%	78,9%	79,6%	80,0%	79,6%
Average-Electrical	78,6%	79,4%	80,5%	81,1%	80,8%
Shovels 56 yd3	75,4%	76,5%	76,3%	0,0%	0,0%
Shovels73 HR yd3	78,6%	79,1%	80,0%	80,4%	80,3%
Shovels73 PH yd3	81,0%	80,8%	81,6%	81,6%	81,2%
Average-Diesel					
Average-Diesel	73,4%	77,0%	77,3%	77,5%	76,9%
Shovels KMS PC8000	74,8%	74,4%	71,9%	72,0%	72,0%
FEL MLT, L-1850	72,7%	78,2%	79,1%	79,3%	78,5%
EQUIPMENT OPERATIVE UTILIZATION (%)					
Average-Global	62,7%	71,0%	73,2%	76,1%	78,9%
Average-Electrical	71,7%	77,8%	79,1%	81,6%	81,8%
Shovels 56 yd3	45,6%	64,6%	46,8%	0,0%	0,0%
Shovels73 HR yd3	79,5%	80,3%	80,9%	79,9%	81,6%
Shovels73 PH yd3	82,3%	80,9%	83,8%	82,9%	82,0%

Average-Diesel	27,7%	47,3%	57,6%	63,2%	71,9%
Shovels KMS PC8000	0,0%	0,0%	6,1%	48,2%	49,6%
FEL MLT, L-1850	41,9%	67,4%	73,2%	67,7%	78,7%
EQUIPMENT EFFECTIVE UTILIZATION (%)					
Average-Global	51,4%	54,1%	54,3%	52,7%	54,5%
Average-Eléctrical	52,8%	54,5%	55,0%	55,4%	55,6%
Shovels 56 yd3	40,0%	52,5%	38,1%	0,0%	0,0%
Shovels73 HR yd3	58,6%	59,1%	59,6%	58,8%	60,0%
Shovels 73 PHyd3	52,4%	51,5%	53,4%	52,8%	52,2%
UTILISATION OPERATIVE (HOURS)					
Average-Diesel	37,1%	51,6%	51,5%	44,4%	51,5%
Shovels KMS PC8000	0,0%	0,0%	12,3%	26,2%	27,0%
FEL MLT, L-1850	37,1%	51,6%	52,4%	48,4%	56,2%
Shovels 56 yd3	9.049	8.661	3.125	-	-
Shovels 56 yd3 Rosario	6.010	5.623	-		
Shovels 56 yd3 Ujina			-		
Shovels 56 yd3 Tranque	3.039	3.038	3.125		
Shovels73 HR yd3	21.961	22.246	22.688	22.513	23.024
Shovels73 HR yd3 Rosario	21.961	-	-		
Shovels73 HR yd3 Ujina	-	-	-		
Shovels73 HR yd3 Tranque	-	-	-		
Shovels73 P&H yd3	23.404	28.643	29.962	29.641	29.220
Shovels73 P&H yd3 Rosario	23.404	-	-		
Shovels73 P&H yd3 Ujina	-	-	-		
Shovels73 P&H yd3 Tranque	-	-	-		
Shovels KMS PC8000	-	-	387	3.038	3.136
Shovels KMS PC8000 Rosario	-	-	387		
Shovels KMS PC8000 Ujina	-	-	-		
Shovels KMS PC8000 Tranque	-	-	-	3037,9	3135,8
FEL MLT, L-1850	5.359	10.369	15.216	14.116	16.277
FEL MLT, L-1850 Rosario	5.359	10.369	15.216	14116,36493	16277,0122
FEL MLT, L-1850 Ujina	-	-	-		
FEL MLT, L-1850 Tranque	-	-	-		

MTBF Shovels 56 yd3 [hrs]	18	18	18	18	18
MTBF Shovels73 HR yd3 [hrs]	15	15	15	15	15
MTBF Shovels73 PH yd3 [hrs]	25	25	25	25	25
MTBF Shovel KMS PC8000 [hrs]	26	26	26	26	26
MTBF FEL MLT, L-1850 [hrs]	18	18	18	18	18
MTTR Shovels 56 yd3 [hrs]	4	4	4	4	4
MTTR Shovels73 HR yd3 [hrs]	4	4	4	4	4
MTTR Shovels73 PH yd3 [hrs]	4	4	4	4	4
MTTR Shovel KMS PC8000 [hrs]	14	14	14	14	14
MTTR FEL MLT, L-1850 [hrs]	12	12	12	12	12
EQUIPMENT PERFORMANCE COLLAHUASI EQUIPMENT					
kt / day	652	747	765	776	760
Tons / operating hour - Shovels 56 yd3	3.202	3.289	3.159	#DIV/0!	#DIV/0!
Tons / operating hour - Shovel 73 HR yd3	4.305	4.402	4.598	4.712	4.710
Tons / operating hour - Shovel 73 PH yd3	4.595	4.576	4.745	4.982	4.666
Tons / operating hour - Shovel KMS PC 8000	-	-	2.785	3.160	3.061
Tons / operating hour - FEL MLT, L-1850	1.395	1.475	1.422	1.408	1.467
SUPPLIES & MATERIALS CONSUMPTION					
Power consumption 56yd3 Shovels [Kwh / Op. Hour]	883	883	883	883	883
Power consumption 73 HR yd3 Shovels [Kwh / Op. Hour]	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280
Power consumption 73 PH yd3 Shovels [Kwh / Op. Hour]	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
Fuel consumption KMS PC8000 [lts / operat. hour]	500	500	500	500	500
Fuel consumption L1850 [lts / operat. hour]	259	259	259	259	259
Operating Life Tires [Hrs] L1850	4.250	4.250	4.250	4250	4250
Operating Life Tires [Units] L1850					
HAULING					
EXHIBIT 5: MINE KEY OPERATIONAL DATA					
Plan	2.017	2.018	2.019	2.020	
Tot 16	Total	Total	Total	Total	Total
MOVEMENT [kTon]					
Total	238.551	272.761	279.064	283.230	278.271
Komatsu Trucks 830	-	18.290	-	-	-
Liebherr Trucks 282	6.615	-	-	-	-
Caterpillar Trucks 797 B	6.260	9.390	9.047	9.220	8.800
Komatsu Trucks 930	225.676	245.081	270.017	274.010	269.471

Total	92	106	109	111	116
Komatsu Trucks 830	0	10	0	0	0
Liebherr Trucks 282	2	0	0	0	0
Caterpillar Trucks 797 B	5	5	5	5	5
Komatsu Trucks 930	85	91	104	106	111
EQUIPMENT PHYSICAL AVAILABILITY (%)					
Average	81,9%	80,8%	81,6%	81,8%	81,7%
Komatsu Trucks 830	0,0%	73,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Liebherr Trucks 282	75,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Caterpillar Trucks 797 B	55,3%	54,1%	52,6%	53,3%	51,0%
Komatsu Trucks 930	83,6%	83,0%	83,0%	83,1%	83,1%
EQUIPMENT OPERATIVE UTILIZATION (%)					
Average	80,5%	83,8%	84,4%	85,0%	83,8%
Komatsu Trucks 830	0,0%	81,8%	0,0%	0,0%	0,0%
Liebherr Trucks 282	80,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Caterpillar Trucks 797 B	53,9%	83,0%	83,3%	83,9%	83,4%
Komatsu Trucks 930	81,5%	84,0%	84,4%	85,0%	83,8%
EQUIPMENT EFFECTIVE UTILIZATION (%)					
Average	85,0%	85,2%	89,0%	89,3%	89,8%
Komatsu Trucks 830	0,0%	85,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Liebherr Trucks 282	83,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Caterpillar Trucks 797 B	89,1%	89,1%	89,3%	89,3%	89,3%
Komatsu Trucks 930	84,9%	85,0%	89,0%	89,3%	89,8%
UTILISATION OPERATIVE (HOURS)					
Total	532.419	628.857	657.350	675.606	697.803
Komatsu Trucks 830	-	52.831	-	-	-
Komatsu Trucks 830 Rosario	-	51.838	-	-	-
Komatsu Trucks 830 Ujina	-	-	-	-	-
Komatsu Trucks 830 Tranque	-	992	-	-	-
Liebherr Trucks 282	10.521	-	-	-	-
Liebherr Trucks 282 Rosario	-	-	-	-	-
Liebherr Trucks 282 Ujina	-	-	-	-	-
Liebherr Trucks 282 Tranque	-	-	-	-	-
Caterpillar Trucks 797	13.110	19.669	19.217	19.583	18.690
Caterpillar Trucks 797 Rosario	-	-	-	-	-
Caterpillar Trucks 797 Ujina	-	-	-	-	-
Caterpillar Trucks 797 Tranque	13.110	19.669	19.217	19.583	18.690

Komatsu Trucks 930	508.787	556.357	638.133	656.023	679.113
Komatsu Trucks 930 Rosario	499.622	556.357	636.000	655.004	676.967
Komatsu Trucks 930 Ujina	-	-	-		
Komatsu Trucks 930 Tranque	9.166		2.133	1.020	2.147
EQUIPMENT MECHANICAL RELIABILITY [Hours]					
MTBF Komatsu Trucks 830	20	20	20	20	20
MTBF Komatsu Trucks 282	38	38	38	38	38
MTBF Caterpillar Trucks 797A	19	19	19	19	19
MTBF Caterpillar Trucks 797B	27	27	27	27	27
MTBF Komatsu Trucks 930	35	35	35	35	35
MTTR Komatsu Trucks 830	4	4	4	4	4
MTTR Komatsu Trucks 282	5	5	5	5	5
MTTR Caterpillar Trucks 797A	21	21	21	21	21
MTTR Caterpillar Trucks 797B	21	21	21	21	21
MTTR Komatsu Trucks 930	4	4	4	4	4
EQUIPMENT PERFORMANCE					
Average distance (loaded) [km]	5,7	5,7	6,2	6,2	6,8
Average cycle time (Loading+Hauling) - Rosario [min]	40,5	40,3	42,6	43,8	46,1
Tons / operating hour - Total Fleet	448	434	425	419	399
Tons / operating hour Truck 830	-	346	-	-	-
Tons / operating hour Truck 282	629	-	-	-	-
Tons / operating hour Truck 797B	477	477	471	471	471
Tons / operating hour Truck 930	444	441	423	418	397
SUPPLIES & MATERIALS CONSUMPTION					
Fuel consumption Truck 830 [lts /operat. hour]	140	140	140	140	140
Fuel consumption Truck 282 [lts /operat. hour]	190	190	190	190	190
Fuel consumption Truck 797B [lts /operat. hour]	180	180	180	180	180
Fuel consumption Truck 930 [lts /operat. hour]	212	212	212	212	212
Operating Life Tires [Hrs] Truck 830					
Operating Life Tires [Hrs] Truck 282					
Operating Life Tires [Hrs] Trucks 797B					
Operating Life Tires [Hrs] Trucks 930					
Operating Life Tires [Units] Truck 830					
Operating Life Tires [Units] Truck 282					
Operating Life Tires [Units] Trucks 797B					
Operating Life Tires [Units] Trucks 930					

ANEXO D. CENTROS DE COSTO UTILIZADOS

Tabla 47. Centros de costos camión Komatsu 830

Centros de costos camión 830	
Descripción de Gasto	Centro de costos
Lubricantes	233435524104
Nitrógeno	233435524128
Aros y Cadenas	233435524191
Repuestos Contratos Marc	233435524342
Repuestos Motores	233435524343
Contratos Marc Mano Obra	233435524411
Contratos Marc Reparaciones	233435524413
Otros Contratos Servicio Mantenición Mina	233435524414
Mano Obra Contrato Rep. Motores	233435524415
Servicio Overhaul Motores	233435524417
Contrato Servicios Neumáticos	233435524427
Contrato Reparaciones Estructurales	233435524441

Tabla 48. Centros de costos camión Komatsu 930

Centros de costos camión 930	
Descripción de Gasto	Centro de costos
Lubricantes	233435554104
Repuestos Contratos Marc	233435554342
Repuestos Motores	233435554343
Contratos Marc Mano Obra	233435554411
Contratos Marc Reparaciones	233435554413
Contratos Servicio Mantenición Mina	233435554414
Servicio Overhaul Motores	233435554417
accidentes	233435554418
Contrato Reparaciones Estructurales	233435554441

Tabla 49. Centros de costos equipos de carguío

Centros de costos equipos de carguío					
Resp	Desc. Resp.	Proce	Desc. Proc.	Ele. de Gasto	Desc. Item
2317	Ste. Programación y Despacho	3541	Carguío General - Rosario	4376	Repuestos Sistemas en Línea
2333	Ste. Producción Mina	3541	Carguío General - Rosario	3201	Remuneraciones Operadores
2333	Ste. Producción Mina	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	422D	Costo Energía Eléctrica Distribuida
2333	Ste. Producción Mina	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	422D	Costo Energía Eléctrica Distribuida
2333	Ste. Producción Mina	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	422D	Costo Energía Eléctrica Distribuida
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3541	Carguío General - Rosario	3101	Remuneraciones Supervisión
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3541	Carguío General - Rosario	3301	Remuneraciones Mantenedores
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4414	Otros Contratos Servicio Mantención Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4441	Contrato Reparaciones Estructurales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4104	Lubricantes
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4125	Otros Materiales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4301	Repuestos Rodados
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4303	Repuestos Cables de Acero
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4304	Repuestos Materiales Desgastes
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4308	Repuestos y componentes reparados Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4326	Repuestos Eléctricos
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4342	Repuestos Contratos Marc
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3544	Carguío 56 yd3 BUC - Rosario	4394	Rptos. Mecánicos
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4414	Otros Contratos Servicio Mantención Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4441	Contrato Reparaciones Estructurales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4104	Lubricantes
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4125	Otros Materiales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4301	Repuestos Rodados
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4303	Repuestos Cables de Acero
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4304	Repuestos Materiales Desgastes

Resp	Desc. Resp.	Proce	Desc. Proc.	Ele. de Gasto	Desc. Item
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4308	Repuestos y componentes reparados Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4326	Repuestos Eléctricos
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4342	Repuestos Contratos Marc
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3547	Carguío 73 yd3 P&H - Rosario	4394	Rptos. Mecánicos
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4414	Otros Contratos Servicio Mantención Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4441	Contrato Reparaciones Estructurales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4104	Lubricantes
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4125	Otros Materiales
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4301	Repuestos Rodados
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4303	Repuestos Cables de Acero
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4304	Repuestos Materiales Desgastes
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4308	Repuestos y componentes reparados Mina
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4326	Repuestos Eléctricos
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4342	Repuestos Contratos Marc
2334	Ste. Mantención Camiones y Palas	3548	Carguío 73 yd3 BUC - Rosario	4394	Rptos. Mecánicos

ANEXO E. HORAS OPERATIVAS ACTIVOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE

Las dos tablas siguientes son actualizadas a la fecha del 08-06-2016.

Tabla 50. Horas operativas de camiones

Horas operativas de camiones [hop]									
CA01	111.070	CA29	105.902	CA57	43.076	CA85	36.843	CA113	24.327
CA02	103.958	CA30	98.530	CA58	43.213	CA86	36.957	CA114	24.588
CA03	111.885	CA31	19.681	CA59	43.749	CA87	36.186	CA115	23.445
CA04	110.791	CA32	104.882	CA60	41.734	CA88	35.275	CA116	22.976
CA05	99.564	CA33	101.524	CA61	38.433	CA89	34.949	CA117	23.070
CA06	101.656	CA34	100.759	CA62	39.486	CA90	16.743	CA118	23.264
CA07	109.771	CA35	99.774	CA63	41.784	CA91	33.535	CA119	22.173
CA08	110.063	CA36	73.007	CA64	40.534	CA92	33.926	CA120	23.255
CA09	109.554	CA37	97.365	CA65	8.923	CA93	34.437	CA121	22.849
CA10	75.916	CA38	84.139	CA66	8.492	CA94	33.758	CA122	22.299
CA11	103.424	CA39	18.338	CA67	39.410	CA95	33.693	CA123	17.378
CA12	106.860	CA40	75.640	CA68	38.404	CA96	33.008	CA124	17.410
CA13	20.884	CA41	72.998	CA69	39.146	CA97	33.867	CA125	16.734
CA14	19.623	CA42	74.941	CA70	38.886	CA98	30.373	CA126	16.829
CA15	104.289	CA43	79.362	CA71	38.500	CA99	33.276	CA127	15.526
CA16	103.798	CA44	64.329	CA72	36.784	CA100	33.123	CA128	16.269
CA17	99.270	CA45	62.110	CA73	36.764	CA101	33.964	CA129	15.624
CA18	107.923	CA46	51.046	CA74	37.123	CA102	33.048	CA130	15.110
CA19	601	CA47	54.491	CA75	36.767	CA103	33.124	CA131	15.330
CA20	104.200	CA48	42.952	CA76	38.103	CA104	15.164	CA132	15.526
CA21	107.790	CA49	42.389	CA77	37.590	CA105	16.505	CA133	15.832
CA22	101.771	CA50	93.602	CA78	37.544	CA106	14.590	CA134	340
CA23	103.783	CA51	10.790	CA79	33.833	CA107	14.387	CA135	327
CA24	102.624	CA52	47.781	CA80	37.734	CA108	29.118		
CA25	107.415	CA53	36.871	CA81	36.946	CA109	30.097		
CA26	102.655	CA54	36.949	CA82	37.100	CA110	30.323		
CA27	101.208	CA55	44.751	CA83	37.562	CA111	28.825		
CA28	106.919	CA56	43.214	CA84	37.240	CA112	28.532		

Tabla 51. Horas operativas de palas

Horas Operativas de Palas [hop]	
PA01	113.027
PA02	103.187
PA03	105.836
PA04	113.722
PA05	106.562
PA06	74.014
PA08	39.775
PA09	34.522
PA10	29.346
PA11	29.769
PA12	27.854
PA13	18.570
PA14	16.008

ANEXO F. VARIACIÓN DEL IPC

Tabla 52. Variación del IPC

Variación del IPC		
Desde	Hasta	Variación
2015	2014	5%
2014	2013	3%
2013	2012	2%
2012	2011	5%
2011	2010	3%
2010	2009	-1%

ANEXO G. STOCK COMPONENTES MAYORES

Tabla 53. Stock componentes mayores flota palas Bucyrus 495HI

Componentes críticos flota palas 495HI							
Sistema	Ítem	Componente	Flota	Cantidad Req.	Stock Reparada	Stock Nuevo	Stock Taller Externo
Giro	1	Motor Eléctrico con Tacogenerador	495HI	1	1	0	0
	2	Motor Eléctrico sin Tacogenerador	495HI	0	0	0	0
	3	Eje Vertical de Giro	495HI	2	1	1	2
		Eje Vertical de Giro	495HI				
4	Planetario de Giro	495HI	2	1	0	2	
Levante	1	Motor de Levante	495HI	1	2	0	0
	3	Eje Extensión Motor	495HI	1	2	0	0
	4	Conjunto Eje y Corona Intermedio Hoist	495HI	1	0	0	1
	5	Conjunto Corona -Tambor Hoist	495HI	1	0	0	1
Empuje	1	Motor de Empuje	495HI	1	1	0	0
	10	Eje Extensión Motor Crowd 31 dientes	495HI	1	2	0	0
Transmisión	11	Conjunto Corona y Eje Primer Intermedio Crowd	495HI	1	1	0	0
	12	Conjunto Corona y Eje Segundo Intermedio Crowd	495HI	1	1	0	0
Propulsión	1	Motor Eléctrico	495HI	1	1	0	0
	6	Planetario de Propulsión	495HI	1	0	0	0
	8	Rueda Propulsora	495HI	2	0	0	0
	9	Eje Propulsor	495HI	1	0	2	0
	6	Rueda Tensora	495HI	2	0	1	0
Horquilla-Mango	1	Mango Tubo de 3"	495HI	1	1	0	1
	2	Corredera	495HI	1	0	0	2
Compresor	1	Compresor de Aire	495HI	1	1	2	1
Cabina Operador	1	Asiento/ Reparado o Nuevo	495HI	1	0	2	0
Abrir Balde	1	Conjunto Transmisión -Motor	495HI	1	0	0	0
Motor Eléctrico	2	Motor Eléctrico	495HI	2	0	2	0

Tabla 54. Stock componentes mayores flota palas Bucyrus 495HR

Componentes críticos flota palas 495HR							
Sistema	Ítem	Componente	Flota	Cantidad Req.	Stock Reparada	Stock Nuevo	Stock Taller Externo
Giro	1	Motor Eléctrico con Tacogenerador	495HR	1	1	0	0
	2	Motor Eléctrico sin Tacogenerador	495HR	1	1	0	0
	3	Eje Vertical de Giro	495HR	2	1	1	2
		Eje Vertical de Giro	495HR				
	4	Planetario de Giro	495HR	2	1	0	2
	12	Freno de Giro	495HR	3	1	0	4
		Freno de Giro	495HR				
Levante	1	Motor de Levante	495HR	1	0	0	1
	5	Planetario Hoist	495HR	1	2	0	0
	9	Freno Hoist	495HR	2	0	0	0
	9	Freno Hoist	495HR				
Empuje	1	Motor de Empuje	495HR	1	0	0	1
	4	Transmisión Empuje	495HR	1	0	0	1
	10	Eje Extensión Motor Crowd 24 dientes	495HR	1	0	0	0
	11	Conjunto Corona y Eje Primer Intermedio Crowd 146/12	495HR	1	0	0	0
	12	Conjunto Corona y Eje Segundo Intermedio Crowd 77/13	495HR	1	0	0	1
	13	Freno de Empuje	495HR	2	0	0	4
	13	Freno de Empuje	495HR				
Propulsión	1	Motor Eléctrico	495HR	1	0	0	1
	6	Planetario Propel (PA-06,08 y 09) (2)	495HR	2	2	0	0
	7	Planetario Propel (Solo PA-10)	495HR	1	0	1	0
	8	Freno de Propulsión	495HR	2	2	0	0
	8	Freno de Propulsión	495HR				
	8	Rueda Propulsora	495HR	2	0	1	
	9	Eje Propulsor	495HR	2	0	0	0
	6	Rueda Tensora	495HR	2	0	1	0
	6	Rueda Tensora	495HR				
Horquilla-Mango	1	Mango Tubo de 3"	495HR	1	1	0	1
	2	Corredera	495HR	1	0	0	2
Compresor	1	Compresor de Aire	495HR	1	1	2	1
Abrir Balde	1	Conjunto Transmisión -Motor	495HR	1	1	0	0
	2	Motor Eléctrico	495HR	1	0	0	1

Tabla 55. Stock componentes mayores flota palas P&H 4100XPC

Componentes críticos flota palas 4100XPC-AC							
Sistema	Item	Componente	Flota	Cantidad Req.	Stock Reparada	Stock Nuevo	Stock Taller Externo
Giro	1	Motor Eléctrico con Tacogenerador	4100XPC-AC	2	0	0	1
	2	Eje Vertical de Giro, incluye piñón	4100XPC-AC	2	0	2	0
Corona giro	3	Planetario de Giro	4100XPC-AC	2	0	1	0
	4	Ventilador Motor de Giro	4100XPC-AC	2	0	2	0
	5	Freno de Giro	4100XPC-AC	2	1	0	0
Levante	1	Motor de Levante	4100XPC-AC	2	0	0	1
	2	Eje Piñón Primera Reducción Hoist	4100XPC-AC	2	0	0	0
	3	Eje Piñón Segunda Reducción Hoist	4100XPC-AC	2	0	0	0
	4	Ventilador Motor Hoist	4100XPC-AC	1	0	0	1
	5	Freno Hoist	4100XPC-AC	2	1	0	0
Empuje	1	Motor de Empuje	4100XPC-AC	1	0	0	1
	2	Eje Primario Crowd	4100XPC-AC	1	0	1	0
	3	Eje Secundario Crowd	4100XPC-AC	1	0	0	0
	4	Corona Eje Pluma	4100XPC-AC	1	0	0	0
	5	Ventilador Crowd	4100XPC-AC	1	0	1	0
	6	Freno de Empuje	4100XPC-AC	2	0	0	0
Propulsión	1	Motor Eléctrico	4100XPC-AC	1	0	0	1
	3	Planetario de Propulsión	4100XPC-AC	1	0	2	0
	4	Ventilador Propel	4100XPC-AC	2	0	2	0
	12	Bastidor Lado Derecho	4100XPC-AC	1	0	1	0
	13	Bastidor Lado Izquierdo	4100XPC-AC	1	0	1	0
	14	Freno de Propulsión	4100XPC-AC	2	0	0	0
Mango	1	Mango	4100XPC-AC	1	0	0	0
	2	Eje Corredera	4100XPC-AC	1	0	0	0
	3	Corredera Lado Derecha	4100XPC-AC	1	1	0	0
	4	Rack Piñón	4100XPC-AC	2	0	2	0
	5	Corredera Lado Izquierda	4100XPC-AC	1	1	0	0
Balde	1	Aro	4100XPC-AC	1	0	0	0
	2	Amortiguadores	4100XPC-AC	2	0	0	0
	3	Tapa	4100XPC-AC	1	0	0	1
Compresor	1	Compresor de Aire	4100XPC-AC	1	1	2	1
Cabina Operador	1	Asiento Operador	41000 XPC-AC	1	0	0	0